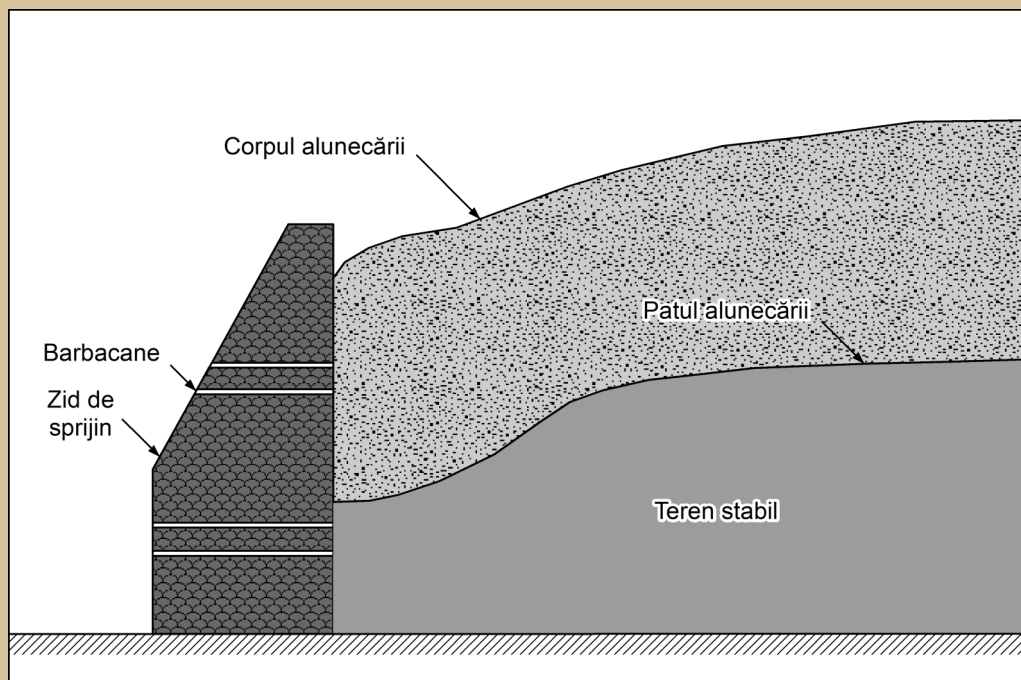


Gheorghe Roșian

PREVENIREA ȘI COMBATEREA PROCESELOR GEOMORFOLOGICE CARE DEGRADEAZĂ TERENURILE



PRESA UNIVERSITARĂ CLUJEANĂ

GHEORGHE ROȘIAN

**PREVENIREA ȘI COMBATEREA
PROCESELOR GEOMORFOLOGICE
CARE DEGRADEAZĂ TERENURILE**

Referenți științifici:

Conf. univ. dr. Mihai Buta

Conf. univ. dr. Sorin Filip

Imagine coperta 1: Zid de sprijin pentru stabilizarea
alunecării de teren

ISBN 978-606-37-2632-3

DOI: <https://doi.org/10.52257/9786063726323>

© 2025 Autorul volumului. Toate drepturile rezervate.
Reproducerea integrală sau parțială a textului, prin orice
mijloace, fără acordul autorului, este interzisă și se pedep-
sește conform legii.

Cartografiere digitală: Gheorghe Roșian

Universitatea Babeș-Bolyai
Presa Universitară Clujeană
Director: Codruța Săcelean
Str. Hasdeu nr. 51
400371 Cluj-Napoca, România
Tel./fax: (+40)-264-597.401
E-mail: editura@ubbcluj.ro
<http://www.editura.ubbcluj.ro/>

GHEORGHE ROȘIAN

**PREVENIREA ȘI COMBATEREA
PROCESELOR GEOMORFOLOGICE
CARE DEGRADĂ TERENURILE**

PRESA UNIVERSITARĂ CLUJEANĂ

2025

CUPRINS

Cuprins	5
Cuvânt înainte	7
Cap. 1. Procesele geomorfologice și domeniile de modelare	11
Cap. 2. Activități antropice și procese geomorfologice care degradează terenurile	21
Cap. 3. Prevenirea și combaterea scurgerii apei pe versanți	37
3.1. Procesul de scurgere al apei pe versanți și relieful rezultat	37
3.2. Prevenirea proceselor de scurgere a apei pe versanți	49
3.3. Combaterea proceselor de scurgere a apei pe versanți	69
Cap. 4. Prevenirea și combaterea alunecărilor de teren	93
4.1. Alunecările de teren	93
4.2. Prevenirea alunecărilor de teren	105
4.3. Combaterea alunecărilor de teren	112
Cap. 5. Prevenirea și combaterea degradării albiilor fluviale	129
5.1. Procesele geomorfologice și relieful albiilor fluviale	129
5.2. Prevenirea degradării albiilor	159
5.3. Combaterea degradării albiilor	163
Cap. 6. Prevenirea și combaterea degradării reliefului litoral	183
6.1. Procesele geomorfologice și relieful litoral	183
6.2. Prevenirea degradării reliefului litoral	201
6.3. Combaterea degradării reliefului litoral	222
Cap. 7. Prevenirea și combaterea avalanșelor	241
7.1. Avalanșele și relieful de nivație	241
7.2. Prevenirea avalanșelor	248
7.3. Combaterea avalanșelor	251
Cap. 8. Prevenirea și combaterea efectelor dezghețului permafrostului	265
8.1. Permafrostul și formele de relief asociate	265
8.2. Prevenirea efectelor dezghețului permafrostului	283
8.3. Combaterea efectelor dezghețului permafrostului	305

Cap. 9. Prevenirea și combaterea proceselor eoliene	327
9.1. Procesele eoliene care degradează terenurile.....	327
9.2. Prevenirea proceselor eoliene	337
9.3. Combaterea proceselor eoliene.....	346
Cap. 10. Prevenirea și combaterea degradării reliefului antropic	355
10.1. Relieful antropic	355
10.2. Prevenirea degradării relieful antropic	359
10.3. Combaterea degradării reliefului antropic.....	363
Cap. 11. Întreținerea, protecția și paza lucrărilor de prevenire și combatere a degradării terenurilor.....	371
11.1. Întreținerea lucrărilor	371
11.2. Protecția lucrărilor.....	377
11.3. Paza lucrărilor	381
Concluzii.....	383
Summary	393
Bibliografie.....	403

CUVÂNT ÎNAINTE

Prin manifestarea proceselor geomorfologice are loc geneza formelor de relief, existente pe suprafața Terrei. Acestea din urmă, precum și procesele care le generează, sunt amplu prezentate și clasificate în cursurile și tratatele de Geomorfologie. Acest fapt permite cursanților și specialiștilor însușirea noțiunilor de bază privind geneza și evoluția reliefului. De asemenea, din cărțile de Geomorfologie învățăm că, manifestarea proceselor specifice conduce la degradarea terenurilor, motiv pentru care sunt necesare acțiuni și măsuri de prevenire și combatere a lor. Până în acest punct lucrurile par corecte și suficiente, cu toate că trimitere la măsurile de prevenire și combatere a degradării terenurilor, precum și exemplificările în acest sens, nu sunt pe măsura acestei problematice.

Tocmai din acest motiv, cursurile de Geomorfologie trebuie completate de o lucrare, unde, alături de procesele geomorfologice, să existe și o prezentare a măsurilor și acțiunilor de prevenire și combatere a acestora, atunci când este necesar.

În caz contrar cursanții rămân cu impresia că nu se poate face mare lucru în această direcție, dar vorba Documentarului HOME, deja este prea târziu să fim pesimiști. Mă refer aici la suprafețele de ordinul milioanelor de km², degradate deja de procesele geomorfologice, precum și la rata anuală de creștere a acestora, pe măsură ce componenta antropică, defrișează, destelenește și schimbă constant modul de utilizare a terenurilor.

Dincolo de enumerarea și prezentarea măsurilor și acțiunilor de prevenire și combatere a degradării terenurilor, prin această lucrare se dorește conștientizarea faptului ca aceste măsuri există și se pot aplica cu succes, dacă sunt corect dimensionate și apoi întreținute. Practic putem ajunge la convingerea că procesele geomorfologice, care degradează terenurile, pot fi dirijate în direcția diminuării controlate a energiei lor.

Am folosit termenii de enumerare și prezentare, a lucrările de prevenire și combatere a degradării terenurilor, deoarece ele nu vor fi însoțite și de normele de proiectare și dimensionare. Acestea se vor găsi în lucrările citate, întrucât elaborarea lor este meritul inginerilor și specialiștilor în îmbunătățiri funciare. În același timp inclusiv lucrările de prevenire și combatere a degradării terenurilor au fost dezvoltate tot în acest domeniu tehnic, care se ocupă cu eroziunea solului și degradarea terenurilor. În cadrul acestuia, alături de specialiștii consacrați și-au adus aportul și alți profesioniști dintre care se remarcă: geologi și geografi (prin cunoștințe legate de litologie și dinamica proceselor prin care evoluează relieful), meteorologi și hidrologi (aduc informații despre cantitățile de precipitații, debite și tipul scurgerii apei), biologi (oferă informații despre condițiile staționale necesare fiecărei specii,

care se utilizează pentru combaterea degradării terenurilor), ingineri constructori, specialiști în planificarea utilizării terenurilor etc.

Pornind de la aceste considerente, lucrarea intitulată **Prevenirea și combaterea proceselor geomorfologice care degradează terenurile** este structurată în 11 capitole, la care se adaugă concluziile, rezumatul și bibliografia.

Primele două capitole sunt rezervate proceselor geomorfologice și au rolul de a lămuri modul în care acestea se derulează și se organizează, pe de o parte pentru consacrarea domeniilor de modelare, iar pe de altă parte pentru degradarea terenurilor.

Următoarele opt capitole au drept scop prezentarea celor mai importante procese geomorfologice, care conduc la degradarea terenurilor. Datorită caracterului didactic al lucrării am căutat ca din fiecare Domeniu de Modelare (fluvial, litoral, glaciari, periglaciari, eolian și antropici), să aduc în atenție cel puțin un proces geomorfologic, care concură la degradarea terenurilor. Se remarcă în acest sens următoarele: scurgerea apei pe versanți, alunecările de teren, eroziunea și agradarea malurilor, degradarea plajelor și a falezelor, avalanșele, dezghețul permafrostului, deflația și acumularea eoliană, degradarea reliefului antropici etc.

În cazul unora, cum ar fi de exemplu Prevenirea și combaterea alunecărilor de teren, metodele sunt destul de specifice, pe când în cazul altora, și anume Prevenirea și combaterea efectelor dezghețului sau degradării permafrostului, metodele sunt mai generale și strâns legate și de ceea ce se întâmplă la nivelul altor geosfere, și mă refer aici la atmosferă, cea care prin variațiile inedite de temperatură și umiditate, din ultimele decenii, întreține ceea ce este cunoscut sub denumirea de Încălzirea Globală și Schimbările Climatice.

La fel de complicate sunt problemele dacă îi să mă refer la participarea componentei antropice la degradarea terenurilor. Interesant este că majoritatea terenurilor degradate, de către procesele geomorfologice, sunt din categoria celor care au fost supuse unor transformări evidente din partea componentei antropice. Este vorba în acest sens atât de terenuri care după ce au fost defrișate au început să fie folosite ca pășune sau ca teren arabil, cât și de terenuri desțelenite, care se utilizează ca arabil; la acestea se pot adăuga terenurile aferente haldelor de steril, iazurilor de decantare, căilor de comunicații în curs de amenajare, ansamblurilor rezidențiale în plin proces de edificare, precum și terenurile decopertate de stratul de sol, care urmează să fie utilizate ulterior în diverse scopuri.

Ultimul capitol, precum și concluziile, au rolul de a completa și întregii cele deja notate, subliniind pe de o parte că lucrările executate trebuie întreținute corespunzător, iar pe de altă parte că ele fiind de succes trebuie continuate cu altele similare sau mai eficiente, pe terenurile degradate sau pe cele susceptibile la astfel de procese.

Lucrarea astfel structurată se adresează în primul rând studenților, ea reprezentând o parte consistentă a suportului de curs utilizat la disciplina Geomorfologie Aplicată (predată la nivel de masterat în cadrul Facultății de Știința

și Ingineria Mediului, de la Universitatea Babeș-Bolyai), iar în al doilea rând celor care doresc să citească despre procesele geomorfologice, care degradează terenurile, precum și despre măsurile și acțiunile care pot fi întreprinse pentru prevenirea și combaterea lor.

Adresez mulțumiri referenților acestei lucrări (Dr. Mihai Buta și Dr. Sorin Filip) și specialiștilor de la care am primit sfaturi și titluri bibliografice obiective. În același timp mulțumesc Facultății de Știința și Ingineria Mediului, de la Universitatea Babeș-Bolyai, pentru cadrul instituțional favorabil abordării unor astfel de subiecte.

Gheorghe Roșian

CAPITOLUL 1

PROCESELE GEOMORFOLOGICE ȘI DOMENIILE DE MODELARE

Procesele geomorfologice constituie forme specifice de manifestare a agenților care modelează scoarța terestră. Interacțiunea dintre agent și substratul geologic și sol, conduce la inițierea unui proces, care la rândul său fiind soldat cu o serie de modificări și schimbări de natură fizică, chimică și biologică, determină geneza formelor de relief. Acestea din urmă reprezintă unitățile elementare ale reliefului Terrei.

Formele de relief au dimensiuni și înfățișări diferite, ca efect al unei geneze și evoluții complexe; comun au însă, pe de o parte, suprafețele și liniile, care rezultă din îmbinarea lor, precum și alcătuirea petrografică și structurală, iar pe de altă parte, adâncimea până la care se face simțită acțiunea agentului, care le generează (Ielenicz, 2005). Prin asamblarea lor, formele de relief compun relieful Terrei, care la rândul său reprezintă totalitatea denivelărilor existente la suprafața Terrei, iar prin acesta trebuie să înțelegem suprafața scoarței terestre în totalitatea ei: uscat și oceanic (Cioacă, 2006).

La rândul lor, **agenții geomorfologici** reprezintă corpuri materiale, aflate în stare solidă, lichidă și gazoasă, la care se adaugă viețuitoarele, ce acționează asupra solului și substratului geologic, căruia îi modifică morfologia. În această manieră are loc geneza formelor de relief exogen sau de detaliu. Caracteristicile morfometrice ale formelor de relief sunt direct influențate de lucrul mecanic efectuat și de volumul rocilor deplasate. Agenții geomorfologici acționează diferențiat, în strânsă corelație cu: energia disponibilă la nivel local (dobândită sub influența condițiilor climatice și hidrologice), interacțiunea cu ceilalți agenți, forțele care se opun (duritatea rocilor), precum și în funcție de timpul de manifestare.

Dintre agenții care acționează asupra litosferei se remarcă cei specifici hidrosferei, atmosferei, biosferei și antroposferei (Zachar, 1982). Concret, în rândul agenților geomorfologici se disting: apa căzută sub formă de ploaie, apa care se scurge pe suprafețe înclinate de tipul versanților, râurile, apa lacurilor, mărilor și oceanelor, ghețarii și zăpada, gheața din substrat, vântul, plantele, animalele și omul. Formele de relief rezultate se pot grupa după agentul geomorfologic, care le-a generat, primind denumiri specifice: fluviale, litorale, glaciare, periglaciare, eoliene și antropice; astfel clasificate formele de relief împreună cu procesele și mecanismele specifice alcătuiesc domenii de modelare geomorfologică.

Acționând prin intermediul proceselor și mecanismelor morfogenetice agenții geomorfologici amintiți, considerați factori externi ai genezei reliefului, au rolul de a contracara acțiunea factorilor interni ai morfogenezei.

Aceștia din urmă sunt cei care creează tiparele majore ale reliefului sau morfologia tectonică a Terrei. Cu alte cuvinte, factorii interni fiind cei care provoacă ridicarea și coborârea scoarței, pe suprafețe de ordinul miilor sau milioanei de km², contribuie la geneza reliefului tectonic (Kenneth, 2010; Huggett, 2017).

Concomitent, factorii externi acționează prin valorificarea diferențelor de nivel existente, la suprafața scoarței, erodând, pe de o parte, părțile mai înalte, și colmatând, pe de alta, sectoarele mai joase, afectate de procese de subsidență (Roșian, 2023).

Înțelegerea dialecticii existente între factorii interni (endogeni) și externi (exogeni) ai morfogenezei, stă astfel la baza descifrării genezei reliefului.

Dintre cele două categorii de factori, cei interni, prin geneza reliefului tectonic și magmato-vulcanic, întrețin morfogeneza atât în mod direct, generând un relief de construcție, cât și indirect prin crearea bazei de manifestare a agenților geomorfologici externi. Spre exemplu, când suprafața terestră este înălțată de mișcări tectonice, cu doar câțiva zeci de metri, dacă este vorba de Domeniul Modelării Fluviale, are loc creșterea eroziunii la nivelul albiilor, proces ce conduce la creșterea cantității de aluviuni evacuate, care în cele din urmă provoacă: aluvionarea depresiunilor, colmatarea bazinelor lacustre și maritime, precum și formarea și extinderea deltelor (Roșian, 2023).

Întorcându-ne la agenții geomorfologici, merită subliniat că fiecare dintre ei, fie că vorbim de apă, aer, viețuitoare sau om, acționează în manieră specifică asupra scoarței terestre, modelând-o prin intermediul proceselor și mecanismelor, în regim subaerian și suboceanic.

De exemplu, prin interacțiunea apei, prezență sub cele trei stări de agregare (lichidă, solidă și gazoasă), cu substratul, se formează relieful fluvial, maritim, glaciatic și periglaciatic. De asemenea, prezența vaporilor de apă se face simțită și în procesele de meteorizație (Huggett, 2017).

Atmosfera Terrei nu rămâne nici ea fără influențe, atunci când vine vorba de geneza reliefului. Distribuția proceselor atmosferice permite evidențierea principalelor zone climatice. În funcție de caracteristicile lor, agentul eolian se va manifesta în consecință, iar acolo unde va deveni dominant va genera un relief specific, denumit relief eolian (Thomas, 2011; Goudie, 2013; Livingstone și Warren, 2019).

Plantele și animalele cu toate că intervin doar punctual, în geneza reliefului, existența lor nu trebuie ignorată, cu atât mai puțin dacă ne gândim la biometeorizație (Butler, 2007; Sharma, 2010).

Omul, prin activitățile desfășurate pe suprafața terestră - prelucrarea solului, extragerea substanțelor minerale utile, depozitarea sterilului, realizarea căilor de

comunicații și extinderea habitatelor pentru locuit - , generează o gamă variată de forme de relief, cunoscute sub denumirea de relief antropic (Goudie și Viles, 2016).

Revenind la **procesele de geneză a formelor de relief** ele se pot clasifica după numeroase criterii, dintre care se remarcă cel care le împarte după origine și locul producerii sau mai concret spus după natura factorului care determină producerea lor. Se deosebesc în acest sens: procesele endogene (ca efect al manifestării factorilor morfogenetici interni) și procesele exogene (întreținute de factorii morfogenetici externi). Ca tabloul procesual să fie complet se pot adăuga procesele extraterestre; în categoria lor se includ cele de impact meteoric și cele cauzate de atracția planetară (cea care determină formarea mării oceanice și terestre).

Procesele endogene, așa cum le spune și denumirea, sunt strâns legate de dinamica și tectonica litosferei, motiv pentru care, sub aspect conceptual, ele au mai mult o apartenență geologică decât geomorfologică. Cu toate acestea, în tratatele de Geomorfologie generală, pe seama lor este pusă geneza formelor de relief major (de ordinul I și II), reprezentat de către continente și bazine oceanice (ca părți ale plăcilor litosferice – considerate ansamblurile morfologice primare ale Terrei), precum și de orogenuri, platforme continentale emerse, șelful continental, abruptul continental, câmpiile abisale, dorsalele medio-oceanice și fosele abisale.

În categoria proceselor endogene se includ în general cele diastrofice și magmato-vulcanice.

Procesele diastrofice sunt reprezentate de ceea ce este cunoscut sub denumirea de: *mișcări orogenetice* (sunt denumite și mișcări plicative; ele se extind pe intervale de zeci și sute de milioane de ani, determinând cutarea rocilor aferente geosinclinalelor și formarea lanțurilor montane sau a orogenurilor), *mișcări epirogenetice* (sunt lente, de amplitudine redusă și durată considerabilă, motiv pentru care determină ridicări sau coborâri tectonice pe suprafețe extinse de talia continentelor), *mișcări izostatice* (au caracter de echilibru compensatoriu și se manifestă, de exemplu, sub formă de lăsări ale suprafeței terestre datorită deplasării magmelor sau sub formă de ridicare, ca efect al topirii unor calote glaciare – izostazie glaciară) și *mișcările neotectonice* (sunt din categoria celor recente, cuaternare și contemporane, motiv pentru care influențează în mod direct procesele geomorfologice exogene; de exemplu, dacă sunt de semn pozitiv determină formarea teraselor fluviale, precum și deformarea și dedublarea lor, iar dacă sunt negative conduc la formarea zonelor de subsidență, cum sunt cele din Câmpia Siretului Inferior).

Procesele magmatice au loc la anumite adâncimi în scoarță, ceea ce determină formarea și consolidarea magmei în loc sau pe diferite trasee, în cadrul procesului de migrare spre suprafață. Deplasarea topiturilor magmatice este influențată de dinamica plăcilor litosferice, care se deplasează dinspre rifturi, considerate ca zone de generare a lor, spre fosele abisale, acolo unde se consumă, în urma procesului de subducție.

Procesele vulcanice sunt strâns legate de ajungerea magmelor la zi, sub formă de lavă, și erupția lor împreună cu gazele asociate; erupțiile vulcanice determină formarea unei morfologii specifice alcătuite din conuri și platouri vulcanice, la care se adaugă formele de relief asociate acestora.

Procesele exogene se clasifică pornind de la plurivalența efectului manifestării lor în principale sau complexe (eroziunea, transportul și acumularea) și premergătoare sau elementare: procesele de meteorizație (dezagregarea și alterarea rocilor) și procesele gravitaționale sau de tipul deplasărilor materiale pe suprafețe înclinate (căderi de pietre, rostogoliri, surpări, prăbușiri, alunecări de teren, curgeri de sfărâmături, curgeri noroioase etc.), toate acestea din urmă fiind direcționate de gravitație. În legătură cu forța de gravitație mai trebuie reținut că și deplasarea apei prin alpii, a ghețarilor prin văile glaciare, a avalanșelor etc., are loc tot în virtutea acesteia. Fiecare dintre procesele exogene menționate prezintă o serie de note de specificitate, fapt care va determina ca ele să se manifeste prin mecanisme specifice, de unde și diferențele evidente dintre formele de relief generate de acestea, în funcție de agentul prin intermediul căruia se derulează.

Eroziunea constituie procesul geomorfologic în urma căruia are loc distrugerea rocii la suprafață sau spre interior, cu premisa ca materialul distrus să fie mutat din locul respectiv, odată cu ruperea lui din roca mamă (Posea et al., 1976). Acest proces are preponderent caracter mecanic, deoarece forțele care acționează izbesc, rup și transferă de la locul lor fragmentele de rocă și de sol existente. Eroziunea este procesul fundamental prin care acționează agenții geomorfologici externi, în funcție de care ea poartă diferite denumiri: fluvială eroziune sau normală (este realizată de apele curgătoare), abraziune sau eroziune litorală (eroziunea apei din lacuri, mări și oceane), exarație (eroziune glaciară - efectuată de ghețari), coraziune (eroziunea vântului), eroziune accelerată sau antropică (realizată și condiționată de către om) etc.

Transportul este procesul care continuă eroziunea și are rolul de a evacua materialele erodate. Acesta se poate efectua atât prin intermediul gravitației, după cum se întâmplă în cazul căderilor de pietre, rostogolirilor, prăbușirilor, surpărilor etc., cât și prin mijlocirea unui agent extern: apa curgătoare (pe suprafețe înclinate de tipul versanților și prin alpii – transport fluvial); apa din lacuri, mări și oceane (transport litoral); gheață de ghețar (transport glaciari), zăpadă sub formă de avalanșe, vânt (transport eolian), activități antropice etc. Transportul are loc fie liniar, prin intermediul ravenelor, torenților, râurilor etc., fie areal sau în suprafață prin intermediul alunecărilor de teren, creep-ului, mareelor, ghețarilor de calotă, vântului etc.

Acumularea debutează din momentul în care încetează acțiunea agentului care realizează transportul. Formele de relief create prin acumularea materialelor au primit diverse denumiri, care reflectă fidel caracteristicile agentului care o

realizează: acumulări torențiale (realizate de către apele care se scurg pe suprafețele înclinate), aluviuni (în apa râurilor), sedimente sau depuneri lacustre și litorale (de către apa lacurilor, mărilor și oceanelor), morene (depuse de ghețari), depuneri eoliene (realizate de către vânt), acumulări antropice etc. Efectuarea procesului de acumulare determină formarea structurilor geomorfologice, așa cum le-a denumit Prechtl, încă din 1965. Cele trei procese menționate anterior, prin intermediul cărora se manifestă agenții externi, alcătuiesc triada procesuală geomorfologică.

Meteorizația, ca proces elementar sau premergător, nu face altceva decât să pregătească substratul geologic, pentru acțiunea proceselor complexe de tipul eroziunii, transportului și acumulării. Ea se manifestă prin intermediul: dezagregării (meteorizația mecanică sau fizică), alterării (meteorizația chimică) și biometeorizației (efectul prezenței viețuitoarelor asupra rocilor, denumit și meteorizație biologică). Dintre produsele meteorizației se remarcă: formele de relief reziduale (vârfurile sub formă de coloane, turnuri și colți, blocurile oscilante, blocurile sferoidale, tafoni etc.), scoarța de meteorizație (împreună cu duricrustele), eluviile, deluviile, coluviile etc. De asemenea, în urma meteorizației substratul geologic este pregătit pentru inițierea procesului de pedogeneză și formarea solului.

Acesta din urmă poate fi înțeles ca mediul de dezvoltare și creștere a plantelor ori de suport a diverselor ecosisteme (Paulette și Buta, 2010).

Procesele gravitaționale, de tipul deplasării materialelor pe versanți, includ îndeosebi: căderile de roci (rostogoliri, surpări, prăbușiri etc.), alunecările de teren, curgerea sfărâmăturilor, curgerile noroioase, solifluxiunea, creep-ul etc. În urma producerii acestora la partea inferioară a versanților și a abrupțiilor materialele deplasate gravitațional se acumulează sub formă de glacisuri, grohotișuri, depozite de surpare etc.

Dincolo de prezentarea didactică a proceselor geomorfologice exogene, în teren este dificil de stabilit o limită între cele elementare și cele complexe; practic întregul demers se desfășoară unitar și dialectic, întrucât procesele nu acționează singure, ci conlucrează în cadrul actului morfogenetic (Roșian, 2023). În același timp, deosebirea dintre procese se face pe seama mecanismelor morfogenetice, cele care stau la baza manifestării proceselor.

Procesele geomorfologice exogene acționând asupra morfologiei preexistente, conduc, în funcție de agentul modelator, la geneza principalelor tipuri de relief: fluvial, litoral, glaciuar, periglaciuar, eolian și antropic. Fiecare dintre acestea au o apartenență obiectiv statornicită unui Domeniu de Modelare Geomorfologică. Dintre procesele ce intră în componența triadei procesuale geomorfologice, doar eroziunea și acumularea creează forme de relief propriu-zise. Acest fapt permite clasificarea formelor generate de agenții exogeni în două mari categorii: forme de eroziune și forme de acumulare.

După cum anticipam anterior, la baza manifestării proceselor stau **mecanismele geomorfologice**. Acestea sunt cunoscute și sub denumirea de subproces, iar prin caracterul și manifestarea lor specifică ele vor determina în cele din urmă natura genetică și caracteristicile formelor de relief (Mac, 1976).

Ca exemplu, de diferențiere, a mecanismelor specifice unui proces geomorfologic, se poate menționa cel al transportului sedimentelor prin albiile râurilor: procesul este cel de transport, iar mecanismele se referă la modul cum are loc acesta, și anume, prin târâre, prin rostogolire, prin saltație, în suspensie și în soluție. În același fel, transportul prafului și al nisipului, în Domeniul Modelării Eoliene, se face atât prin saltație cât și în suspensie.

În manieră similară stau lucrurile și în cazul eroziunii prin intermediul apei provenite din precipitații, care se scurge sub formă de curenți bidimensionali și tridimensionali, pe suprafețe înclinate, de tipul versanților, pe care le erodează. Pot fi deosebite în acest sens următoarele mecanisme: eroziune prin pluviudenudare și denudare peliculară, eroziune prin scurgere difuză, eroziune torențială (prin intermediul rigolelor, ogașelor, ravenelor și torenților), eroziune în cadrul albiilor de râu etc.; prin creșterea gradului de detaliere a analizei, în cadrul albiilor se poate deosebi mecanismul eroziunii la malul concav, de mecanismul eroziunii la nivelulul patului aluvial (Roșian, 2023).

Una dintre cele mai importante caracteristici, a mecanismelor geomorfologice, este reprezentată de discontinuitatea lor spațio-temporală. Spre exemplificare, în cazul eroziunii fluviale există mecanisme care se manifestă continuu (evacuarea materialului erodat de către râurile permanente), care se produc sezonier (surparea malurilor sub efectul îngheț-dezghețului), care au loc periodic (modificări ale albiei datorate formării zăpoarelor) și care apar sporadic (revărsările fluviale de amploare care inundă lunca fluvială o dată la câteva decenii) etc. (Mac, 1986).

Domeniile de modelare a reliefului. Agenții, procesele și mecanismele geomorfologice, cu toate că lasă impresia că acționează individual, se asociază și conlucrează, pentru geneza reliefului dintr-un teritoriu, constituind sub aspect conceptual domenii de modelare. În demersul de evidențiere a acestora se folosesc și alți termeni, dintre care se remarcă: mediu morfogenetic, sistem de modelare, sistem morfogenetic etc.

Cunoașterea notelor definitorii a agenților geomorfologici, a proceselor și mecanismelor, prin intermediul cărora aceștia acționează, permite individualizarea următoarelor domenii de modelare: fluvial, litoral, glaciari, periglaciari, eolian și antropici.

În cuprinsul fiecărui domeniu există numeroase forme de relief, care prin particularitățile lor genetice, fac dovada apartenenței la acestea, de unde și denumirile de: relief fluvial, relief litoral, relief glaciari, relief periglaciari, relief eolian și relief antropici. Prezentarea pe scurt a acestor domenii, permite anticiparea

proceselor geomorfologice, care printr-o manifestare specifică, îndeosebi în prezența omului și a activităților sale, sunt în măsură să conducă la degradarea terenurilor.

Domeniul Fluvial se remarcă prin prezența apei în stare lichidă, care se scurge prin albiile torenților, pâraielor, râurilor și fluviilor, precum și pe suprafețe înclinate, de tipul versanților, rămase în urma adâncirii acestora (Roșian, 2023). Mai exact este vorba de teritoriile în care valoarea cantităților medii de precipitații o depășește pe cea a evapotranspirației, pe fondul unor temperaturi medii anuale pozitive, și a unui substrat a cărui petrografie favorizează concentrarea și scurgerea apei. Interacțiunea îndelungată a proceselor specifice cu substratul geologic determină geneza reliefului fluvial. Principalele forme de relief din cadrul acestuia sunt: albiile, luncile, terasele, conurile aluviale, piemonturile, deltele, versanții și văile fluviale. Pe suprafața versanților se întâlnesc numeroase forme de relief datorate pe de o parte scurgerii apei (rigole, ogașe, ravene, torenți etc.), iar pe de alta deplasărilor în masă (grohotișuri, alunecări de teren, curgeri noroioase, lobi de solifluxiune, ondulări ale suprafeței terenului datorită creep-ului etc.).

Domeniul Litoral este rezultatul interacțiunii apei din lacuri, mări și oceane cu substratul geologic. Dinamica apei în acest caz este întreținută de: vânt, diferențe de temperatură, salinitate și de turbiditate, mișcările plăcilor litosferice, atracția exercitată de Lună și Soare, unele activități antropice etc. În condițiile date apa din Domeniul Litoral devine un agent geomorfologic și generează relieful litoral. Dintre formele specifice acestui domeniu se evidențiază: falezele, platformele de abraziune, terasele litorale, plajele, bancurile și cordoanele litorale, câmpiile litorale etc.

Domeniul Glaciar este definit de modelarea scoarței terestre prin intermediul apei aflată în stare solidă (sub forma ghețarilor generați în urma transformării zăpezii în neve și apoi în gheață de ghețar); din acest motiv în cadrul Domeniului Glaciar nu se include efectul morfologic al banchizelor de gheață maritimă și oceanică. În locurile în care ghețarii își fac simțită prezența, printr-o dinamică aparte, și anume cele polare și montane înalte (din afara zonei reci), se formează relieful glaciar. În cadrul acestuia se remarcă următoarele forme: striuri glaciare, roci mutonate, rocdrumlin-uri, canale glaciare, circuri glaciare, văi glaciare, fiorduri, depresiuni de subsăpare glaciară, fjeld-uri, nunatak-uri, drumlin-uri, morene canelate, eskers-uri, morene marginale (frontale, laterale, deformate etc.), morene mediane, kames-uri, câmpiile de sandre, morene subacvatice etc.

Domeniul Periglaciar s-a individualizat prin conlucrarea a doi componenți ai mediului: atmosfera (cea prin intermediul căreia vine frigul, și care la rândul ei determină înghețul substratului) și hidrosfera (care pune la dispoziție apa ce îngheață în substratul geologic și zăpada, care se deplasează sub forma avalanșelor) (Roșian, 2023). În cadrul acestui domeniu, modelarea substratului geologic și al solului are loc pe fondul procesului de îngheț, cel care determină formarea permafrostului, dar fără apariția ghețarilor (îndeosebi din cauza precipitațiilor reduse cantitativ). Domeniul Periglaciar

se extinde în zonele reci polare, arctice și antarctice, precum și etajelor montane periglaciare din zona temperată și caldă (Popescu, 2021). Caracteristicile mediilor din aceste teritorii oferă condiții propice genezei reliefului periglaciara, în componența căruia se includ următoarele forme de relief: poligoanele sortate (solurile poligonale), cercurile de pietre, mușuroaiele înierbate, terasetele periglaciare, penele de gheață, pingo, palsas-urile, termonișele, termocircurile, alas-urile, involuțiile, pavajele periglaciare, câmpurile de blocuri, pânzele și lobii de solifluxiune, blocurile glisante, ghetarii de pietre, culoarele de avalanșă, nișele de nivație, morenele nivale, grézés-litées-urile, terasele de criplanatie, cripedimente etc. În Domeniul Periglaciara de modelare nu se includ teritoriile în care, în sezonul rece, de iarnă, apare înghețul la sol și starea solidă de agregare a apei din substratul geologic și din sol, întrucât ele nu conduc la o morfologie specific periglaciara, fiind doar procese asociate celor dominante (fluviale, litorale, eoliene, antropice etc.).

Domeniul Eolian este unul aparte, concretizat în urma interacțiunii dintre atmosferă și suprafața terestră. Chiar dacă vântul, cel mai sonor element al dinamicii atmosferei, este prezent pe întreaga suprafață a Terrei, pentru ca el să devină eficient geomorfologic și să genereze forme de relief, mai trebuie îndeplinite câteva condiții: substrat geologic alcătuit din roci care să poată fi mobilizate de către vânt și lipsit de un înveliș vegetal și biologic (protector contra eroziunii), precum și lipsa umidității și a precipitațiilor, care să asigure creșterea vegetației și formarea solului (Roșian, 2023). Astfel de condiții se întrunesc pe aproximativ 30% din suprafața uscatului Terrei, teritorii în care, direcția și intensitatea vântului fiind mai constante și mai îndelungate, predominant devine relieful eolian. Se remarcă în acest sens de deșerturile din zona caldă (partea tropicală) și din zona temperată (doar cea caracterizată de un climat temperat continental excesiv). Cele mai întâlnite forme de relief eolian sunt următoarele: pavajul de deflație și hamadele, ventifactele, yardang-urile, scobiturile eoliene, ciupercile eoliene, stâlpii eolieni, depresiunile de deflație și coraziune (fuldji, vadi etc.), ridurile eoliene dunele, mările de nisip sau ergurile etc.

Domeniul Antropic a început să se individualizeze pe măsură ce prezența omului pe Terra s-a făcut tot mai simțită, inclusiv sub aspect geomorfologic. Factorul antropic a determinat geneza unei game variate de forme de relief, cunoscute sub denumirea de relief antropic. Executarea activităților antropice, pe cea mai mare parte a suprafeței uscatului, a determinat ca formele specifice să fie foarte răspândite, generând pe alocuri adevărate peisaje geomorfologice antropice (agricole, miniere, industriale, de transporturi, urbane etc.). Dintre formele de relief, edificate în urma unor activități pur antropice, se remarcă: catacombe, goluri miniere, tuneluri, cariere, balastiere, debleuri, canale (de navigație, irigație, desecare etc.), aterisamente, tunuli, valuri de pământ, rambleuri, diguri, halde de steril, iazuri de decantare, bataluri, depozite de deșeuri, insule artificiale, terasamente, agroterase etc. Problema este că

intervenția omului, asupra reliefului, nu se oprește la geneza formelor enumerate, el influențând dinamica multor procese, aferente celorlalți agenți geomorfologici.

Acest fapt a determinat apariția unor forme de relief condiționate antropic, cum sunt, de exemplu, cele rezultate în urma eroziunii accelerate, excesive sau antropice.

Tocmai această intervenție antropică, în bunul mers al proceselor geomorfologice și al dezvoltării armonioase a formelor de relief, pe fondul modificării și schimbării tipului de utilizare a terenurilor, este cea care conduce la degradarea acestora. Astfel de probleme fiind de mare actualitate și cât se poate de obiective, vor fi abordate în cadrul capitolelor următoare. Cu toate că ele sunt numeroase și cu pondere inegală în economia degradării terenurilor, de o atenție deosebită vor beneficia cele cu manifestare mai intensă, cele care ocupă suprafețe extinse, precum și cele care lasă în urma lor cele mai mari pagube.

La finalul acestui capitol, pentru a semnaliza corespunzător apartenența științifică a tematicii acestei cărți trebuie subliniat că disciplina care se ocupă cu studiul formelor de relief ale Terrei, sub toate aspectele (geneză, dinamică, evoluție, distribuție spațio-temporale, geometrie, interacțiunii cu factorii de mediu, impact antropic etc.), este **Geomorfologia**.

Pe lângă rezolvarea problemelor amintite anterior Geomorfologia contribuie la soluționarea cerințelor practice solicitate de dezvoltarea societății. Nu trebuie uitat că relieful este suportul terenului pe care își desfășoară activitatea componenta antropică, el fiind în măsură să influențeze planificarea teritoriului și utilizarea terenurilor (Roșian, 2023). Acest fapt este posibil prin caracterul aplicat de care dă dovadă această știință, pus în practică îndeosebi prin intermediul ramurii intitulate **Geomorfologie Aplicată**. În cadrul obiectului de studiu al acesteia din urmă se include și studiul prevenirii și combaterii proceselor și formelor de relief, care degradează terenurile. Gestionarea tuturor informațiilor despre relief și oferirea de răspunsuri obiective, care să permită surmontarea problemelor specifice îi revine **specialistului geomorfolog**. Acesta prin posibilitățile pe care le are, inclusiv de a colabora cu cercetători din diverse domenii și ramuri științifice, este în măsură să contribuie la protecția mediului și la creșterea calității vieții.

CAPITOLUL 2

ACTIVITĂȚI ANTROPICE ȘI PROCESE GEOMORFOLOGICE CARE DEGRADEAZĂ TERENURILE

Prezența omului ca agent geomorfologic, cu acțiune procesuală directă (geneza reliefului antropic), dar și indirectă (influențarea dinamicii proceselor geomorfologice aferente altor agenți morfogenetici), s-a făcut din ce în ce mai simțită în ultimele două secole. În tot acest timp habitatul uman s-a extins, odată cu creșterea numărului de locuitori și a nevoilor de resurse specifice.

S-a ajuns astfel la creșterea intensității activităților antropice, fapt soldat cu o interacțiune tot mai evidentă a acestora cu solul și rocile existente pe suprafața Terrei. În acest context omul a devenit un agent geomorfologic a cărui prezentă nu poate fi ignorată. Prin activitățile desfășurate în mod conștient de către om, dar mai ales prin amploarea lor, acesta trebuie privit ca o forță esențială de modificare a substratului geologic, motiv pentru care se vorbește de un impact antropic asupra reliefului (Muntean, 2005).

După cum se va exemplifica, în cadrul capitolelor următoare, modelarea scoarței terestre, prin participare antropică, se caracterizează printr-o durată mult mai scurtă, comparativ cu cea realizată de către aceeași agenți, dar în lipsa implicării omului.

Modul diferit de intervenție a omului în morfogenează a determinat găsirea unor termeni adecvați pentru evidențierea acestui lucru. Dintre ei se remarcă cel de dinamică antropică sau accelerată, utilizați cu scopul de a semnală diferențele de viteză, frecvență, intensitate de manifestare, amplitudine spațială, extindere temporală etc., a proceselor geomorfologice specifice (Anghel, 2009).

În contextul acestei lucrări, pe lângă activitățile antropice, în urma cărora rezultă forme de relief tipice, interesează în mod deosebit implicațiile activităților antropice în desfășurarea proceselor geomorfologice, aferente celorlalți agenți, care pot fi stimulate sau inhibitate (Blaga et al., 2014). Cert este însă că intervenția antropică, în morfogenează, s-a accentuat simultan cu dezvoltarea tehnologică, fapt care a permis punerea la dispoziție a unor mijloace tot mai eficiente, prin intermediul cărora se intervine asupra solului și a substratului geologic.

Activitățile antropice care degradează terenurile se întâlnesc în cadrul fiecărui domeniu de modelare și sunt cu atât mai evidente și frecvente cu cât intervenția antropică, asupra schimbării modului de utilizare a terenurilor, de la natural la antropizat, este mai abruptă. Prin aceasta se înțelege că schimbarea se face mai rapid și conduce la diferențe notabile, între ceea ce exista anterior intervenției

antropice și ceea ce există după, așa cum se întâmplă, de exemplu, în cazul terenurilor cu pădure, care sunt defrișate pentru a fi utilizate ca teren arabil.

Dintre activitățile antropice, favorabile modificării dinamicii proceselor specifice altor agenți geomorfologici, se remarcă: defrișarea pădurilor, destelenirea pajiștilor, aratul terenurilor perpendicular pe curbele de nivel, extinderea culturilor agricole, regularizarea cursurilor de apă și amenajările hidrotehnice, exploatarea balastului, mineritul la zi, activitățile industriale, apariția și extinderea așezărilor, dezvoltarea căilor de comunicații etc., activități care implică de cele mai multe ori secționarea versanților sau a altor suprafețe înclinate (Roșian, 2023).

Defrișarea pădurii determină în mod direct schimbarea condițiilor naturale existente (microclimat, proprietăți ale solurilor, infiltrație, evapotranspirație etc.), ceea ce favorizează dezvoltarea intensă a proceselor de versant, iar indirect la accelerarea ritmului de evoluție a reliefului (Josan, 1979). De exemplu, prin tăierea pădurii, de pe un teren cu declivitate de peste 5° și utilizarea lui ca pășune sau teren arabil, în locul unor procese specifice de infiltrare și drenare a apei, provenite din precipitații, se poate ajunge la scurgere torențială, prin intermediul rigolelor, ogașelor, ravenelor și torenților (ceea ce ne duce cu gândul la eroziune accelerată), sau la deplasări în masă de tipul alunecărilor de teren și a curgerilor noroioase. S-a ajuns astfel, în unele regiuni, cum este Depresiunea Transilvaniei, ca alunecările de teren și ravenele să fie foarte răspândite, după ce anterior defrișării pădurii, care a avut loc în urmă cu câteva secole, ele nu apăreau decât sporadic; mă refer aici la alunecările masive de tip glimee, produse în condițiile degradării permafrostului discontinuu, existent la trecerea dintre Pleistocen și Holocen. Procesele de eroziune menționate au condus la degradarea solului pe suprafețe considerabile, ceea ce întreține în continuare dinamica proceselor geomorfologice de pe suprafața versanților. S-a ajuns pe această cale, ca morfologia de detaliu a versanților, să fie, într-o măsură mai mare sau mai mică, un produs și al activității umane (Jakab, 1983). Prin tăierea pădurii și accelerarea eroziunii evoluția reliefului s-a înscris pe coordonate noi, fapt resimțit inclusiv la nivelul proceselor care au loc în cadrul albiilor (Roșian, 2020); lipsa învelișului vegetal forestier, care să preia o parte din precipitațiile însemnate cantitativ, conduce la creșterea valorii debitelor din timpul apelor mari și al viiturilor.

Destelenirea pajiștilor și aratul terenurilor reprezintă o altă activitate antropică ce influențează bunul mers a morfodinamicii proceselor geomorfologice. De exemplu, transformarea pajiștilor în teren arabil și exploatarea agricolă a lor (fig. 2. 1), printr-o tehnică necorespunzătoare (aratul perpendicular pe curbele de nivel, construirea drenurilor în lungul pantei, afânarea ritmică a solului, ceea ce determină diminuarea coeziunii particulelor, chimizarea accentuată etc.), permite desfășurarea eroziunii și creșterea susceptibilității la procese geomorfologice pe noi suprafețe de teren (Roșca et al., 2015; Buta, 2017). Deranjarea orizonturilor de sol, în urma prelucrării agricole,

pe terenuri care anterior au fost deșțelenite, provoacă stimularea proceselor de pluviodenudare, denudare peliculară, scurgere torențială a apei pe versanți, alunecare de teren, curgere noroioasă etc.; efectele acestor procese se transmit apoi în cadrul albiilor, contribuind la modificarea dinamicii acestora, mai ales prin acumularea surplusului de sedimente provenit de pe versanți (Roșian, 2020). În același timp, prin aratul solului acesta devine mai afânat, ceea ce determină schimbarea radicală a condițiilor de aerare, de umiditate, a procesele biologice etc.; printr-o astfel de intervenție, solul devine un corp străin, în mediul natural dinaintea prelucrării agricole, fapt care implică un alt regim al infiltrării apelor provenite din precipitații, un alt ritm al scurgerilor, alte posibilități de evaporare și de înmagazinare a apei, a substanțelor minerale, o mult mai slabă coeziune și rezistență la eroziune etc. (Tufescu, 1966). Se explică astfel și pe această cale de ce pe terenurile arabile eroziunea solului este mult mai intensă.



Fig. 2. 1. Aratul necorespunzător al terenurilor, de la partea superioară la cea inferioară a versantului (Dealul Chișcutului, Aruncuta, Câmpia Transilvaniei)

Regularizarea cursurilor de apă și amenajările hidrotehnice cu toate că au drept scop fundamental protejarea terenurilor contra inundațiilor și stocarea apei în lacurile de acumulare, ele conduc la modificări ale patului aluvial și al malurilor, cu toate repercusiunile de rigoare (de exemplu, prin retezarea unor meandre are loc creșterea vitezei apei în secțiune și a pantei albiei, ceea ce atrage după sine creșterea volumului de aluviuni transportat, respectiv incizia patului albiei). Cu timpul, în

spatele barajelor se acumulează sedimente, care provoacă treptat colmatarea unei părți însemnate din volumul lor util. La astfel de situații se ajunge de multe ori deoarece, barajele au fost construite înainte de identificarea și fixarea surselor de aluviuni din bazinele hidrografice secundare (Geografia României, I, 1983).

Exploatarea balastului conduce la cele mai semnificative modificări ale albiilor, îndeosebi atunci când sunt exploatate cantități impresionate de nisip și pietriș. Se ajunge în aceste cazuri, ca pe lângă destabilizarea patului aluvial, să fie afectate și malurile, care prin adâncirea artificială a albiei ajung să fie subminate, de către curentul de apă. Menținerea acestor activități pe intervale de ordinul deceniilor, provoacă intensificarea proceselor de eroziune, de la nivelul patului aluvial, precum și coborârea nivelelor de bază locale, la care se raportează afluenții râurilor din care se exploatează balast.

Activitățile industriale, inclusiv cele de exploatare a substanțelor minerale utile la zi, conduc la geneza unor forme de relief a căror suprafață este deosebit de susceptibilă la procese geomorfologice, care implică eroziunea și colmatarea terenurilor din vecinătate. Dintre activitățile miniere, exploatarea în carieră are impact maxim asupra componentelor geomorfologice (Filp, 2008). Se remarcă în acest sens terenurile decopertate din carierele la zi, haldele de steril, taluzurile și malurile iazurilor de decantare, terasamentele, taluzurile aferente căilor de comunicații și din incinta ansamblurilor rezidențiale miniere etc. De exemplu, activitățile de minerit la zi au adus de-a lungul timpului daune majore solului, prin distrugerea texturii, prin perturbarea ciclurilor de nutrienți și prin modificarea comunităților microbiene (Buta et al., 2019a).

Activitățile de minerit, pentru resursele minerale, efectuate de-a lungul anilor, au dus la daune majore solului. Procesul de exploatare a mineralelor dorite a distrus textura solului, a perturbat ciclurile de nutrienți și a modificat comunitățile microbiene, afectând vegetația și conducând la distrugerea unor suprafețe largi de terenuri în multe țări. Prin urmare, restaurarea solului, de pe terenurile miniere abandonate a devenit o parte foarte importantă a strategiilor de dezvoltare durabilă și, de asemenea, este reglementată prin lege în mai multe țări.

Apariția și extinderea așezărilor s-a soldat de cele mai multe ori cu o intervenție agresivă asupra reliefului existent, deoarece a fost necesară edificarea rețelei de străzi, de canalizare, de scurgere a apei din precipitații, pregătirea locului pentru fundarea construcțiilor. Toate acestea au schimbat configurația reliefului la nivel de detaliu, aproape în totalitate. După epuizarea suprafețelor favorabile (terase, lunci, platouri etc.), pentru extinderea ansamblurilor rezidențiale, s-a trecut apoi la utilizarea unor terenuri mai puțin propice, susceptibile la alunecări de teren, așa cum este în cazul versanților. Doar o bună cunoaștere a reliefului și a dinamicii acestuia oferă șansa de a delimita posibilitățile de extindere în suprafață a intravlanului (Filip, 2009).

Dezvoltarea căilor de comunicații, precum și desfășurarea circulației la nivelul lor, reprezintă într-o primă fază modificări ale reliefului preexistent (excavații pentru debleuri, depuneri de materiale pentru rambleuri), iar ulterior destabilizarea suprafețelor înclinate, de tipul versanților din proximitatea lor, datorită vibrațiilor (Roșian, 2020). Se întrunesc în acest fel toate condițiile pentru declanșarea deplasărilor în masă, dintre care se remarcă alunecările de teren. De exemplu, trawiul materialului rulant în mișcare, prin vibrațiile produse, modifică starea de efort din teren și generează condiții favorabile procesului de alunecare; se remarcă în acest sens alunecările de teren produse și reactivate, după numeroase acțiuni de consolidare, în sectorul căii ferate Apahida – Câmpia Turzii (Mac și Irimuș, 1991). O situație similară se înregistrează și în cazul autostrăzii A1 (sectorul Săliște – Apoldu de Jos) (Roșian, 2020). De asemenea, drumurile tăiate în depozite alcătuite din roci friabile, de tipul marnelor, argilelor și nisipurilor slab cimentate, fără o suficientă consolidare și drenare a taluzurilor, provoacă dezechilibrări ale rocilor din componența versanților, fapt soldat cu surpări și căderi de pietre.

Toate aceste intercondiționări și influențe dintre activitățile antropice și procesele geomorfologice pot avea loc, deoarece, între ele există relații de reciprocitate; de pildă, o alunecare de teren poate afecta infrastructura rutieră, dar în același timp și infrastructura poate să favorizeze declanșarea unei alunecări de teren, prin crearea unei valori artificiale ale pantei versantului sau prin trepidații (Blaga et al., 2014). Dacă ar fi să continui ideea, cu alt exemplu, este cât se poate de adevărat că nu omul este cel care împinge roca și solul pentru a declanșa o alunecare de teren, dar prin defrișare, deștelenire, suprapășunat etc., el creează toate condițiile pentru ca ea să se declanșeze (Roșian, 2023). Rezultă așadar dificultatea de a încadra unele procese geomorfologice și forme de relief în categoria celor naturale sau antropice, motiv pentru care pot fi considerate că se manifestă și își fac apariția în urma influenței antropice, în inițierea și dinamica proceselor geomorfologice specifice celorlalți agenți.

Alături de procesele influențate antropic, dar specifice agenților geomorfologici naturali, degradarea terenurilor are loc și prin activitatea directă a omului, mai ales dacă ea este necesară pentru dezvoltarea economică a societății și creșterea calității vieții. În categoria acestora se remarcă terenurile aferente haldelor de steril, iazurilor de decantare, căilor de comunicații în curs de amenajare, ansamblurilor rezidențiale în curs de edificare, precum și terenurile decopertate de stratul de sol, care urmează să fie utilizate ulterior în diverse scopuri.

Activitățile și acțiunile menționate, în condițiile în care nu au și componentă preventivă nu fac altceva decât să contribuie la intensificarea și accelerarea diverselor procese geomorfologice. Aceste afirmații sunt cu atât mai valabile, cu cât în ultima vreme, pe fondul creșterii numărului de locuitori și a extinderii habitatului

uman, terenurile care intră sub incidența schimbării modului de utilizare, sunt tot mai susceptibile la diverse procese geomorfologice.

Alături de influențele antropice de semn negativ se evidențiază și activitățile care au rolul de a diminua și împiedica manifestarea proceselor geomorfologice care degradează terenurile. Din categoria acestora pot fi amintite următoarele: acțiunile de împădurire, de plantare a pomilor fructiferi și a vitei de vie pe terenurile înclinate, după ce anterior au fost terasate și stabilizate, dacă erau cumva anterior afectate de procese geomorfologice; realizarea de perdele de protecție împotriva spulberării solului și a nisipului; amenajarea ravenelor și torenților pentru stoparea evoluției și dezvoltării lor conform unor scheme, care cuprind măsuri și acțiuni antierozionale; amenajarea hidrotehnică a râurilor prin realizarea de baraje și canalizarea albiilor; consolidarea malurilor unor plaje pentru a frâna acțiunea distructivă a valurilor; reabilitarea ecologică a haldelor de steril și a terenurilor decopertate în scopul activităților miniere la zi etc. (Roșian, 2023). Toate acestea au rolul de a indica conștientizarea amplorii pe care au luat-o procesele geomorfologice, care degradează terenurile.

Cert este că activitățile antropice, fie că se manifestă direct sau indirect, fie că sunt de semn negativ sau pozitiv, modifică relieful existent. Amploarea intervenției antropice în morfogeneză a început să fie obiectiv conștientizată de către actorii implicați în cercetarea și gestionarea ei, motiv pentru care au fost redactate o serie de lucrări de specialitate, dintre care merită menționate următoarele: *Human influence in geomorphology* (Goudie, 1993), *Anthropogenic Geomorphology. A Guide to Man-Made Landforms* (Szabo et al., 2010), *Antropizarea reliefului* (Josan, 2014), *Geomorphology in the Anthropocene* (Goudie și Viles, 2016), *Geomorphology and Society* (Meadows și Lin, 2016), *Urban Geomorphology. Landforms and processes in cities* (Thornbush și Allen, 2018) etc.

Toate aceste demersuri nu fac altceva decât să întărească convingerea că intervenția antropică, asupra reliefului, este explicabilă și prin faptul că în demersul de organizare și amenajare a teritoriului, cel asupra căruia se intervine prima dată este relieful și învelișul de sol. Nu trebuie uitat însă rolul reliefului în cadrul procesului de pedogeneză, în sensul că relieful constituie spațiul în cadrul căruia se manifestă formarea și evoluția solului (Buta, 2017).

Chiar dacă este un paradox, intervenția antropică în morfogeneză este o necesitate de bază pentru societate, cu toate că adeseori se dovedește în detrimentul ei (mai ales, așa cum am mai notat, când nu este însoțită de măsuri de prevenire și combatere a degradării terenurilor).

În același timp, raportat la ritmul morfogenezei naturale, care este cât se poate de neregulat, din cauza supunerii condițiilor și stărilor geomorfologice din fiecare anotimp, intervenția antropică în procesele geomorfologice se desfășoară în funcție de interesele și mijloacele tehnice și financiare ale societății (Josan, 2014).

Amplizarea intervenției antropice în morfogeneză semnalează că omul a devenit un important agent geomorfologic, a cărui contribuție a sporit pe alocuri în progresie geometrică, corelat cu dezvoltarea societății. S-a trecut astfel de la intervenții modeste, din timpurile în care omul era mai degrabă vânător și culegător, la intervenții radicale asupra reliefului, pe măsură ce acesta a devenit războinic, agricultor și industriaș. În același timp, conștientizând cele întâmplate la adresa reliefului, pentru limitarea lor, omul a devenit cercetător, propunând soluții sub forma prevenirii și combaterii proceselor geomorfologice (Roșian, 2017).

Procese geomorfologice care degradează terenurile. La modul general se poate considera că procesele geomorfologice au o manifestare normală, atât timp cât în dinamica lor nu sunt implicate activități antropice. Lucrurile se pot schimba semnificativ în momentul în care intervine omul, printr-o folosire specifică a suprafeței terestre. Se ajunge astfel la perturbarea echilibrelor morfogenetice existente, ceea ce înseamnă schimbarea dinamicii proceselor geomorfologice, fapt soldat cu degradarea terenurilor.

Dintre procesele geomorfologice, care degradează terenurile, pe fondul intervenției antropice, în capitolele care urmează, vor fi detaliate următoarele: scurgerea apei pe versanți, alunecările de teren, procesele care degradează albiile, procesele care degradează relieful litoral, avalanșele, dezghețul permafrostului, procesele eoliene și procesele care degradează relieful antropic. Fiecare dintre acestea sunt parte integrantă a domeniilor de modelare (fluvial, litoral, glaciuar, periglaciuar, eolian și antropic), așa cum s-au conturat ele prin conlucrarea dintre agenți, procese și mecanisme morfogenetice. Rezultă că practic nu există domeniu de modelare unde prezența omului, bunurilor și activităților sale, cele prin intermediul cărora intervine asupra scoarței terestre, să lipsească.

Este astfel cât se poate de evident că dintre procesele geomorfologice, specifice domeniilor de modelare, unele dintre ele, pe fondul influențelor antropice, contribuie într-o măsură mai semnificativă la degradarea terenurilor (pluviudenudarea, denudarea peliculară, scurgerea apei pe versanți, alunecările de teren, eroziunea malurilor de râu, eroziunea plajelor etc.), pe când altele au o manifestare mai atenuată (avalanșele, eroziunea și acumularea glaciuară, dezghețul permafrostului, eroziunea și acumularea eoliană etc.).

De asemenea, degradarea terenurilor are loc și prin intermediul altor procese, care nu sunt de natură geomorfologică, cum ar fi poluarea solului, inundarea terenurilor etc., aspecte care depășesc însă cadrul acestei lucrări. În același timp există și manifestări ale factorilor și proceselor endogene, care pot degrada sau scoate din uz terenurile, așa cum este de exemplu în cazul erupțiilor vulcanice, a seismelor etc., dar nici ele nu vor fi abordate în această lucrare.

Procesele geomorfologice, care degradează terenurile, și formele de relief rezultate sunt influențate de o serie de factori dintre care se remarcă următorii (Loghin, 1996):

- *substratul geologic*, reprezentat de roci și formațiunile geologice, relevă un comportament selectiv, la acțiunea proceselor geomorfologice, izvorât din modul în care sunt dispuse (structura, care poate fi orizontală, monoclinală, cutată etc.) și din proprietățile lor; dintre proprietățile rocilor care influențează degradarea terenurilor se remarcă: duritatea, coeziunea, unghiul de frecare internă, omogenitatea, masivitatea, solubilitatea, compoziția granulometrică, porozitatea, permeabilitatea, higroscopicitatea, plasticitatea etc.;

- *solul*, prin proprietățile fizice și chimice, influențează percolarea și reținerea apei, scurgerea de suprafață și subsuprafață, precum și susceptibilitatea la eroziune (prin pluviodenudație, denudație peliculară și scurgere prin curenți concentrați) și deplasări în masă (dintre care se remarcă alunecările de teren). Pornind de la proprietățile solului (textură, structură, conținut de humus etc.), la aceleași valori ale declivității terenului, procesele de eroziune și cele de deplasare în masă diferă semnificativ;

- *relieful* existent influențează îndeosebi prin parametri săi (declivitate, densitatea și adâncimea fragmentării, expoziție, forma versantului și lungimea versantului etc.);

- *clima* intervine prin caracteristicile elementelor specifice, cele care stau la baza individualizării etajelor și tipurilor de climă. Dintre elementele climatice, care fac diferența în morfogeneză, se remarcă: precipitațiile atmosferice (intervin prin durată, intensitate, tip – ploaie sau zăpada - , agresivitatea ploilor, alternanța perioadelor ploioase cu cele secetoase, grosimea stratului de zăpadă și ritmul de topire a lui), temperatura aerului și variațiile ei, vântul etc.;

- *apa* are un rol esențial în derularea proceselor geomorfologice, care degradează terenurile, începând cu umezirea solului și a substratului geologic și continuând cu antrenarea, transportul și depunerea aluviunilor; o parte din surplusul de apă existent pe suprafața terenului se infiltrează, continuând în manieră proprie, procesul de morfogeneză;

- *vegetația*, în special cea naturală, are rolul de a reduce impactul precipitațiilor la adresa suprafeței terestre, prin consumarea energiei picăturilor ploaie la nivelul frunzelor și a ramurilor arborilor, dacă există vegetație forestieră. Comparativ cu acest tip de vegetație, cea de cultură, și mai ales în cazul culturilor anuale reprezentate de prășitoare (porumb, sfeclă, floarea soarelui, soia etc.), când în anumite perioade ea lipsește, are implicații deosebite în degradarea terenurilor. Practic, culturile anuale, care trebuie săpate de două trei ori, oferă cea mai slabă protecție solului, din cauza afânării continue a acestuia, pe fondul îndepărtării plantelor spontane, a celor ruderales și a buruienilor;

- *omul*, prin implicarea sa, în utilizarea suprafeței terestre, intervine în dinamica proceselor geomorfologice, primind rol de agent morfogenetic. După cum am mai menționat el acționează atât direct, generând formele de relief pur antropic, cât și indirect, influențând dinamica unor procese geomorfologice; se explică în acest fel contrastele morfogenetice dintre terenurile cu vegetație naturală și cele cu vegetație cultivată, la aceleași valori ale pantei și pe aceleași tipuri de roci.

Acești factori se intercondiționează în proporții variate, încât unii intensifică, iar alții diminuează morfogeneza, totul pe fondul general al degradării terenurilor.

La modul cum se prezintă problema terenurilor degradate ea este una din categoria cercetării pluridisciplinare. Această afirmație este susținută de diversitatea activităților antropice și a proceselor geomorfologice, care concură la degradarea terenurilor. Ca urmare, în luarea deciziilor adoptării celor mai eficiente și obiective măsuri și acțiuni de prevenire și combatere a proceselor geomorfologice, care degradează terenurile, este necesară participarea a numeroși specialiști din următoarele domenii științifice și tehnice: geomorfologie, geologie, pedologie, hidrologie, agronomie, silvicultură, planificare teritorială etc. Interesul multilateral, pentru studiul terenurilor degradate, are la bază considerente practice, întrucât procesele degradante provoacă daune considerabile, de multe ori irecuperabile, diverselor sectoare economice (Loghin, 1996).

După cum se va observa, pe parcursul capitolelor următoare, până în prezent, atât sub aspect științific cât și aplicativ, s-a acumulat o experiență valoroasă, îndeosebi prin cercetările efectuate în cadrul universităților, institutelor de cercetări și proiectări specializate, stațiunilor experimentale etc.

Analiza bibliografiei existente în acest sens, confirmă nivelul superior atins în cunoașterea problemei prevenirii și combaterii proceselor geomorfologice, care degradează terenurile.

Terenuri degradate versus eroziunea accelerată și eroziunea solului. Pentru discutarea celei mai mari părți a tematicii din această lucrare se utilizează în numeroși termeni, dintre care se remarcă cei de: teren degradat, eroziune accelerată și eroziunea solului. Cu toate că aceștia nu sunt sinonimi de multe ori, în literatura de specialitate, se folosesc pentru a indica aceeași problemă, și anume cea a degradării terenurilor de către procesele geomorfologice.

Din urmărirea semnificației lor, așa cum se va prezenta mai jos, vreau să subliniez că degradarea terenurilor are loc nu doar în urma eroziunii accelerate sau a eroziunii solului, ci și prin participarea altor procese geomorfologice, cum este acumularea; de exemplu, aceasta din urmă poate degrada terenurile prin colmatarea lor cu aluviuni și alte tipuri de sedimente.

Prin termenul de *teren degradat*, care își are originea în latinescul *gradus* (degradare), precum și în termenul italian *digradazione* (degradare), se înțelege scăderea continuă și insensibilă a calității solului sau a suprafeței terestre (Surdeanu, 1998).

De asemenea, prin degradarea terenului se face referire la diminuarea sau anularea potențialului productiv al terenului (Traci, 1985), ca urmare a manifestării unor procese geomorfologice, influențate sau nu antropic.

Cu o astfel de afirmație este de acord însuși promotorul eroziunii accelerate, din literatura de specialitate din România, și anume Tufescu (1966), el menționând că degradarea terenurilor este realizată de către procese geomorfologice influențate de intervenția nechibzuită a omului; de unde și afirmația că terenurile afectate, de astfel de procese geomorfologice, se numesc terenuri degradate.

Astfel, procesele geomorfologice, care conduc la diminuarea sau chiar anularea fertilității solului, și implicit a capacității productive a lui, se includ în categoria celor care degradează terenurile (Traci, 1985). Cu toate că accentul este pus pe învelișul de sol și proprietatea lui de bază, și anume fertilitatea, trebuie reținut că degradarea terenurilor nu se oprește doar la nivelul acestuia, ci se continuă și la nivelul substratului geologic, afectând și rocile. Transportarea în continuare, a solului și a rocilor erodate, atestă că, o dată inițiată, degradarea terenurilor nu se termină pe suprafața acestora, ea continuându-se în aval prin colmatarea albiilor, a luncilor sau chiar a lacurilor de acumulare.

Urmărită în sens cronologic problema degradării terenurilor apare ca o succesiune de stări în care solul și substratul geologic vor suporta transformări semnificative sub influența atmosferei, hidrosferei, biosferei (Surdeanu, 1998), precum și a activităților antropice.

Sub aspect agronomic, degradarea terenurilor poate fi interpretată ca o reducere sau ca o pierdere a fertilității solului, din cauza manifestării proceselor aferente agenților geomorfologici.

Abordarea unilaterală a problemei degradării terenurilor, fără realizarea unei corelări, între procesele care stau la baza ei, va căpăta un sens scolastic, cu puțini sorți de izbândă (Surdeanu, 1998), cel puțin sub aspectul diminuării ei. În același timp, dacă omul este privit doar ca un simplu beneficiar, al acestui proces complex (degradarea terenurilor), și nu ca un agent geomorfologic, problema se îndreaptă spre o rezolvare univocă, în cadrul căreia, una dintre soluții, și anume, cea mai puțin costisitoare, prevenirea, este eliminată (Surdeanu, 1998).

Așa cum am mai precizat, s-a ajuns ca omul, împreună cu activitățile sale să fie considerat principalul agent al degradării terenurilor, chiar dacă în mod paradoxal, degradarea din anumite locuri conduce la dezvoltare economică în altele.

În acest context, problematica degradării terenurilor, în vederea găsirii de soluții obiective pentru rezolvarea ei, poate fi axată pe două direcții (Surdeanu, 1998):

- în primul rând trebuie cunoscute procesele geomorfologice, care concură la degradare (ritm, frecvență, efecte directe și indirecte etc.), precum și cauzele care conduc la declanșarea lor; în același timp, astfel de informații, existente chiar și

numai sub aspect istoric și statistic, vor jalona direcțiile spre care se îndreaptă evoluția degradării terenurilor;

- în al doilea rând, strâns legat de primul, trebuie identificate condițiile în care, la cauze aproximativ identice, efectele manifestării proceselor, care degradează terenurile, sunt similare; este vorba astfel de un concept cheie care stă la baza prevenirii degradării terenurilor, acțiune mult mai puțin costisitoare, comparativ cu cea de combatere, care în multe cazuri devine insurmontabilă (dificilă sub aspectul costurilor), motiv pentru care nu se poate pune în practică.

Practic, doar o bună cunoaștere a modului de manifestare, în timp și spațiu, a proceselor care degradează terenurile, pot conduce la o prevenire eficientă a acestora, cu scopul reducerii la minimum a combaterii lor, ceea ce la urma urmei înseamnă creșterea calității vieții și protecția mediului.

Eroziunea realizată de către procesele geomorfologice trebuie înțeleasă ca un proces natural firesc (Tufescu, 1966), care concurează la atingerea unui echilibru dinamic la nivelul scoarței terestre, reprezentată în cazul de față în special de către sol și substratul geologic. Se pare că acest echilibru nu se atinge deoarece este permanent deranjat de numeroasele variabile care intervin. În contextul de față ne interesează cel mai mult influența provenită dinspre activitățile desfășurate de către componenta antropică.

Eroziunea suprafeței terestre, realizată de procesele geomorfologice încă din cele mai vechi timpuri, a primit apelativul de naturală, iar pe alocuri cel de eroziune geologică, prin raportare la timpul lung al evoluției. La scara timpului ea s-a manifestat lent, doar pe alocuri existând episoade mai accentuate, cauzate, spre exemplu, de schimbări climatice (de tipul celor din Cuaternar) și de mișcări tectonice. Pentru desemnarea acestui tip de eroziune, termenul cel mai potrivit este cel de eroziune moderată (Tufescu, 1966).

În contrast cu acest termen, pentru a ilustra intervenția antropică în morfogeneză, a început să se folosească cel de **eroziune accelerată** sau excesivă, prin ea înțelegându-se „*eroziunea mult mai activă care se declanșează în urma ruperii echilibrului forțelor naturii prin intervenția omului; de aceea i se mai spune și eroziune antropică*” (Tufescu, 1966, p. 29). O astfel de eroziune, conform autorului citat, prin însuși ritmul ei de dezvoltare, nu poate fi trecută cu vederea, devenind chiar alarmantă. Practic acțiunile neraționale ale omului îl determină pe acesta să devină factorul cel mai important în amploarea și accelerarea acestui tip de eroziune (Chiorescu, 2021).

Eroziunea accelerată este așadar una de mare intensitate, deoarece volumul de sol erodat îl depășește pe cel al solului care se formează (Traci, 1985). O astfel de eroziune este, în general, violentă și are loc în timpul ploilor torențiale, caracterizate de intensitate și volum mare, care cad pe soluri formate pe terenuri cu valori mari ale pantei și care sunt lipsite de scutul protector al vegetației (Traci, 1985). Conform

autorului citat solul este repede îndepărtat (spălat), eroziunea acționând inclusiv la nivelul rocii parentale.

Eroziunea accelerată contribuie la degradarea terenurilor nu doar prin îndepărtarea solului și a rocilor, de pe suprafețe extinse, ci și prin depunerea acestora sub formă de aluviuni și sedimente în albi, lunci, depresiuni, câmpii etc. Prin schimbarea morfologiei albiilor, datorită colmatării lor cu aluviuni, se pot produce inundații în locuri în care anterior acestea nu se înregistrau; de cele mai multe ori inundarea terenurilor din lunci și depresiuni este soldată cu fosilizarea solurilor fertile, prin acoperirea lor cu pietrișuri și nisipuri sterpe (Tufescu, 1966). De asemenea, prin colmatarea lacurilor de acumulare se ajunge la scăderea volumului util al acestora, proces care merge până la scoaterea aproape totală din uz a acestora.

Eroziunea accelerată, produsă pe filieră antropică, este favorizată de modul incorect de utilizare a terenurilor, îndeosebi din regiunile caracterizate de un climat care menține într-un echilibru fragil învelișul vegetal și cel pedologic. Printre modalitățile de utilizare a terenurilor, care suprasolicită solul față de potențialul său natural, se remarcă: defrișarea pădurii, destelenitul pajiștilor, suprapășunatul, aratul perpendicular pe curbele de nivel (când valoarea pantei depășește 5-12°), monoculturile de citrice, palmieri, arbori de cafea etc. În privința tipurilor de climat, care favorizează eroziunea accelerată, se remarcă cele caracterizate de alternanța sezonelor uscate, cu cele umede, cum este de pildă în cazul celor temperat continentale, mediteraneene, tropicale, musonice etc. În condițiile date episoadele cu cea mai intensă eroziune se înregistrează îndeosebi la finalul sezonului secetos sau rece, când terenurile nu sunt protejate de un înveliș vegetal consistent (Roșian, 2023).

Eroziunea solului este un proces de natură mecanică, care constă din desprinderea și transportul materialului de la suprafața terenului (Moțoc et al., 1975), datorită prezenței unor agenți externi, dintre care cei mai activi sunt apa și vântul (Oncia, 2009). Termenul de eroziune își are originea în cuvântul de origine latină *erodo-ere*, care înseamnă a roade, a mânca (Dîrja, 2000). În urma eroziunii solul se degradează parțial sau total. La rândul ei, degradarea solului este definită ca fiind scăderea calității acestuia prin diverse procese cum ar fi: eroziunea, salinizarea, destructurarea solului, epuizarea rezervei de carbon organic al solului și a nutrienților esențiali (Lal, 2005).

În aceeași ordine de idei, eroziunea solului este un proces geomorfologic, care apare în mod natural, însă utilizarea solului de către om conduce, de obicei, la rate de desprindere și transport ale solului mult mai mari decât cele naturale (Pennock, 2019).

În urma eroziunii solului una dintre cele mai importante proprietăți ale acestuia, și anume fertilitatea, diminuează. Importanța fertilității solului reiese din urmărirea definiției sale, conform căreia ea este proprietatea solului de a asigura condiții pentru creșterea și dezvoltarea plantelor sau altfel spus capacitatea solului

de a pune la dispoziția plantelor apă și substanțe nutritive, de a asigura condiții fizice, chimice și biochimice folositoare creșterii și dezvoltării acestora, în contextul satisfacerii și celorlalți factori de vegetație (Buta, 2017). Solul poate îndeplini toate aceste condiții deoarece s-a format prin transformarea rocilor și mineralelor, sub acțiunea factorilor fizici, chimici și biologici, existenți în zona de contact a atmosferei cu litosfera (Paulette și Buta, 2009).

Agenții, care determină eroziunea solului, sunt reprezentați de apă (când se manifestă sub formă de picături de ploaie și sub formă de curenți dispersați și concentrați la suprafața terenurilor) și aer (când acționează sub formă de curenți cu viteză mare) (Moțoc et al., 1975; Zachar, 1982). La aceștia se adaugă activitățile omului, care prin intermediul uneltelor, cu care lucrează pământul, conduc la desprinderea și transportul materialului de la suprafața solului (Zachar, 1982).

Intervenția antropică, în modul de utilizare a terenului, așa cum am menționat și anterior, printr-o serie de activități cum ar fi defrișarea pădurilor și deștelenirea pajiștilor, pentru creșterea suprafețelor utilizate agricol, apoi realizarea aratului de la partea superioară spre cea inferioară a versanților, la care se adaugă supra-pășunatul și realizarea incorectă a drumurilor agricole și forestiere, a condus ulterior la accelerarea eroziunii solului.

Intensitatea procesului de eroziune a solului este așadar influențată atât de factori naturali (relief, sol, rocă, climă, vegetație etc.), cât și de maniera în care intervine omul (utilizarea terenurilor – defrișarea, deștelenirea, aratul, cultivatul pământului etc.). În urma unei astfel de eroziuni orizonturile superioare ale solului sunt îndepărtate parțial sau total, ceea ce determină scăderea considerabilă a fertilității.

Eroziunea poate fi apreciată ca unul din rezultatele relației de tip determinist instituită între apă, sol, relief și societatea umană, cea din urmă având rol activ în generarea unui mod de utilizare a terenurilor (Filip, 2008b).

Astfel definită, eroziunea solului reprezintă una dintre cel mai mari calamități pentru agricultură, fiindcă provoacă numeroase efecte dăunătoare (scăderea fertilității, înrăutățirea regimului apei din sol, intensificarea secetei pedologice, reducerea producției, diminuarea suprafeței terenurilor utilizate în scopuri agricole etc.), care sunt foarte dificil de combătut. În funcție de intensitatea eroziunii solului vor fi și pagubele din agricultură sau din diverse sectoare economice, care folosesc produse agricole.

De asemenea, solul erodat contribuie la colmatarea luncilor, albiilor, căilor de comunicații, vetrelor de așezări și chiar a lacurilor de acumulare. În plus, solurile erodate pot pierde între 75 – 80% din conținutul lor de carbon, ceea ce conduce la emisii de carbon în atmosferă (Morgan, 2005a). La rândul său, Lal (1995) a raportat că rata de deplasare a carbonului, din cauza eroziunii solului de pe continente, este de aproximativ 5,7 miliarde de tone, din care 1,14 miliarde de tone de carbon ajung

în atmosferă, sub formă de CO₂, crescând emisiile de gaze cu efect de seră. Același autor, mai recent (Lal, 2005), spune că prin eroziune se pierde din sol 6,1 mld tone de carbon, din care 1,2 mld tone ajung tot în atmosferă.

Raportat la hectar, cele mai mari pierderi de carbon organic, între 50 și 500 kg/ha/an, se înregistrează pe pajiștile afectate de incendii și pe pășunile supuse suprapășunatului, în timp ce pierderea maximă de carbon organic a fost observată pe parcelele neacoperite și expuse ploilor abundente, ajungând la o rată de 1.000 kg/ha pe an (Roose et al. 2005).

Din acest motiv, controlul eroziunii, prin prevenirea și combaterea proceselor geomorfologice, are posibilitatea de a fixa carbonul în sol, precum și de a reface fertilitatea acestuia.

Comparativ cu degradarea terenurilor, la modul general, de către procesele geomorfologice, eroziunea solului este așadar un proces mai limitat, deoarece este realizat doar de către apa provenită din precipitații și scurgerea ei, la care se adaugă acțiunea aerului (manifestată îndeosebi prin deflație) și activitățile antropice.

Astfel considerată, degradarea solului (din cauza eroziunii) este un component principal al degradării terenurilor, din cauza schimbărilor adverse pe care le provoacă pedosferei (Lal, 1999).

În acest context, al clarificărilor terminologice, trebuie realizată distincția între termenul de teren erodat și cel de teren degradat. Acesta din urmă are o semnificație mai cuprinzătoare, prin el înțelegându-se un teren care a fost cândva productiv, dar care și-a pierdut total sau parțial însușirile de productivitate (Bădescu, 1972), din cauza diverselor procese geomorfologice sau de altă natură (inundare, sărăturare, acidifiere, colmatare, înmlăștinire etc.).

Existența unui teren degradat declanșează o reacție în lanț, care merge de multe ori până la degradarea mediului din cauza schimbărilor negative, care au loc în atmosferă (emisii de praf și gaze cu efect de seră), biosferă (reducerea diversității și activității speciilor din cauza distrugerii habitatului), hidrosferă (are loc eutrofizarea apelor de suprafață, contaminarea apei subterane și perturbarea ciclului hidrologic din cauza schimbării bilanșului de aluviuni) și litosferă (aparitia de ravene, alunecări de teren și alte forme de relief cu caracter restrictiv) etc.

Pentru surmontarea acestor neajunsuri sunt necesare o serie de măsuri și lucrări de ordin tehnic și organizatoric, cunoscute sub denumirea generală de ameliorarea terenurilor degradate, care trebuie aplicate pe astfel de terenuri, în scopul stăvilirii degradării și îmbunătățirii condițiilor pedologice, geomorfologice, hidrologice etc., astfel încât aceste terenuri să devină din nou productive și apte pentru susținerea vegetației. Doar prin astfel de lucrări se poate ajunge la o integrare a terenurilor degradate în circuitul economic, fapt care poate contribui la creșterea prosperității comunităților locale.

Din cele prezentate este simplu de înțeles că termenul degradarea terenurilor este cel mai cuprinzător, deoarece include atât eroziunea accelerată sau excesivă, cât și eroziunea solului, adică partea cea mai vizibilă sau incontestabilă a eroziunii accelerate. În același timp, sub aspect procesual, la degradarea terenurilor contribuie nu doar eroziunea, ci și acumularea (colmatarea terenurilor cu aluviuni și alte sedimente).

În majoritatea cazurilor, lucrările prin intermediul cărora are loc ameliorarea terenurilor degradate, fac parte din celor de **îmbunătățiri funciare**. Acestea din urmă sunt lucrări hidrotehnice și agro-pedo-ameliorative complexe, al căror obiectiv principal este prevenirea și îndepărtarea efectelor eroziunii solului, deficitului și/sau excesului de apă și poluării, pe terenurile cu orice destinație, indiferent de proprietar (Bratu, 2022). În ultimul timp se consideră că îmbunătățirile funciare reprezintă o ramură științifică, care are drept obiect studierea teoretică și aplicarea în practică a unui ansamblu de procedee tehnice și biologice, de măsuri complexe, lucrări și intervenții, adecvate pentru valorificarea în scopuri agricole a unor terenuri slab productive, pentru menținerea unui raport favorabil între sol, apă și plante, pe terenurile cu deficit sau exces de apă, precum și prevenirea și combaterea eroziunii solului de către apă, cu scopul protecției și conservării solului (Chiorescu, 2021).

Concluzii. În cadrul fiecărui domeniu de modelare se pot identifica procese geomorfologice, care prin dinamica lor, influențată și de activitățile antropice, conduc la degradarea terenurilor.

Se atestă astfel că, prin intervenția fără precedent a omului în morfogeneză, el a devenit un veritabil agent geomorfologic, cu rol de factor esențial în modificarea morfologiei suprafeței terestre. Prin schimbarea modului de utilizare a terenurilor, și aici mă refer la defrișarea pădurilor și desțelenirea pajiștilor, pe suprafețe de ordinul milioane de hectare, așa cum s-a întâmplat îndeosebi în ultimul secol, se creează pe de o parte condiții favorabile degradării terenurilor, iar pe de altă parte se contribuie la crearea condițiilor propice pentru accentuarea Schimbărilor Climatice.

Terenurile degradate apar astfel în urma modificărilor semnificative ale proprietăților fizice și chimice ale solurilor și rocilor, la care se adaugă schimbările parametrilor morfometrici și morfologici ai reliefului (adâncimea și densitatea fragmentării, declivitatea, expoziția etc.). Toate acestea sunt cauzate îndeosebi de abaterea proceselor de pedogeneză și morfogeneză, de la o linie specifică, considerată normală (naturală) și de la o dinamica lentă (moderată); efectul direct al unei astfel de schimbări constă în diminuarea sau suprimarea, temporară ori definitivă, a posibilităților de utilizare optimă a fondului funciar (Loghin, 1996).

Toate procesele geomorfologice, care vor conduce mai departe la degradarea terenurilor, cu toate că există măsuri de prevenire și combatere, dar ele nu se aplică, nu fac altceva decât să contribuie în continuare la deprecierea însușirilor utilitare ale reliefului și ale solului (Loghin, 1996).

Alături de cunoașterea individuală a proceselor geomorfologice, care conduc la degradarea terenurilor, este necesară urmărirea interacțiunii dintre ele, deoarece perturbarea dinamicii unuia dintre acestea poate conduce la activarea altora; de exemplu, prin îndepărtarea orizonturilor de sol, de către eroziunea realizată de scurgerea apei prin curenți concentrați, pe suprafețe înclinate de tipul versanților, se ajunge ca rocile din componența substratului geologic să ajungă la zi, fiind astfel supuse proceselor de meteorizație și uneori alunecărilor de teren.

Prin participarea specialiștilor geomorfologi, la soluționarea proceselor care conduc la degradarea terenurilor, se răspunde comenzii sociale adresate Geomorfologiei ca știință, la modul general, și diferitelor sale subramuri în mod particular, așa cum este Geomorfologia Aplicată. Doar prin implicarea obiectivă a specialiștilor în domeniul complex al degradării terenurilor, este posibilă cunoașterea tot mai aprofundată a mecanismelor de evoluție a reliefului (Bălțeanu, 1983).

CAPITOLUL 3

PREVENIREA ȘI COMBATERICA SCURGERII APEI PE VERSANȚI

În continuarea capitolelor introductive, care au avut rol de familiarizare cu problematica terenurilor degradate, în cuprinsul acestui capitol, precum și în următoarele, vor fi prezentate principalele procese geomorfologice care degradează terenurile, precum și măsurile de prevenire și combatere a lor. În tot acest demers, pornind de la suporturile metodologice, conceptuale și practice oferite de Geomorfologia Aplicată, putem învăța cum să trăim cu eroziunea și alunecările de teren (Ioniță, 2000), precum și cu celelalte procese care degradează terenurile.

3.1. PROCESUL DE SCURGERE AL APEI PE VERSANȚI ȘI RELIEFUL REZULTAT

Fiind cunoscut drept unul dintre cei mai importanți agenți geomorfologici, apa își începe activitatea sculpturală, la adresa rocilor și structurilor, din momentul în care cade din atmosferă, sub formă de picături de ploaie (Rădoane et al., 2001).

Precipitațiile căzute pe suprafața terenului urmează diverse căi: se evaporă, se scurg pe linia de cea mai mare pantă (generând forme de relief specifice), se stochează sau se infiltrează. Exceptând suprafețele de teren alcătuite din roci impermeabile, cea mai mare parte a apei se va infiltra, până la nivelul apelor freatice sau se va deplasa lateral prin versant, mai mult sau mai puțin paralel cu suprafața acestuia (fig. 3. 1).

În urma analizei acțiunii hidrodinamice a apei se constată existența a trei moduri de manifestare: prin intermediul picăturilor de ploaie (pluviodenudația), prin denudație peliculară și prin scurgere concentrată. Sub aspect procesual, în urma interacțiunii dintre apa provenită din precipitații și sol, respectiv substratul geologic, se remarcă următoarele: desprinderea materialelor (eroziunea), transportul și depunerea lor.

Pluviodenudația se referă la interacțiunea picăturilor de ploaie și a grindinei cu substratul geologic și solul. Dintre mecanismele acestui proces se remarcă cel de izbire-împroșcare și apoi de spălare a materialelor devenite mobile.

Eficacitatea pluviodenudației este maximă la începutul ploii, când solul și substratul geologic sunt uscate și lipsite de o peliculă de apă, care să le umezească și protejeze. În timpul umezirii rapide a suprafeței terenului, pe fondul îngroșării peliculei de apă, are loc erupția bulelor de aer și spargerea agregatelor, din cauza blocării aerului în spațiul capilar (Mac, 1986).

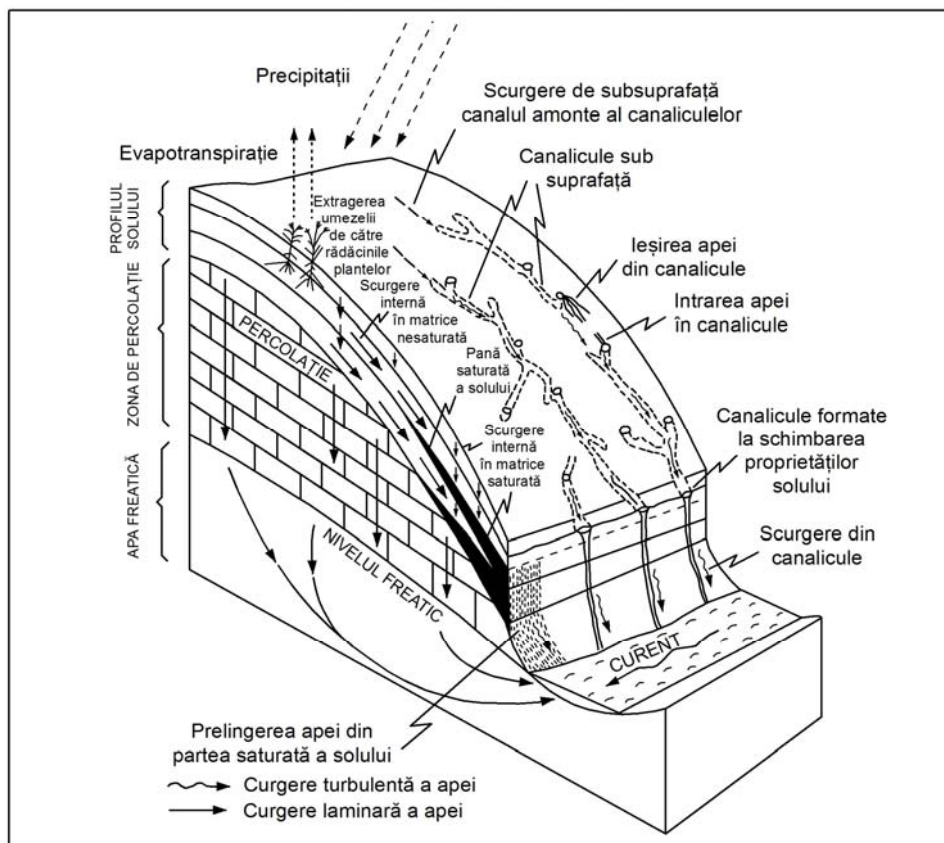


Fig. 3. 1. Scurgerea de subsuprafață pe versanți acoperiți cu sol
(Atkinson, 1978, citat de Chorley et al., 1984, p. 265)

O altă variabilă importantă, cea de care depinde randamentul pluviudenudației, este reprezentată de forța cu care picăturile de ploaie interacționează cu suprafața terenului. Ea este influențată de: mărimea picăturilor de apă, viteza lor de cădere, cantitatea și durata ploii. Luate împreună, cantitatea, mărimea și viteza de cădere a picăturilor compun agresivitatea ploilor. La modul general, dimensiunea picăturilor de ploaie variază de la picăturile fine ale ploilor liniștite de toamnă, până la picăturile mari, de până la 10 mm, caracteristice averselor din sezonul cald.

Între forma și mărimea picăturii de ploaie există o strânsă corelație, în sensul că picăturile relativ mici (cu diametrul mai mic de 2,9 mm) sunt de formă sferică, iar cele cu diametre mai mari au o bază turtită în partea de jos, din cauza forței de reacție a aerului (Grecu, 2018).

Dintre factorii care influențează eficiența picăturilor de ploaie în modelarea terenului se evidențiază: roca, structura, relieful (prin panta, expoziție și fragmentare), solul, vegetația, climatul, utilizarea terenurilor, activitățile antropice etc.

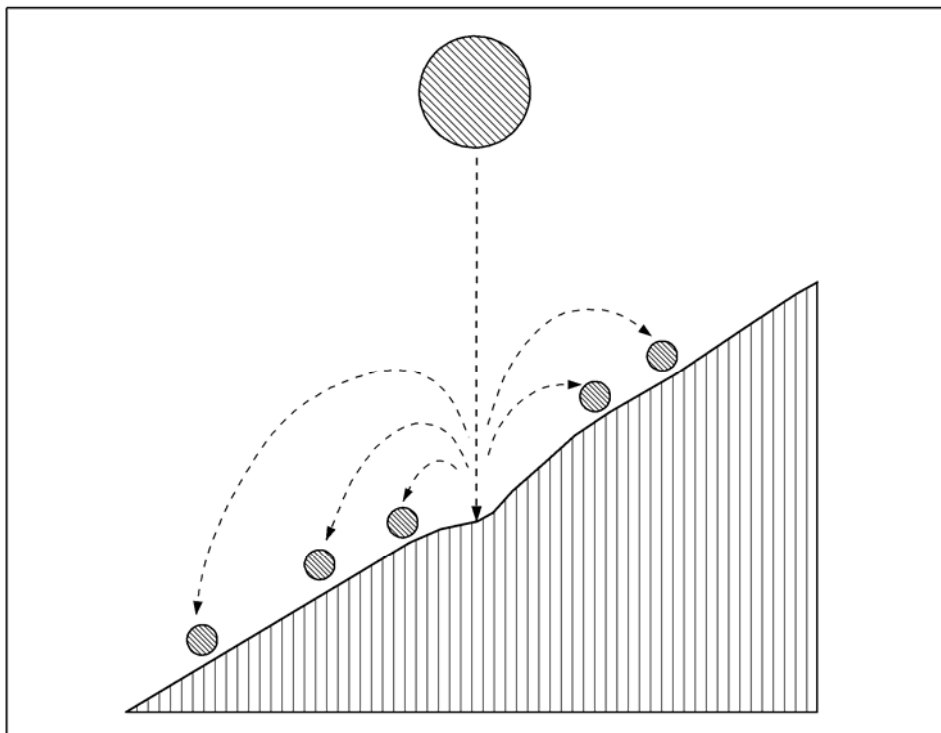


Fig. 3. 2. Acțiunea picăturii de ploaie în dislocarea solului (Tufescu, 1966, p. 295)

Prin consumarea energiei, de care dispun picăturile de ploaie, cele mai afectate sunt solul și rocile friabile, îndeosebi atunci când acestea din urmă sunt lipsite de un înveliș protector, de natură edafică sau vegetală. Pe durata impactului picăturilor de ploaie de pe suprafața terenului se desprind particule fine, care sunt împrăștiate în toate direcțiile (fig. 3. 2); picăturile de ploaie, care cad ulterior, reiau aceste particule și le izbesc din nou. Continuarea pluviodenudației conduce la desprinderea continuă din sol a altor particule, simultan cu prelucrarea celor mobilizate deja, generând o peliculă de material afânat, care pe măsură ce ploaia persistă, ajung să fie deplasate conform pantei. Chiar dacă transportul este limitat pe terenurile cvasiorizontale, el devine eficient pe cele înclinate, unde are loc un transfer lent a materialelor, spre partea inferioară a versanților; în mod normal cu cât valoarea pantei crește cu atât deplasarea particulelor are loc pe distanțe mai mari spre aval (fig. 3. 2). Spre exemplu, la o pantă de 9° materialul aruncat spre aval este de aproximativ trei ori mai abundent decât cel aruncat spre amonte (Tufescu, 1966).

În timpul ploilor, alături de mobilizarea elementelor constitutive ale solului și substratului, picăturile de apă contribuie la bătorirea terenului, ceea ce provoacă scăderea permeabilității.

Pluviodenudația ajunge la cote maxime de manifestare în regiunile aride și semiaride, caracterizate de un înveliș vegetal efemer, în cea mai mare parte a anului.

În mod asemănător stau lucrurile și în teritoriile din climatul temperat-continental, unde ploile, chiar dacă sunt rare, acționează adesea pe un substrat prea puțin protejat de învelișul vegetal, mai ales în anotimpurile de primăvară și toamnă. De asemenea, în climatele caracterizate de alternanța sezoanelor ploioase cu cele secetoase, cum este de exemplu în regiunile musonice, manifestarea pluviodenudației și efectele ei nu pot fi trecute cu vederea.

Se poate concluziona că pluviodenudația, chiar dacă în aparență nu este un proces spectaculos, conduce treptat la modificări semnificative ale solului și substratului geologic, prefațând denudația peliculară și scurgerea prin curenți concentrați, care în mod evident sunt mult mai eficace sub aspectul degradării terenurilor.

Denudația peliculară este rezultatul scurgerii neconcentrate a apei, sub formă de peliculă, pe suprafața terenului. Pentru indicarea acestui proces se folosesc și următorii termeni: ablație, eroziune difuză, eroziune laminară, eroziune peliculară, eroziune areolară, spălare sau eroziune de suprafață, scurgere în pânză (sheet-flood) etc.

Denudația peliculară debutează în momentul în care capacitatea de infiltrare a apei în sol sau substratul geologic este depășită, iar ploaia nu încetează. Deplasarea apei sub formă peliculară desprinde și antrenează particule de sol sau din roca în situ, pentru a le transporta spre partea inferioară a versantului, unde fie se acumulează, fie sunt preluate scurgerea apei prin curenți concentrați sau chiar de către râuri. Ajungerea particulelor de sol și a fragmentelor de rocă în albiile râurilor provoacă creșterea debitului solid, ceea ce influențează tranzitul aluviunilor și colmatarea lacurilor de acumulare.

Grosimea peliculei de apă, care se formează pe suprafața terenului, crește cu distanța, sporindu-și capacitatea de evacuare (Horton, 1945). Conform autorului citat, grosimea stratului pelicular, forțele de curgere a apei și forma versantului în profil sunt determinate de șase variabile: intensitatea precipitațiilor, capacitatea de infiltrare a apei în sol, lungimea scurgerii peliculare, panta, asperitatea suprafeței terenului și regimul scurgerii. La acestea se pot adăuga și alți factori, care prin particularitățile lor influențează intensitatea și ritmul denudației peliculare: relieful existent, litologia, climatul, vegetația, utilizarea terenurilor etc.

La fel ca în cazul pluviodenudației, pe care o continuă, denudația peliculară este foarte eficientă în teritoriile caracterizate de un climat semiarid, unde substratul este lipsit de un înveliș vegetal consistent, în cea mai mare parte a anului, iar ploile

sunt torențiale. În același timp, procesul se manifestă intens și pe terenuri defrișate sau proaspăt arate, în condițiile unui climat temperat continental.

Denudația peliculară, chiar dacă nu este un proces geomorfologic spectaculos pe termen scurt, motiv pentru care de multe ori nu este măsurat și calculat, are consecințe dintre cele mai negative, pe termen lung, asupra orizonturilor de sol, contribuind la îndepărtarea lor (Roșian, 2017). Principalul efect al denudației peliculare constă astfel în scăderea continuă a fertilității solului, cu toate efectele inerente.

Cantitatea de sol și rocă, care se poate pierde anual, de pe suprafața terenului, variază între 0,5 și 500 t/ha (Miclăuș, 1991). Valorile menționate sunt influențate în mod direct de: cantitatea și intensitatea precipitațiilor, de parametri morfometrici ai reliefului, tipul de sol, de utilizarea terenului etc. Chiar și prin erodarea unei cantități reduse de sol, după un anumit număr de ani, acest fapt are consecințe grave asupra fertilității solului (Miclăuș, 1991).

Prin scurgerea apei pe suprafața terenului are loc: îndepărtarea materialului fin, pierderea unei părți din coloizi, scăderea conținutului de humus, argilă și substanțe nutritive din orizontul superior, bioacumulativ (Miclăuș, 1991). Conform autorului citat, materialul îndepărtat fiind mai ales din categoria celui fin, se ajunge la modificarea texturii solului, predominante devenind fracțiunile mai grosiere.

Pornind de la modul lor de manifestare atât pluviudenudația cât și denudația peliculară nu fac altceva decât să pregătească toate condițiile pentru scurgerea apei prin curenți concentrați.

Scurgerea apei prin curenți concentrați se produce în condițiile în care precipitațiile continuă, iar capacitatea de infiltrare în sol și substrat se menține redusă; astfel de curenți sunt din categoria celor tridimensionali, având aspect de șiroaie.

Prin interacțiunea lor cu solul și substratul geologic se poate ajunge la formarea de rigole și ogașe, pentru ca ulterior, pe măsură ce acestea evoluează, să fie posibilă drenarea apei prin albii permanente, de tipul ravenelor și torenților. Ultimele două sunt cele mai reprezentative și în același timp cele mai distructive forme de relief, generate de către scurgerea apei prin curenți concentrați.

La geneza acestor forme de relief participă o serie de factori dintre care se remarcă cei climatici (aridizare, schimbarea intensității precipitațiilor etc.) și antropici (defrișări, utilizarea agricolă a versanților cu valori mari ale înclinării, distrugerea vegetației prin pășunat excesiv etc.) (Zachar, 1982). Pe fondul manifestării unui factor dominant, are loc participarea altora, cu rol secundar, care împreună asigură condiții favorabile inițierii și evoluției rigolelor, ogașelor, ravenelor și torenților.

Rigolele se formează pe măsură ce are loc creșterea grosimii stratului de apă, care se scurge pe suprafața terenului, până la inițierea în cadrul acestuia a curenților tridimensionali. Prin interacțiunea acestora cu solul și substratul geologic elementele friabile sunt erodate și transportate în aval, rămânând în urma lor șanțulețe cu lungimi de ordinul metrilor și adâncimi de câțiva metri.

Dimensiunile reduse, a acestor forme elementare, nu permit păstrarea lor întotdeauna pe suprafața terenului, de la o ploaie la alta, cu excepția cazurilor în care evoluează spre forme superioare de tipul ogașelor sau ravenelor (fig. 3. 3).

Principalii factori care influențează geneza rigolelor sunt climatul și modul de utilizare al terenurilor, motiv pentru care cele mai susceptibile terenuri sunt cele din regiunile cu climat arid și semiarid. La acestea se adaugă terenurile din climatul musonic (unde în perioada secetoasă vegetația se usucă și își pierde mare parte din rolul protector, iar substratul devine afânat datorită meteorizației, fiind astfel susceptibil unei spălări intense în sezonul ploios care urmează), precum și cele din climatul temperat continental (mai ales datorită defrișărilor la ras, pășunatului excesiv, aratului terenurilor de la partea superioară la cea inferioară a versantului, vegetației efemere pe terenurile agricole în anotimpurile de primăvară și toamnă, exploatării resurselor minerale utile în cariere la zi etc.) (Roșian, 2023).

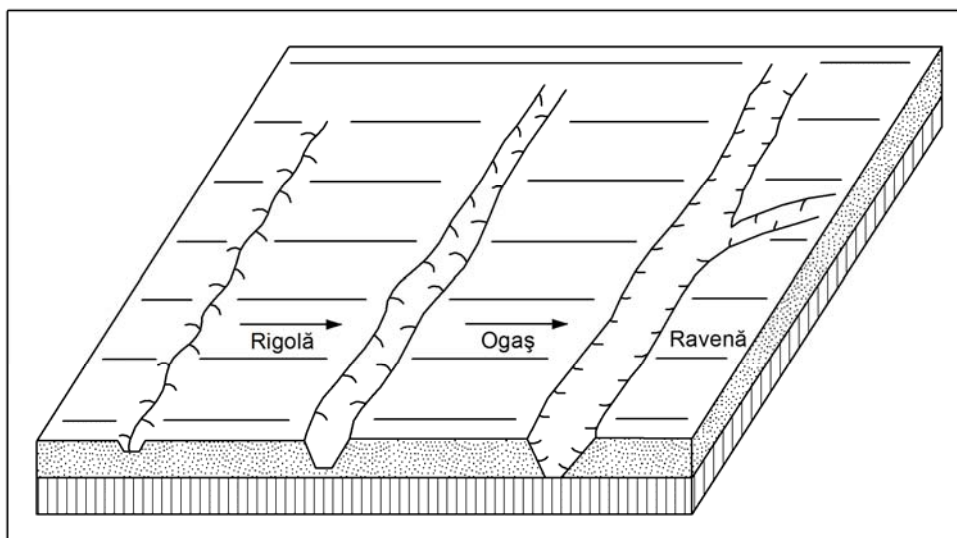


Fig. 3. 3. Stadii ale eroziunii prin curenți concentrați (Hosu, 2009, p. 79)

Ogașele se generează pe baza rigolelor deja formate, care permit în continuare scurgerea apei pe același traseu și la următoarele ploi. Prin repetarea scurgerii are loc atât creșterea lungimii ogașelor, până la valori de ordinul zecilor de metri, cât și a adâncimii, care ajunge să varieze între 0,50 și 2 m (Josan et al., 1996).

Urmărite în plan ogașele au o configurație rectilinie sau cu ușoare sinuozități, în timp ce în profil transversal au forma literei V.

Factorii care concură la creșterea susceptibilității terenurilor, la apariția ogașelor, sunt aceiași care determină formarea rigolelor și ravenelor.

Revenele sunt efectul continuării scurgerii concentrate a apei pe suprafața terenului, fapt care determină ca adâncimea formelor de relief create să depășească 2 metri (ajungând uneori până la valori de 8 – 10 m), iar lungimea să fie de sute de metri. Prin ajungerea la astfel de dimensiuni, ele depășesc cu mult învelișul de sol, ajungând până la roca în loc, de unde potențialul enorm a ravenelor, de a degrada terenurile.

Fiind forme de relief superioare, prin raportare la dimensiunile ce le caracterizează, ravenele au în componență mai multe elemente componente (fig. 3. 4):

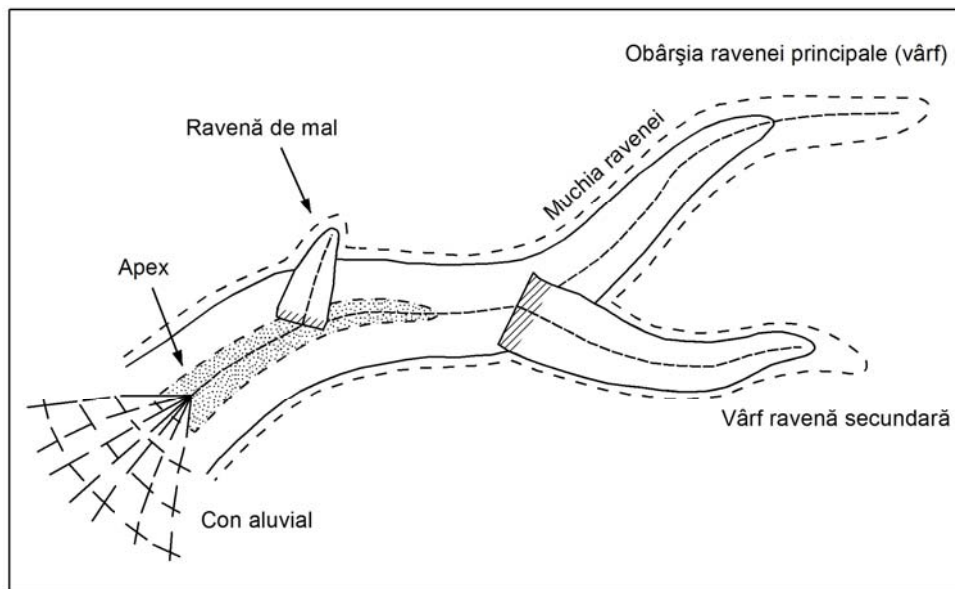


Fig. 3. 4. Elementele unei ravene (după Seginer, 1966, citat de Rădoane et al., 1999, p. 61)

- *vârful ravenei* este cel prin intermediul căruia are loc înaintarea regresivă a ravenei spre partea superioară a versantului;
- *malurile ravenei* sunt abrupte și afectate de surpări;
- *albia ravenei* are de obicei în forma literei V, cu praguri și îngrămădiri de material, rămas în urma scurgerii sau provenit din maluri;
- *muchia ravenei* constituie linia care descrie conturul ravenei, delimitând-o de suprafața terenului în care ea este adâncită;
- *conul de împrăștiere* este poziționat la baza versantului sau pe suprafața luncii, fiind rezultat în urma depunerii debitului solid, pe fondul reducerii înclinării albiei ravenei.

Din cele menționate se deduce că, fiecare element al unei ravene este caracterizat de procese geomorfologice specifice, prin intermediul cărora ea se dezvoltă și evoluează. De exemplu, vârful ravenei, malurile și albia (îndeosebi în

sectorul superior și mijlociu) sunt afectate preponderent de procese de eroziune (prin intermediul cărora ravena câștigă în dimensiune), în timp conul de împrăștiere și albia, în sectorul mijlociu, se remarcă prin procese geomorfologice de acumulare.

Cunoașterea proceselor geomorfologice, de la nivelul fiecărui element al unei ravene, precum și evoluția acesteia, servește ca geomorfologul să poată înțelege și explica transformarea reliefului, iar practicianul sau amenajistul să poată pune în practică cea mai bună soluție de ameliorare și conservare a terenului (Rădoane et al., 1999).

Prin raportare la stadiul la care au ajuns și modul cum arată în profil longitudinal, ravenele pot fi continui sau discontinui (din cauza pragurilor sau treptelor care există în albia lor). Cercetările experimentale și observațiile realizate în Subcarpații Buzăului au dovedit existența a patru tipuri de praguri în albiile ravenelor: praguri datorate curenților hidrodinamici puternic încărcăți cu material (care au posibilitatea de a se descărca ritmic), praguri formate prin unirea ravenelor într-o singură albie, praguri de reactivare (specifice ravenelor dezvoltate pe fundul văilor) și praguri litologice (Bălțeanu, 1983).

După configurația în plan ravenele pot fi simple sau ramificate. Acestea din urmă se dezvoltă prin apariția de ravene incipiente, pe malurile celei principale, care ulterior evoluează până la stadiul de ravene propriu-zise.

Cu toate că ravenele se formează în condiții de relief și climatice foarte variate, geneza lor este pusă pe seama următoarelor cauze (Rădoane et al., 1999):

- *climatul* influențează pe de o parte agresivitatea proceselor de eroziune, iar pe de alta tipul și densitatea vegetației, care se instalează. Elementele climatice, de care depinde inițierea procesului de geneză a ravenelor, sunt temperatura și precipitațiile. Condițiile climatice favorizează apariția ravenelor și prin dezechilibrele ecologice stimulate de modificările și schimbările climatice. Direcția spre care se îndreaptă acestea, fie că este vorba de aridizare sau de creșterea precipitațiilor, este în măsură să accentueze procesele de eroziune, care au loc pe suprafața terenului;

- *relieful* este unul dintre principalii factori ai genezei ravenelor, așa cum reiese din relațiile acestora cu panta, lungimea și orientarea versantului, suprafața bazinului de drenaj și distanța până la cumpăna de ape. De exemplu, în cazul teritoriului dintre Siret și Prut (din Podișul Moldovei) s-a observat că, terenurile cu cea mai mare susceptibilitate la inițierea ravenelor se află la intersecția următorilor factori: orientarea versanților spre NE și SV (versanții văilor consecutive); panta versanților între 20 – 30°; lungimea versanților între 300 – 500 m și litologia predominant nisipoasă (Rădoane et al., 1995);

- *geologia* participă la geneza ravenelor mai ales indirect, prin influența pe care o are asupra formării solului și a scoarței de meteorizație. În urma adâncirii

ravenele pot ajunge până la roca în situ, care dacă este mai rezistentă la eroziune decât solul acționează ca un factor restrictiv, obligând ravena să se dezvolte lateral, situație în care eroziunea la nivelul malurilor se accentuează. Un rol important, alături de rocă, în formarea ravenelor, îl are structura geologică, în sensul că versanții consecvenți, așa cum este în cazul Podișului Moldovei, sunt cei mai predispuși la ravenare (Rădoane și Rădoane, 1992);

- *solul*, pornind de la proprietățile sale, se dovedește și el un factor important în geneza ravenelor; spre exemplificare, un sol argilos și compact împiedică infiltrația, dar în același timp este relativ rezistent la eroziune, comparativ cu unul nisipos și necoeziv, care favorizează infiltrația, fapt care îl face ușor de erodat;

- *activitățile antropice*, care cresc susceptibilitatea terenurilor la formarea ravenelor, sunt următoarele: defrișările, deștelenirile, decopertările de sol, utilizarea agricolă a suprafețelor înclinate, pășunatul excesiv, trasarea căilor de comunicații agricole și forestiere etc.;

- *scurgerea în suprafață* contribuie la următoarele procese: inițierea ravenei și adâncirea ei prin eroziune liniară, subminarea malurilor ravenei de către scurgerea de pe fundul ravenei, respectiv avansarea vârfului ravenei, din cauza eroziunii regresive în zona pragului de obârșie (Ireland et al., 1939, citat de Rădoane et al., 1999);

- *scurgerea de subsuprafață* contribuie la inițierea și apoi dezvoltarea ravenelor prin două mecanisme: scurgerea difuză (sub forma unei pânze de apă ce se infiltrează printr-un mediu poros) și liniară (de-a lungul unor crăpături, pori sau direcții de stratificație, gropi de animale, rădăcini de plante etc.). Pentru realizarea circulației, de subsuprafață a apei, condițiile care trebuie îndeplinite sunt următoarele: rate mari de infiltrație, gradient hidraulic, prezența unui abrupt, sol supus crăpăturilor, precipitații intense, un strat relativ impermeabil sub orizontul de sol, un strat erodabil în stratul impermeabil, restrângerea covorului de vegetație, procent mare de argile gonflabile (Jones, 1981, citat de Rădoane et al., 1999).

Dintre cauzele enumerate, la geneza ravenelor nu contribuie doar una singură, întrucât ele se asociază, pentru creșterea susceptibilității terenurilor la degradare prin astfel de procese.

Fiind considerate cele mai răspândite forme de relief, ce degradează terenurile, din cauza scurgerii concentrate a apei, ele sunt în același timp caracterizate de o evoluție complexă, care poate fi totuși împărțită în mai multe stadii. Un exemplu obiectiv în acest sens este cel cu patru stadii evolutive, propus în urma studierii temeinice a ravenelor în Subcarpații Buzăului, Podișul Bârladului, Subcarpații Getici și Piemontul Getic (Bălțeanu și Taloescu 1978; Bălțeanu, 1983):

- *stadiul incipient de eroziune discontinuă* debutează din momentul în care traseul ravenelor rămâne stabil;

- *stadiul de formare a ravenelor discontinui* începe o dată cu formarea unui bazin de recepție, care determină concentrarea scurgerii. Ravenele discontinui sunt

dispuse în rețele și evoluează independent unele față de altele, în funcție de nivelele de bază locale de pe versant, de rezistența substratului, de frecvența și intensitatea precipitațiilor;

- *stadiul de integrare a ravenelor discontinui în ravene continui* - reprezintă un nivel superior de evoluție, în cadrul căruia ravena ajunge să se dezvolte în funcție de nivelul de bază de la partea inferioară a versantului. Prin unirea succesivă a segmentelor izolate, se ajunge la o ravenă continuă, cu un canal neîntrerupt, până la confluența cu o ravenă principală sau până la baza versantului. Cu toate că o astfel de ravenă este continuă, în albia ei există praguri (fig. 3. 5);

- *stadiul de realizare a profilului de echilibru dinamic* este strâns legat de atingerea nivelului de bază local, fapt ce presupune realizarea din amonte spre aval a unui profil longitudinal, care să permită tranzitul materialelor provenite de pe versant și din erodarea albiei ravenei. Sub aspect morfogenetic, în acest stadiu, se tinde spre realizarea unui echilibru dinamic între competența și capacitatea de transport a curentului de apă. Chiar dacă o astfel de ravenă este considerată în echilibru, urmărită în profil longitudinal ea prezintă trei sectoare: de eroziune, de transport (sau neutru) și de aluvionare.

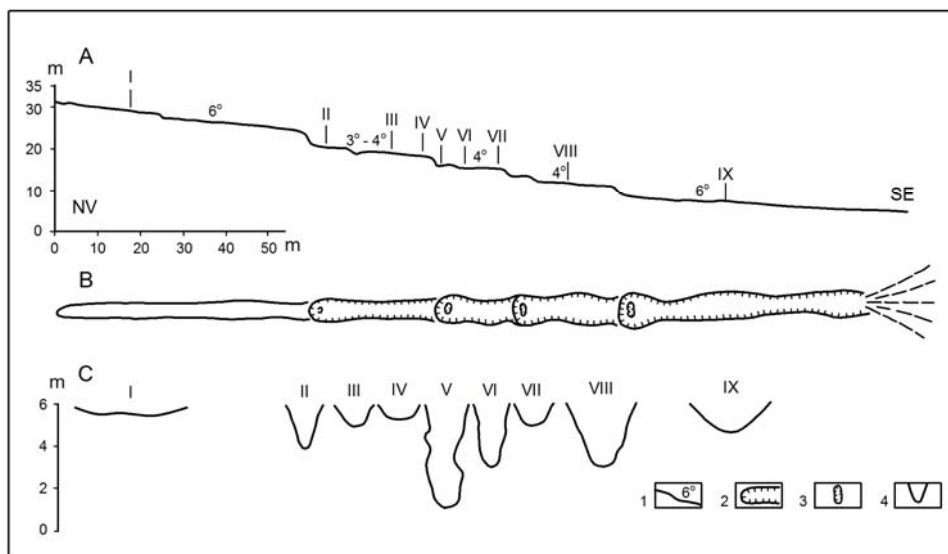


Fig. 3. 5. Bazinul Porcăreța. Ravenă continuă rezultată prin integrarea unor ravene discontinui; A - profil longitudinal; B - vedere în plan; C - profiluri transversale; 1 - panta profilului longitudinal; 2 - mal abrupt, prag în alb; 3 - marmită; 4 - profil transversal (Bălțeanu și Taloescu, 1978, citați de Bălțeanu, 1983, p. 111)

Dintre cele trei sectoare cel mai mobil este cel de transport, deoarece migrează spre amonte și aval, sub influența caracteristicilor hidrodinamice ale scurgerii. În momentul în care albia ravenei atinge echilibrul dinamic, ea va fi acoperită cu o pătură

aproape continuă de aluviuni, dispuse în strate cu grosimi diferite (Bălțeanu, 1983). Cu toate că există șansa atingerii unui profil de echilibru, evoluția ravenei nu se oprește, ea desfășurându-se doar mai lent. În condițiile în care pe suprafața ravenei are loc instalarea vegetației ea se transformă într-un organism relativ stabilizat, cunoscut sub denumirea de văiugă, vâlcea sau vale seacă (Bălțeanu, 1983). Atingerea unui astfel de stadiu înseamnă stingerea pe cale naturală a ravenei.

Raportat la problema terenurilor degradate acest aspect cu toate că este unul pozitiv are dezavantajul unui interval lung, de ordinul deceniilor sau secolelor, pentru a se realiza. Tocmai de aceea ravenele, o dată inițiate, trebuie temeinic studiate, pentru a putea fi supuse unor măsuri de combatere, cu scopul stingerii lor într-un interval scurt, de ordinul lunilor sau anilor.

Torenții sunt rezultatul dezvoltării ravenelor, care în loc să ajungă în condiția de văiugă, stabilizată cu vegetație, își continuă evoluția prin ramificare și extinderea suprafeței de teren pe care o drenează și degradează. Se ajunge astfel la forma superioară a organizării scurgerii apei prin curenți concentrați, care este torentul. Conform lui Vâlsan (1932, citat de Grecu, 2018), sub aspectul eroziunii realizate, torentul este considerat devastator, fiind apreciat ca organizația cea mai perfectă de transport de pe fața pământului.

Pentru indicarea formei de relief generate de eroziunea torențială a fost propus termenul de organism torențial (Vâlsan, 1945); dintre părțile componente ale acestuia se remarcă următoarele (fig. 3. 6):

- *bazinul de recepție* reprezintă suprafața de pe care torentul se alimentează cu apă, prin intermediul unei rețele de ogașe și ravene; el are o formă cvasidepresionară, limitată de cel mai multe ori la partea superioară de un abrupt, pe care avansează vârfurile rigolelor și ravenelor;

- *canalul de scurgere* este albia prin intermediul căreia se drenează apa și aluviunile; el face legătura între bazinul de recepție și conul de dejecție sau de împrăștiere. Din cauza fluctuației debitului lichid și solid, la care se adaugă influențele petrografice și structurale, canalul de curgere, analizat în profil longitudinal, este caracterizat de prezența rupturilor de pantă. În cadrul canalului de scurgere alături de procesele de transport, care sunt predominante, se manifestă și ele de eroziune, cele care determină adâncirea acestuia. Dinamica acestor procese determină ca malurile torenților să fie abrupte și prevăzute cu surplombe, de unde morfologia sub forma literei V, în profil transversal a canalului de scurgere;

- *conul de dejecție* se formează prin depunerea debitului solid, o dată cu reducerea valorii pantei terenului; în majoritatea cazurilor conurile de dejecție au formă de evantai. Structura conurilor de dejecție este una complexă (încrucișată), formată prin suprapunerea aluviunilor depuse succesiv, de către viiturile de

versant. Examineate în profil transversal conurile sunt bombate în partea centrală, deoarece acolo se depun atât cele mai multe, cât și cele mai grosiere aluviuni.

Interpretate sub aspect morfogenetic, dintre cele trei părți componente ale unui torent, se remarcă bazinul de recepție, celelalte putând fi considerate consecințe ale acestuia (Vâlsan, 1932, citat de Grecu, 2018). Iată unul dintre motivele pentru care amenajarea torenților și ravenelor, pentru combaterea lor, începe cu bazinul de recepție.

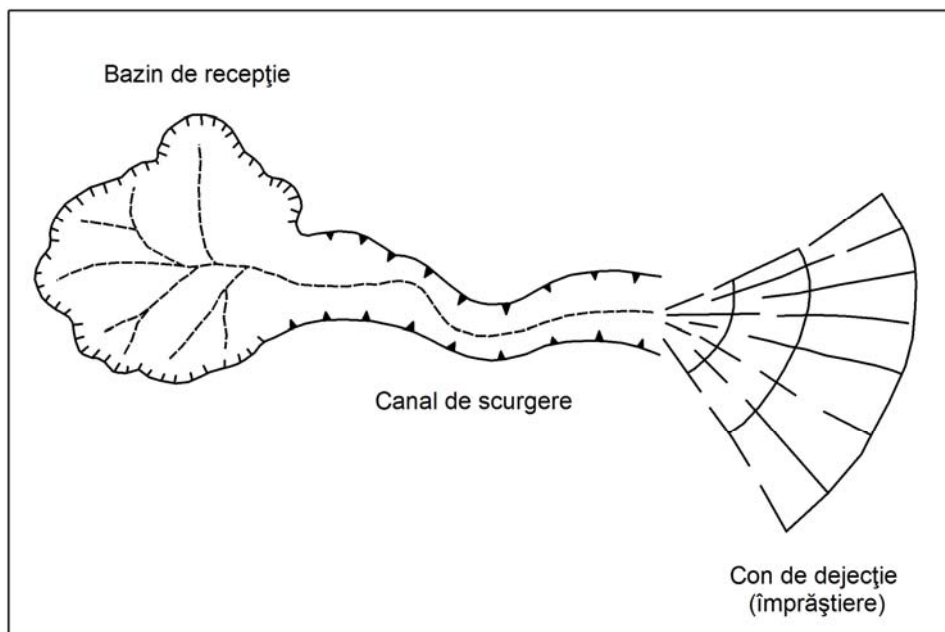


Fig. 3. 6. Elementele unui torent (Cioacă, 2006, p. 191)

Pe suprafața torenților, cu toate că procesele de eroziune, transport și acumulare sunt nepermanente și cu fluctuații semnificative, ele se aseamnă cu cele din arterele hidrografice permanente (Rădoane et al., 2001), fapt care l-a făcut pe Vâlsan (1945) să fiirme că torentul este un mugur de vale.

Toate aceste note de specificitate, ale torenților, demonstrează complexitatea lor din punct de vedere a dinamicii proceselor geomorfologice, iar legat de aceasta este forța lor considerabilă de a degrada terenurile.

Astfel caracterizați, torenții constituie cele mai violente forme de manifestare ale proceselor geomorfologice actuale, în condițiile climatului temperat continental și temperat umed (Rădoane et al., 1999). Iată așadar un motiv întemeiat pentru ca ravenele, simple sau complexe (ramificate), să fie supuse unor acțiuni și măsuri de combatere a lor, tocmai pentru a nu ajunge la stadiul de veritabili torenți.

3.2. PREVENIREA PROCESELOR DE SCURGERE A APEI PE VERSANȚI

Prin utilizarea necorespunzătoare a terenurilor de către om, se poate ajunge la manifestarea unor procese geomorfologice, care conduc treptat la degradarea terenurilor. O dată declanșat, acest proces complex, are loc scoaterea din folosință a unor importante suprafețe de teren, care pentru a fi reintroduse în circuitul economic, necesită aplicarea unor acțiuni și măsuri de combatere deosebit de costisitoare. Tocmai pentru a nu se ajunge la astfel de situații, pornind de la cunoașterea cauzelor și proceselor geomorfologice, care favorizează degradarea terenurilor, se pot aplica o serie de măsuri cu rol de prevenire.

Degradarea terenurilor, din cauza scurgerii apei pe suprafața lor, reprezintă una dintre cele mai mari calamități pentru agricultură, prin efectele dăunătoare pe care are: scăderea fertilității solului, reducerea producțiilor, diminuarea suprafețelor cultivabile, înrăutățirea regimului apelor, accentuarea secetei (Bechet și Neagu, 1975).

Există așadar suficiente argumente pentru a justifica necesitatea aplicării măsurilor de prevenire a degradării terenului, atunci când aceasta are loc prin intermediul proceselor de scurgere a apei pe versanți și suprafețe înclinate similare acestora. În continuare vor fi prezentate succint cele mai importante dintre acestea.

Modele de amplasare a culturilor pe terenurile în pantă. Cele mai simple modalități de prevenire a degradării terenurilor arabile, despre care se știe că sunt foarte susceptibile la manifestarea scurgerii apei provenite din precipitații, sunt cele referitoare la modul de amplasare al culturilor. Se remarcă în acest sens următoarele modele sau sisteme de amplasare a culturilor: de-a lungul curbilor de nivel, în fâșii, cu benzi înierbate.

Modelul de cultură pe direcția curbilor de nivel are la bază executarea tuturor lucrărilor agricole și de amenajare a terenurilor în acest sens, cu abateri de doar 2 – 3% pe distanțe de sub 20 m; aplicarea corectă a unui astfel de model conduce la reducerea scurgerii medii multianuale cu până la 60 – 70% (Moțoc et al., 1975). Efectuare arăturii, de-a lungul curbilor de nivel, previne declanșarea denudației peliculare, deoarece fiecare brazdă devine un mic obstacol (mai ales când brazda este răsturnată spre amonte), cu rol de baraj, care se opune concentrării și mării vitezei apei, care se scurge conform pantei. În același timp, executarea arăturii pe direcția curbilor de nivel contribuie la reducerea pierderilor de apă cu până la 75%, iar a celor de sol de 2 – 9 ori (Popa et al., 1984). Acest mod de cultură se recomandă când panta terenului este mai mare de 3 - 8° (Călinovici, 2008; Bratu, 2022). O astfel de utilizare a terenurilor necesită utilizarea unei singure plante de cultură pe suprafața întregului versant (Călinovici, 2008).

În opoziție cu această manieră bună, de realizare a lucrărilor agricole, este cea care permite aratul terenului dinspre partea superioară spre cea inferioară a

versantului (fig. 2. 1), ceea ce determină ca fiecare porțiune de teren dintre două brazde consecutive să favorizeze concentrarea și drenarea năvalnică a apei; se ajunge în acest fel destul de ușor la formarea de rigole, ogașe și chiar ravene.

Modelul de amplasare a culturilor în fâșii este asemănător cu precedentul, în sensul urmăririi în continuare a direcției curbelor de nivel, de către lucrări, la care se adaugă faptul că pe suprafața versantului este indicată o alternanță a culturilor bune protectoare (plante perene și leguminoase) cu cele slab protectoare (plante prășitoare) (Oncia, 2009), începând de la partea superioară spre cea inferioară (fig. 3. 7). Acest mod de amplasare a culturilor se recomandă pe terenuri cu pantă mai mare de 8% și linia de scurgere mai mare de 100 m (Pleșa și Câmpeanu, 2001). După autorii citați, eficiența acestui model de amplasare a culturilor depinde de lățimea fâșiilor și de amplasarea lor pe versant.

Se recomandă în acest sens alternanța prășitoarelor (porumb, sfeclă, floarea soarelui etc.) cu păioasele (grâu, secară, orz etc.) sau leguminoasele (mazăre, fasole, soia etc.). O astfel de utilizare a terenurilor sporește considerabil eficiența lucrărilor antierozionale (Moțoc et al., 1975). Conform autorilor citați este necesară împărțirea versantului în fâșii cu lățime egală; valoarea lățimii fâșiilor se calculează în funcție de panta versantului, de bilanțul scurgerii, eroziunea medie anuală admisibilă etc. La valori ale pantei de sub 10% lățimea fâșiilor poate varia între 60 și 150 m, pe când dacă panta depășește 15% lățimile pot fi de doar 50 m (Bechet și Neagu, 1975).

Raportat la eficiența antierozională, culturile se pot împărți astfel: culturi foarte bune protectoare a solului (asigură un grad de acoperire mai mare de 75% și sunt reprezentate de graminee și leguminoase perene - lucerna, trifoiul și sparceta - singure sau în amestec), culturi bune protectoare a solului (asigură un grad de acoperire de 50-75% - cerealele păioase grâu și orzul de toamnă, ovăzul - , furajere anuale – meiul, iarba de Sudan), culturi medii protectoare a solului (asigură un grad de acoperire de 25-50%, reprezentative fiind leguminoase anuale – mazărea, fasolea, soia, mazăricea, bobul, năutul etc.) și culturi slab protectoare a solului (asigură un grad de acoperire sub 25%, așa cum o face porumbul, cartoful, sfecla, floarea soarelui) (Bratu, 2022).

Prin acest mod de utilizare a terenurilor eroziunea este în mare parte limitată la benzile cu plante prășitoare, iar solul îndepărtat de pe acestea este reținut pe suprafața și în spatele benzii următoare, situată mai jos pe versant (Morgan, 2005a).

În acest context se recomandă și **rotația culturilor**, proces prin care o succesiune de culturi este cultivată în același teren; de exemplu, după câțiva ani în care s-au cultivat cereale, în următorii doi ani se recomandă cultivarea de specii ierboase (Morgan și Rickson, 2005). Frecvența cultivării plantelor prășitoare depinde de susceptibilitatea la eroziune a solului. De pildă, pe terenurile cu eroziune puternică plantele prășitoare pot fi cultivate doar o dată la 5 – 6 ani pe același amplasament (Mircea, 2014). Prin astfel de tehnici rata medie

multianuală de eroziune este menținută la un nivel acceptabil. Prin rotația culturilor se menține fertilitatea solului, se controlează dăunătorii și bolile și se elimină buruienile (Morgan și Rickson, 2005).

Eficiența acestui model, de utilizare a terenurilor, se manifestă până la valori ale pantei de 20%, iar uneori până la 25% (Bechet și Neagu, 1975). Conform autorilor citați, cu toate că efectul antierozional este cel scontat, se remarcă inconvenientele legate de fărâmițarea culturilor și dispunerea lor în fâșii lungi; amplasarea culturilor în fâșii are repercusiuni și asupra mecanizării lucrărilor agricole. Dincolo de aceste inconveniente, cercetările experimentale, efectuate la Stațiunea Perieni, relevă că pierderile de sol s-au redus de 2 – 8 ori în cazul folosirii culturilor în fâșii, comparativ cu situația cultivării versantului numai cu porumb (Popa et al., 1984).

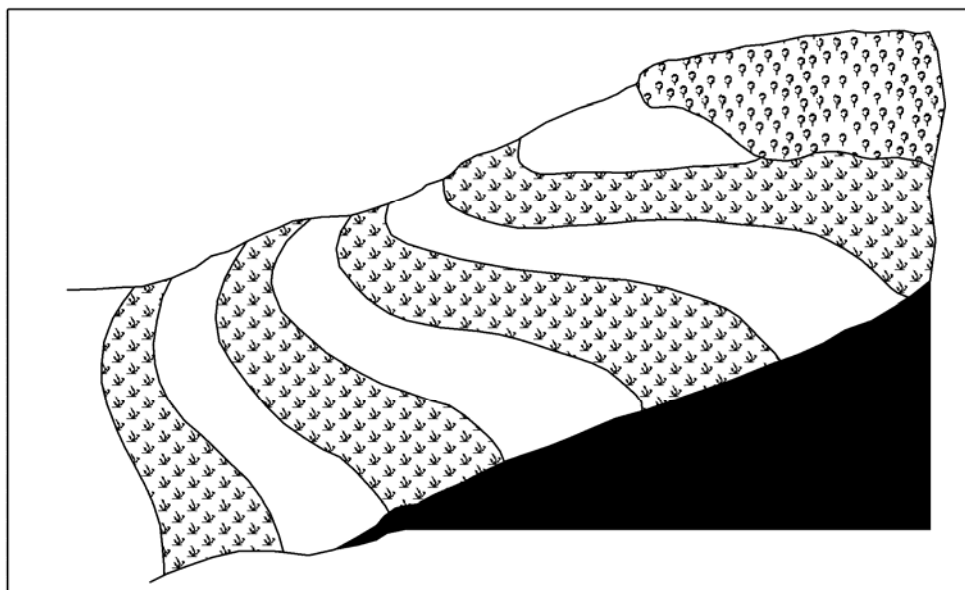


Fig. 3. 7. Culturi dispuse în fâșii (Bechet și Neagu, 1975, p. 117)

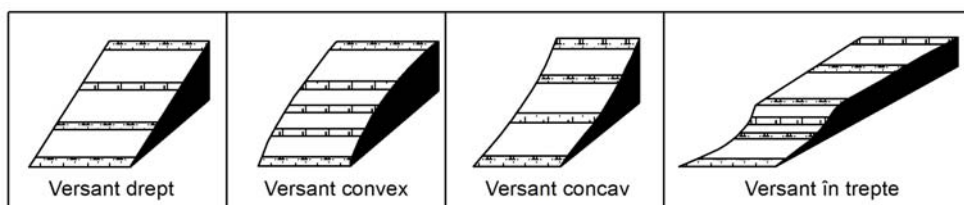


Fig. 3. 8. Amplasarea benzilor pe versanți de diferite forme (Popa et al., 1984, p. 124)

Modelul cu benzi înierbate se recomandă pe terenurile la nivelul cărora cantitățile de precipitații sunt de peste 600 mm/an, iar valoarea pantei este cuprinsă

între 12 și 25% (Popa et al., 1984). Și în acest caz terenul se împarte în fâșii, doar că în loc de alternanța prășitoarelor, păioaselor sau leguminoaselor, se are în vedere alternanța unei singure culturi cu benzi înierbate (fig. 3. 8), care pot fi semănate cu lucernă, sparceță sau trifoi (Moțoc et al., 1975). Conform sursei citate, benzile înierbate sunt mai înguste, decât fâșiile ocupate de culturile anuale, deoarece efectul filtrant al lor se manifestă doar pe o lățime de 4 - 5 m din amonte spre aval; din acest motiv lățimea benzilor se menține între 4 și 10 m, cele mai late fiind recomandate la partea inferioară a versanților.

Benzile înierbate se mai numesc și benzi de protecție sau benzi de filtrare cu iarbă, iar în componența lor se includ specii care nu se răspândesc, dar care au o creștere rapidă și densă (Morgan și Rickson, 2005). Conform autorilor citați, cu cât creșterea ierburilor este mai densă și uniformă, cu atât banda va fi mai eficientă în filtrarea sedimentelor transportate de către apa care se scurge pe versanți; când speciile erbacee formează o masă densă și de înălțime redusă, atunci benzile pot fi traversate de utilaje fără ca eficiența lor să fie redusă.

Din prezentarea acestor modalități simple de amplasare a culturilor pe terenurile înclinate, indiferent dintre care dintre ele este vorba, rezultă că ele influențează în mod hotărâtor nivelul pierderilor de apă și sol, în timpul ploilor torențiale, și deci a producțiilor agricole (Popa et al., 1984). Conform sursei citate, aplicarea acestor tipuri de cultură, pe terenuri aflate în faze incipiente de degradare, determină ca în doar câțiva ani, de la aplicarea lor, producțiile să înregistreze sporuri semnificative.

Cu toate că teoretic lucrurile par destul de simple, aplicarea lor cu succes, la condiții variate de teren și relief, durează uneori mai mulți ani, motiv pentru care este nevoie de perseverență și pricepere din partea celor care le execută; pentru ca rezultatele bune atinse să se mențină ulterior, de la un an la altul, este necesară o întreținere și exploatare corectă a tuturor măsurilor și lucrărilor antierozionale introduse pe terenurile în pantă (Popa et al., 1984).

Aplicarea acestor măsuri, de prevenire a degradării terenurilor, constituie una din căile principale de creștere a producției la culturile de cereale, îndeosebi în țări ca România, unde peste 30% din terenurile arabile ocupă suprafețe a căror pantă este mai mare de 3 – 5°.

Indiferent de regiune, realizarea lucrărilor de-a lungul curbelor de nivel și eliminarea monoculturii de porumb sau simpla rotație a culturilor de grâu-porumb, reprezintă cele mai simple, dar în același timp foarte eficiente modalități de a preveni degradarea terenurilor (Moțoc et al., 1975).

Raportat la protecția antierozională a solului, culturile agricole pot fi împărțite în următoarele categorii: culturi foarte bune protectoare (ierburile perene începând cu al doilea an de vegetație), culturi bune protectoare (cerealele păioase și furajele

anuale), culturi mediu protectoare (leguminoasele anuale) și culturi slab protectoare (porumbul, floarea soarelui, sfecla, cartofii și restul prășitoarelor) (Popa et al., 1984).

Lucrări de evacuare a apelor provenite din precipitații sunt necesare îndeosebi pe terenurile care sunt suficient de impermeabile și de înclinate, pentru a favoriza scurgerea apei. Pornind de la premisa că principala cauză a genezei rigolelor, ogașelor și ravenelor este reprezentată de scurgerea apei, pe un substrat lipsit de un covor vegetal protector, pentru evitarea unor astfel de probleme sunt necesare o serie de măsuri preventive, prin intermediul cărora să fie evacuat în siguranță excesul de apă.

Principalele lucrări recomandate pentru evacuarea și dirijarea surplusului de apă de pe suprafața terenurilor susceptibile la degradare vor fi prezentate în continuare.

Canalele de coastă sunt necesare în bazinul de recepție al ravenelor și torenților, unde au rol de interceptare a apelor, care se scurg pe versanți, și de evacuare a lor spre debușee sau recipiente special amenajate. Canale de coastă se recomandă pe terenuri cu valoarea pantei cuprinsă între 10 și 20%; în funcție de modul în care rețin total sau parțial apa, canalele de coastă sunt de două tipuri: de nivel sau orizontale și înclinate (Bechet și Neagu, 1975).

Canalele de coastă orizontale se construiesc paralele cu izohipsele, motiv pentru care interceptează întreaga cantitate de apă ce se scurge pe versanți între două canale; în secțiune transversală pot fi de formă triunghiulară (fig. 3. 9), parabolică sau trapezoidală cu diguleț și bermă. Distanța dintre canale se stabilește în funcție de panta terenului, de rezistența la eroziune și asigurarea exploatarea rațională a suprafețelor amenajate (Bechet și Neagu, 1975). De exemplu, dacă se optează pentru canale de formă trapezoidală, cu lățimea de 0,6 m la partea superioară, de 0,4 m la cea inferioară și cu adâncimea de 0,4 m, ele pot fi continue sau alternante (cu lungimea de 2 m), cu spații de 2 metri între secțiuni și 2 metri între fiecare rând (Sarkar, 2021). După realizarea canalelor, care se poate face manual sau mecanizat, ele se însămânțează cu ierburi, care pe măsură ce cresc au atât rol antierozional. În cazul în care canalele de coastă trebuie să fie traversate, de către mașini agricole sau turme de animale, se recomandă ca forma lor în secțiune transversală să fie parabolică (Călinovici, 2008).

Canalele de coastă înclinate cu toate că rețin doar parțial apa, de pe suprafața terenului, ele au rolul de a evacua dirijat, în colectorii naturali sau amenajați, conform pantei longitudinale (Bechet și Neagu, 1975). Realizarea lor este recomandată pe terenuri cu precipitații medii multianuale de peste 600 mm și pe soluri argiloase, care reținând apa, favorizează alunecările de teren. Aceste canale se folosesc cu succes în plantațiile de viță de vie și pomi fructiferi, precum și pe pășuni. Distanța dintre ele se alege pe baza aceluiași criterii ca la cele de coastă orizontale.

În secțiune transversală canalele de coastă pot fi de formă trapezoidală, triunghiulară sau parabolică. Dintre acestea, din punct de vedere hidraulic optime sunt ultimele două, deoarece raportat la suprafața dată au cel mai mic perimetru ud. În situația în care se optează pentru secțiunea trapezoidală canalul trebuie să fie consolidat cu dale din beton sau zidărie de piatră, mai ales acolo unde viteza apei depășește 2 m/s (Mihaiu et al., 1985).

Canalele se amplasează în strânsă corelație cu rețeaua de drumuri și cu direcția curbelor de nivel.

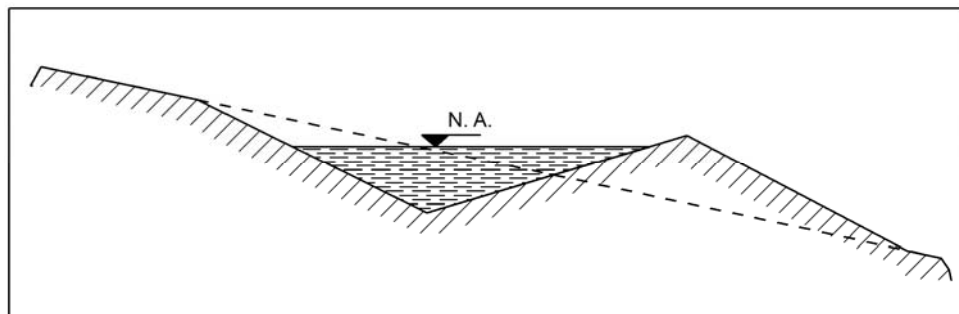


Fig. 3. 9. Canal de coastă triunghiular (Moțoc et al., 1975, p. 138)

Canalele înclinate pe versanți au și ele rolul de evacuare și conducere a excesului de apă, la partea inferioară a versanților, fie direct în rețeaua hidrografică, fie într-un debușeu; în secțiune transversală ele pot avea formă trapezoidală, triunghiulară, simetrică sau asimetrică, mixtă etc.

Debușeele amplasate pe versanți au drept scop principal evacuarea dirijată a excesului de apă provenit din precipitații (colectat inclusiv de pe canalele de coastă), la care se adaugă captarea izvoarelor, care apar la zi, și conducerea apei în râuri sau canale de evacuare amenajate la baza versanților (Mihaiu et al., 1985). Gradul de complexitate și densitatea rețelei de debușee se stabilește în funcție de forma și gradul de frământare a terenului, de poziția izvoarelor, a lacurilor și bălților, de exploatarea agricolă etc. (Băloi și Ionescu, 1986).

Debușeele de acest tip urmăresc linia direcției de cea mai mare pantă, se execută în săpătură și de obicei evacuează cantități mai mici de apă (Popa et al., 1984). Consolidarea lor poate fi biologică (ierburi perene) sau mixtă (biologică și mecanică – cu beton sau piatră). Se recomandă ca debușeele consolidate, doar cu vegetație, să nu fie lungi, în caz contrar existând pericolul declanșării eroziunii în adâncime.

Debușeele pot fi clasificate după natura consolidării (pe cale biologică, mixtă, consolidare mecanică cu piatră sau beton), forma secțiunii (trapezoidală, parabolică, semicirculară, triunghilară, rectangulară etc.), locul de amplasare față de nivelul terenului, modul de executare etc. (Moțoc, et al., 1975). Conform sursei citate,

dimensionarea debușeelor se face în funcție de suprafața de pe care colectează apa și de debitul evacuat; la modul general debușeele trebuie să aibă o lățime mare și o pantă longitudinală mică, care să nu prezinte variații (salturile hidraulice avantajează scurgerea turbulentă și eroziunea).

Pentru o bună funcționare a debușeelor trebuie luate în considerare următoarele (Mihaiu et al., 1985; Chiorescu, 2021):

- amplasarea debușeelor și forma secțiunii lor trebuie proiectată astfel încât să permită executarea mecanizată a lucrărilor agricole;
- traseul lor să fie cât mai scurt și mai drept (urmărind limitele dintre tarlale), pentru a nu împiedica parcelarea terenurilor;
- să scoată din circuitul agricol suprafețe de teren cât mai reduse;
- să asigure evacuarea în totalitate a apei colectate, fără a exista pericolul degradării lor sau a suprafețelor limitrofe;
- apa evacuată cu ajutorul debușeelor trebuie să fie dirijată controlat până la emisar.

Pentru a nu se ajunge la supradimensionarea debușeelor este indicat ca suprafața de colectare să se împartă în tronsoane, cu lățimi de până la 200 m, începând din amonte spre aval (Popa et al., 1984). Conform sursei citate, dacă panta longitudinală a debușeelor este mai mare de 10%, se recomandă realizarea de căderi din zidărie, piatră, beton sau brazde de iarbă, pentru reducerea acesteia; secțiunea transversală a debușeelor poate fi albiată, trapezoidală sau triunghiulară.

Debușeele cu secțiune închisă pe versanți se recomandă doar pe versanți cultivați cu plantații extensive de vii, livezi, hamei; rolul lor este să asigure evacuarea dirijată a apelor în exces de pe terenurile cu culturi intensive, tocmai pentru a preveni eroziunea (Băloi și Ionescu, 1986). Debușeele de acest tip sunt însoțite de cămine de rupere de pantă, captare și racordare, guri de desecare în emisari naturali, bazine pentru înmagazinarea apelor etc. Acestea se dispun în teren sub forma unor rețele, în cadrul cărora debușeele principale, primesc apă de la drenurile laterale (Sarkar, 2021).

Debușee amplasate la baza versanților valorifică microdepresiunile existente pe suprafața terenului, motiv pentru care sunt considerate debușee naturale (Popa et al., 1984). Conform autorilor citați, ele au dimensiuni mai mari (3-10 m lățime) și pante mai mici (sub 10%) decât debușeele de pe versanți, deoarece preiau scurgerea de pe suprafețe extinse. Debușeele de acest tip sunt consolidate pe cale biologică, în mod natural sau prin însămânțarea ierburilor perene (Călinovici, 2008) sau plantarea unor specii silvice. Debușeele de la baza versanților au formă albiată, ceea ce permite scurgerea apei în straturi subțiri și înlăturarea pericolului eroziunii în adâncime; dacă totuși aceasta se inițiază se recomandă amplasarea unor traverse, de mici dimensiuni, din lemn sau beton, dispuse perpendicular pe direcția de scurgere a apelor (Popa et al., 1984).

Canalele de evacuare de la debușee sunt poziționate la baza versantului și au rolul de a conduce apa până în emisarul principal; în funcție de viteza de scurgere a apei secțiunea lor trapezoidală este consolidată cu beton sau piatră cu mortar de ciment și mai rar cu vegetație ierboasă.

Gropile colectoare se folosesc pentru reținerea, pe suprafața terenului, a unei părți însemnate din apa provenită din precipitații; ele sunt de formă cilindrică, au o capacitate de 10 – 15 l și sunt aranjate de-a lungul curbilor de nivel în formă de tablă de șah; apa reținută în gropi se infiltrează în sol sporindu-i umezeala și fertilitatea (Bădescu, 1972).

Drenarea apei izvoarelor de coastă se dovedește la fel de necesară ca și cea provenită din precipitații.

În funcție de debit și de perioadele active de-a lungul anului, izvoarele de coastă conduc la apariția excesului de umiditate pe suprafața terenului. Din acest motiv unele lucrări agricole nu se mai pot executa sau se execută cu întârziere, ceea ce favorizează instalarea vegetației iubitoare de umiditate, cum este trestia, care se cunoaște că este una de calitate inferioară.

Dacă apa provenită din izvoare se canalizează de-a lungul drumurilor agricole acestea devin impracticabile fiind necesară schimbarea traseului (Popa et al., 1984) și scoaterea din uz a unor suprafețe cultivate. Excesul de umiditate întreținut de apa provenită de la izvoarele de coastă crește susceptibilitatea la alunecări de teren.

Pentru a evita astfel de situații apa provenită de la izvoarele de coastă trebuie captată și drenată dirijat prin intermediul drenurilor. În funcție de materialele utilizate pentru realizarea drenurilor, ele sunt de mai multe tipuri (fig. 3. 10) (Popa et al., 1984):

- drenurile din fascine sau mănunchiuri de prăjini (sunt relativ ieftine, se găsesc pe plan local, dar au dezavantajul unei durabilități reduse, deoarece putrezesc;
- drenurile din tuburi ceramice sau beton (sunt mai scumpe, dar mult mai durabile, îndeosebi acolo unde terenurile sunt stabile);
- drenurile din pietriș nesortat (cu toate că necesită mult pietriș pentru realizare, ele sunt foarte eficiente, întrucât sunt elastice și funcționale timp îndelungat);
- drenurile din materiale plastice (se pot realiza din țevi perforate pe 1/2 - 2/3 din circumferință, folii sau granule; sunt destul de ieftine, elastice și au capacitate hidraulică bună).

Indiferent de tip, drenurile trebuie amplasate în straturi de nisip și balast, pentru a micșora sau înlătura pericolul înămăolirii și scoaterii lor din uz; cu cât stratul filtrant de pietriș existent între dren și pereții de pământ este mai mare, cu atât funcționarea lor va fi mai îndelungată și mai bună (Popa et al., 1984).

Cele mai eficiente drenuri absorbante sunt cele amplasate în amonte de zonele umectate (Stoian, 1977), deoarece oferă posibilitatea ca pânza de apă care

umectează solul să fie interceptată și captată înainte de a ieși la suprafața terenului (Popa et al., 1984).

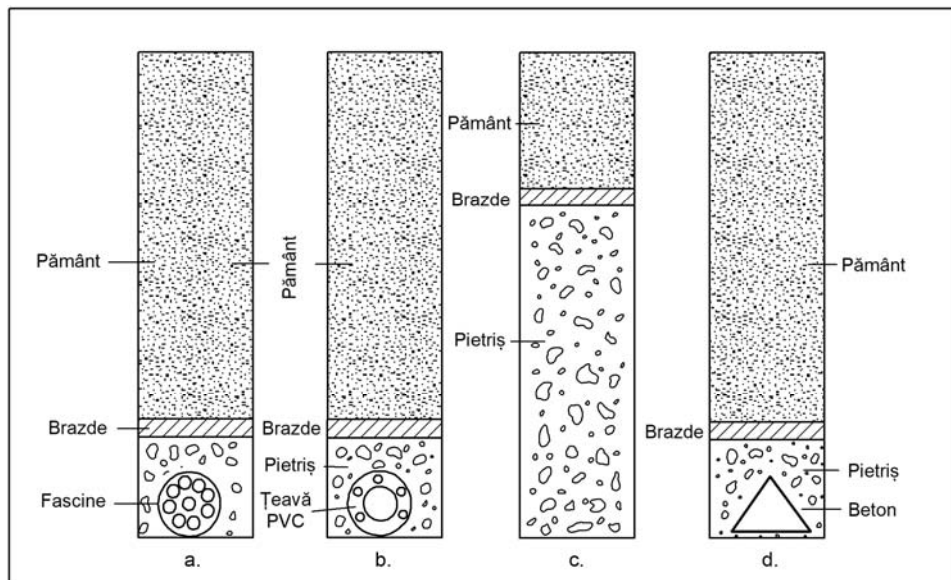


Fig. 3. 10. Diferite tipuri de drenuri (Popa et al., 1984, p. 171)

Drenurile absorbante se pun în tranșee săpate până la nivelul stratului impermeabil (1,0 – 1,8 m), fiind orientate oblic sau perpendicular pe direcția curbelor de nivel (fig. 3. 11); lățimea tranșeelor variază între 40 – 60 cm, dar cea a fundului nu trebuie să fie mai mare de 40 cm (Popa et al., 1984). Lungimea drenurilor absorbante se dimensionează în funcție de cea a frontului de izvoare.

Drenurile de colectare-evacuare sunt închise (în cazul terenurilor arabile, pentru a nu împiedica realizarea mecanizată a lucrărilor agricole) sau deschise (fig. 3. 10 și 4. 11).

La îmbinarea unui dren absorbant cu unul colector se construiește camera de captare (din piatră sau ciment), cu dimensiunile 100/100/100 cm și cu cota la fund mai joasă cu până la 50 cm față de cea a drenurilor absorbante (Popa et al., 1984).

În funcție de dimensiunea finală a sistemului de drenaj, alături de camerele de captare sunt necesare cămine de control (indispensabile acolo unde se schimbă direcția sau panta sau în punctele de racordare a drenurilor colectoare) și căderi sau rupturi de pantă (se execută acolo unde panta terenurilor este mai mare decât cea a drenului sau în situația schimbărilor bruște de pantă) (Lulea et al., 2002).

Conducerea apei din suprafața drenată se face prin intermediul tranșeelor cu piatră (când emisarul este aproape) sau prin țevi (dacă el este departe). Evacuarea apei colectate, spre emisar, se realizează prin intermediul construcțiilor din categoria gurilor de evacuare.

După intrarea cu succes în funcțiune a unui astfel de sistem de drenaj suprafața de teren se poate include în circuitul agricol, pentru o valorificare corespunzătoare.

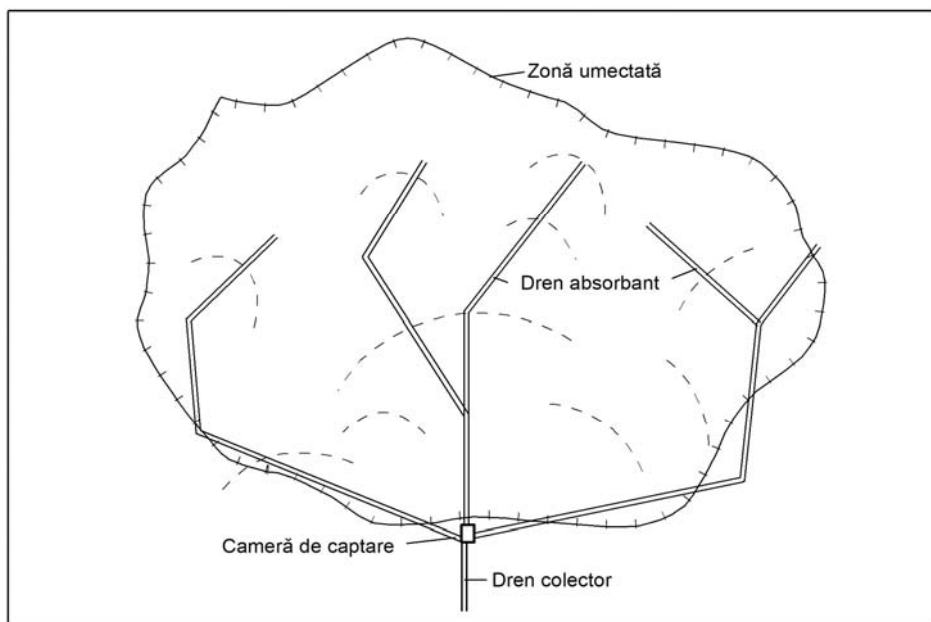


Fig. 3. 11. Schița amplasării drenurilor (Popa et al., 1984, p. 172)

Amplasarea drumurilor tehnologice pe terenurile înclinate. În scopul prevenirii eroziunii datorate scurgerii pe versant, la alegerea traseului drumurilor trebuie să țină seama de următoarele: să delimiteze sole cu aceleași declivități, să evite suprafețe afectate de alunecări, izvoare la zi și microdepresiuni; desimea drumurilor la unitatea de suprafață să fie minimă; să urmărească pe cea mai mare parte a traseului direcția curbilor de nivel; să se evite serpentinele; să fie prevăzute cu șanțuri pentru evacuarea apei provenită din precipitații (fig. 3. 12), să scoată din producția agricolă o suprafață minimă, să fie continuate cu drumuri comunale sau publice (Moțoc et al., 1975; Băloi și Ionescu, 1986). În funcție de condițiile locale platforma drumurilor în secțiune transversală poate fi: orizontală (fără canal de evacuare a apelor), înclinată spre amonte sau bombată și ușor înclinată spre amonte, unde este localizat și șanțul de evacuate cu secțiune trapezoidală (Moțoc et al., 1975) (fig. 3. 13).

Drumurile realizate pe direcția generală a curbilor de nivel se amplasează la distanțe de 200 – 500 m, unul de altul, în funcție de pantă; fiind vorba mai ales de drumuri secundare ele trebuie să aibă lățimea de 3 m și sectoare de supralărgiri, tot la 500 – 600 m, pentru posibilitatea încrucișării atelajelor și autovehiculelor agricole (Mureșan et al., 1992).

Taluzurile drumurilor se consolidează prin înierbare cu un amestec de semințe perene în cadrul căruia gramineele perene (*Poa pratensis* - firuță, *Dactylis glomerata* - golomăț, *Lolium perene* – raigras englezesc, *Festuca pratensis* - păiuș etc.) reprezintă 60%, iar leguminoasele perene (*Trifolium* - trifoi, *Medicago sativa* - lucernă și *Onobrychis viciifolia* - sparceță) 40% (Mihaiu et al., 1985). La alegerea speciilor se va ține cont de condițiile ecologice și climatice, pentru o dezvoltare corespunzătoare a lor.

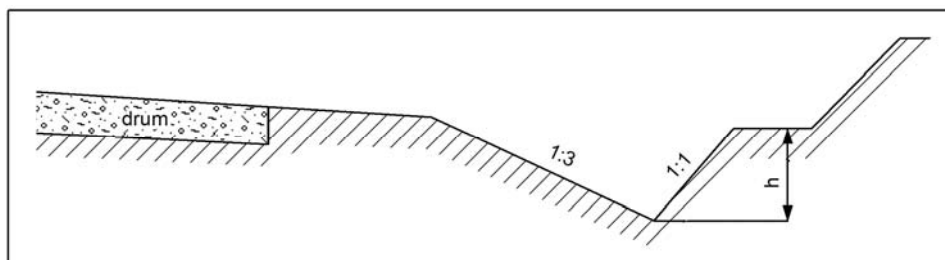


Fig. 3. 12. Drum prevăzut cu șanț pentru evacuarea apelor (Moțoc et al., 1975, p. 108)

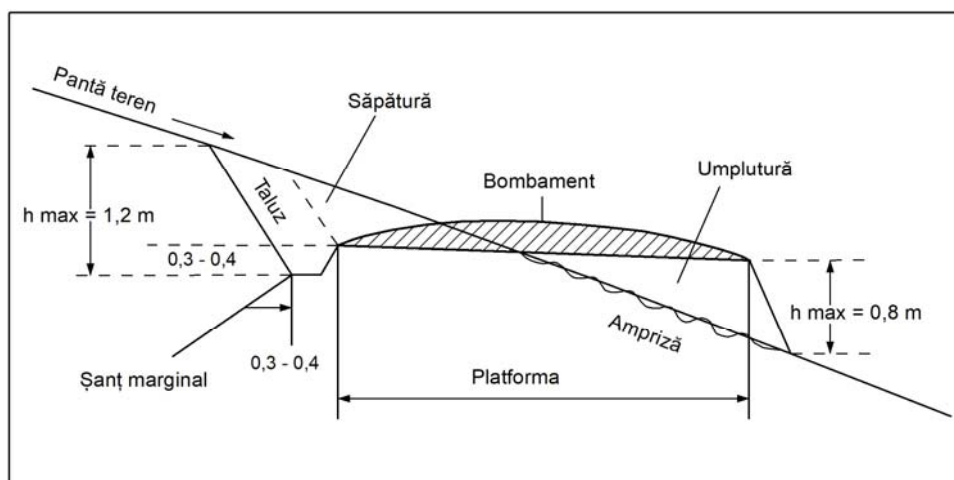


Fig. 3. 13. Elementele unui drum terasat (Fazakas et al., 2006, p. 131)

Lucrări de modificare a morfologiei preexistente a versanților. În unele situații, simpla modificare a morfologiei terenurilor se dovedește suficientă în scopul prevenirii efectelor negative ale scurgerii pe versant. În categoria acestor lucrări se includ valurile de pământ, terasarea terenurilor agricole și modelarea terenurilor agricole în pantă.

Cu toate că astfel de lucrări sunt mai eficiente, executarea lor este mai costisitoare, fiindcă se realizează pe bază de proiect, necesită personal calificat și utilaje speciale, cu ajutorul cărora, pe alocuri, pământul este mobilizat, iar microrelieful existent modificat (Bechet și Neagu, 1975). Rolul acestor lucrări este

de a intercepta apele care se scurg pe teren, de a le crea condiții favorabile pentru a se infiltra, și de ale conduce spre un recipient sau emisar.

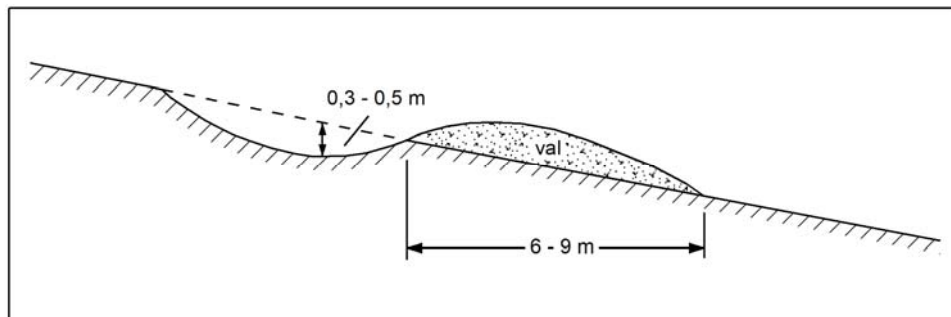


Fig. 3. 14. Val de pământ cu bază largă (Băloiu, 1980, p. 85)

Valurile de nivel din pământ sunt de forma unor coame din pământ, prevăzute cu un șanț în față și au înălțimea maximă de 0,6 m; rolul principal al acestora este cel de interceptie și infiltrație a apei, care se scurge pe suprafața nivelului terenului (fig. 3. 14), tocmai pentru a preveni eroziunea în suprafață pe pășuni (Băloiu și Ionescu, 1986). Valurile de pământ se recomandă pentru terenuri a căror declivitate este cuprinsă între 5 și 15% (Bechet și Neagu, 1975).

Valurile de pământ pot fi de nivel (când sunt realizate pe direcția curbilor de nivel) sau înclinate (când sunt prevăzute cu pantă longitudinală de 0,3 – 0,5%; valoarea redusă a declivității favorizează infiltrarea apei și nu permite o viteză mare a apei, care să provoace eroziunea substratului); în funcție de lățime ele sunt cu bază largă (6 – 9 m) (fig. 3. 14) sau cu bază îngustă, de 4,5 – 7, 5 m (Moțoc et al., 1975; Băloiu, 1980). Dintre acestea cele mai eficiente sunt cele cu bază largă, deoarece au o capacitate mai mare de reținere a apei. Lungimea lor variază între 300 și 600 m.

Valurile de nivel din pământ sunt realizate cu grederul sau autogrederul, la distanțe stabilite în funcție de pantă și volumul de apă scurs.

Terasarea terenurilor agricole cuprinde o serie de acțiuni care modifică panta versanților, destinați culturilor agricole, în vederea asigurării unor condiții optime de dezvoltare a plantelor, prin diminuarea scurgerilor, oprirea pierderilor de sol etc. (fig. 3. 15). Se recomandă terasarea terenurilor atunci când panta acestora este mai mare de 12% (Chiorescu, 2021).

Lățimea minimă a unei terase este de 2 m, iar distanța dintre ele se va alege în funcție de panta versantului și tipul de sol (Sarkar, 2021). Părțile componente ale unei terase sunt: platforma, taluzul și muchia.

Realizarea teraselor prezintă o serie de avantaje în demersul de prevenire a degradării terenurilor: se reduce lungimea pe care are loc scurgerea apelor, precum și viteza acestora; prin diminuarea înclinării terenurilor se îmbunătățește schema de bilanț al apelor, prin creșterea aportului freatic; se valorifică terenurile cu înclinări

de peste 12°, prin intermediul culturilor intensive, se limitează eroziunea și sedimentarea (Băloi și Ionescu, 1986).

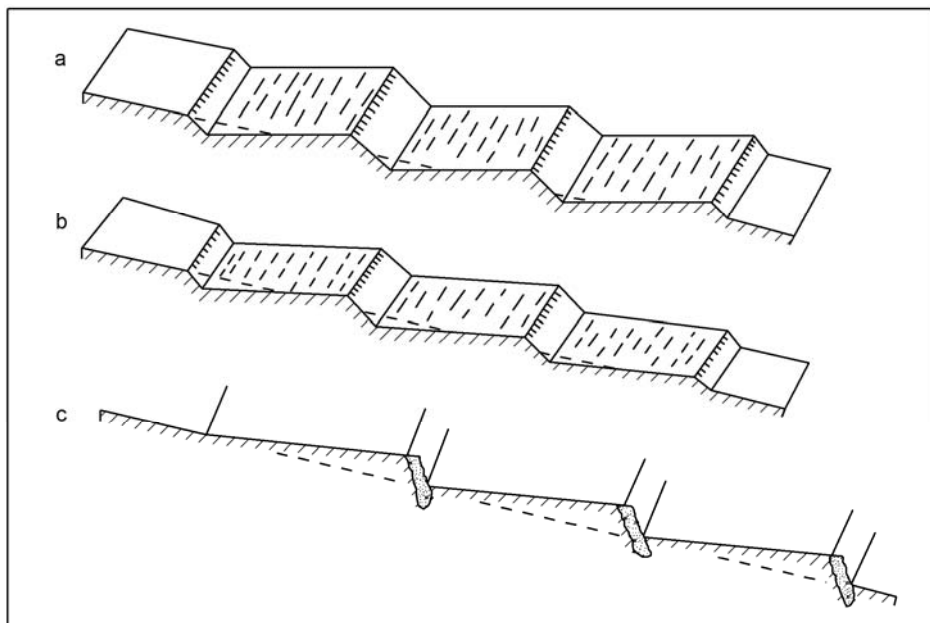


Fig. 3. 15. Tipuri de agroterase; a. cu platforma orizontală; b. Cu platforma înclinată; c. Cu taluzuri consolidate cu piatră (Mihaiu et al., 1985, p. 74)

Terasarea terenurilor se poate realiza atât prin arături repetate (terasare în timp îndelungat), cât și prin metoda modelare-nivelare.

Terasele realizate prin arături repetate se numesc și agroterase. Terasarea în acest mod este specifică pentru Transilvania, teritoriu în care terenurile au fost arate secole de-a rândul pe direcția curbelor de nivel, prin întoarcerea brazdelor doar spre aval. Intervalul recomandat pentru realizarea acestor terase este 15 septembrie – 15 decembrie, perioadă când se recoltează majoritatea culturilor, se realizează arăturile adânci pentru culturile de primăvară, se evită lunile când se manifestă cu intensitate procesul de eroziune (mai - august) și nu se stânjenește procesul de producție agricolă (Băloi și Ionescu, 1986). Avantajul realizării de agroterase rezidă din faptul că se păstrează succesiunea naturală a orizonturilor de sol (Mureșan et al., 1992).

Efectuarea teraselor are loc prin metoda modelare-nivelare, ceea ce implică decopertarea învelișului de sol (Mihaiu et al., 1985); majoritatea teraselor obținute prin această metodă sunt cele de tip banchetă. Terasarea este cu atât mai ușor de făcut cu cât declivitatea și morfologia versanților este mai uniformă. Realizarea versanților se face începând de la baza versantului spre interfluviu. După realizarea primei terase are loc decopertarea solului, de pe cea de-a doua, care apoi se împrăștie pe prima, pentru a asigura o fertilitate corespunzătoare terenului (Chiorescu, 2021). Procesul

se repetă și cu solul decopertat de pe cea de-a treia terasă, care urmează să fie așternut pe platforma celei de-a doua și așa mai departe până se ajunge la realizarea tuturor teraselor proiectate. În plantațiile viticole numărul acestora poate depăși cifra 20.

La executarea teraselor trebuie respectate următoarele principii de dimensionare: folosirea tuturor schimbărilor de pantă și formelor de relief care pot ajuta la amplasarea și asigurarea unui paralelism între terase; volumul de pământ mobilizat să fie cât mai redus, înălțimile taluzurilor să fie mici, platforma cultivabilă să fie cât mai mare, iar lucrările de artă cât mai puține; taluzurile și platformele trebuie să aibă înclinări, înălțimi și dimensiuni care să limiteze erodarea lor, să le asigure stabilitatea și să excludă pericolul de alunecare; să se elimine schimbările bruște de aliniamente și curbările mici, care sunt incomode pentru mecanizarea lucrărilor și care provoacă sedimentări masive; să se realizeze un acces comod al mașinilor agricole și de transport, cu ajutorul unor racordări minime; pentru consolidarea taluzurilor să se folosească metodele biologice sau materialele locale, cu un volum minim pentru exploatare și întreținere etc. (Băloi și Ionescu, 1986).

În același timp, la realizarea teraselor trebuie ținut cont de următoarele restricții: se vor terasa doar versanți uniformi, care să nu implice un volum mare de terasamente; se vor evita terenurile afectate de alunecări, precum și cele susceptibile la astfel de procese geomorfologice; nu se vor terasa terenuri cu soluri subțiri formate pe roci dure, indiferent de panta terenului; nu se vor terasa terenuri cu exces de umiditate și cele cu aspect depresionar existente pe suprafața versanților etc.

Clasificarea teraselor se poate face după diverse criterii, dintre care se remarcă următoarele (Bechet și Neagu, 1975; Pleșa și Câmpeanu, 2001; Chiorescu, 2021):

- după înclinarea platformei pe ax transversal sau longitudinal: terase cu platformă orizontală, terase cu platforma înclinată în sensul pantei, terase cu platforma înclinată în sens invers pantei și terase cu platforma înclinată pe ax longitudinal;
- după poziția față de curbele de nivel: terase orizontale și terase înclinate în lungul platformei;
- după lățimea platformei terasei se deosebesc: terase cu lățimea platformei constantă și terase cu lățimea platformei variabilă;
- după modul de consolidare al taluzurilor există: terase cu taluzuri consolidate prin înierbare și terase cu taluzuri consolidate cu ziduri de sprijin din piatră sau beton;
- după modul și posibilitățile de execuție se remarcă: terase executate prin săpătură-umplură (debleu-rambleu) pe cale manuală sau mecanizat și terase executate odată cu desfundarea terenului pe cale manuală sau mecanizată.

Din urmărirea acestei clasificări se observă că majoritatea teraselor fac parte din categoria celor cu platforme înclinate în sensul pantei și cu lățimea platformei constantă. Realizarea acestora implică volume mai reduse de terasamente, o mobilizare mai redusă a orizonturilor de sol, taluzuri cu înălțimi mai mici și o stabilitate mai mare,

o repartizare mai uniformă a scurgerilor pe întreaga suprafață a platformei și o distribuție de asemenea echilibrată a acestora (reflectată în umiditatea solului), posibilității mai bune de racordare a teraselor între ele, trecerea și accesul mai comod al utilajelor și mașinilor agricole de la o terasă la alta (Băloi și Ionescu, 1986).

Modelarea terenurilor agricole în pantă se realizează pentru controlul scurgerii și prevenirii degradării terenurilor; în acest sens, terenurile înclinate și prevăzute cu denivelări, trebuie uniformizate (netezite), prin intermediul acțiunilor de modelare.

Comparativ cu metodele prezentate anterior modelarea terenurilor implică manevrarea unor volume considerabile de rocă și sol. Chiar dacă se ajunge la costuri mari, printr-o astfel de intervenție asupra terenului și rezultatele vor fi pe măsură.

La aplicarea unei astfel de măsuri, deoarece fertilitatea scade cu adâncimea, o atenție deosebită trebuie acordată grosimii stratului de sol care se decopertează. Se recomandă ca grosimea îndepărtată a acestuia să nu depășească 10 – 12 cm, dar dacă totuși se depășește această valoare, se impune depozitarea provizorie a terasamentului rezultat din stratul fertil, care la final se împrăștie uniform pe suprafața modelată (Băloi și Ionescu, 1986). Dintre mijloacele recomandate, pentru modelarea terenurilor, se remarcă polidiscul și buldozerul, iar intervalul cel mai indicat, pentru realizarea lucrărilor, este cel cuprins între sfârșitul verii și începutul toamnei.

Toate aceste lucrări demonstrează că pe terenurile agricole înclinate alături de măsurile agrotehnice și fitoameliorative, pentru prevenirea degradării terenurilor sunt necesare intervenții antierozionale complexe, cu caracter special.

Folosirea rațională a pajiștilor de pe terenurile în pantă. În demersul de prevenire a degradării terenurilor prin intermediul scurgerii apei, o atenție deosebită trebuie acordată pășunatului nerațional sau suprapășunatului, care are loc pe pajiști.

Pentru a nu se ajunge la forme agresive de pășunat sau pentru renunțarea la astfel de practici se recomandă aplicarea următoarelor reguli: pășunatul să fie permis doar când vegetația acoperă solul în procent de cel puțin 70% (în caz contrar animalele vor umbla mai mult pe pășune pentru a găsi hrana, ceea ce determină distrugerea vegetației și tasarea solului); primăvara pășunatul trebuie să înceapă după uscarea solului și când iarba a ajuns la o înălțime de 15-20 cm; în timpul ploilor și imediat după încetarea lor, pe terenurile în pantă pășunatul trebuie interzis, întrucât presiunea copitelor conduce la distrugerea învelișului vegetal de pajiște și formarea de goluri, de la care începe degradarea terenurilor; încărcarea cu animale a pajiștii trebuie să fie în concordanță cu producția pe care o asigură, altfel covorul vegetal este distrus din cauza consumului abuziv și a călcării și bătucirii solului; pășunatul trebuie făcut alternativ, cu diferite categorii de animale, cum sunt bovinele și ovinele (dacă pășunatul este realizat de către o singură categorie de animale sunt consumate aceleași specii de iarbă, iar covorul vegetal se rărește și solul se descoperă tot mai mult, fiind supus degradării);

pășunatul trebuie făcut pe tarlale, după un program care să permită refacerea pășunii etc. (Bechet și Neagu, 1975).

Utilizare vegetației forestiere în prevenirea scurgerii pe versant s-a dovedit de-a lungul timpului că este foarte eficientă. Afirmția are la bază particularitățile învelișului vegetal forestier: poate reține pe frunze și coronament o parte din apa provenită din precipitații, prin intermediul literei diminuează energia picăturilor de ploaie, iar cu ajutorul rădăcinilor fixează eficient solul și substratul geologic. De asemenea, rădăcinile ajută atât la pătrunderea apei în profunzime, cât și la extragerea unor cantități considerabile de apă pe care le eliberează în atmosferă; de exemplu, transpirația medie anuală a unor arborete prezintă următoarele valori: pin și stejar 120 – 300 mm/an, fag 250 – 300 mm/an, molid 300 – 320 mm/an, larice până la 680 mm/an etc. (Kirwald, 1956, citat de Bădescu, 1972).

Există așadar suficiente argumente pentru ca terenurile cu exces de umiditate și susceptibile la înmlăștinire, pădurea să reprezinte cel mai bun mijloc pentru prevenirea degradării lor (Bădescu, 1972). Dintre speciile care absorb prin rădăcinile lor și elimină în atmosferă, prin frunzișul bogat, cantități mari de apă pot fi amintite: salcia, plopul, aninul, frasinul etc.

Din aceste motive, acolo unde utilizarea terenului o permite, este indicat să se folosească prevenirea degradării terenurilor prin intermediul vegetației forestiere. În acest sens, printre modalitățile de utilizare a vegetației forestiere se evidențiază perdele forestiere și împăduririle masive.

Perdelele forestiere au un rol important în prevenirea scurgerii apei pe suprafața terenului, cu toate că între ele terenul este utilizat în diverse scopuri agricole. Pentru o maximă eficiență ele trebuie amplasate pe direcția curbelor de nivel. Lățimea perdelelor forestiere este de 20 – 60 m, iar distanța dintre ele se recomandă să fie cam de cinci ori lățimea lor (Bădescu, 1972). Alături de perdele forestiere se pot utiliza și benzi de arbuști.

Se recomandă îndeosebi pe terenuri cu declivitate mai mare de 20%, unde se amplasează sub forma unor fâșii lungi (fig. 3. 16).

În funcție de poziția ocupată perdele forestiere pot fi localizate pe: cumpăna apelor (au lățimi de 15 m și ocupă toată lungimea și lățimea cumpenei de apă, când ea este îngustă, sau doar sprânceana cumpenei, dacă are o lățime mai mare), pe versanți (urmăresc mersul curbelor de nivel, au lățimi de 11 - 15 m, iar distanța dintre ele variază între 300 – 400 m; în componența lor, alături de arbori se folosesc foarte mulți arbuști) și pe rețeaua hidrografică (se amplasează pe maluri și în apropierea lor, precum și în albiile caracterizate de scurgere temporară) (Bechet și Neagu, 1975).

Perdele folosite, pentru diminuarea scurgerii superficiale, se dispun la 200-500 m unele de altele, în funcție de panta versantului și au rolul de a reține și contribui la infiltrarea apei care se scurge din amonte (fig. 3. 16); pe versanți perdele

forestiere se dispun paralel cu curbele de nivel, admițându-se abateri de doar 2 - 4%, față de acestea (Dîrja, 2000).

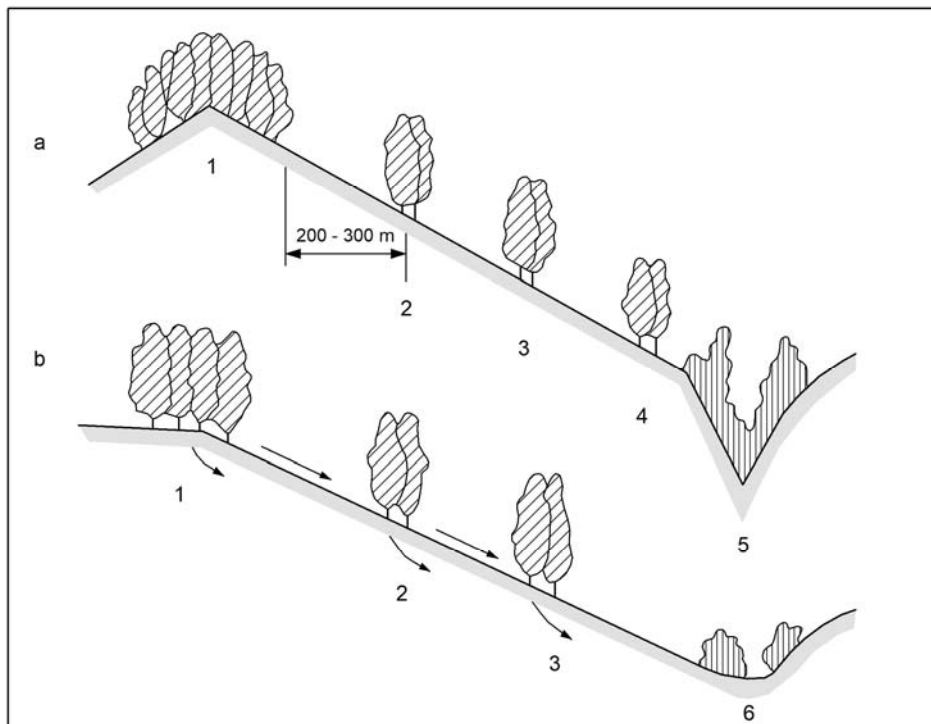


Fig. 3. 16. Modul de amplasare a perdelelor forestiere pe versanți (Bechet și Neagu, 1975, p. 177)

Speciile de arbori, care intră în componența perdelelor forestiere, sunt de trei tipuri: specii de bază sau principale (alcătuiesc miezul perdelelor și sunt reprezentate de stejar, salcâm, ulm, frasin, nuc, plop etc.), specii de împingere sau de stimulare (cresc la umbra celor precedente alcătuind un subetaj; în categoria lor se includ paltinul, frasinul de Pensilvania, jugastrul, arțarul mojdreanul, vișinul turcesc, mărul pădureț, sălcioara etc.) și arbuștii (au rolul de a umbri solul și de a-l ține în stare afânată; recomandate sunt speciile ghimpoase care feresc arboretele de pășunat: alunul, cornul, lemnul căinesc, amorfă, caprifoiul, cătina albă etc.) (Bădescu, 1972).

Împăduririle masive se recomandă, în scopul prevenirii scurgerii apei, îndeosebi pe terenuri cu valori ale înclinării de peste 15°.

Vegetația forestieră contribuie sub forme variate și prin toate elementele ei (coronament, tulpini, litieră, rădăcini etc.), la prevenirea scurgerii concentrate a apei pe suprafețele înclinate. În urma studiilor realizate s-a observat că viteza medie a scurgerii apei provenite din ploi, pe un versant împădurit, este de 0,3 – 0,5 m/ minut,

în timp ce pe un teren cu aceeași înclinare, dar lipsit de vegetație forestieră, viteza de scurgere variază între 3 și 60 m/minut (Bădescu, 1972).

Prin rădăcinile ei fine, cu diametre de 1 – 20 mm, vegetația interacționează cu solul pentru a forma un material compozit, în cadrul căruia fibrele rădăcinilor, cu o rezistență la tracțiune relativ ridicată, întăresc o matrice de sol cu rezistență la tracțiune mai mică (Morgan, 2005a). În astfel de condiții rezistența solului crește prin adeziunea particulelor de sol la rădăcini.

Pe terenurile împădurite scurgerea apei este mai redusă, mai echilibrată și mai uniform răspândită, în cursul anului, comparativ cu cele despădurite, deoarece intervine în mod direct capacitatea de retenție a pădurilor, a apei provenită din precipitații. Spre exemplu, debitului solid antrenat de ape pe un teren lipsit de vegetație a fost de 145,6 m³/an/ha în perimetrul Putreda și 121,9 m³/an/ha în perimetru Valea lui Bogdan; în aceleași perimetre, dar pe teren bine împădurit (consistența 0,8 – 1,0), cantitățile de debit solid au fost de aproximativ 100 de ori mai mici, respectiv 0,146 m³/an/ha și 0,306 m³/an/ha (Bădescu, 1972).

În momentul deciderii înființării unei plantații, ea trebuie astfel realizată încât să îndeplinească următoarele condiții: să aibă un sistem radicular bine dezvoltat, să formeze o litieră bogată, să se înmulțească prin lăstari din rădăcini etc. Asemenea cerințe pot fi îndeplinite de următoarele specii: stejar, plop, brad obișnuit, salcie, salcâm, ulm, oțetar, frasin, arțar, ulm de Turkestan, păr sălbatic, salcie, porumbar, alun, vișin turcesc, păducel, cătină, liliac, soc, sălcioară, amorfă, lemn cânesc etc.; în funcție de condițiile locale numărul puieților variază între 6.000 și 10.000 la ha (Băloiu, 1980).

Pentru depășirea condițiilor nefavorabile instalării vegetației forestiere, pe terenurile susceptibile la degradare, la înființarea masivelor păduroase, este indicată folosirea speciilor care răspund la următoarele cerințe: să fie rezistente în condiții de sol erodat, realizând o prindere integrală; să aibă un sistem radicular puternic dezvoltat, prin intermediul căruia să cuprindă și să fixeze solul; să drajoneze puternic (printr-o înmulțire rapidă consolidează în scurt timp de la plantare terenul), să formeze multe frunze, prin intermediul cărora să se genereze o litieră groasă, ce reține multă apă (Bechet și Neagu, 1975). În categoria speciilor cu astfel de caracteristici se remarcă: stejarul, plopul, bradul, salcâmul, ulmul, oțetarul, părul sălbatic, porumbarul, alunul, vișinul turcesc, păducelul, cătina, sălcioara, socul, lemnul cânesc etc.; în funcție de condițiile locale și de speciile alese se folosesc între 6.000 și 12.000 puieți la hectar.

Dintre influențele benefice ale pădurii se remarcă așadar și cea de protecție a terenurilor împotriva degradării, prin intermediul proceselor geomorfologice.

Comparativ cu celelalte asociații vegetale (pajiști, culturi perene etc.) pădurea asigură în cel mai înalt grad rolul de protecție a solului, contra spălării lui de către apă (Traci, 1985). Complexul format din pădure – litieră – sol, prin condițiile care le

întreține, determină ca apa din precipitații sau din topirea zăpezilor să fie reținută integral sau într-un procent ridicat, pentru ca ulterior ea este cedată treptat izvoarelor.

De exemplu, coronamentele arborilor pot reține 5 – 12 mm apă (la ploi de lungă durată, până la 20 mm), iar în litieră 5 – 10 mm apă (la ploi de lungă durată, până la 20 mm) (Abagiu, 1972, Abagiu et al., 1973 și Arghiriade et al., 1960, citați de Traci, 1985, ceea ce înseamnă o retenție de 5 – 30% din cantitatea de precipitații căzute (Munteanu et al., 1991). În același timp, solurile de pădure, ușoare și afânate, permit o infiltrare a apei de 3 – 5 mm/min (Susmel, 1968, citat de Traci, 1985). La toate acestea se adaugă apoi consumul mare de apă, al vegetației forestiere, datorită evapotranspirației; în cazul pădurilor de molid, pin, fag și stejar ea depășește 450 mm/an, în timp ce în situația pădurilor de salcie și anin ajunge la 1.200 – 1.500 mm/an (Furon, 1967 și Kirwald, 1971, citați de Traci, 1985).

În aceeași ordine de idei, în condițiile climatului temperat continental, o pădure de fag cu frunze poate intercepta până la 40%, din cantitatea de precipitații (Rădoane și Rădoane, 2007a), iar una de conifere 25-30% (Styczen și Morgan, 2005). De asemenea, cantitatea maximă de apă este reținută de molid și pin (810 g/m², respectiv 831 g/m²), comparativ cu 628 g/m² cât se înregistrează la larice; valori ridicate se înregistrează și la frasin, platan, ulm și sălcioară (687 – 415 g/m²), precum și la unii arbuști 661 – 418 g/m² (sânger, păducel, lemn cânesc, cătină albă etc) sau la arinul verde (340 g/m²) (Cenușă, 2002, citat de Rădoane și Rădoane, 2007a).

Referitor la rolul litierei, privită ca ultimul strat de apărare pentru sol, pe lângă disiparea energiei picăturilor de ploaie, ea reține o anumită cantitate de apă, care se scurge pe suprafața terenului. De exemplu, în cazul unei păduri mature de stejar reținerile pot merge până la 30 – 40% (perimetrul Buhalnița, de pe Valea Bistriței), iar în cazul unei tinere, din aceeași specie sunt de 21% (perimetrul Livada, din Bistrița-Năsăud) (Rădoane și Rădoane, 2007a).

Este astfel cât se poate de limpede că, prin capacitatea de reținerea a precipitațiilor și diminuarea energiei picăturilor de ploaie și a grindinei, pădurea atenuază până la anihilare eroziunea în suprafață (Rădoane și Rădoane, 2007a).

În pădurile existente, un rol important în prevenirea degradării terenurilor, prin scurgerea apei, îl au drumurile forestiere și modul de realizare a acestora. În acest context nu trebuie neglijat transportul buștenilor pe plan înclinat, până la locul de încărcare. Importanța drumurilor forestiere rezidă din faptul că ele reprezintă o sursă importantă de aluviuni, sunt principala suprafață umedă dintr-o pădure, iar prin intermediul ogașelor și ravenelor, care se formează de-o parte și de alta a lor, colectează și concentrează cea mai mare parte a apei care se scurge printr-o pădure (Rădoane și Rădoane, 2007a).

Drumurile forestiere influențează degradarea terenurilor prin: prezența unor suprafețe nude, lipsite de vegetație sau de asfalt, care sunt utilizate intens, o scurtă perioadă de timp; introducerea de discontinuități pe suprafețele înclinate, fapt care

provoacă dezechilibre în dinamica proceselor geomorfologice; adăugarea de noi surse de aluviuni în circuitul hidrologic, prin formarea de rigole și ogașe pe taluzurile și pe marginile drumurilor etc. (Rădoane și Rădoane, 2007a).

Cele menționate demonstrează că plantațiile silvice reprezintă atât un mijloc sigur de prevenire a scurgerii apei, cât și singura formă economică de valorificare a terenurilor deja degradate, prin intermediul ravenelor și torenților. Alături de funcția antierozională și de cea de valorificare a terenurilor susceptibile la degradare, plantațiile silvice au o deosebită importanță socială, stăvilind vânturile dăunătoare și contribuind la purificarea atmosferei (Bechet și Neagu, 1975).

Din cauza efectelor benefice ale pădurii ea este văzută ca un factor conservator și moderator al condițiilor geomorfologice, care prin favorizarea unor procese geomorfologice, concură la degradarea terenurilor.

Se poate conchide că, atât pe termen mai lung, cât și la scara timpului contemporan, pădurea, prin regularizarea scurgerii pe suprafața terenului, diminuează considerabil eroziunea în suprafață, stabilizează versanții și prin aceasta conduce la schimbări radicale în dinamica formelor de eroziune rezultate, cum sunt ravenele și torenții (Rădoane și Rădoane, 2007a). De asemenea, reduce până la anulare efectul vântului asupra solului și al substratului geologic, fapt benefic mai ales acolo unde există nisipuri mobile și soluri nisipoase.

Aceste modalități de utilizare a vegetației forestiere, pentru prevenirea scurgerii apei se recomandă și în cazul prevenirii altor tipuri de procese geomorfologice, precum și în combaterea lor.

Concluzii. Toate aceste lucrări, de prevenire a degradării terenurilor, devin parte integrantă a măsurilor de utilizare optimă a terenurilor în agricultură și silvicultură, cu scopul protecției mediului.

Rolul esențial al lucrărilor de prevenire a degradării terenurilor este acela de a stopa concentrarea și scurgerea apelor de suprafață, iar dacă totuși acestea întrunesc condiții de manifestare surplusul de apă trebuie dirijat controlat, pentru a nu eroda.

Lucrările prezentate trebuie obiectiv proiectate, pornind de la particularitățile fiecărui tip de teren, care la rândul lor sunt strâns legate de cele ale bazinului hidrografic în care se află, de tipul versantului, de sol, de regimul precipitațiilor, precum și de modul în care este utilizat de către componenta antropică.

Dintre toate aceste variabile, relieful de detaliu, de pe suprafața versantului, este cel de care depinde amenajarea. Morfologia versantului introduce o serie de diferențieri locale din cauza variației pe suprafețe restrânse a pantei și a expoziției.

Din acest motiv pe multe terenuri agricole este aproape imposibilă realizarea de canale de coastă și debușee, fără riscul producerii alunecărilor de teren sau a curgerilor noroioase.

Succesul realizării lucrărilor de prevenire a degradării terenurilor depinde și de renunțarea la o mozaicare accentuată a modului de utilizare a terenului; este de

preferat ca suprafețele agricole să fie cât mai uniforme sub aspectul tipului de proprietar și a tipului de cultură care se dorește.

Aplicarea măsurilor preventive este necesară pe toate terenurile afectate de o degradare chiar și incipientă, deoarece aceasta diminuează semnificativ producțiile agricole la toate culturile.

Toate aceste lucrări, pe lângă faptul că au o contribuție semnificativă la combaterea degradării terenurilor, contribuie la menținerea sau chiar creșterea producțiilor de pe terenurile agricole.

3.3. COMBATEREA PROCESELOR DE SCURGERE A APEI PE VERSANȚI

În lipsa măsurilor și acțiunilor de prevenire a degradării terenurilor, atunci când se manifestă procese geomorfologice, pentru înlăturarea efectelor negative, sunt necesare intervenții care au drept scop combaterea lor.

Obligativitatea combaterii proceselor geomorfologice decurge din pericolul pe care ele îl prezintă la adresa desfășurării normale a activităților umane. Importanța acestui demers este suficient argumentat, dacă ne gândim că procesele geomorfologice conduc la diminuarea treptată a potențialului productiv al solului, baza de producere a principalelor bunuri de consum alimentare (Traci, 1985).

În momentul în care se declanșează, procesele geomorfologice se accelerează și se extind, în doar câțiva ani sau anotimpuri, fapt ce determină creșterea dificultăților și a costurilor de combatere. Practic cu cât se acționează mai din timp, de preferat este prevenirea lor, pentru a nu se mai ajunge la combatere, cu atât combaterea este mai ușoară, mai eficientă și mai ieftină (Traci, 1985).

În situația în care măsurile și acțiunile de prevenire a degradării terenurilor, din cauza scurgerii apei, nu au fost suficiente sau nu au fost aplicate deloc se ajunge la geneza unor forme de relief cu caracter restrictiv, cum sunt ogașele, ravenele și torenții. Din cauza efectelor negative pe care le produc, prin scoaterea din uz a unor importante suprafețe de teren, astfel de forme trebuie corespunzător amenajate, pentru combaterea și stoparea proceselor geomorfologice care le-au generat.

În literatura de specialitate, așa cum se poate observa și din bibliografie, cea mai mare atenție este acordată formelor superioare, reprezentate ravene și torenți; datorită caracterului scurgerii apei, ele mai sunt denumite și formațiuni torențiale. Amenajarea acestora, pentru combaterea degradării terenurilor, se bazează pe întocmirea unei scheme, în care sunt prevăzute toate măsurile care trebuie luate și acțiunile întreprinse.

În **elaborarea schemei de amenajare** trebuie făcute o serie de măsurători, ale elementelor formațiunilor torențiale, și trebuie studiată natura curentului de viitură și manifestarea acestuia în albie (Băloi și Ionescu, 1986). De asemenea, sunt necesare

studii referitoare la caracteristicile topografice, pedologice, geotehnice și socio-economice ale terenului, care urmează să fie supus amenajării. În urma prelucrării datelor trebuie să rezulte o serie de elemente de bază necesare proiectării și executării lucrărilor; dintre acestea cele mai importante sunt debitele de viitură (maxime la intrare și maxime pe secțiuni) și panta de proiectare. Aceasta trebuie să fie cât mai apropiată, de panta pe care o va avea talvegul ravenei sau torentului, după colmatarea în amonte a lucrărilor transversale; dacă panta de proiectare calculată este mai mică, decât panta finală a aluviunilor depuse, lucrările vor fi colmatate atât în amonte cât și în aval (Moțoc et al., 1975).

Stabilirea tipurilor de lucrări și ordinea realizării lor, pentru amenajarea formațiunilor torențiale, se face ținând cont de următoarele: poziția ravenei sau torentului față de rețeaua hidrografică; configurația terenului din apropierea formațiunii ce urmează să fie amenajată (morfologia versanților limitrofi), modul actual de utilizare al terenului, stadiul de evoluție al ravenei (lungimea sectoarelor active și proporția acestora din lungimea totală), caracteristicile formațiunii torențiale (panta talvegului, înălțimea și desimea treptelor naturale, adâncimea secțiunilor transversale etc.), condițiile litologice și hidrogeologice ale malurilor, caracteristicile hidraulice ale scurgerii (debitul lichid, viteza apei prin albie și viteza critică de antrenare), granulometria aluviunilor transportate, prezența sau absența unui debit permanent, condițiile climatice de instalare a vegetației; materialele de construcție existente la fața locului sau în apropiere, condiții de acces pentru utilajele folosite la realizarea lucrărilor, importanța socială și economică a obiectivelor (care vor fi protejate prin realizarea lucrărilor specifice) și valoarea investiției (Mircea, 2014).

Amenajarea ravenelor și torenților, în scopul combaterii degradării terenurilor, se va realiza pornind de la elementele de formă ale acestora. În acest sens au fost deosebite patru grupe de lucrări: lucrări de amenajare în bazinul de recepție, lucrările de amenajare a vârfului formațiunii, lucrări de amenajare în lungul rețelei și lucrări de amenajare în perimetru de evacuare a viiturilor (Băloi și Ionescu, 1986; Mureșan et al., 1992; Luca și Oncia, 2000; Pleșa și Câmpeanu, 2001; Lulea et al., 2002; Călinovici, 2008; Mircea, 2014).

Lucrările de amenajare în bazinul de recepție au scopul de a intercepta apele provenite din scurgeri și de a reduce sau a opri pătrunderea lor prin vârful ravenei, precum și de a le dirija în afara suprafeței afectate de eroziunea în adâncime (Lulea et al., 2002). Principalele lucrări, care se fac pe suprafața bazinului de recepție, sunt: lucrări de amenajare a teritoriului, lucrări agrotehnice, efectuarea lucrărilor agricole pe direcția curbelor de nivel, lucrări de combatere a eroziunii (canale de coastă, valurilor de pământ etc.), lucrări silvice etc.; realizarea corectă și la momentul potrivit a acestor lucrări pot diminua foarte mult pătrunderea apei în ravenă, determinând în timp stingerea ei (Lulea et al., 2002; Călinovici, 2008).

Când lucrările menționate reușesc să reducă în totalitate cantitatea de apă care ajunge la vârful formațiunii torențiale, acesta din urmă se consolidează numai prin înierbări și împăduriri, după ce anterior a fost taluzat și amenajat în trepte (Pleșa și Câmpeanu, 2001).

Lucrările de amenajare a vârfului formațiunii torențiale au ca obiectiv oprirea creșterii în lungime a acestuia (fig. 3. 17) și se impun încă din stadiul activ de dezvoltare (Parichi, 2000). Realizarea acestora implică cunoașterea următoarelor date specifice: suprafața bazinului de recepție, profiluri longitudinale și transversale ale rețelei de drenaj, microrelieful, înclinarea terenului, stadiul de dezvoltare a vârfului, debitul de acces la asigurările de 5 și 10% (Băloi și Ionescu, 1986).

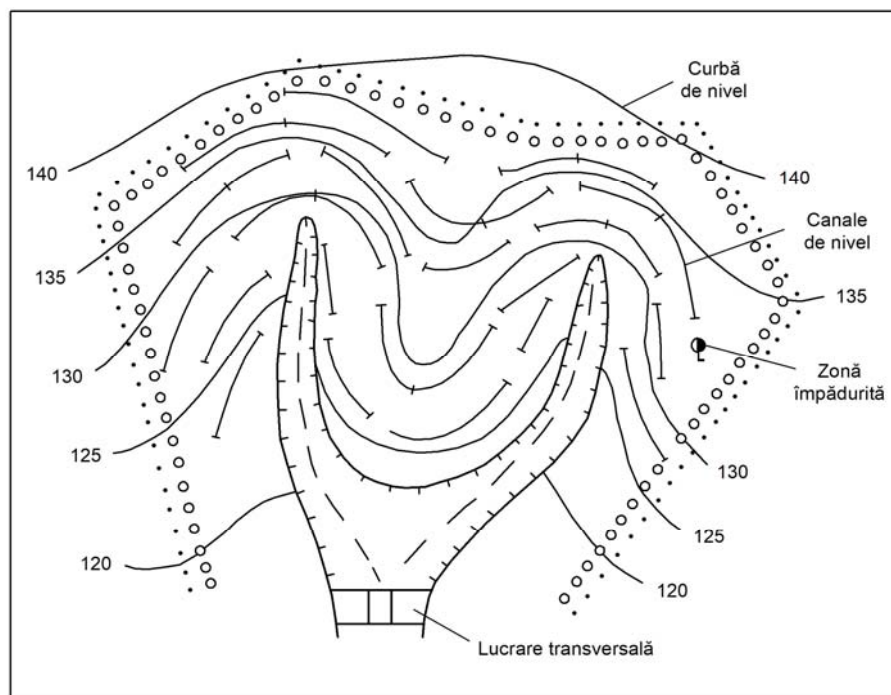


Fig. 3. 17. Amenajarea vârfului unei ravene cu canale de nivel și plantație silvică (Mureșan et al., 1992, p. 461)

Amenajarea vârfului formațiunilor torențiale se poate realiza prin aplicarea uneia dintre următoarele două soluții: reținerea scurgerilor pe suprafața terenului, respectiv interceptarea și evacuarea dirijată a scurgerilor.

Reținerea scurgerilor pe suprafața terenului constă în lucrări care se pot pune în practică pe terenuri uniforme ca suprafață și înclinare, cu debite scurse reduse, substrat permeabil, fără pericol de alunecări de teren; astfel de lucrări constau din canale de nivel (fig. 3. 17), care să rețină toată apa scursă din precipitații maxime, în 24 de ore, cu asigurare de 10% (Băloi și Ionescu, 1986). Alături de canalele de nivel

se recomandă ca întreg terenul amenajat să fie împădurit (plantații silvice de protecție) și însămânțat cu ierburi, care în primii 2 – 3 ani, până cresc puieții care au rol de protecție contre denudației peliculare.

Interceptarea și evacuarea dirijată a scurgerilor se aplică în situația când nu există condiții corespunzătoare canalelor de nivel, datorită prezenței alunecărilor, a unui substrat impermeabil, valori mari ale debitelor de acces etc.

Acest mod de intervenție asupra scurgerii prezintă două variante: interceptarea și evacuarea scurgerilor chiar pe la vârful ramificației, respectiv, interceptarea și evacuarea scurgerilor printr-un loc amenajat pe lângă rețeaua torențială sau direct în emisarul natural al rețelei (Băloi și Ionescu, 1986).

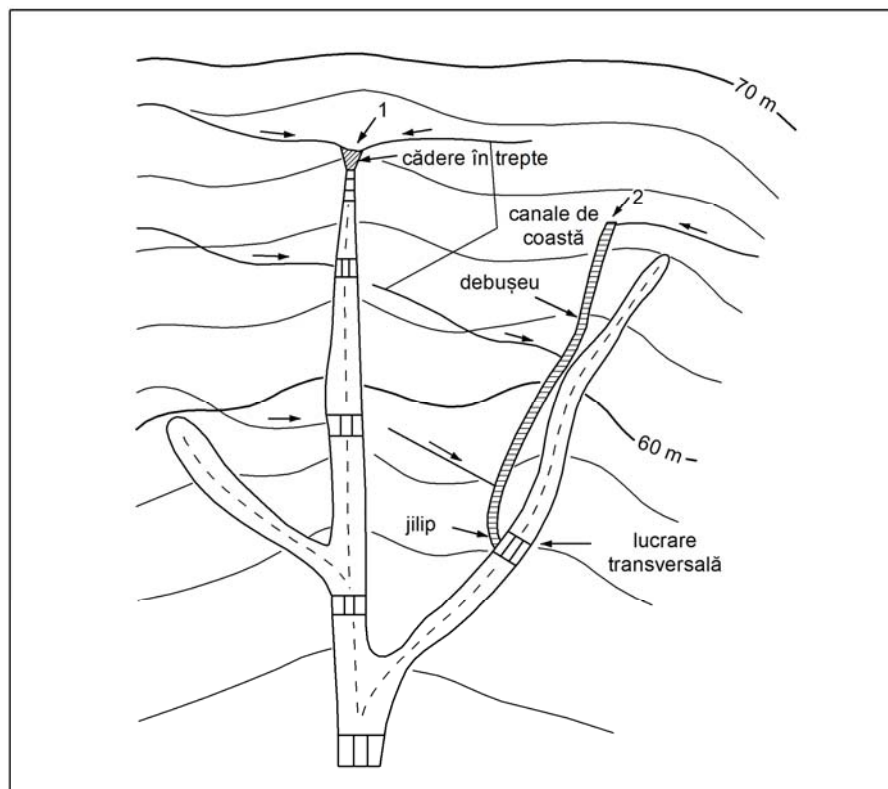


Fig. 3. 18. Schemă de amenajare a zonelor de vârf cu lucrări de colectare- evacuare a scurgerilor (Băloi și Ionescu, 1986, p. 163)

Prima variantă este indicată în cazul în care vârful ravinei prezintă importanță economică, malurile părții superioare sunt ocupate de construcții sau plantații valoroase, când nu există condiții favorabile construirii debușeelor pe malurile rețelei, când debitul de acces depășește 4—5 m³/s, iar varianta este justificată sub aspectul costurilor.

A doua variantă se recomandă când costul lucrărilor de consolidare a vârfului este prea ridicat, malurile rețelei prezintă condiții favorabile pentru edificarea unui debușeu (fig. 3.18), iar locul de confluență cu un emisar natural nu necesită consolidări costisitoare. Alegerea acestei variante implică un cost mai redus al lucrărilor de consolidare a vârfului ravenei, fiindcă se pot face doar consolidări biologice, în timp ce lucrările transversale vor fi necesare pe rețea dor la praguri și la descărcarea debușeului într-un emisar (Băloi și Ionescu, 1986).

Indiferent de varianta aleasă, interceptarea și evacuarea scurgerii se face cu ajutorul debușeelor, care vor fi completate cu o rețea de regularizare a scurgerii apei pe versant, formată din canale înclinate și drenuri, pentru interceptarea tuturor apelor, care au acces la vârful formațiunii, inclusiv a celor de infiltrație (Băloi și Ionescu, 1986).

Pentru stingerea eroziunii, după realizarea lucrărilor, se recomandă înființarea de plantații forestiere și din arbuști, folosind specii care se adaptează cel mai bine condițiilor locale, reprezentate de: roca, sol, temperatură, cantitatea de precipitații, altitudine, pantă, expoziție etc.

Lucrările de amenajare în lungul rețelei torențiale au drept scop consolidarea talvegului și a malurilor, precum și atenuarea debitului solid. La modul general, aceste lucrări sunt din categoria celor mecanice și biologice.

Prin raportare la informațiile obținute, în urma studiilor efectuate în teren (caracteristicile substratului geologic, tipul de sol, parametrii morfometrici ai reliefului, tipul de climat, caracteristicile scurgerii, particularități geotehnice etc.), rețeaua torențială se poate împărți pe mai multe sectoare, diferențiate după notele de specificitate și cerințele de amenajare.

Astfel, pe sectoarele stabile, lipsite de obiective, referitor la pagube posibile, se vor aplica doar măsuri de menținere a stabilității. Pe cele instabile, în funcție de caracteristici și importanță, se aplică lucrări de consolidare a talvegului, de sprijinire a malurilor, de atenuare a debitului solid etc.

La modul general, cele mai recomandate lucrări, în lungul rețelei torențiale, vor fi prezentate în continuare, începând cu *lucrările mecanice* (scopul principal al acestora este stabilizarea malurilor, consolidarea talvegului și atenuarea debitului solid):

- taluzările pentru stabilizarea malurilor abrupte sunt indicate în situația malurilor foarte degradate, de către eroziune și surpări. În cazul înierbărilor suprafața taluzului nou creat trebuie netezită, pe când dacă se realizează plantații silvice trebuie doar asigurate condiții de stabilitate pentru plantarea puieților.

- terasarea taluzului de mal se recomandă când este posibilă lărgirea secțiunii albiei și când obiectivele de pe mal, prin importanța lor, necesită o mai sigură și rapidă stabilizare a lui. Terasarea se efectuează cu ajutorul gărdulețelor întrerupte (sub formă de solzi), dispuse pe suprafața taluzului; ele au lungimi de 3 – 8 m,

înălțimi de 0,3 m și se amplasează la distanțe de 1 – 2 m între rânduri și pe rând (Băloi și Ionescu, 1986). În partea din amonte a gârduțelor se formează o mică platformă de terasă, pe care ulterior se plantează puieți, din specii forestiere de valoare, în conformitate cu condițiile staționale locale.

Stabilizarea malurilor se poate realiza cu îmbrăcămînți din zidărie de piatră, cu dale de beton și cu asfalt, cu ziduri de sprijin, cu ajutorul contrabanchetelor din anrocamente, cu căsoaie, gabioane, precum și cu lucrări de construcție transversale. Acestea din urmă sunt cele mai indicate lucrări pentru atenuarea debitului solid, ele având totodată un rol multiplu și cost mai redus de realizare, comparativ cu celelalte lucrări.

Zidurile de sprijin se utilizează când taluzul de mal este abrupt, talvegul stabilizat, obiectivele de pe mal sunt foarte importante și nu se admit sub nicio formă surpările de mal (Băloi și Ionescu, 1986). Conform autorilor citați, contrabanchetele trebuie folosite când înălțimea taluzului de mal este de 3 – 4 m, lățimea fundului albiei de peste 8 – 10 m, eroziunea laterală puternică, taluzul are pantă naturală, iar obiectivele care trebuie protejate sunt importante.

Pentru consolidarea talvegului se recomandă *lucrările transversale*. Cele mai utilizate din categoria acestora sunt lucrările transversale, sub formă de traverse îngropate, pragurile (cu înălțime până la 2 m) și baraje (peste 2 m). Ele pot fi realizate din lemn, pământ, piatră, beton simplu, beton armat sau din combinații de lemn cu piatră, piatră cu beton, pământ cu piatră sau beton (Băloi și Ionescu, 1986; Takahashi, 2007). Alături de acestea, pentru consolidarea albiilor, se mai utilizează: fascine (simple și lestate din nuiele verzi de salcie, anin negru, alun, stejar etc.), cleionaje (garduri de nuiele împletite), longrine (se realizează din lemn cioplit și se pun la partea superioară a cleionajelor), moaze (consolidează gardurile de împletituri între ele), radiere (sunt localizate în aval de fundația cleionajelor, pentru ca acestea să nu fie subminate), garnisaje (realizate din nuiele, trunchiuri de copaci sau ramuri), etc. (Bădescu, 1972; Călinovici, 2008).

Dintre lucrările menționate, cele care îndeplinesc cel mai bine funcția de atenuare a debitului lichid sunt construcțiile transversale de tipul barajelor; pornind de la condițiile locale acestea pot fi realizate din pământ, lemn, piatră, zidărie (din piatră sau piatră cu mortar), plăci verticale din beton cu contraforți, beton simplu, beton armat etc. (Mureșan et al., 1992).

Eficiența lucrărilor este strâns legată de modul de alegere a locului în care se amplasează, motiv pentru care acesta trebuie să îndeplinească următoarele condiții: fundarea și încastrarea trebuie făcută în condiții geotehnice corespunzătoare; secțiunea de scurgere a ravenei să fie cât mai îngustă, pentru ca lucrarea să fie de lungime mică; secțiunea de scurgere să fie suficient de adâncă, pentru lucrarea să aibă coronamentul sub cota malurilor; taluzurile și malurile să fie stabile; traseul

ravenei sau torentului să fie rectiliniu, pentru ca în timpul viiturilor curentul să nu erodeze malul concav și astfel să distrugă lucrarea etc. (Pleșa și Câmpeanu, 2001).

Pentru ca lucrările transversale să corespundă rolului funcțional de bază, în vederea căruia se construiesc, trebuie stabilită valoarea pantei de proiectare, adică panta cvasistabilizată pe care o va avea talvegul ravenei sau torentului în urma aplicării lucrărilor transversale (Mureșan et al., 1992).

Panta de proiectare este concordantă echilibrului hidrodinamic, care se stabilește între curent și albie, când talvegul primește un profil longitudinal relativ stabilizat, caracterizat printr-un schimb redus de aluviuni între curent și albie.

Valoarea pantei de proiectare este foarte importantă, de ea depinzând eficiența tehnică și economică a amenajării unei ravene sau torent, cu lucrări transversale (Mureșan et al., 1992). Conform autorilor citați, pentru stabilirea pantei de proiectare trebuie determinate cât mai multe variabile ce caracterizează regimul hidrologic al sectorului care trebuie amenajat; dintre acestea cele mai importante sunt următoarele: profilul nivelitic longitudinal, cât mai multe profiluri transversale în punctele de lucru, debitul, viteza limită de antrenare, panta talvegului, coeficientul de rugozitate, condițiile pentru dezvoltarea vegetației forestiere etc.

Panta de proiectare constituie o valoare orientativă, apropiată de panta de așezare a aluviunilor, specifică fiecărui sector de albie. Raportat la textura solurilor, în care se dezvoltă ravenele, și dimensiunile materialelor transportate, se pot lua în considerare următoarele intervale de valori pentru panta de proiectare: soluri ușoare (0,5 – 1%), soluri mijlocii (2 – 3%), soluri grele (1 – 2%) și transport pietre (3 – 5%) (Pleșa et al., 1980).

Lucrările biologice sunt necesare atât pentru consolidarea talvegului și a malurilor, cât și pentru atenuarea debitului solid, când sunt reprezentate de plantații silvice. Cele mai utilizate specii de arbuști și pomi fructiferi sunt: murul, zmeurul, coacăzul, vișinul, nukul, salcâmul, lemnul căinesc și cățina albă, specii care drăjonează puternic și pot fixa bine solul (Călinovici, 2008).

Alături de acestea se realizează și înierbări, mai ales când sectorul de rețea este reprezentat de o văiușă sau vâlcea prevăzută cu o albie largă cu maluri stabilizate. Înierbările, folosind un amestec de specii perene, sunt recomandate în toate situațiile de astupări ale sectoarelor de rețea torentială, deoarece au rol de consolidare și refacere a solului (Băloi și Ionescu, 1986).

O acoperire densă a terenului, cu vegetație previne, eroziunea prin stropire, reduce viteza scurgerii de apă de suprafață, facilitează acumularea de particule de sol, crește rugozitatea suprafeței, ceea ce reduce scurgerea și crește infiltrația (Sarkar, 2021). Rădăcinile formate, împreună cu materia organică furnizată, contribuie la accentuarea procesului de pedogeneză, ceea ce face ca eroziunea să scadă pe astfel de terenuri susceptibile la degradare.

Prin toate aceste lucrări se urmărește stoparea dezvoltării ravenei în lățime, proces care are loc îndeosebi prin subminarea și surparea malurilor (Pleșa și Câmpeanu, 2001).

Lucrările de amenajare în perimetrul de evacuare a viiturilor au o importanță extraordinară, deoarece în majoritatea situațiilor, la baza versanților, există terenuri sau obiective social-economice, care trebuie protejate corespunzător (gospodării, căi de comunicații, terenuri agricole cultivate intensiv etc.), față de acumularea sedimentelor aduse de apă.

Aceste lucrări au rolul de a completa amenajarea rețelei torențiale, prin dirijarea într-un emisar natural, pe traseul cel mai scurt și stabil, a apelor de viitură, cu scopul scoaterii de sub influența inundațiilor și a colmatării obiectivelor existente (Savu și Bucur, 2002). Atenuarea colmatărilor din perimetrul de evacuare, poate fi prevenită prin realizarea, în lungul rețelei, a unor lucrări transversale de tipul microbarajelor, care amplasate corespunzător topografic și geotehnic, sunt în măsură să rezolve această problemă (Băloi și Ionescu, 1986).

Este de dorit ca evacuarea apelor de viitură să se facă printr-o albie naturală existentă în aval de ravenă sau torent. În situația în care albia naturală lipsește sau este slab conturată se recomandă lucrări de amenajare radicală. Acest fapt presupune amenajarea unui canal cu secțiune etajată, al cărei părți inferioare se consolidează mecanic (Băloi și Ionescu, 1986). Dacă sectorul amenajat tranzitează localități se adoptă o secțiune unică, de formă dreptunghiulară sau trapezoidală, pentru ca albia sau canalul amenajat să ocupe o suprafață cât mai redusă.

Terenurile amenajate, din perimetrul de evacuare a viiturilor, pot fi valorificate prin folosințe agrosilvice. Plantațiile silvice se recomandă atunci când aluviunile depuse sunt grosiere, ceea ce nu permite utilizarea agricolă.

Necesitatea combaterii ravenelor este una de maximă actualitate îndeosebi în teritoriile cu regim continental al precipitațiilor și terenuri utilizate în scopuri agricole. Problema este că ravenele și procesele geomorfologice asociate au o tendință de extindere accelerată pe Terra, dar și în România, devenind astfel fenomene cu perspective evidente de globalizare în detrimentul unei utilizări eficiente a terenurilor (Rădoane et al., 1999). Chiar dacă ravenele sunt forme de relief minore, eroziunea prin intermediul lor constituie unul dintre cele mai spectaculoase procese de degradare a terenurilor, iar aluviunile furnizate contribuie la colmatarea lacurilor de acumulare și la perturbarea bilanțului sedimentelor pe anumite sectoare de albie.

Studiu de caz: modelul de amenajare al Ravenei Rupturi

Ravena Rupturi este localizată pe versantul stâng al Culoarului Târnavei, la baza Dealului Perelor (408 m) și are ca nivel de bază lunca Târnavei (fig. 3. 19); sub

aspectul distanței față de cele mai apropiate localități se află la 4,2 km de municipiul Blaj, respectiv 1,5 km față de localitatea Tiur.

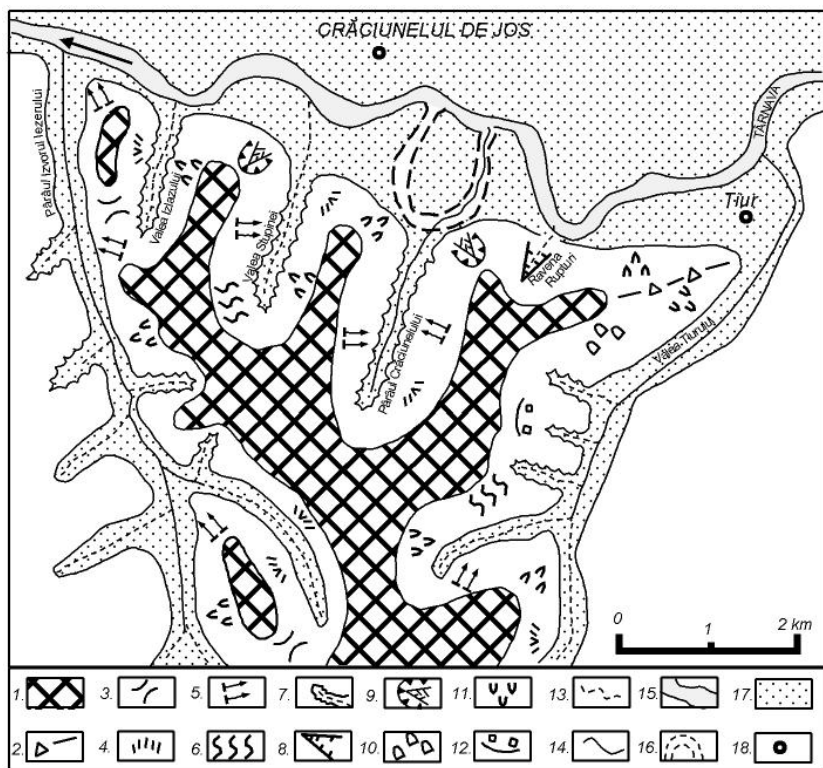


Fig. 3. 19. 13. 1. Harta geomorfologică a versantului stâng al Târnavei (sectorul Tiur Crăciunelul de Jos); 1. nivelul inferior de eroziune al Podișului Secașelor; 2. interfluviu ascuțit; 3. înșeuare; 4. pluviodenudare; 5. șiroire; 6. ogașe incipiente; 7. torenți; 8. ravenă; 9. complex de procese actuale; 10. alunecări vechi; 11. alunecări superficiale; 12. prăbușiri; 13. albi; 14. râuri secundare; 15. albia Târnavei; 16. meandru părăsit; 17. luncă; 18. localități (Roșian, 2011a, p. 232)

Ravena studiată este una relativ recentă, formată începând cu anul 1998, prin unirea unor formațiuni superficiale discontinue de scurgere, favorizate de existența potecilor de vite. Terenul pe care s-a instalat ravena este unul destinat pășunatului, care în ultimii 25 ani s-a înscris în categoria celui nerațional, prin creșterea densității animalelor care-l pasc (Roșian, 2011b).

Depozitele geologice, în care s-a adâncit Ravena Rupturi, sunt specifice Pannonianului și Cuaternarului. Depozitele pannoniene sunt alcătuite din argile și marne cu slabe intercalații de nisipuri, iar cele cuaternare din nisipuri și pietrișuri; acestea din urmă sunt localizate la contactul versantului cu unitatea de luncă și în alcătuirea acesteia (Roșian, 2011b).

Alături de substratul geologic, tipurile de sol oferă și ele indicii asupra susceptibilității versantului stâng al Târnavei la geneza ravenelor; este vorba în acest caz de regosoluri și erodosoluri.

Parametrii morfometrici și morfologici, ai versantului nordic al Dealului Perelor, au următoarele valori: înclinare cuprinsă între $2,1 - 12^\circ$; fragmentarea verticală $45 - 75 \text{ m/km}^2$, în timp ce fragmentarea orizontală 2 km/km^2 ; toate aceste valori indică existența unei morfologii favorabile instalării formațiunilor de modelare cu caracter torențial.

Ravena Rupturi a fost măsurată prima dată în anii 2005 și 2007 (tabelul 3. 1). Comparativ cu aceste dimensiuni, valorile obținute în urma măsurătorilor care au avut loc în martie 2021, dovedesc că ea s-a dezvoltat în continuare, dar cu valori mult diminuate comparativ cu cele anterioare anului 2007; înseamnă că dacă între 2005 și 2007 a avansat, în medie cu 7 m/an, ulterior valoarea s-a redus la 1,57 m/an (Roșian, 2021). Concret, în intervalul 2005 – 2007 a avansat cu 14 m la nivelul vârfului (Roșian, 2007; Roșian, 2011b), iar între 2007 și 2021 cu încă 22 m (Roșian, 2021).

Tabelul 3. 1. Dimensiunile Ravenei Rupturi (Roșian, 2021, p. 113)

Elementul măsurat (m)	Data		
	08. 08. 2005.	08. 10. 2007.	27.03.2021
Lungime	504	518	554
Adâncime medie	2,4	2,7	2,9
Adâncime minimă	0,2	0,3	0,3
Adâncime maximă	4,3	4,6	4,8
Lățime medie	5,78	7,25	9,46
Lățime minimă	1,9	2,1	2,2
Lățime maximă	12,3	21,8	22,4
Diferență nivel obârșie-apex	72,8	75,2	80,1
Distanța vârf-cumpănă	419	405	369
Rata de avansare		14	36

Raportat la cu criteriile de clasificare, Ravena Rupturi are următoarele caracteristici: este continuă, liniară (fig. 3. 20), aparține categoriei ravenelor de versant, are o secțiune transversală sub formă de „V” (fig. 3. 22), este o ravenă perenă (cu maluri) (Roșian, 2011b).

Cauzele care au favorizat geneza ravenei, care prin dimensiunile sale a scos din uz o suprafață de aproximativ 5.240 m^2 , sunt multiple, dar principala o constituie pășunatul nerațional, pe o suprafață de versant cu declivități cuprinse între 2 și 15° (Roșian, 2021).

O dată inițiată evoluția ravenei s-a desfășurat pe un fond climatic caracterizat de următoarele valori ale elementelor sale (la stația meteorologică Blaj): radiația solară globală 117 kcal/cm/an ; temperatura medie anuală $9,2^\circ \text{ C}$ (luna cea mai rece este ianuarie, cu o temperatură medie de $-3,4^\circ \text{ C}$, iar cea mai caldă iulie cu $20,0^\circ \text{ C}$,

rezultând o amplitudine de $23,4^{\circ}\text{C}$); primul îngheț se produce la data medie de 15 X, iar ultimul la 15 IV; durata intervalului fără îngheț oscilează între maximum 226 zile și minimum 153 zile pe an; precipitațiile medii anuale sunt de 540,1 mm; cele mai mari cantități medii lunare de precipitații cad în luna iulie, când se înregistrează maximul pluviometric lunar de 80,2 mm, iar cele mai mici în luna februarie când se înregistrează minimul pluviometric de 21,3 mm; de asemenea tot lunii iulie îi aparțin maximele în 24 de ore: 82,0 mm în 12 VII 1941 (Mărculeț și Mărculeț, 2001).

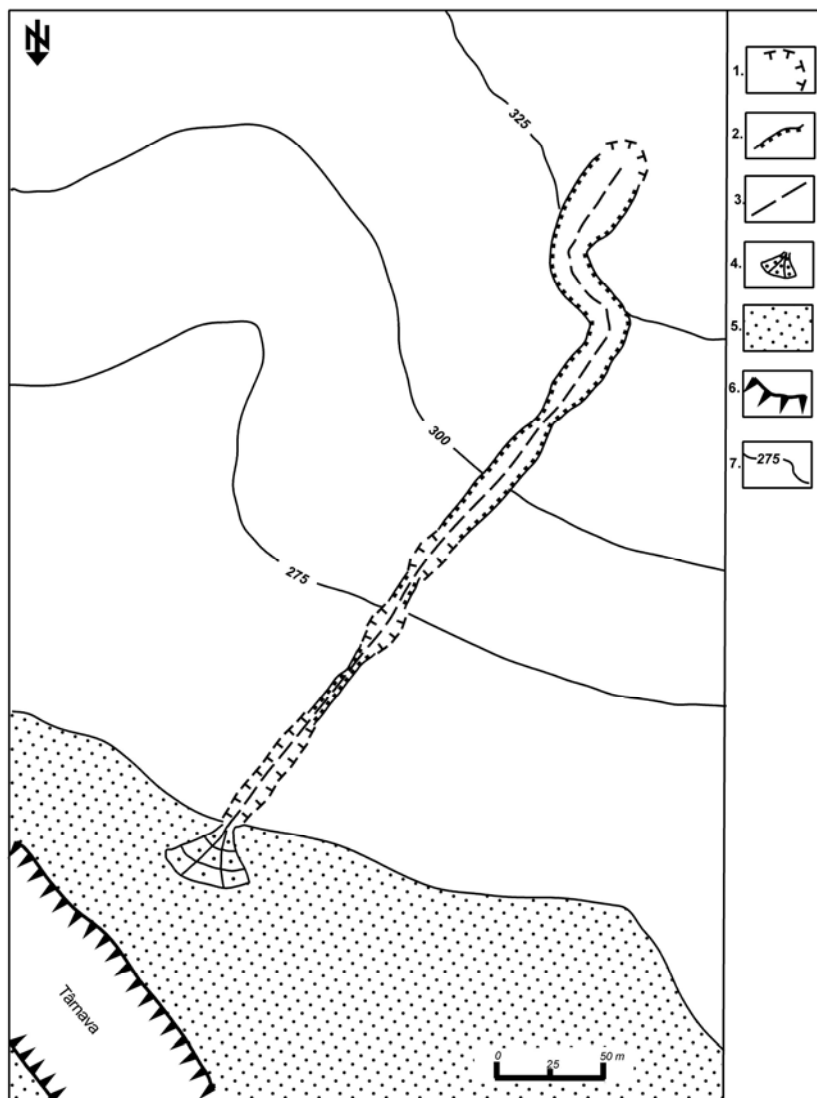


Fig. 3. 20. Elementele Ravenei Rupturi. 1. mal cu adâncimea sub 2,5 m; 2. mal cu adâncimea peste 2,5 m; 3. albia ravenei; 4. conul de împrăștiere; 5. luncă; 6. mal de râu; 7. curbă de nivel (Roșian, 2011b, p. 223)

În astfel de condiții, pășunatul nerațional a creat toate premisele pentru degradarea terenurilor prin intermediul ravenelor, datorită compromiterii orizonturilor de sol, distrugerii învelișului vegetal și eliminării din compoziția pășunilor a plantelor perene (Roșian, 2007). Vegetația, care avea rolul să rețină o parte din precipitații, să favorizeze infiltrația și evapotranspirația, pentru a diminua din energia cinetică a apei în mișcare, devenind una efemeră, nu a mai putut îndeplini aceste funcții (Roșian, 2011b). În astfel de condiții, stratul de apă format pe suprafața terenului, înainte să ajungă în ravenă, erodează și transportă elemente ale solului și substratului geologic, continuând degradarea, aspect soldat cu scăderea capacității de infiltrație și de retenție a apei, în favoarea scurgerilor.

Așa cum se poate observa și în teren este vorba de o ravenă deosebit de dinamică, caracterizată de procese geomorfologice specifice la nivelul vârfului (surpări, eroziune în surplombă etc.), malurilor (surpări, desprinderi columnare, rostogoliri, denudare peliculară etc.), albiei (eroziune, acumulare, meandrare etc.) (fig. 3. 21), precum și pe suprafața conului de împrăștiere (acumulare și inundarea luncii Târnavei) (Roșian, 2021).



Fig. 3. 21. Sectorul mijlociu al Ravenei Rupturi (Roșian, 2020, p. 349)

Pentru realizarea unui model de amenajare a unei ravene este necesară **studiarea proceselor geomorfologice** specifice fiecărui element ale acesteia. Acest

demers este necesar întrucât schema de amenajare se bazează pe lucrări specifice părților componente ale unei ravene (lucrări de amenajare a vârfului ravenei, a malurilor, a albiei și lucrări de amenajare în perimetrul de evacuare a „viiturilor” din ravenă), pentru ca în final, prin integrarea și interconectarea lor întreaga formațiune torențială să fie amenajată.

În cazul Ravenei Rupturi se evidențiază procesele specifice vârfului, malurilor, albiei ravenei, și cele aferente conului de împrăștiere.

Dinamica vârfului ravenei a fost considerabilă, dacă ne raportăm la faptul că între 2005 și 2007 a avansat cu 14 m, iar între 2007 și 2021 cu încă 22 m (Roșian, 2007; Roșian, 2011b; Roșian, 2021). Acest lucru este explicabil, deoarece vârful unei ravene este cel mai dinamic element al acesteia. În cazul de față el se prezintă sub forma unui abrupt (cu o diferență de nivel de 1,20 m și o lățime 11,5 m), cu aspect circular fără existența vreunei ramificații (fig. 3. 19). Apa care intră prin această secțiune în ravenă provine de pe suprafața pășunii degradate, prin pășunat. Procesele sunt în principal reprezentate de surpări, datorită subminării bazei abruptului, prin acțiunea erozivă a apei (Roșian, 2011a).

Procesele de mal și dinamica asociată acestora sunt strâns legate de configurația și morfologia malurilor. În cazul de față malurile sunt foarte abrupte și cu surplombe (fig. 3. 22), ceea ce favorizează, surpări și desprinderi columnare, de sol și rocă. Repetarea acestor procese, alături de scurgerea apei contribuie la lărgirea ravenei. Malurile lipsite de vegetație sunt afectate de pluviodenudație și denudație peliculară, motiv pentru care la zi sunt aduse noi orizonturi de rocă.

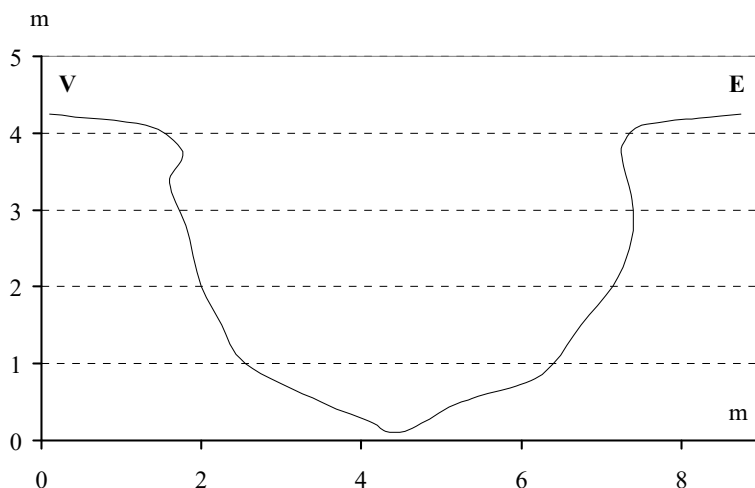


Fig. 3. 22. Profil geomorfologic transversal prin Ravena Rupturi (Roșian, 2011a, p. 234)

Procesele din albia ravenei sunt condiționate de cantitatea de apă și de aluviuni, care se scurge prin ea, precum și de valoarea pantei. În funcție de raportul acestora ravena se adâncește sau din contră, stagnează sau se colmatează. La partea superioară

a ravenei albia este curățată de aluviuni la fiecare viitură semnificativă, în timp ce la partea inferioară, colmatarea ei cu materialele depuse permite formarea unor meandre efemere. Analiza detaliată a albiei relevă existența a două praguri, care sunt dispuse astfel (fig. 3. 23): primul la o distanță de 155 m de apex (unde ravena are o adâncime de 1,5 m), iar al doilea la o distanță de 252 m (cu o adâncime de 1,1 m). Aceste două praguri au o geneză complexă, iar menținerea lor este legată atât de litologie, cât și de particularitățile hidrodinamice ale scurgerii încărcate cu aluviuni (Roșian, 2011b).

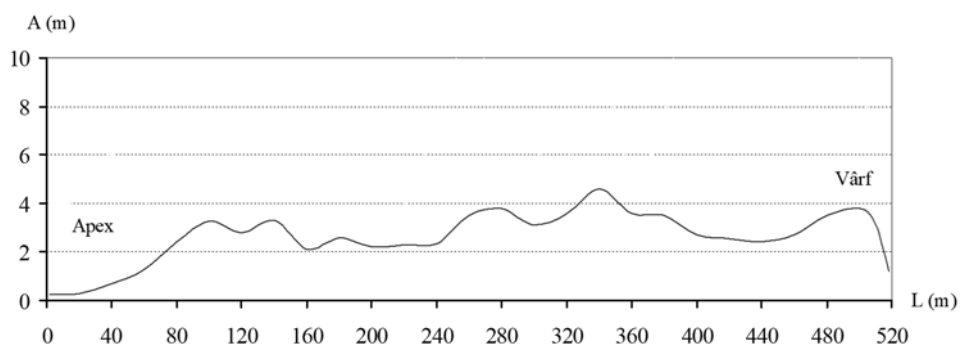


Fig. 3. 23. Variația adâncimii Ravenei Rupturi (Roșian, 2011b, p. 224)

Aceste praguri sunt foarte importante, atât pentru situația actuală, întrucât reprezintă singurele locuri prin care, turmele de oi și cirezile de vite, pot trece de o parte și de alta a ravenei, pe o distanță de 550 m, cât și în viitor, când prin lucrările de amenajare a ravenei, ele vor constitui locuri favorabile pentru microbaraje.

Procesele de pe suprafața conului de împrăștiere sunt din categoria celor de acumulare, iar debitul scurs asigură inundarea unei suprafețe de 500 m² din lunca Târnavei, până la vărsarea ravenei în albia acesteia.

Prin cunoașterea parametrilor Ravenei Rupturi și a proceselor geomorfologice prin intermediul cărora evoluează, permite în continuare elaborarea unui model de amenajare, pentru combaterea degradării terenurilor.

Amenajarea Ravenei Rupturi are la bază o schemă de lucru ce include toate măsurile și acțiunile specifice de combatere a degradării terenurilor.

Pentru ravenele de versant, așa cum este și aceasta, se recomandă ca schema de amenajare să cuprindă întreg bazinul de recepție și să se încadreze în schema generală de amenajare a bazinului hidrografic, dacă este prevăzută așa ceva (Băloi și Ionescu, 1986).

Amenajarea unor ravene trebuie privită ca o acțiune deosebit de importantă, din cauză că printr-o evoluție necontrolată ele contribuie în continuare la degradarea terenurilor.

Schema de amenajare urmărește ca acțiunile cu rol de combatere a proceselor geomorfologice să înceapă de la partea ei superioară (acolo unde are loc inițierea scurgerii) și să se continue apoi spre cea inferioară (unde are loc evacuarea debitelor

lichide și solide). Principalul scop al aplicării schemei de amenajare propuse este evitarea intrării în albia ravenei a apei provenite de pe suprafața de teren existentă la partea ei superioară, pentru ca ulterior să poată fi reglată și scurgerea, care se formează, pe baza precipitațiilor care cad pe suprafața ravenei.

După cum am precizat anterior, în schema de amenajare a ravenei se pot diferenția patru grupe de lucrări, în funcție de locul de amplasare și elementele morfologice vizate: lucrările de amenajare în bazinul de recepție, lucrări de amenajare la vârful ravenei; lucrări de amenajare în lungul ravenei și lucrări de amenajare în perimetrul de evacuare a viiturilor.

Lucrările de amenajare în bazinul de recepție au rolul, și în cazul Ravenei Rupturi, de a diminua cantitatea de apă care ajunge în formațiunea torențială pe la vârful acesteia. Fiind vorba de un teren utilizat ca pășune, înaintea oricăror alte intervenții trebuie interzis pășunatul. Abia ulterior, dacă vegetația de pajiște nu reușește să rețină suficient din apa provenită din precipitații, trebuie amenajate canale de coastă orizontale și realizarea de plantații din arbuști și arbori.

Lucrările de amenajare a vârfului ravenei sunt cele care împiedică accesul apei, care se scurge pe suprafața terenului, în cadrul acesteia. Ele constau din acțiuni și măsuri de consolidare efectivă a vârfului ravenei.

În categoria lucrărilor principale, care împiedică parțial sau total accesul apelor, se includ canalele de coastă, sub formă de canale de nivel (șanțuri de colectare, canale înclinate, debușee etc.), la care se adaugă întreg arsenalul de lucrări antierozionale, aplicate pe toată suprafața, de pe care se concentrează scurgerile spre ravenă (Moțoc et al., 1975).

Pe terenul situat la partea superioară a Ravenei Rupturi trebuie să se creeze condiții optime pentru favorizarea creșterii vegetației ierboase, care este afectată de pășunat nerațional (Roșian, 2007a). Realizarea șanțurilor colectoare este recomandată în acest caz, deoarece terenul are o suprafață uniformă, în amonte de vârf (Roșian, 2011b).

Considerând cele două soluții principale de amenajare a vârfului unei ravene: reținerea scurgerii pe suprafața terenului, respectiv interceptarea și evacuarea dirijată (Băloi și Ionescu, 1986), în cazul de față s-a optat pentru a doua variantă. Alegerea ei presupune realizarea unui debușeu pe partea cea mai favorabilă unei astfel de amenajări (cea dreaptă în cazul de față). Pornind de la caracteristicile terenului este indicat ca secțiunea transversală a debușeului să fie parabolică (este mai ușor de traversat decât unul cu secțiune trapezoidală), iar consolidarea lui să se realizeze cu piatră și mortar sau dale de beton (Roșian, 2021).

Canalele și debușeul propus (fig. 3. 24) au rolul de a conduce apele paralel cu ravena în colectorul acesteia, reprezentat de râul Târnavă, care este situat la mai puțin de 100 m de partea inferioară a ravenei. Ulterior stopării accesului apei, pe suprafața ravenei, se recomandă consolidarea vârfului acesteia prin intermediul vegetației ierboase și a arbuștilor. Dintre speciile recomandate se remarcă următoarele: *Cynodon dactylon* (pir gros) și *Agropirom cristatum* (pir crestat), când terenul este

uscat, și *Poa pratensis* (firuță) și *Buclhoe dactyloides* (iarba bivolului), când terenul are umiditate suficientă (Moțoc, 1963).

În același timp o atenție deosebită trebuie acordată utilizării terenurilor de la partea superioară a vârfului ravenei. Deoarece ele nu mai pot fi folosite pentru pășunat, se recomandă împădurirea lor.

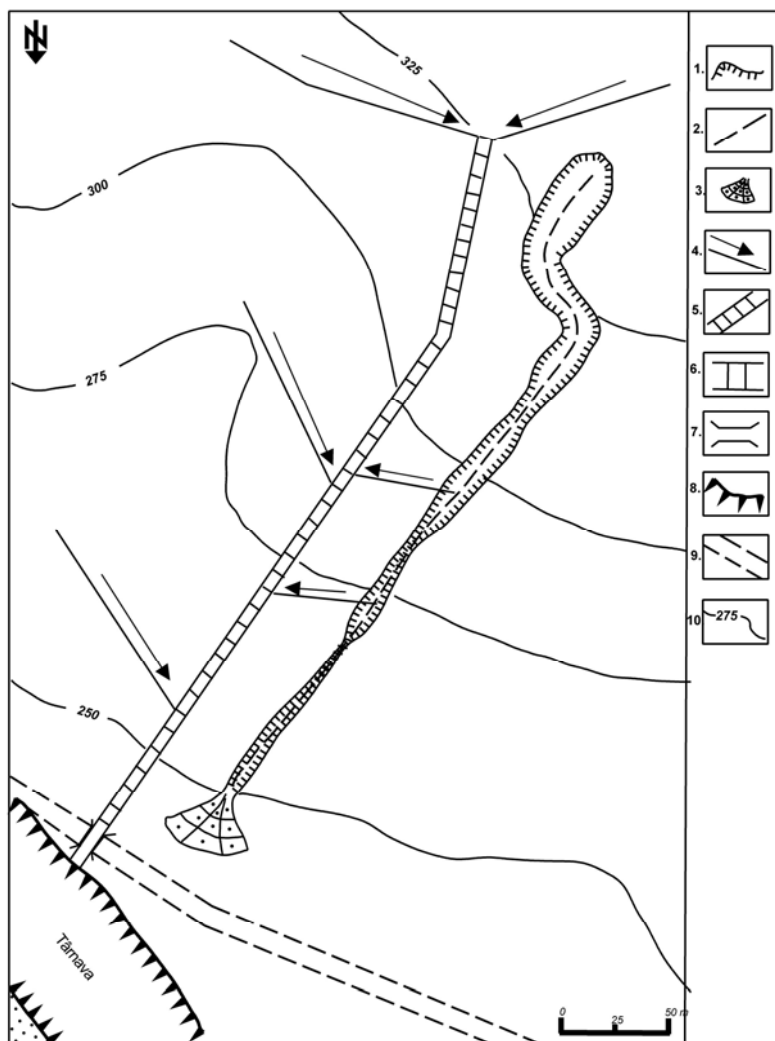


Fig. 3. 24. Schema de amenajare a ravenei Rupturi; 1. mal ravenă; 2. albia ravenei; 3. conul de împrăștiere; 4. canal de colectare; 5. debușeu; 6. lucrare transversală; 7. pod; 8. malurile Târnavei; 9. drum neamenajat; 10. curbă de nivel (Roșian, 2011a, p. 233)

Lucrările de amenajare în lungul Ravenei Rupturi au drept scop consolidarea talvegului, a malurilor și atenuarea debitului lichid și solid, care

pătrunde în ravenă, în aval de amenajările de la vârful ravenei; lucrările specifice se efectuează din amonte în aval, în continuarea celor de la vârf, și se întind pe o lungime de 450 m (Roșian, 2011b).

În cazul de față, din categoria lucrărilor transversale, există posibilitatea realizării a două microbaraje de pământ, consolidate pe paramentul amonte cu dale de beton (Roșian, 2011b); ele vor fi localizate în perimetrul celor două praguri existente în albia ravenei (la distanța de 155 m, respectiv 252 m de partea inferioară a acesteia).

În ceea ce privește dimensionarea barajelor de pământ, astfel de lucrări transversale, sunt alcătuite dintr-un masiv de pământ, care constituie corpul, fundația și încastrările lucrării, precum și dintr-o instalație de deversare sau descărcare, care trebuie executată din materiale de construcție rezistente. Instalația de deversare a barajelor prevede evacuarea apei sub forma unei căderi simple.

Succesiunea operațiilor de realizare a unui baraj de pământ este următoarea: săpături pe fundul albiei pentru pregătirea amprizei; executarea terasamentelor din masivul de pământ (pământul se așază uniform, continuu în straturi pe toată lungimea barajului; structurile vor fi orizontale, de 20 - 25 cm grosime și se compactează cu maiul); ulterior compactării coronamentului și taluzurilor se fac săpăturile în corpul barajului și pe talveg, pentru instalația de deversare; se execută în primul rând bazinul de liniștire, deversorul și radierul de ieșire; pe fundul și pereții săpăturilor se așază un strat de 10 - 15 cm grosime din balast, peste care se pun plăci de beton de 15 cm grosime, legate cu mortar, realizându-se astfel consolidarea mecanică în întregime a radierului, jilipului și deversorului (Moțoc et al., 1975).

Ulterior, paramentul din aval al microbarajelor, precum și celelalte elemente ale amenajării din lungul ravenei trebuie inițial înierbate, iar apoi, după câțiva ani, folosiți arbuști și chiar arbori pentru stabilizarea lor. Înainte de semănat terenul se îngrășă puternic cu gunoi de grajd bine fermentat, în amestec cu îngrășămintă chimice (Moțoc, 1963). Fără o îngrășare a solului, nu se poate asigura instalarea unei vegetații viguroase, care să protejeze contra eroziunii.

În continuare, din dreptul fiecărui baraj pornește spre debușeu câte un canal de colectare, care are rolul de a devia apele care se acumulează în spatele acestora (Roșian, 2011a).

Lucrările de amenajare în perimetrul de evacuare al viiturilor contribuie la dirijarea apelor, care se mai scurg totuși prin albia ravenei, datorită precipitațiilor care cad pe suprafața ei (Roșian, 2021). Apa trebuie drenată pe traseul cel mai scurt și mai stabil spre colectorul său natural, care este râul Târnavă. Lucrările au rolul de a scoate de sub influența inundațiilor și a colmatărilor, suprafețele de teren din lunca Târnavei (existente în proximitatea conului de împrăștiere) și drumul agricol, care trece pe lângă malul Târnavei. În condițiile în care se dorește modernizarea acestui drum, pentru a lega localitatea Tiur de satul Crăciunelul de Jos (DC 34), problema viiturilor care se formează în cadrul Ravenei Rupturi trebuie soluționată.

Debușeul recomandat anterior se prelungește pe lângă con (fig. 3. 24), preluând apele de la baza acestuia, precum și apa care se colectează de pe ravena propriu-zisă, pe care le deversează în râul Târnavă (Roșian, 2021); la nivel cu drumul menționat, peste debușeu este propus un podeț.

Funcționarea lucrărilor, la parametrii proiectați, depinde pe de o parte de calitatea execuției, iar pe de alta de modul în care sunt întreținute și exploatate.

Deteriorările care apar, îndeosebi în timpul ploilor torențiale, trebuie remediate concomitent cu producerea lor, în caz contrar orice amânare accentuează degradarea, cu repercusiuni asupra funcțiilor îndeplinite de lucrările realizate (Mihaiu et al., 1985).

Întreținerea lucrărilor de amenajare se referă în principal la: refacerea taluzurilor deteriorate la toate categoriile de lucrări, prin completarea pământului dislocat, tasarea și înierbarea suprafețelor respective; consolidarea biefului din aval al lucrărilor transversale; completarea cu pământ a decastrărilor ce pot apărea la lucrările transversale, de pe ravenă sau debușee; decolmatarea canalelor de evacuare și a canalelor de coastă, a celor marginale, a drenurilor, a podețelor etc.; refacerea drenurilor care, pot fi întrerupte, îndeosebi pe suprafețele afectate de alunecări; refacerea betoanelor deteriorate (praguri, baraje, ziduri de sprijin, căderi, trepte din beton etc.) (Mihaiu et al., 1985).

Odată cu trecerea timpului și stabilizarea Ravenei Rupturi, dacă se aplică o astfel de schemă de amenajare, pe lângă lucrările de întreținere se recomandă plantarea de arbuști, în spatele barajelor care au fost treptat colmatate.

Obligatorietatea punerii în practică a unor astfel de modele de amenajare, bazate pe scheme științific elaborate, devine una de actualitate în condițiile modificărilor climatice contemporane, când agresivitatea precipitațiilor, căzute sub formă de ploaie, la adresa terenurilor este în creștere. Dovadă în acest sens stau ploile torențiale, caracterizate de valori în urcare, a cantităților de precipitații, înregistrate în 24 de ore (Arghiuș et al., 2011; Roșca et al., 2016). În același timp, pe versantul stâng al Târnavăi, lângă Ravena Rupturi, în lipsa unor măsuri de prevenire și combatere s-au inițiat deja și alte forme de relief specifice modelării torențiale de tipul rigolelor și ogașelor (Roșian, 2021) (fig. 3. 25). Astfel de forme, chiar dacă sunt într-un stadiu incipient în momentul de față (2025), au toate șansele să ajungă și ele, în absența intervenției antropice, la stadii superioare de tipul ravenelor și chiar a torenților.

Se poate concluziona, că în situația Ravenei Rupturi, pornind de la studiul proceselor geomorfologice și a condițiilor din teren, precum și de la rezultatele existente în literatura de specialitate, a fost posibilă propunerea unui model de amenajare. Demersul s-a bazat în principal pe lucrări de amenajare specifice fiecărui element al ravenei: lucrări de amenajare ale vârfului, lucrări de amenajare în lungul rețelei și lucrări de amenajare în perimetrul de evacuare a viiturilor. Doar o astfel de

coordonare și relaționare sub aspect sistemic și organizatoric, pe baza relațiilor de tip feed-back, între părțile amenajate, poate conduce la rezultate concrete pe termen mediu și lung (Roșian, 2011b).

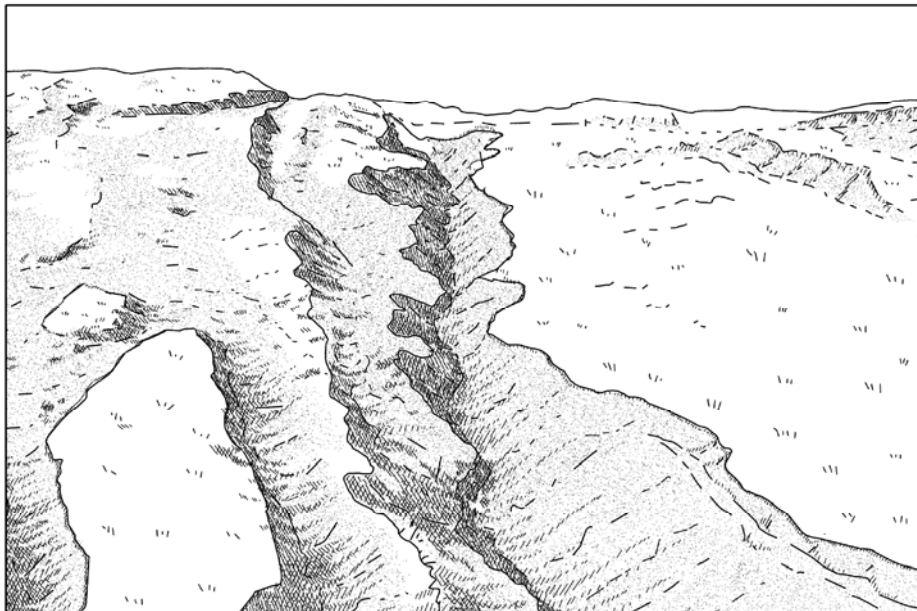


Fig. 3. 25. Ogaș format lângă Ravena Rupturi (Roșian, 2021, p. 110)

Cu toate că preîntâmpinarea genezei ravenei nu a fost posibilă, în condițiile în care s-au manifestat majoritar elemente probabilistice, cunoașterea fazelor evolutive ale acestora, nu trebuie ignorate, deoarece oferă informații de natură deterministă despre evoluția ulterioară a ravenei, care pot veni în sprijinul acțiunilor de diminuare a degradării terenurilor.

Lucrări hidrotehnice folosite pentru amenajarea torenților. În cazul formațiunilor torențiale de mari dimensiuni, așa cum sunt torenții, schemele de amenajare cuprind o serie de lucrări complexe. În categoria acestora se includ următoarele: canale, căderi în trepte, instalații de curent rapid, lucrări de construcție transversale în albie (sub formă de traverse îngropate, praguri, baraje, epiuri etc.), precum și lucrări de construcții longitudinale în albie (sub formă de îmbrăcămînți de mal din zidărie de piatră, dale de beton, ziduri de sprijin, contrabanchete, căsoaie de piatră, gabioane, diguri longitudinale de dirijare etc.) (Băloi și Ionescu, 1986).

Dintre lucrările menționate, cea mai mare parte a lor se folosesc și în cazul amenajării albiilor de râu. Excepție fac însă traversele îngropate, pragurile și

barajele, care sunt specifice doar amenajărilor de pe rețeaua torențială; din acest motiv doar ele vor fi prezentate în continuare. Cel mai folosit criteriu de a departaja aceste lucrări este cel dimensional. Astfel, după înălțime, considerată de la talveg și până la creasta deversorului, traversele îngropate au înălțimea zero, pragurile merg până la 2 m înălțime, iar barajele sunt de peste 2 m înălțime.

Terasele îngropate se utilizează când rolul lucrărilor este doar de consolidare a talvegului. Sub aspect financiar sunt cele mai puțin costisitoare deoarece reprezintă doar partea de fundație a lucrărilor transversale obișnuite. Referitor la dimensiune pot avea adâncimi de 0,8 – 1,5 m, grosimi la coronament de 0,5 m, iar la bază de 0,6 – 1 m (Băloi și Ionescu, 1986). De obicei se realizează din piatra brută cu mortar de ciment sau din beton (Sarkar, 2021), și se amplasează în aval de lucrări transversale înalte și importante pentru a le proteja de subminări; distanța dintre ele variază în funcție de cea a pantei de execuție.

Pragurile sunt realizate de obicei din material lemnos (când sunt de forma unor garduri de nuiiele se numesc cleionaje), piatră sau beton, iar uneori, mai rar din combinații ale acestor materiale: lemn cu piatră (căsoaie – cutii cu pereții din grinzi, bușteni sau bârne), piatră cu beton și gabioane (cutii de plasă de sârmă umplute cu piatră).

Scopul principal al pragurilor este acela de a reduce eroziunea, care are loc la nivelul patului aluvial al torenților; o dată cu diminuarea eroziunii se asistă apoi și la stabilizarea malurilor, pe fondul scăderii vitezei curentului de apă și a creșterii cantității de apă care se infiltrează, mai ales în condițiile în care pragurile sunt stabilizate cu vegetație (Morgan și Rickson, 2005).

Barajele se execută din pământ, zidărie de piatră cu mortar de ciment, beton simplu sau beton armat. Alături de aceste tipuri de materiale se folosește și zidăria mixtă, considerată cea mai potrivită, deoarece părțile construcției expuse agenților atmosferici sunt alcătuite din piatră (rezistă destul de bine la îngheț-dezgheț și radiația solară directă), iar fundația interiorului zidăriei și părțile de legătură cu substratul geologic pot fi realizate din beton simplu (Băloi și Ionescu, 1986).

Cele mai potrivite baraje, conform autorilor citați, atunci când sunt alcătuite din piatră cu mortar sau beton sunt: cele de greutate, cele cu fundație evazată, cele cu contraforți, cele din prefabricate, precum și cele cu lucrări filtrante.

Scopul principal al barajelor este acela de a reduce viteza scurgerii apei (Frankl et al., 2020), la care se adaugă cel de a controla evacuarea scurgerilor. De asemenea, astfel de baraje au rolul de a reține sedimentele (Sarkar, 2021), ceea ce determină diminuarea energiei curentului de apă și aluviuni. Prin reținerea temporară a apei în spatele lor, barajele contribuie la reducerea eroziunii, din canalul de scurgere a torentului. În același timp, prin scăderea adâncimii torentului se limitează considerabil extinderea acestuia prin eroziune regresivă, prin eroziunea de infiltrație, precum și prin surparea malurilor (Frankl et al., 2020).

Referitor la amplasarea lucrărilor transversale este recomandat ca în lungul rețelei torențiale să fie delimitate mai multe sectoare. Lungimea sectoarelor este variabilă și se stabilește astfel încât în lungul unui sector debitul de calcul și acțiunea predominantă a curentului în albie, în primul rând, respectiv panta talvegului și adâncimea în secțiune, în al doilea rând, să aibă valori aproximativ constante (Băloi și Ionescu, 1986).

În general cerințele de amplasament, pentru o lucrare transversal, sunt: condițiile geotehnice ale terenului pentru fundație și încastrare să fie corespunzătoare; adâncimea în secțiune să fie cu 1,5 – 2 m mai mare decât înălțimea lucrării; secțiunea albiei să fie mai îngustă, iar în amonte de amplasament albia să fie mai largă, pentru reducerea vitezei apei și mărirea suprafeței care urmează să fie colmatată; traseul albiei să fie în aliniament pe câțiva zeci de metri amonte și aval de amplasament, iar malurile să fie stabilizate natural sau artificial (Băloi și Ionescu, 1986). Conform sursei citate, stabilirea amplasamentului unei lucrări transversale depinde și de situația locurilor de amplasament obligate (imediat în aval de confluențe, căderi naturale, condiții geotehnice limită, existența de podețe, confluența cu debușee etc.) și de rolul funcțional de bază al lucrărilor (consolidarea talvegului, sprijinirea malurilor și atenuarea debitului solid).

Chiar dacă amenajarea ravenelor și torenților presupune lucrări dificile și costisitoare, astfel de intervenții sunt justificate, întrucât accelerează procesul de stabilizare a terenurilor, și astfel ele pot fi utilizate corespunzător în continuare.

Utilizare vegetației forestiere în combaterea scurgerii apei pe versanți. Împădurirea terenurilor aferente schemelor de amenajare a ravenelor și torenților trebuie făcută ținând cont de cele mai eficiente specii, raportat la adaptarea lor la condițiile staționale specifice.

Dintre speciile utilizate, la împădurirea terenurilor degradate, se remarcă: coniferele (pinul negru, pinul silvestru, pinul ponderosa, pinul jeffrey, pinul de munte), foioasele de talie mare (salcâmul, aninul, plopul, sălcia, frasinul etc.), foioasele de talie mică (mojdreanul, sălcioara, vișinul turcesc etc.) și arbuștii (jneapănul, cătina albă, scumpia, liliacul, lemnul cănesc, sângerul etc.) (Traci, 1985). Alegerea acestora se va face în funcție de condițiile locale (altitudine, sol, rocă, relief, parametri climatici, utilizarea anterioară a terenurilor etc.), de gradul degradării terenului, de către procesele geomorfologice.

Vegetația forestieră, prin caracteristicile speciilor menționate, joacă un rol important în protejarea solului împotriva eroziunii provocate de precipitații. Prezența vegetației crește gradul de infiltrare al apei în sol, menține rugozitatea suprafeței terenului, reduce viteza scurgerii apei pe suprafață, leagă solul mecanic, diminuează fluctuațiile microclimatice din straturile superioare ale solului și îmbunătățește proprietățile fizice, chimice și biologice ale solului (Zachar, 1982; Jafari et al., 2022).

Cu toate că sunt benefice și culturile pure, cele mai indicate și mai eficiente sunt amestecurile în buchete sau în benzi. De exemplu, se recomandă amestecurile

de pin (buchete de 50 – 100 m²) cu foioase (buchete de 25 – 50 m²); dacă se folosesc benzi, cele de pin au lățimi de 8 – 10 m, iar cele de foioase 4 – 6 m (Traci, 1985). În funcție de condițiile locale, după 8 – 10 ani, de la înființarea plantației, fie speciile de pin elimină foioasele (în zonele montane), fie se întâmplă invers (în silvostepă și în teritorii mai secetoase).

Un alt exemplu de plantație, folosită în combaterea degradării terenurilor, în condițiile climatului temperat din România, este cea rezultată din folosirea următoarelor specii: pinul negru și pinul ponderosa (specii principale), frasinul, mojdreanul și cireșul (specii de amestec), lemnul cânesc, cătina albă și cornul (arbuști).

Formula de împădurire, pentru combaterea scurgerii apei pe suprafețe înclinate, prevede următoarele proporții: specii principale 40%, specii de amestec 30% și arbuștii 30% (Traci, 1985).

În funcție de condițiile locale se pot alege specii diferite de arbori; de exemplu, pe versanți însoriți cu deficit de umiditate formula este pin negru 40%, mojdrean 30% și corn 30%, iar dacă versantul este semiumbrat și cu umiditate a solului mai favorabilă se recomandă pin ponderosa 40%, cireș 30% și lemn cânesc 30% (Traci, 1985).

Toate aceste specii, prin elementele de la partea superioară a vegetației, cum sunt frunzele și tulpinile, absorb cea mai mare parte a energiei picăturilor de apă, reducând impactul direct asupra solului, în timp ce componentele subterane, reprezentate de sistemul radicular, contribuie la rezistența mecanică a solului (Styczen și Morgan, 2005). Conform autorilor citați, rădăcinile și rizomii vegetației interacționează cu solul pentru a forma un material compozit; în cadrul acestuia rădăcinile au rolul unor fibre, cu o rezistență relativ mare la tracțiune și aderență, încorporate într-o matrice cu o rezistență mai mică la tracțiune; în aceste condiții, rezistența la forfecare a solului este și ea îmbunătățită datorită matricei de rădăcini; dintre acestea, cele cu diametrul cuprins între 1–20 mm, contribuie cel mai mult la consolidarea solului (O’Loughlin, 1984).

Amplitudinea de folosire a speciilor nu trebuie să o depășească pe cea a arealului lor natural de răspândire; recomandările în acest sens sunt următoarele (Traci, 1985):

- pinul silvestru din silvostepă (doar pe versanți intermediari și umbriți), până în partea mijlocie a subzonei molidului inclusiv;
- pinul negru din stepă până în partea inferioară a subzonei molidului inclusiv;
- speciile de foioase de amestec și arbuștii până în partea inferioară a subzonei molidului inclusiv (excepție paltinul de munte, care se poate utiliza și în partea mijlocie a subzonei molidului);
- aninul alb din subzona gorunului până în partea inferioară a subzonei molidului, inclusiv;
- plopul euramerican și sălciiile din stepă până în partea inferioară a subzonei fagului;

- cătina albă din silvostepă până în partea mijlocie a subzonei molidului.

De asemenea, pentru România, dezvoltarea diferitelor specii forestiere a fost influențată de condițiile staționale generale fizico-geografice și fitoclimatice, aferente diferitelor subzone de vegetație. Pornind de la câmpie spre zona montană speciile recomandate pentru subzonele de vegetație sunt: în stepă (salcâm), în silvostepă (salcâm, cătina albă și sălcioara), în subzonele de cvercinete și șleauri (salcâm, cătina albă și aninul negru), în subzona gorunului (salcâm, sălcioară și cătina albă), în subzona fagului (aninul alb, cătina albă, aninul negru și salcâmul), în subzona molidului (aninul alb, cătina albă și aninul verde) și în etajul subalpin (aninul verde).

Indiferent de speciile utilizate, materialul organic, furnizat sub formă de frunze și crengi, joacă un rol esențial în agregarea particulelor de sol (Styczen și Morgan, 2005). Prin creșterea stabilității agregatelor din sol se sporește permeabilitatea și infiltrația, ceea ce contribuie la reducerea scurgerii de suprafață și la creșterea cantității de apă disponibilă pentru creșterea plantelor.

Referitor la desimea culturilor se recomandă următoarele valori: la pin în amestec cu foioase (4.000 – 7.000 puieți la hectar), salcâm (4.000 – 6.000 puieți la hectar), cătina albă (9.000 – 10.000 puieți la hectar), plop (2.500 – 3.000 puieți la hectar) etc. (Traci, 1985).

Pentru succesul înființării plantațiilor, pe terenurile degradate, sunt necesare lucrări speciale de pregătire a terenului. În categoria lor se includ lucrările de consolidare a terenului, care au rolul de a crea cele mai bune condiții pentru prinderea puieților, pe termen lung. Cele mai folosite lucrări în acest sens sunt: gârdulețe liniare (alcătuite din pari bătuți în pământ și împletituri de crengi în jurul lor, puse la distanțe de 3 - 4 m), gârdulețe rombice, terase armate (cu tulpini, crengi și drajoni de cătina albă), banchete de zidărie uscată, lucrări hidrotehnice (cleionaje, praguri, baraje) etc. (Munteanu et al., 1991).

Dintre procedeele de plantare existente pe astfel de terenuri se recomandă: plantarea în despicătură (constă în deschiderea unei fante cu cazmaua, cu adâncimea de 20 – 25 cm, în care sunt introduse rădăcinile puieților), plantarea în gropi cu pâlnii, plantarea în gropi, plantarea în gropi adâncite cu plantatorul metalic, plantarea în cordon, plantarea cu pământ fertil de împrumut, plantarea puieților cu pământ la rădăcină (crescuți în recipiente de tip ghiveci).

Pe terenurile degradate de scurgerea apei, după ce anterior au fost defrișate și utilizate în scopuri agricole, restabilirea vegetației îndepărtate și folosirea rațională a acestora, devin cerințe obligatorii pentru o bună utilizare a lor. Practic, cu cât degradarea terenurilor este mai avansată cu atât mai costisitoare este introducerea lor în circuitul utilizării terenurilor prin împădurire. Este astfel necesar să se intervină încă din fazele incipiente ale degradării terenurilor, de dorit este prevenirea, așa cum am mai notat, pentru ca vegetația forestieră să se instaleze cât mai ușor, fără lucrări și intervenții foarte costisitoare.

Pentru terenurile degradate, de către ravene și torenți, plantațiile silvice reprezintă nu doar un mijloc de atenuare a proceselor geomorfologice specifice, ci și singura formă de folosință economică (Băloiu, 1980).

Concluzii. Cele prezentate anterior au rol de a argumenta importanța amenajării ravenelor și torenților, în scopul combaterii lor. Inițierea și dezvoltarea lor provoacă pagube însemnate agriculturii și altor sectoare economice legate în mod direct de către aceasta. În regiunile în care există foarte multe ravene, cum este de exemplu Podișul Moldovei, zeci de mii de hectare de teren sunt scoase din circuitul agricol, pe de o parte prin formarea lor, iar pe de altă parte prin reducerea stabilității terenului din jurul lor, prin modificarea umidității solului și necesitatea ocolirii lor pentru exercitarea diverselor activități.

Alături de acestea se pot aminti și alte prejudicii, aduse de lăsarea ravenelor să se dezvolte, cum ar fi: colmatarea terenurilor și parazitarea terenurilor de la partea inferioară a versanților cu aluviuni (inclusiv a drumurilor), creșterea debitului solid din râuri, colmatarea lacurilor de acumulare și reducerea volumului util și a duratei de funcționare la capacitatea proiectată a acestora.

CAPITOLUL 4

PREVENIREA ȘI COMBATERICA ALUNECĂRILOR DE TEREN

4.1. ALUNECĂRILE DE TEREN

Aceste procese fac parte din categoria deplasărilor în masă. Ele afectează îndeosebi materialele pregătite deja de meteorizație sau de către alte procese geomorfologice, cum ar fi de exemplu, subminarea unui versant de către râul care curge la baza lui.

Alături de alunecările de teren în categoria deplasărilor în masă se includ: deplasările prin cădere (rostogoliri, surpări, prăbușiri, căderi libere etc.), sufoziunea, tasarea, deplasările prin curgere (curgerea sfărâmăturilor, porniturile de nisip, curgerile noroioase, curgerile de nisipuri umede, solifluxiunea etc.) și deplasările de teren complexe (creeping, încovoierea capetelor de strate, coraziunea, deraziunea etc.).

Dintre acestea, în continuare, va fi detaliat procesul alunecărilor de teren, cel care conduce la cele mai numeroase pagube și victime. Manifestarea procesului de alunecare de teren are un caracter areal, comparativ cu scurgerea apei pe versanți, prin ogașe ravene și torenți, care are un caracter liniar.

Alunecările de teren sunt deplasări materiale care au loc de-a lungul unei suprafețe de forfecare, care poate fi recunoscută (Dikau et al., 1997). Prin intermediul noțiunii alunecare de teren se desemnează se desemnează atât procesul geomorfologic, cât și forma de relief rezultată.

În cazul alunecărilor de teren, alături de procesul propriu-zis se remarcă și cel de cedare a pământului. Acest ultim proces caracterizează mai degrabă locul de detașare a corpului alunecării și anume râpa de desprindere, precum și discontinuitățile din patul de alunecare. Este astfel lesne de înțeles că procesul alunecării terenului este mult mai complex decât cel imaginat doar prin formarea unei suprafețe nete de desprindere între o masă de pământ în mișcare și masivul rămas stabil (Bally și Stănescu, 1977). În aceeași ordine de idei alunecările de teren sunt considerate fenomene geodinamice de restabilire a echilibrului natural al versanților, manifestate prin deplasarea unei părți din versant (Florea, 1979).

Față de alte tipuri de deplasare în masă, alunecările de teren se disting prin câteva note de specificitate: apa care favorizează alunecarea nu înmoaie întreaga masă alunecată, ci doar partea ei inferioară (patul de alunecare), solul și roca puse în mișcare nu curg, ele deplasându-se prin alunecare, fapt care face ca structura lor să se păstreze nemodificate, mai ales în vecinătatea râpei de desprindere, sunt o

formă rapidă de evacuare a materialelor instabile de pe versanți, prezintă o serie de elemente morfologice etc.

Cauzele alunecărilor de teren fiind numeroase, în continuare se vor prezenta, conform literaturii de specialitate (Florea, 1979; Mac, 1986; Dikau et al., 1997; Buzilă și Muntean, 1997; Surdeanu, 1998; Rădoane et al., 2001; Grecu și Palmentola, 2003; Ielenicz, 2005; Cioacă, 2006; Bridge și Demico, 2008; Samia et al., 2017; Hugget, 2017 etc.), cele mai importante:

- *relieful* existent influențează prin fragmentare, expoziție, altitudine și prin dinamica de ansamblu;

- *panta* are un rol important, potențând mai degrabă alte cauze, care prin conlucrare provoacă depășirea limitei de stabilitate;

- *depozitele geologice*, mai ales când sunt reprezentate de argile sau marne, au rol de pat de alunecare, atât pentru ele, cât și pentru alte tipuri de depozite, aflate la partea superioară. Terenurile care au în componență roci friabile, de tipul argilelor și marnelor, deoarece ele sunt impermeabile, puțin coezive, bogate în coloizi și afectate de fisuri, sunt cele mai susceptibile la alunecări de teren. O susceptibilitate ridicată se remarcă și atunci când astfel de roci sunt dispuse în alternanță cu orizonturi subțiri de nisipuri, gresii slab cimentate și tufuri, care îndeplinesc funcția de pat de alunecare. În același timp, prin proprietățile lor fizico-mecanice rocile influențează unghiul de frecare internă și coeziunea depozitelor;

- *structura terenurilor* favorizează procesul de alunecare atunci când fețele stratelor geologice prezintă aceeași înclinare cu cea a terenului, condiții în care ele îndeplinesc funcția de pat de alunecare;

- *infiltrarea apei* determină umezirea parțială sau totală a masei care alunecă. În momentul declanșării alunecărilor de teren umezirea trebuie să fie foarte mare, la nivelului stratului care va funcționa ca pat de alunecare. Apa poate proveni din precipitații, izvoare de strat sau din pânza freatică. De obicei declanșarea de noi alunecări de teren sau reactivarea celor existente se suprapune cu perioadele în care s-au înregistrat precipitații însemnate cantitativ și de lungă durată. Din acest motiv cele mai multe alunecări de teren se declanșează în timpul primăverii, când apele provenite din ploi se suprapun cu cele rezultate din topirea zăpezilor (Surdeanu, 1998), ceea ce reduce rezistența la forfecare a rocilor;

- *climatul* temperat și cel semiarid avantajează cel mai mult declanșarea alunecărilor de teren, deoarece este caracterizat de alternanța perioadelor secetoase (când se produc crăpături în substrat) cu cele umede (când apa pătrunde în exces de-a lungul crăpăturilor, până la paturile de alunecare). De asemenea, condițiile climatice sunt cele care influențează procesele de îngheț-dezgheț. Ele influențează solul și rocile susceptibile la alunecare prin dilatări și contractări, care repetându-se periodic determină lărgirea fisurilor existente și formarea altora noi, reducându-le astfel coeziunea. În același timp, menținerea substratului înghețat, la o anumită

adâncime, conduce la concentrarea apei în anumite orizonturi, care ulterior pot servi ca pat de alunecare.

- *eroziunea râurilor* face ca malul acestora să submineze baza versanților, ceea ce crește gradul de instabilitate a terenurilor;

- *seismele* contribuie atât la mărirea fisurilor pe care are loc pătrunderea apei în substrat, cât și la scoaterea din echilibru a rocilor pregătite pentru alunecare; acestea din urmă se vor deplasa fie în timpul seismului fie ulterior acestuia;

- *activitățile antropice* reprezintă una dintre cele mai importante cauze ale declanșării alunecărilor de teren. Afirmatia are la bază faptul că defrișările, desțelenirile, prelucrarea agricolă a terenurilor, modificarea declivității reliefului preexistent, supraîncărcarea versanților cu materiale de diverse tipuri și construcții, realizarea lacurilor de acumulare, producerea de vibrații datorită transportului sau a funcționării unor utilaje etc., luate singular sau împreună conduc la creșterea instabilității terenurilor. De exemplu, în urma defrișărilor are loc creșterea cantității de apă care ajunge pe substrat, ceea ce favorizează infiltrarea, până la orizonturile litologice, care pot îndeplini rol de pat de alunecare. În același timp nu trebuie uitat că pădurea are pe de o parte rol de stabilizare a terenurilor, iar pe de alta prin supraîncărcare cu masă lemnoasă, poate contribui la declanșarea alunecărilor de teren.

Cauzele care concură la declanșarea alunecărilor de teren pot fi grupate astfel: potențiale (roca, structura și relieful preexistent), pregătitoare (precipitațiile, defrișările, alterarea rocilor) și declanșatoare (eroziunea râurilor, apa subterană, acțiunea înghețului, seismele) (Posea et al., 1976; Mac, 1986).

Fenomene premergătoare alunecărilor de teren. Cu toate că acestea sunt procese rapide de evacuare a materialelor de pe versanți, în multe cazuri înainte de producerea lor se înregistrează fenomene premergătoare: apariția crăpăturilor, apariția sau dispariția unor izvoare, existența undulărilor, prezența unor denivelări și chiar a zgomotelor subterane (Mac, 1976).

Etapele producerii unei alunecări de teren sunt: desprinderea corpului alunecării de partea versantului care rămâne stabilă; declanșarea alunecării de teren (în urma ei se formează râpa de desprindere), punerea în mișcare a corpului alunecării, stabilizarea alunecării de teren (prin consolidarea corpului în partea mijlocie sau inferioară a versantului). Procesul de stabilizare completă a corpului alunecării de teren în unele cazuri este destul de îndelungat deoarece unele alunecări pot trece prin etape de reactivare.

Elementele alunecării de teren se remarcă printr-o morfologie specifică, a cărei cunoaștere oferă informații despre dinamica procesului; cele mai importante sunt următoarele (fig. 4. 1):

- *frontul de desprindere* este abruptul rămas liber după desprinderea și deplasarea corpului alunecării; el mai este cunoscut și sub denumirea de râpă de

desprindere; în plan configurația lui poate fi semicirculară, rectilinie, unghiulară, în ghirlandă etc. (fig. 4. 2).

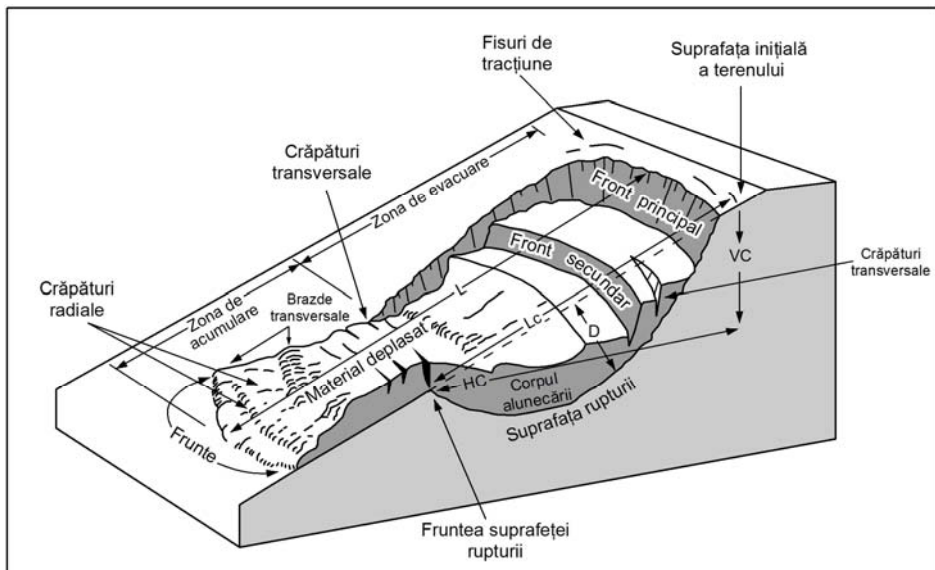


Fig. 4. 1. Elementele unei alunecări de teren; L – lungime; Lc – lungimea de la front la partea inferioară a suprafeței rupturii (HC și VC – componenta orizontală și verticală a acestei lungimi); D – adâncimea de la suprafața terenului până la suprafața alunecării (Cruden și Varnes, 1996, citați de Mann et al., 2012, p. 6)

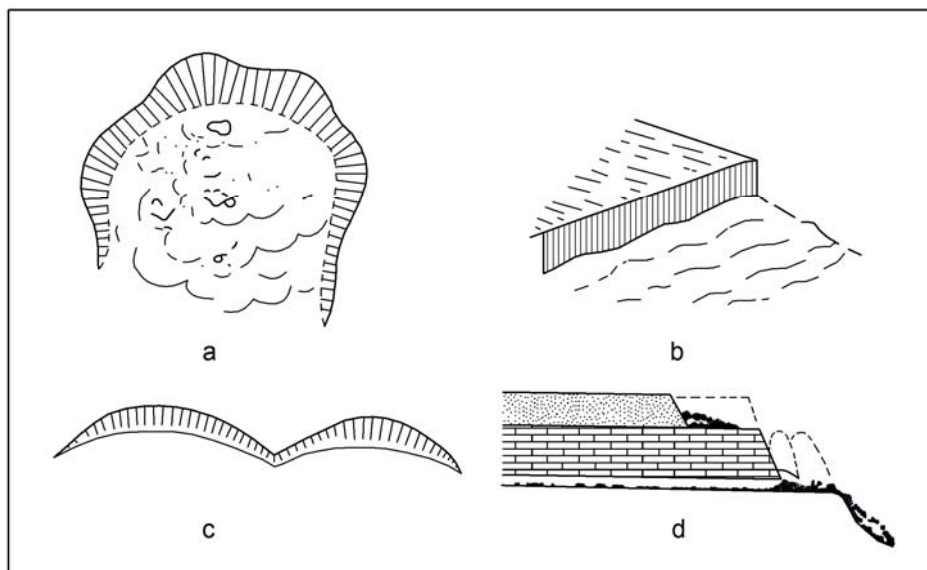


Fig. 4. 2. Tipuri morfologice de fronturi de desprindere: a – semicircular; b – rectiliniu; c – în formă de ghirlandă; d – în formă de trepte (Naum și Grigore, 1974, p. 237)

- *corpul alunecării* este alcătuit din solul și rocile desprinse și deplasate pe suprafața versantului; în lateral este delimitat de flancurile alunecării;

- *ulucul alunecării* reprezintă partea mai coborâtă, localizată între râpa de desprindere și corpul alunecării; în cadrul acestuia apa se poate acumula sub formă de bălți sau lacuri;

- *patul alunecării* constituie suprafața pe care a avut loc alunecarea; pentru indicarea lui se utilizează și denumirea de talpa alunecării;

- *flancurile alunecării* sunt cele care delimitează corpul alunecării; în funcție de condițiile locale în cadrul lor se poate păstra oglinda de fricțiune a alunecării de teren;

- *fruntea alunecării* sau baza alunecării - reprezintă partea inferioară a corpului alunecării;

- *picioarul alunecării* este intersecția dintre suprafața de alunecare și suprafața morfologică inițială, neafectată de alunecare (Florea, 1979); el poate corespunde cu fruntea alunecării sau poate diferi de aceasta, atunci când corpul alunecării este mai coborât, pe versant (Rădoane et al., 2001).

În cadrul unei alunecări de teren, alături de elementele prezentate, considerate principale, se pot deosebi și unele cu caracter secundar: trepte și crăpături rezultate în urma deformării corpului alunecării, râpe de desprindere secundare, ondulări ale masei alunecate etc.

Studiul alunecărilor de teren, în vederea amenajării lor, implică luarea în considerare a unor parametrii metrici:

- *lungimea alunecării* (L) constituie distanța dintre frontul de desprindere și fruntea alunecării, măsurată pe linia de cea mai mare pantă;

- *lățimea alunecării* (l) reprezintă perpendiculara dusă pe lungime între flancurile alunecării; se utilizează valoarea medie a acesteia, din cauza neuniformității suprafeței ocupate de alunecarea de teren;

- *grosimea alunecării* (h) se măsoară pe o direcție perpendiculară pe versant, între partea superioară a corpului alunecării și patul alunecării;

- *volumul alunecării* se estimează considerând corpul alunecării un paralelipiped cu bază dreptunghi, pe baza următoarei formule (Surdeanu, 1998):

$$V = L \cdot l \cdot h$$

- *suprafața alunecării* reprezintă suma suprafeței tuturor elementelor alunecării de teren, care apar la zi.

Clasificarea alunecărilor de teren se poate realiza pe baza a numeroase criterii genetice morfologice, metrice etc., dintre care se remarcă următoarele:

- *direcția de producere*: detrusive (de la partea superioară a versantului spre cea inferioară) și delapsive (de la partea inferioară a versantului spre cea superioară) (Pavlov, 1903, citat de Florea, 1979);

- *raportul cu structura*: alunecări consecvente (în conformitate cu direcția de înclinare a stratelor), insecvente (se formează în structuri geologice care au căderea stratelor spre versant sau în formațiuni stratificate orizontal, ceea ce face ca suprafața de alunecare să intersecteze stratele sub diferite unghiuri) și asecente (produse în roci nestratificate) (Savarenski, 1935, citat de Florea, 1979);

- *viteza*: alunecări extrem de rapide ($v > 3$ m/s), foarte rapide (3 m/s – 0,3 m/min), rapide (0,3 m/min – 1,5 m/zi), moderate (1,5 m/zi – 1,5 m/lună), lente (1,5 m/lună – 1,5 m/an), foarte lente (1,5 m/an – 0,06 m/an) și extrem de lente ($v < 0,006$ m/an) (Sharpe, 1938; Eckel, 1958, citați de Florea, 1979);

- *adâncimea patului alunecării*: alunecări de suprafață (cu adâncimi de până la 1 m), de mică adâncime (1 – 5 m), adânci (5 – 20 m), foarte adânci (peste 20 m) (Savarenski, 1935, citat de Florea, 1979);

- *caracterul stabilității*: alunecări de teren stabile sau consolidate și alunecări active, cu subtipul reluate (când au loc pe suprafețe deja afectate de alunecări) (Mac, 1986);

- *relația cu solul*: alunecări care afectează doar orizontul de sol și alunecări care afectează și rocile în loc (Mac, 1986);

- *caracterul mișcării*: alunecări de teren rotaționale (au planul de alunecare concav și se dezvoltă în roci omogene) și alunecări de translație (deplasarea are loc pe suprafețe de stratificație paralele cu suprafața versantului) (Florea, 1979).

- *forma și aspectul corpurilor de alunecare*: alunecări în brazde, lenticulare, în glee sau mobile, în pseudoterase, alunecări de tranziție și alunecări complexe (Tufescu, 1966).

O categorie aparte de alunecări de teren este cea care include deplasările în masă datorate cedării masive a rocilor, care afectează îndeosebi versanții montani înclinați (landslides from massive rock slope failure sau prescurtat MRSF) (Evans et al., 2006). În categoria acestor deplasări se includ: alunecări de roci (rockslide), avalanse de roci (rock avalanches), căderi de roci (rockfalls), spreads etc. (Evans et al., 2006).

Clasificarea alunecărilor de teren după forma și aspectul corpurilor de alunecare este cea care se folosește cel mai frecvent în România. Aspectul și forma alunecărilor de teren sunt rezultatul factorilor care au conlucrat la declanșarea lor, indicând în același timp cauzele care au dus la formarea lor (Tufescu, 1966). După autorul citat, utilizarea acestui criteriu complex și cu baze genetice, are avantajul că se sprijină elemente vizibile, concrete, măsurabile etc.

Alunecările în brazde afectează doar orizonturile de sol, atunci când ele sunt permeabile și localizate pe un substrat bine fixat (Tufescu, 1966); adâncimea până la care ajung este de sub 1 m.

Conform denumirii aceste alunecări au aspect de brazde, rupte unele de altele împreună cu vegetația acoperitoare. Spațiile dintre brazde sunt lipsite de înveliș vegetal (fig. 4. 3), ceea ce permite manifestarea pluviodenudației și a denudației

peliculare. Întrucât afectează doar solul alunecările în brazde sunt independente de tipul de rocă (Tufescu, 1966).

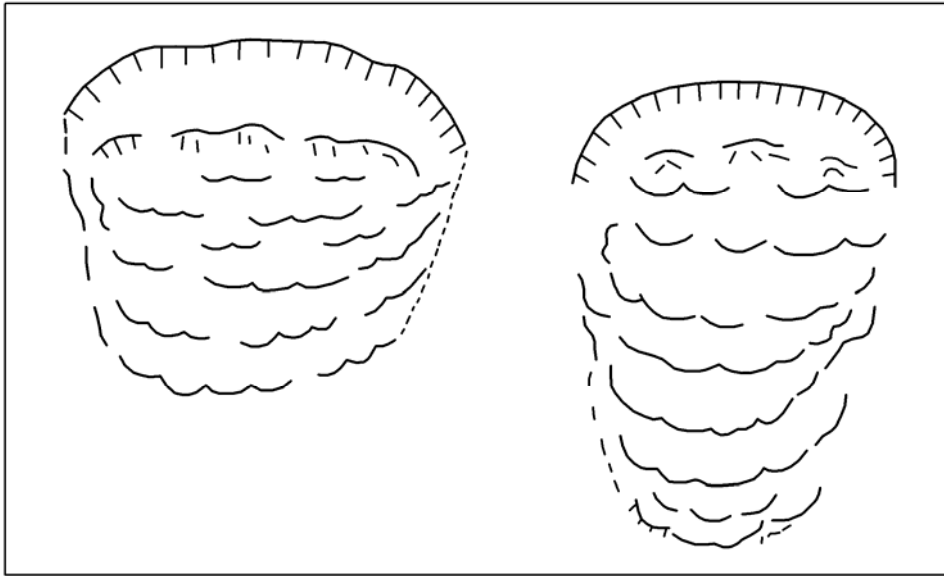


Fig. 4. 3. Alunecări superficiale (Posea et al., 1976, p. 154)

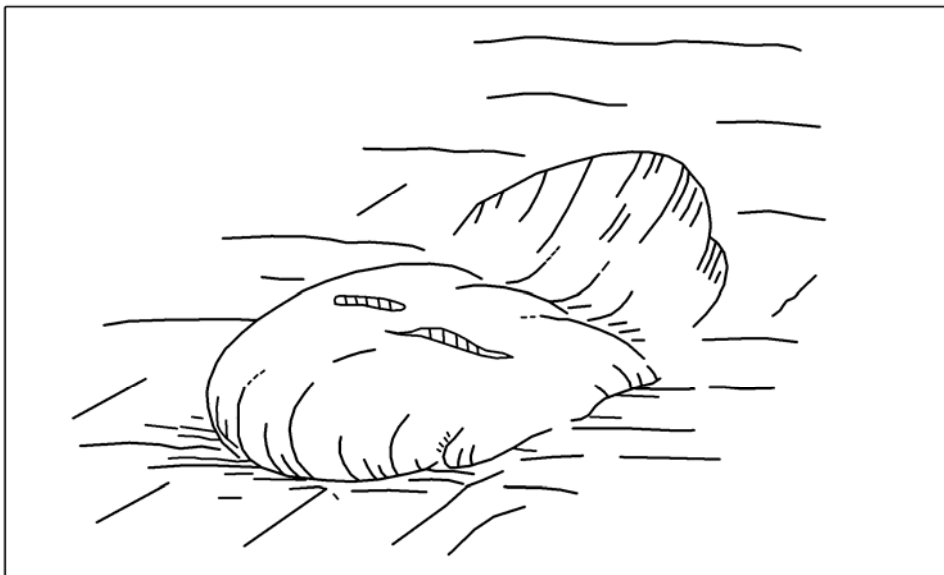


Fig. 4. 4. Alunecare lenticulară (Tufescu, 1966, p. 236)

Alunecările lenticulare afectează substratul pe adâncimi de 1 – 5 m și se remarcă prin existența unui abrupt de desprindere și a corpului alunecării sub formă

de lentilă (fig. 4. 4). Corpul acestor alunecări nu ajunge întotdeauna până la partea inferioară a versantului, ci rămâne suspendat pe profilul acestuia. Terenurile cele mai susceptibile, pentru declanșarea alunecărilor lenticulare, sunt cele care au în componență argile și marne. În prezența apei aceste roci gonfleză, își măresc volumul și apoi alunecă, în condițiile în care versanții au declivități de până la 12 – 15°. O dată declanșate alunecările lenticulare afectează și roca de la partea inferioară a solului (Tufescu, 1966).

Alunecările de tip glinee sunt din categoria celor profunde, patul alunecării fiind localizat la adâncimi de 20 – 50 m. Suprafața lor este considerabilă, depășind uneori valoarea de 200 – 300 ha.

Râpa sau cornișa de desprindere se prezintă sub forma unui abrupt foarte înclinat, a cărui altitudini relative ajung la 50 – 70 m (fig. 4. 5).

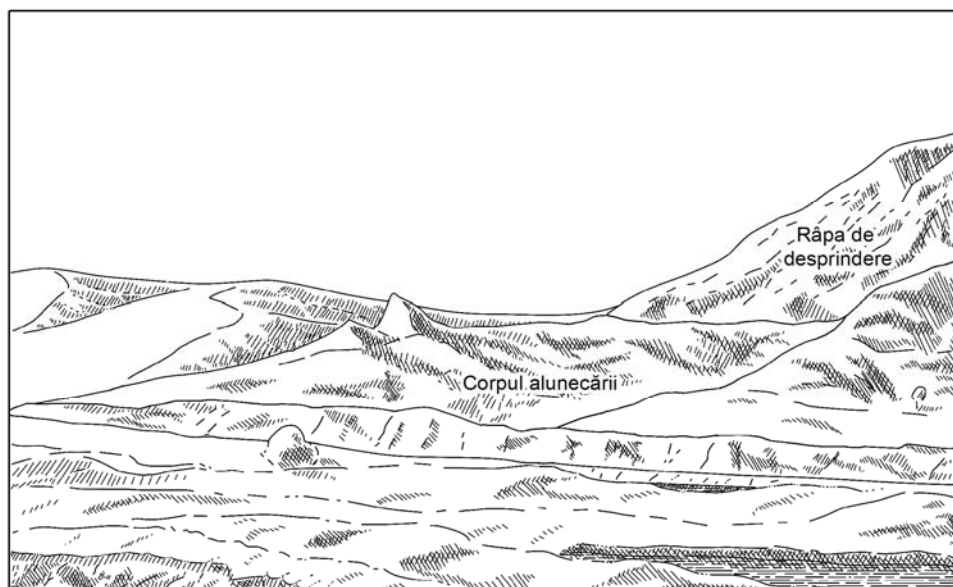


Fig. 4. 5. Alunecarea de tip glinee de la Suatu (Roșian, 2020, p. 356)

Elementele corpului de alunecare sunt de formă conică, piramidală sau trapezoidală. Ele sunt cunoscute sub denumire de glinee, movile, gruieti, gâlme sau monticuli și se dispun în șiruri aproximativ paralele cu râpa de desprindere (fig. 4. 6).

Altitudinea relativă a acestora variază de la câțiva metri până la 30 – 45 metri sau chiar mai mult (Roșian, 2020). Numărul șirurilor de glinee variază de la 1 la 3, iar în cazuri excepționale se poate ajunge la șase, cum este de exemplu în cazul alunecării de la Saschiz (Gârbacea, 1964).

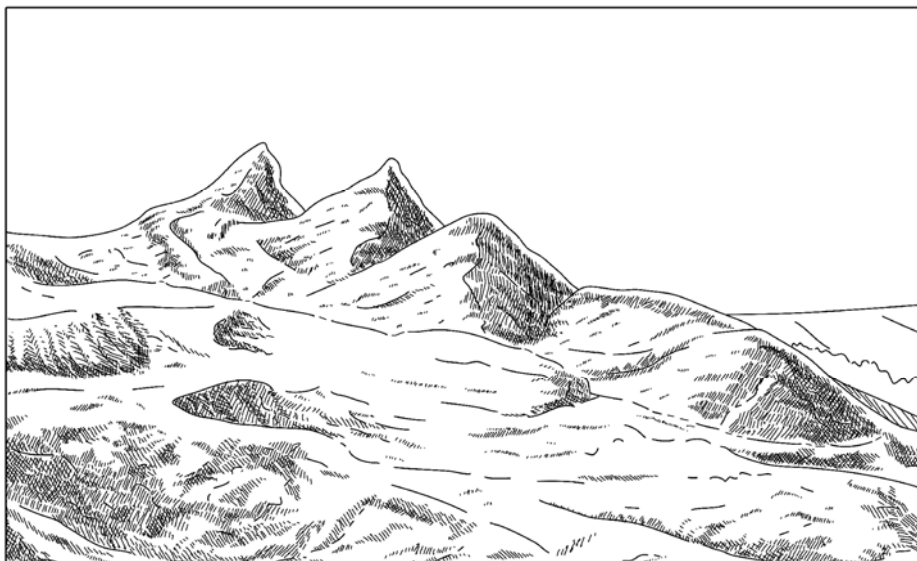


Fig. 4. 6. Glimeele alunecării de la Suatu (Roșian, 2020, p. 357)

În situația alunecărilor de tip glimee, între râpa de desprindere și corpul alunecării se remarcă prezența unui uluc depresionar. În cuprinsul acestuia se pot forma lacuri permanente sau temporare, pe malurile cărora se dezvoltă o vegetație specifică terenurilor cu exces de umiditate (Roșian, 2023).

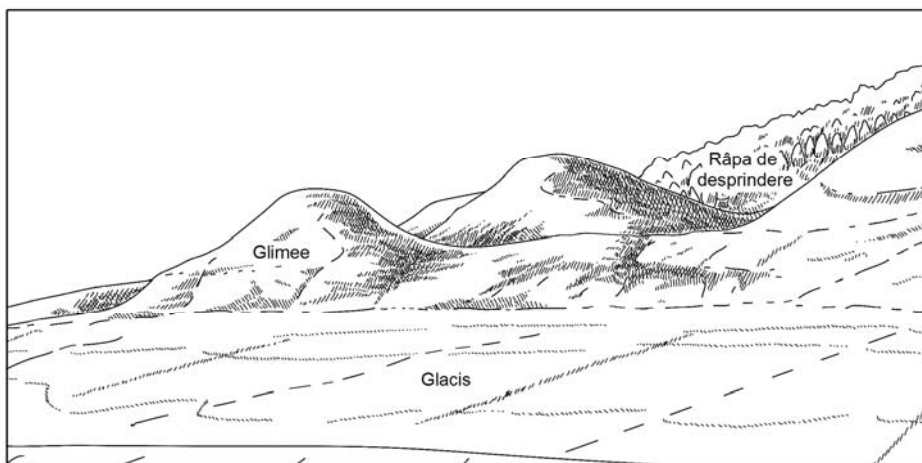


Fig. 4. 7. Glimeele de pe versantul drept al Văii Lechința din aval de Sânmărtinu de Câmpie (Roșian, 2020, p. 358)

Alunecărilor de tip glimee se termină la partea inferioară cu fruntea alunecării. În componența ei intră primul șir de monticuli, care de obicei nu mai poate fi delimitat cu exactitate, din cauza modelării, până la distrugere completă, de către procese

geomorfologice ulterioare alunecării (pluviodenudație, denudație peliculară, alunecări superficiale) sau de intervenția antropică, în scopul introducerii terenurilor respective în circuitul agricol (Roșian, 2020). Ca urmare, partea inferioară a alunecărilor de tip glinee se integrează glacisului format la baza versantului (fig. 4. 7).

Cele mai cunoscute alunecări de tip glinee din România se întâlnesc în Depresiunea Transilvaniei; spre exemplificare pot fi menționate cele de la: Șaeș, Saschiz, Movile, Cornățel, Romanesti, Secășel, Urmeniș, Suatu, Band, Șăulia, Strugureni, Sâmboieni, Fănațele Clujului, Sălicea, Șoimeni, Vultureni, Borșa etc. Datorită morfologiei specifice o parte a alunecărilor de tip glinee din Transilvania au valoare de geomorfosit, motiv pentru care au fost incluse în Rețeaua Națională de Arie Naturale Protejate ale României.

Alunecările în trepte sau pseudoterase reprezintă alunecări profunde (aproximativ 5 – 30 m), extinse pe suprafețe mari (de la zeci până la sute de ha), care se formează pe versanți cu înclinări de peste 20° (Tufescu, 1966). Ele au în componență o râpă de desprindere rectiliniară, la partea inferioară a căreia se află corpul alunecării, îndepărtat destul de puțin din locul de desprindere și dispus sub formă de trepte (fig. 4. 8).

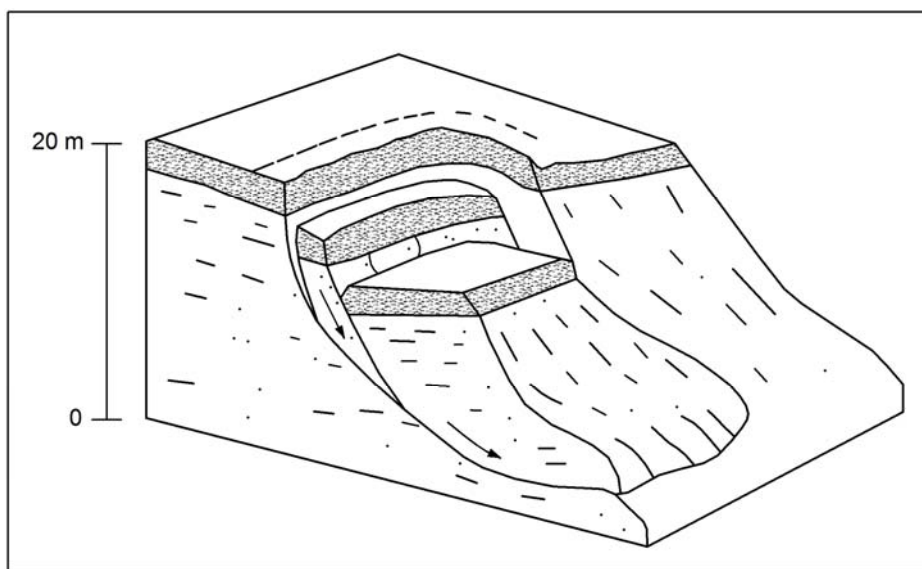


Fig. 4. 8. Alunecări de teren în trepte (Cruden și Varnes, 1996, p. 53)

Alunecările în trepte sunt din categoria celor care se deplasează în pachet, pe un pat umectat până la plasticitate, ceea ce face ca structura internă a corpului alunecării să nu fie deranjată; raportat la structură ele sunt alunecări consecvente, afectând terenuri alcătuite din strate slab înclinate sau orizontale (Tufescu, 1966).

Alunecările de tranziție sunt dificil de încadrat unui tip anume, ele fiind mai degrabă, după cum le spune și numele, alunecări de trecere sau intermediare. Se remarcă în acest sens alunecările surpări și alunecările de tip curgere.

Alunecările-surpări afectează mai ales depozite alcătuite din succesiuni de strate plastice (de tipul marnelor și argilelor) și strate mai consolidate (gresii și conglomerate) sau alcătuite din roci necimentate (nisipuri, pietrișuri etc.) (Tufescu, 1966). Inițierea procesului are loc prin alunecarea formațiunilor moi din bază, pentru a se continua apoi cu ruperea și surparea orizonturilor de roci mai tari, de deasupra (Mac, 1976). Alunecările-surpări se produc pe malurile râurilor, fronturile falezelor și la obârșia torenților. Aceste alunecări sunt caracterizate de prezența unui microrelief cu numeroase trepte și crăpături transversale (Tufescu, 1966).

Alunecările de tip curgere au loc pe depozite alcătuite din argile și marne, care în condiții de supraumectare încep să alunece, pentru ca apoi, pe măsură ce se deplasează, spre partea inferioară a versantului, să se transforme într-o curgere noroioasă (Grecu și Palmentola, 2003). Astfel de procese sunt posibile prin mijlocirea apei, care băltind pe viitorul corp de alunecare, ajunge în interiorul lui sporindu-i fluiditatea (fig. 4. 9), pe măsură ce el se deplasează.

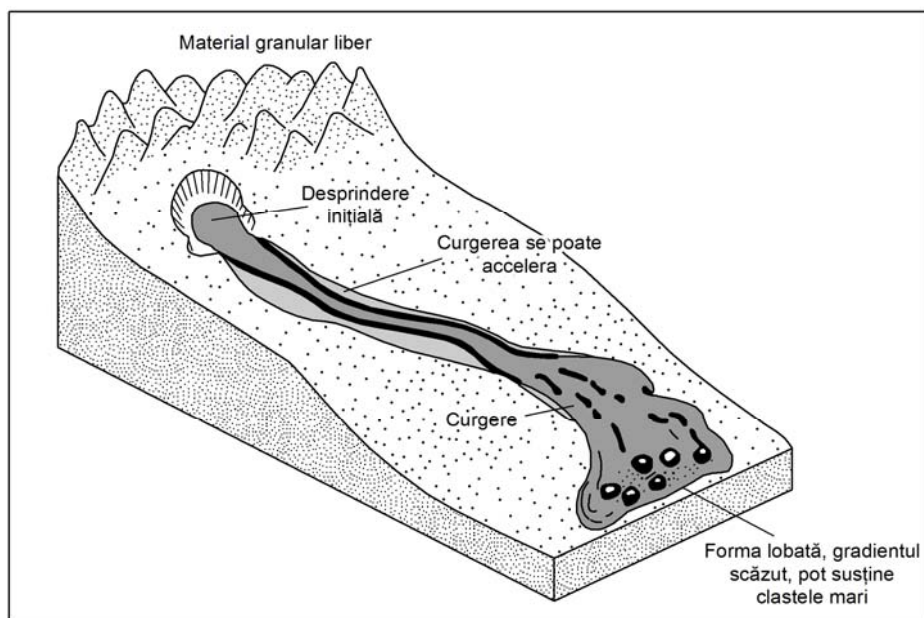


Fig. 4. 9. Alunecare de tip curgere (Ibsen et al., 1997, p. 203)

Alunecările de teren complexe fac referire la același versant, care este afectat de mai multe alunecări de teren, ca tip și număr; s-au deosebit în acest sens versanții de alunecare și alunecările de vale (Tufescu, 1966).

Versanții de alunecare se întâlnesc în cazul în care alunecările de teren se extind și ocupă întreaga suprafață a unui versant. În general, pe suprafața versanților de alunecare sunt prezente majoritatea tipurilor de alunecări de teren, existând însă și posibilitatea să se repete același tip de alunecare pe arii extinse. Când un versant este alcătuit din roci cu durități diferite dispuse succesiv, producerea mai multor tipuri de alunecări este condiționată de rocile existente. De pildă, la partea superioară a unui versant, unde există un orizont de loess, se pot forma alunecări-surpări, mai jos unde predomină argilele se pot forma alunecări lenticulare, iar pe orizonturile de roci mai dure din partea mediană (gresii) se pot forma brâne sau trepte structurale, pe care se pot opri alunecările, creându-se altfel etaje de alunecări (Tufescu, 1966).

Alunecările de vale afectează nu doar unul dintre versanți sau obârșia văii, ci afectează întreaga vale, prin contopirea într-un tot unitar, care se deplasează în lungul văii (Tufescu, 1966). După autorul citat, este vorba de o înaintare inegală și în etape pe porțiuni, la care contribuie și apele provenite din precipitații, caracterizate fiind de un regim de scurgere torențial pe versant (fig. 4. 10). Noțiunea de alunecare de vale a fost introdusă de către Mihăilescu (1959), cel care include în această categorie alunecările de la Strâmbu pe Cricovelul superior, de la Bezdidel (lângă satul Diaconești) și de la Bădila de pe Valea Buzăului.

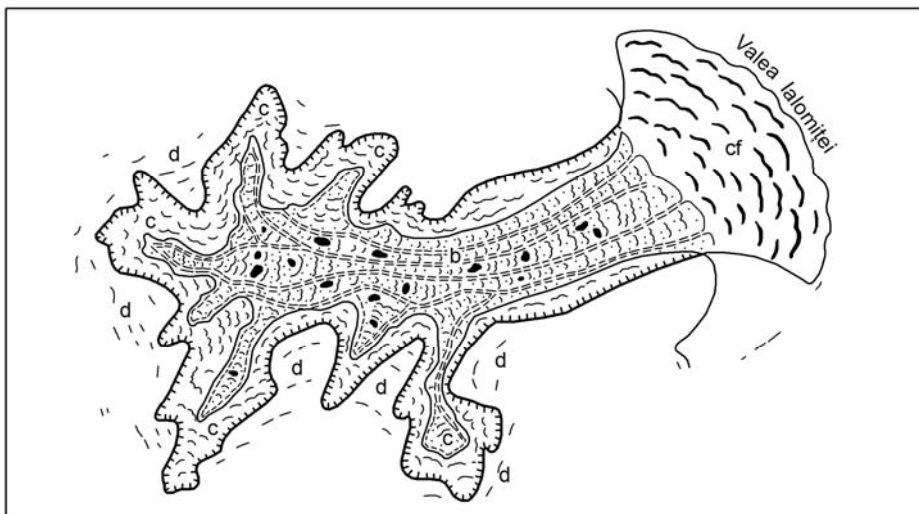


Fig. 4. 10. Alunecare de vale (Valea Pucioasei); c – obârșii de alunecare; b – limba principală a alunecării; cf – conul frontal; d – porțiuni pregătitoare de alunecări; linii întrerupte – crăpături longitudinale (Mihăilescu, 1959, citat de Tufescu, 1966, p. 248)

Clasificarea alunecărilor de teren, după aceste criterii, demonstrează mare lor diversitate. Practic fiecare alunecare de teren prezintă anumite note de specificitate, care permit încadrarea ei la mai multe criterii de clasificare. Spre exemplificare, o alunecare profundă, de tip glinee, care s-a produs brusc (viteză mare de deplasare),

în Pleistocen (alunecare veche), este consecventă față de înclinarea stratelor, s-a format pe un plan de stratificație, fiind o alunecare de translație, care în actualele condiții este stabilă per ansamblu, cu toate că sunt posibile alunecări superficiale pe monticoli (Grecu și Palmentola, 2003).

Toate aceste caracteristici, ale alunecărilor de teren, servesc la o bună cunoaștere a lor, de către specialiștii, care au rolul de a propune metode și de a întreprinde acțiuni de prevenire și combatere a lor.

4.2. PREVENIREA ALUNECĂRILOR DE TEREN

Prin raportare la alte procese, cum sunt cutremurele sau vulcanii, în cazul cărora factorul preventiv este limitat, în situația alunecărilor de teren, măsurile de prevenire sunt mult mai eficace (Grecu, 2004).

Lipsa măsurilor și lucrărilor de prevenire a alunecărilor de teren are numeroase consecințe, care constau în principal în degradarea terenului, de-o așa manieră încât se ajunge la schimbarea modului de utilizare a lui. De exemplu, câmpurile agricole afectate de alunecări de teren devin neutilizate, pentru ca ulterior să fie trecute în categoria terenurilor neproductive (Roșian, 2011a).

Demersul de prevenire a alunecărilor implică o bună cunoaștere a terenului. De obicei în apropiere de locurile unde aceste procese au avut loc în trecut, există cele mai mari șanse ca ele să se repete, din aceleași cauze (Roșian, 2011a). O atenție deosebită trebuie acordată și terenurilor considerate stabile, care în condițiile unei utilizări inadecvate pot trece ușor în categoria celor susceptibile la alunecări de teren.

Caracteristicile procesului de alunecare de teren impune ca măsurile și lucrările de prevenire să fie îndreptate spre cauzele declanșatoare.

Prevenirea alunecărilor de teren urmărește inițial înlăturarea influenței factorilor cauzali și condiționali, ai procesului geomorfologic, iar apoi ameliorarea și valorificarea corespunzătoare a terenurilor amenajate (Băloiu, 1980).

Diminuarea influenței factorilor are la bază două categorii de măsuri și lucrări: (i) pentru diminuarea forțelor motoare de rezistență ale alunecărilor (prin înlăturarea suprasarcinilor date de apă, construcții, depozite, căi de comunicație cu vehicule grele, motoare staționare etc.) și (ii); pentru mărirea forțelor de rezistență ale alunecărilor (care se referă la frecarea interioară a stratelor, la coeziune, precum și sprijinul natural al terenurilor predispuse la alunecări); aceste ultime acțiuni cuprind eliminarea apelor de suprafață și din straturile acvifere, consolidarea terenului instabil prin sprijin natural sau artificial (Moțoc et al., 1975; Băloiu, 1980; Băloiu și Ionescu, 1986). În continuare vor fi detaliate cele din a doua categorie.

Lucrările cu rol de a împiedica accesul apei pe terenurile susceptibile la alunecări se referă la: canale de interceptie și evacuare dirijată a apelor; canale deschise sau drenuri de piatră amplasate la partea superioară a frontului de

desprindere (pentru captarea și evacuarea apelor de infiltrație); astuparea crăpăturilor și a microdepresiunilor cu pământuri impermeabile, netezirea denivelărilor (când ele nu depășesc 0,5 – 1 m), pentru înlăturarea condițiilor de stagnare a apei, realizarea de șanțuri pentru evacuarea apei din microdepresiunile închise care nu se pot astupa (Băloi, 1980).

Lucrările pentru diminuarea influenței apelor subterane au în atenție: diminuarea alimentării acviferului; canale deschise sau drenuri de piatră, amplasare la 1 – 2 m adâncime, pentru evacuarea parțială a apei din stratul acvifer, pentru îmbunătățirea drenajului natural al terenului, pentru evacuarea integrală a apei din pungile sau straturile acvifere suspendate (Băloiu, 1980); captarea izvoarelor și asigurarea evacuării dirijate a apelor (fig. 4. 11).

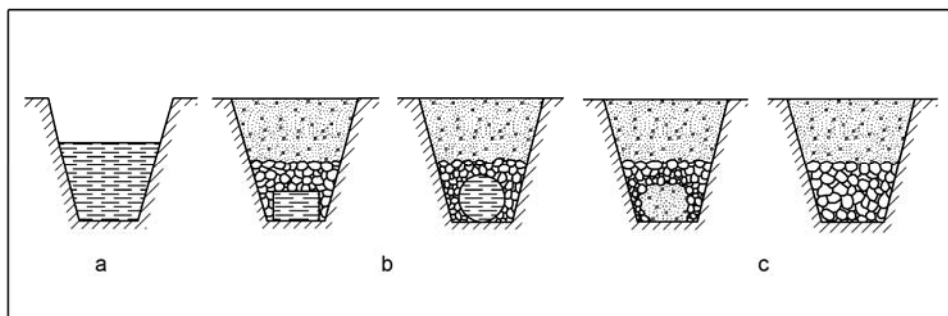


Fig. 4. 11. Tipuri de drenuri; a. deschis; b. închis cu secțiune liberă; c. filtrant; (Traci, 1985, p. 174)

Pornind de la legătura strânsă între excesul de umiditate, de pe suprafețele înclinate, și alunecările de teren, pentru combaterea acestora, alături de măsurile deja prezentate, sunt indispensabile lucrările tipice de drenare a excesului de apă. Se cunoaște că apa influențează stabilitatea versanților, atât prin eforturile exercitate asupra masivului de pământ, cât și prin slăbirea rezistenței rocilor, mai ales când acestea sunt reprezentate de argile și marne. Drenarea apei este necesară deoarece pe de o parte rocile argiloase și marnoase cedează destul de greu apa, iar pe de alta prin masa lor apa circulă doar pe trasee preferențiale, care ulterior pot servi ca paturi de alunecare.

Pe terenurile susceptibile la alunecări de teren se pot aplica următoarele tipuri de drenaj: de interceptare, de captare a izvoarelor, drenaj sistematic la baza versantului sau pentru microdepresiunile de pe versant și drenajul de platou. De obicei se pune în practică drenajul deschis (canale, debușee etc.), combinat cu drenajul închis, care are rolul de a drena surplusul din pânză freatică (Mihaiu et al., 1985).

Pe terenurile arabile la prevenirea alunecărilor de teren se folosesc drenuri absorbante și colectoare îngropate. Sunt indicate tuburile din ceramică sau PVC rîflat cu fante, peste care se așterne prismul filtrant, cu o grosime de 40 – 60 cm (alcătuit din pietriș sau piatră spartă), iar apoi peste acesta umplutura de pământ. Tuburile

trebuie amplasate la o adâncime de minim 0,70 – 0,80 cm, pentru a nu fi expuse înghețului și dezghețului, care le poate deteriora (Fazakas et al., 2006).

Excesul de umiditate, prezent sub formă de bălți sau în pânză freatică, se elimină de la partea superioară a terenului predispus la alunecare cu ajutorul drenajului de interceptie, care are rolul de a intercepta stratul purtător de apă (Mihaiu et al., 1985) (fig. 4. 12).

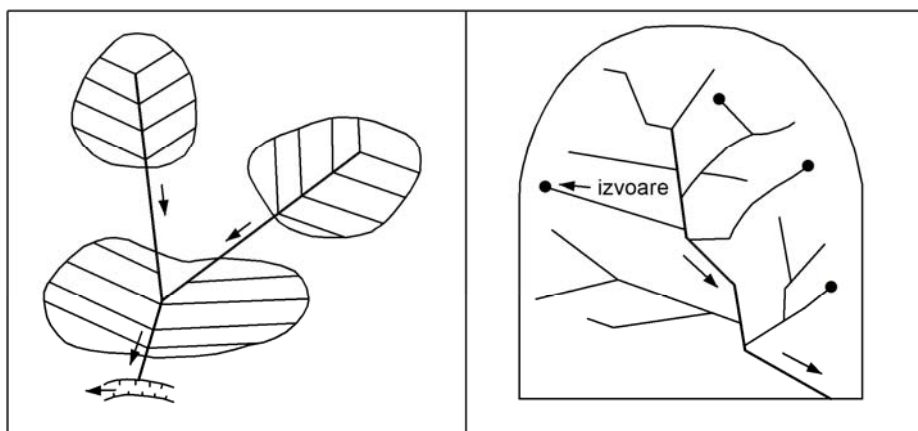


Fig. 4. 12. Scheme de drenaj pe terenuri susceptibile la alunecări (Băloi și Ionescu, 1986, p. 214)

Pentru drenarea excesului de umiditate se recomandă realizarea de tranșee drenante, pe linia de cea mai mare pantă a versantului, care trebuie duse în adâncime până la stratul de rocă stabilă (Bally și Stănescu, 1977). Când astfel de lucrări sunt complexe și de mare amploare, pe aliniamentul tranșeele drenante se introduc elemente de rezistență cum sunt pilaștrii încastrați în roca stabilă de adâncime), care contribuie la menținerea drenului în poziția în care a fost realizat.

Eliminarea excesului de apă, din pânza freatică, se poate face și prin coborârea nivelului acesteia, la cote care să asigure un strat de sol fără exces de apă, pe o adâncime de minimum 20 -50 cm, în lunile în care nivelul este cel mai ridicat (Traci, 1985). Pentru coborârea nivelului apei freatice se folosesc canale și șanțuri deschise, precum și canale închise drenuri (fig. 4. 11) sau puțuri.

Și în acest caz, la fel ca în alte situații canalele deschise au rol de absorbție – colectare, precum și de evacuare a apei în exces, spre receptori.

Dacă se folosesc canale de absorbție adâncimea lor este de 0,5 – 2,0 m dispuse la distanțe de 10 – 200 m sau chiar de 300 m; lungimea lor poate ajunge până la 200 – 500 m, la o pantă minimă de 0,05% (Traci, 1985). Execuția canalelor de desecare se face mecanizat, cu excavatoare montate pe tractoare.

Drenurile închise sunt mai puțin utilizate deoarece sunt greu de întreținut, iar puțurile se recomandă doar atunci când substratul litologic este permeabil, în caz contrar apa trebuie evacuată prin pompare (Traci, 1985).

Chiar dacă aceste lucrări necesită personal calificat, pentru a fi executate și costuri mari, atunci când sunt realizate la timp reușesc să prevină alunecările de teren.

Toate aceste lucrări, prin faptul că interceptează și evacuează apa, de pe suprafața versanților sau din substrat, s-au dovedit deosebit de eficiente în prevenirea declanșării alunecărilor.

Lucrările de sprijinire a maselor de pământ predispuse la alunecare se referă la: consolidarea terenului (care urmează să fie împădurit) prin intermediul gardulețelor, realizarea de ziduri de sprijin echipate cu drenuri de piatră sau pietriș, cu barbacane și contraforți, folosirea de contrabanchete de pământ drenate și înierbate, construirea contrabanchetelor de piatră, utilizarea de ancoraje din piloți de lemn sau beton armat, legați între ei prin moaze din dulapi (Băloiu, 1980).

Rolul pădurii în prevenirea alunecărilor de teren implică menținerea învelișului forestier pe suprafețele înclinate, care au substratul alcătuit din roci argiloase și marnoase. Când din diverse motive pădurea lipsește, se recomandă împădurirea suprafețelor susceptibile la alunecări.

Împădurirea terenurilor susceptibile la alunecări, constituie principala măsură prin care se poate prevenii acest proces geomorfologic (Bădescu, 1972); pădurea pe de o parte interceptează o anumită cantitate din apa provenită din precipitații, iar pe de alta, prin intermediul rădăcinilor, contribuie la stabilizarea straturilor predispuse la alunecare.

Diferența care se înregistrează pe substratul unui teritoriu împădurit și al unui unde pădurea lipsește alcătuiește ceea ce este numit interceptie; volumul acesteia diferă în funcție de vârsta, consistența și natura arborilor, de anotimp, de intensitatea și durata ploii, de viteza vântului etc. Cele mai însemnate cantități de apă provenite din precipitații sunt reținute de către pădurile de rășinoase mature, bine închise, urmate apoi de către cele mature de foioase. De pildă, o pădure de fag de 100 ani, cu consistența plină (1,0) poate intercepta 30% din volumul precipitațiilor provenite din ploi; la un arboret de stejar de 15 ani, cu consistența de 0,8 interceptia poate atinge 25% din precipitații; de asemenea, în cazul ploilor cu cantități mai mici de 2 mm, toată apă căzută poate fi reținută în coronament, ceea ce face ca interceptia să ajungă la 100% (Bădescu, 1972).

De asemenea, în condițiile climatului temperat continental, o pădure de fag cu frunze poate intercepta până la 40%, din cantitatea de precipitații (Rădoane și Rădoane, 2007a).

De exemplu, așa cum am menționat și în capitolul 3. 2, coronamentele arborilor pot reține 5 – 12 mm apă (la ploi de lungă durată, până la 20 mm), iar în

litieră 5 – 10 mm apă (la ploi de lungă durată, până la 20 mm) (Abagiu, 1972, Abagiu et al., 1973 și Arghiriade et al., 1960, citați de Traci, 1985).

În aceeași ordine de idei, cantitatea maximă de apă este reținută de molid și pin (810 g/m^2 , respectiv 831 g/m^2), comparativ cu 628 g/m^2 cât se înregistrează la larice; valori ridicate se înregistrează și la frasin, platan, ulm și sălcioară ($687 - 415 \text{ g/m}^2$), precum și la unii arbuști $661 - 418 \text{ g/m}^2$ (sânger, păducel, lemn câinesc, cătină albă etc) sau la arinul verde (340 g/m^2) (Cenușă, 2002, citat de Rădoane și Rădoane, 2007a).

În același timp, pădurea consumă în procesul de creștere și dezvoltare o cantitate semnificativă din apa ajunsă în substrat, îndeosebi când este alcătuită din plop, tei, anin, frasin, salcie etc. (Bădescu, 1972). În cazul pădurilor de molid, pin, fag și stejar ea depășește 450 mm/an , în timp ce în situația pădurilor de salcie și anin ajunge la $1.200 - 1.500 \text{ mm/an}$ (Furon, 1967 și Kirwald, 1971, citați de Traci, 1985).

Prin prezența rădăcinilor vegetația forestieră contribuie atât la creșterea rezistenței la forfecare, a solului și substratului geologic, cât și la absorbția apei (Jafari et al., 2022), care este ulterior folosită pentru creștere, fapt ce contribuie la eliminarea ei în atmosferă, prin evapotranspirație.

Pentru prevenirea alunecărilor superficiale se recomandă atât specii repede crescătoare (plop, salcie, anin, tei, vișin etc.), cât și specii tari (salcâm și frasin), care consumă multă apă și care își dezvoltă rădăcinile la suprafață, adică tocmai în aceea parte a substratului în care excesul de apă provoacă alunecarea de teren (Bădescu, 1972). În cazul alunecărilor profunde, conform autorului citat, indicate sunt speciile care au o înrădăcinare profundă (stejar, pin sau nuc), care ajung până la stratele situate sub eventuala suprafață de alunecare. În același timp, speciile menționate consumă o mare cantitate de apă, înainte ca ea să ajungă în profunzime, la stratele impermeabile, evitând astfel înmuierea și alunecarea lor.

Alegerea speciilor de plante, capabile să dezvolte un sistem radicular extins, constituie un principiu important în controlul biologic al stabilității terenurilor, deoarece rădăcinile contribuie inclusiv la stabilizarea particulelor de sol (Jafari et al., 2022).

În funcție de condițiile climatice și de altitudine, pentru zona temperată a României, se recomandă următoarele specii: stejarii (stejarul pedunculat, gorunul, stejarul pufos, stejarul brumăriu, cerul și gârnița), pinii (pinul silvestru, pinul negru și pinul negru de Banat), salcâmul, ulmul de Turkestan, frasinul comun, mojdreanul, paltinul de munte, jugastrul, arțarul, mesteacănul, plolul, plopii euramerici, plopul tremurător, salcia aninii (aninul negru, aninul alb și aninul verde), teii (teiul cu frunză mică sau teiul de deal, teiul cu frunza mare și teiul argintiu), ienupărul de Virginia, sălcioara, scumpia, alunul și alunul turcesc (Bădescu, 1972). Alături de speciile menționate se folosesc și altele, mai puțin cunoscute, care raportat la condițiile staționale locale dau rezultate foarte bune în demersul de combatere a eroziunii și de stabilizare a terenurilor susceptibile la alunecări; în acest sens dintre arbori, se remarcă: molidul, bradul, laricele, nukul, ulmul, fagul, carpenul, cireșul, vișinul

turcesc, mărul și părul sălbatic, oțetarul, arțarul american, dudul etc., iar dintre arbuști: cătina albă, sorbul, păducelul, porumbarul, măcieșul, gărdurarița, cornul, sângerul, salba moale, lemnul câinesc, maclura, socul, socul negru etc. (Bădescu, 1972; Norris et al., 2008).

Majoritatea speciilor menționate prezintă sisteme radiculare extinse, robuste, stabile și cu capacitate mare de absorbție a apei, ceea ce oferă o rezistență sporită împotriva mișcărilor în masă ale solului și în controlul alunecărilor de teren (Jafari et al., 2022).

Pentru stoparea apei, care ar putea ajunge pe terenurile susceptibile la alunecări sau pe cele afectate deja, dar care se pot extinde, se recomandă **înființarea perdelelor forestiere**. Acestea trebuie să aibă lățimi de 20 – 50 m. Distanța medie dintre rânduri este de 1,5 m, dar poate ajunge și la 4 – 5 m, în cazul speciilor repede crescătoare, cum este plopul.

În componența perdelelor forestiere intră trei tipuri de specii lemnoase (Bădescu, 1972):

- *specii de bază* - ele reprezintă partea principală sau miezul perdelelor; rolul acestora este de a asigura înălțimea și desimea, pe care perdele forestiere trebuie să le aibă la partea lor superioară (sunt indicate în acest sens speciile de mărimea I: stejarul, salcâmul, ulmul, frasinul, nucul și plopul etc.);

- *specii de împingere* sau stimulare - acestea suportă umbrirea speciilor de bază, cresc în subetaj și au rolul de a stimula creșterea acestora, de a îndesi partea mijlocie a perdelelor, de a umbri solul pentru a stopa instalarea buruienilor; în rândul acestor specii se încadrează cele de mărimea a II-a și a III-a ca: paltinul, frasinul de Pensilvania, jugastrul, arțarul tătăresc, arțarul american, mojdreanul, vișinul comun, vișinul turcesc, părul și mărul pădureț, corcodușul, zarzărul, oțetarul, cărpinița, sălcioara, maclura, mălinul etc;

- *arbuști* – scopul lor este de a umbri solul, de a-l ține în stare afânată, ferindu-l de îmburuienare și bătătorire; arbuștii trebuie să formeze la marginea perdelei o lizieră deasă, greu de pătruns; din acest motiv se folosesc arbuști ghimpoși (alunul, cornul, scumpia, lemnul câinesc, caragana, amorfa, gherghinarul, caprifoiul, păliurul, spirea, dârmoxul, liliacul, cătina albă, gărdurarița etc.), care au rolul de a ferii arboretele de pășunat.

Selectarea speciilor are loc în funcțiile de condițiile locale de climă și sol, pentru a asigura o creștere rapidă, tocmai pentru ca efectul lor preventiv să nu întârzie. Pe terenurile instabile, fără exces de apă cu textură nisipo-lutoasă sau lutoasă se recomandă următoarele specii: anin alb, anin negru, plop tremurător, salcâm, frasin, pin silvestru, pin negru și lemn câinesc (Bally și Stănescu, 1977). Pe terenuri cu textură argiloasă, autorii citați recomandă: sălcioara, ulmul de Turkestan, aninul negru, aninul alb, pinul negru, vișinul turcesc, mojdreanul frasinul, cătina

albă, sângerul etc.; în funcție de condițiile locale se recomandă densități de 3.000 – 5.000 puieți la hectar.

O atenție deosebită trebuie acordată terenurilor împădurite, dar considerate încă instabile. În astfel de cazuri, pe măsură ce arborii ajung la maturitate, ei trebuie exploatați înainte de a ajunge la dimensiuni prea mari, tocmai pentru a nu sporii, prin masa lor lemnoasă, greutatea terenului și a favoriza producerea sau reactivarea unor alunecări de teren.

Pornind de la avantajele învelișului vegetal forestier, lucrările de prevenire a alunecărilor de teren și de stabilizare a terenurilor alunecate, care au la bază împăduriri, constituie una dintre cele mai eficiente acțiuni în acest sens.

Lucrările de prevenire a alunecărilor de teren, prin intermediul plantațiilor forestiere, trebuie însoțite de măsuri de reglare și drenare a scurgerii apei provenite din precipitații și din izvoare, de tipul celor prezentate anterior sau în capitolul 3.2.

Dintre măsurile recomandate, pentru prevenirea alunecărilor, atunci când în substratul geologic predominante sunt argilele și marnele, se evidențiază: restructurarea modului de utilizare a terenului, prin extinderea suprafețelor ocupate de păduri și repartizarea corespunzătoare a pajiștilor și pădurilor; îmbunătățirea consistenței și structurii pădurilor și a pajiștilor; evitarea tăierilor rase și asigurarea regenerării pădurii; combaterea eroziunii în adâncime, care subminează partea inferioară a versanților; evitarea lucrărilor care slăbesc baza versanților sau rezistența unor porțiuni a acestora prin săpături (pentru construirea căilor de comunicații sau a diverselor construcții); interzicerea lucrărilor de terasare (pentru vii sau pomi fructiferi); executarea unor lucrări de abatere a apei (din izvoare sau din scurgerea superficială a apei din precipitații), care determină ca ea să ajungă pe suprafețe susceptibile la procese de alunecare (Traci, 1985).

Există situații în care alunecările de teren s-au declanșat din cauza prezenței ravenelor și torenților, care au subminat versanții. În aceste condiții se impun măsuri și lucrări care să combată eroziunea prin intermediul formațiunilor torențiale, așa cum au fost ele menționate în capitolul 3.3.

Pe terenurile susceptibile la alunecări o atenție deosebită trebuie acordată realizării drumurilor agricole, forestiere sau de alt tip. Executarea lor implică prezența de discontinuități ale uniformității pantei, atunci terenul este înclinat. Se ajunge la existența unui taluz la partea superioară a drumului (ceea ce presupune excavații) și a unui terasament la partea inferioară (implică depuneri de material) (fig. 4. 13). Toate aceste intervenții conduc la instabilitatea terenului, în cazul versanților alcătuiți din depozite deluviale susceptibile la mișcări în masă (Rădoane și Rădoane, 2007a).

În urma celor prezentate se justifică necesitatea ca pe terenurile cu declivități mai mari de 5 – 7° să fie aplicate măsuri pentru diminuarea susceptibilității la alunecări de teren. De exemplu, pe terenurile înclinate din România, care au

substratul geologic alcătuit din argile și marne, dispuse uneori în alternanțe cu nisipuri și orizonturi de tuf, se poate ajunge, în perioadele cu exces de umiditate, provenit îndeosebi din precipitații, la creșterea susceptibilității la alunecări, atunci când terenul este utilizat în scopuri agricole.

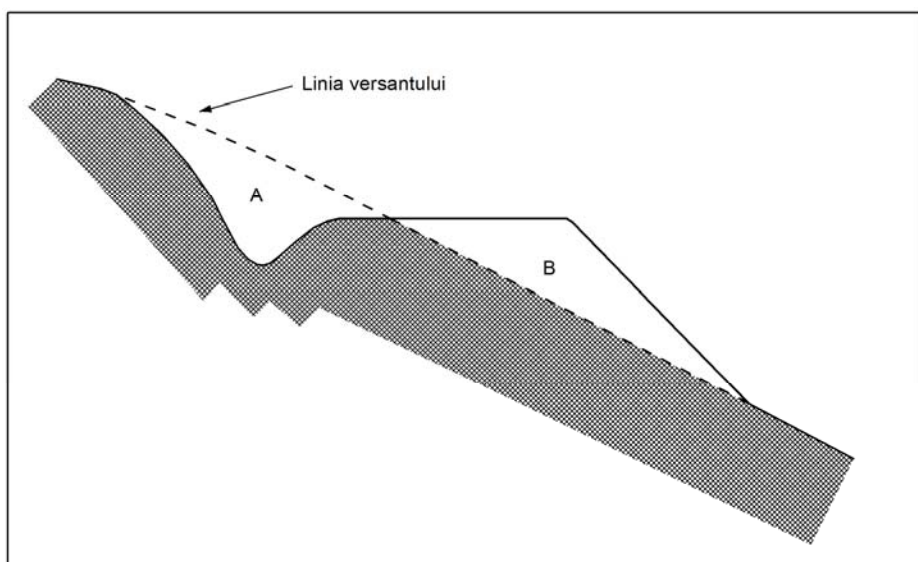


Fig. 4. 13. Discontinuitatea de pantă creată de drumurile forestiere; a – excavare; b - umplutură (Rădoane și Rădoane, 2007a, p. 273)

În astfel de situații pentru prevenirea alunecărilor de teren se recomandă: alegerea unor culturi cu specii mari consumatoare de apă, agrotehnică specializată și lucrări de amenajare, care să conducă la evitarea excesului de umiditate (Bally și Stănescu, 1977).

4.3. COMBATERICA ALUNECĂRILOR DE TEREN

Combaterea alunecărilor de teren implică o serie de activități, în urma cărora are loc amenajarea terenurilor, pe care au avut loc astfel de procese geomorfologice. Trebuie reținut că există și alunecări de teren vechi, produse la sfârșitul Pleistocenului și începutul Holocenului, cum sunt cele de tip glimee, din Depresiunea Transilvaniei, cu valoare de patrimoniu, care îi recomandă să fie păstrate. Îi adevărat că în unele situații, cum s-a întâmplat de exemplu la Band și Șăulia (în Câmpia Transilvaniei) monticolii aferenți corpului alunecării de tip glimee au fost nivelați, pentru folosirea terenului în scopuri agricole. În astfel de cazuri, prezența alunecărilor de teren este trădată de prezența râpei de desprindere, care având declivități de peste 22 – 25°, a rămas în peisajul locurilor.

Pentru alunecările de teren, care necesită acțiuni de combatere, este necesară elaborarea unor scheme de amenajare, care urmăresc corectarea, reducerea și înlăturarea influenței factorilor cauzali și condiționali ai alunecărilor (Băloi și Ionescu, 1986).

Când se intervine, pentru combaterea alunecărilor de teren, cele mai simple măsuri și lucrări se referă la: interzicerea amplasării construcțiilor și depozitelor grele, interzicerea realizării căilor de comunicații pentru vehicule grele, interzicerea lucrărilor de aducțiune și stocare a apei, astuparea crăpăturilor cu material bine compactat, captarea izvoarelor și drenarea terenurilor cu exces de umiditate, nivelarea microdepresiunilor, netezirea terenurilor pentru înlăturarea condițiilor de băltire (Băloi și Ionescu, 1986). În situația în care sunt în pericol obiective antropice, se execută lucrări de ancoraje din piloți de lemn sau beton armat, legați între ei prin moaze de dulapi (grinzi).

Când alunecările de teren au fost declanșate de către eroziunea laterală sau în adâncime, datorată scourerii prin albia râurilor, torenților sau chiar a revenelor, sunt necesare: lucrări de consolidare a malurilor prin intermediul gabioanelor, blocurilor de piatră sau beton, diverse îmbrăcămînți etc., lucrări de apărare indirectă a malurilor prin colmatare cu ajutorul epiurilor, digurilor de dirijare, pragurilor de fund, lucrări transversale sub formă de praguri și baraje pe ravene și alte formațiuni ale rețelei torențiale, taluzarea malurilor înalte (Băloi și Ionescu, 1986).

Pentru punerea în practică, a schemelor de amenajare a alunecărilor de teren, sunt necesare studii de specialitate, care să ofere informații obiective de ordin geologic (structură, stratificație, înclinarea stratelor, proprietățile fizico-mecanice ale rocilor etc.), hidrogeologic (chimismul apelor subterane, surse de alimentare cu apă a acviferului etc.), geomorfologic (pantă, adâncimea patului de alunecare, morfologia râpei de desprindere și a corpului alunecării), pedologic (tipuri de sol, caracteristicile orizonturilor pedologice etc.), precum și informații despre utilizarea terenului și contextul social-economic al suprafeței care urmează să fie amenajată.

Lucrări de amenajare a terenurilor afectate de alunecări. În funcție de condițiile locale, de importanța suprafețelor afectate și de resursele existente, pe terenurile afectate de alunecări, cu scopul stabilizării lor și introducerii în circuitul economic, se pot aplica mai multe tipuri de lucrări, dintre care se evidențiază următoarele: lucrările de nivelare-modelare, realizarea de canale deschise și drenuri, lucrările de sprijinire (zidurile de sprijin, contrabanchetele, ancorajele) etc.

Lucrările de modelare-nivelare se efectuează doar pe terenuri înclinate și au o arie de aplicare destul de restrânsă, din cauza costurilor ridicate. Ele implică practic refacerea planurilor înclinate, pe terenuri ușor denivelate, din cauza alunecărilor recente; sunt rentabile sub aspect economic, la volume ale terasamentelor mișcate de sub 800 m³/ha (Băloi și Ionescu, 1986).

Se disting două tipuri de lucrări de modelare–nivelare, care se pot aplica pe terenurile afectate de alunecări (fig. 4. 14): modelarea uniformă (constituie forma radicală a lucrărilor de modelare, aplicabilă suprafețelor afectate de adâncimi până la 1 – 2 m, fără să se mai păstreze morfologia anterioară a versantului) și modelarea variabilă (în comparație cu precedenta ea are un caracter mai conservativ păstrându-se morfologia versantului, din cauza denivelărilor mai mari de 2 m, care nu se pot nivela complet).

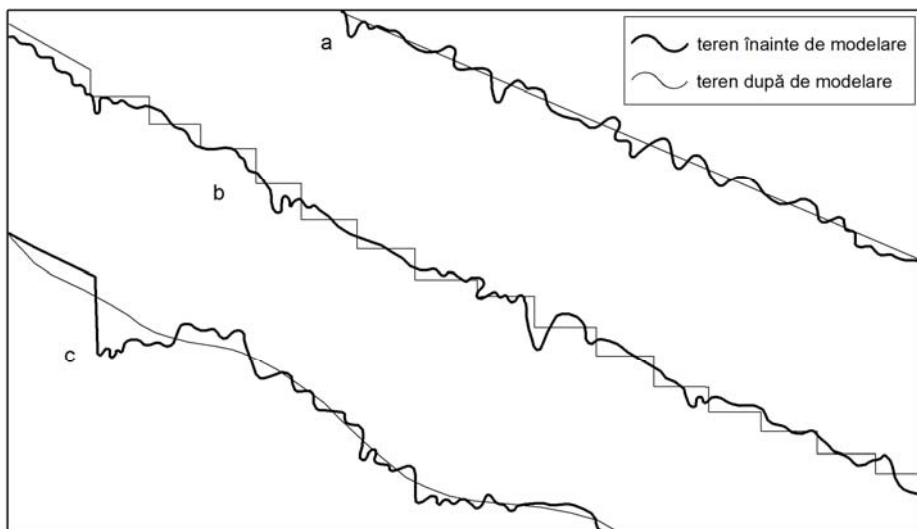


Fig. 4. 14. Scheme de modelare-nivelare a terenurilor (Moțoc et al., 1975, p. 231)

La aplicarea unor astfel de lucrări, mai ales pe terenuri agricole, o atenție deosebită trebuie acordată orizontului fertil de sol, care trebuie păstrat la suprafața terenului, tocmai pentru a asigura elementele nutritive necesare creșterii vegetației cu rol de stabilizare a terenului.

Uniformizarea suprafeței terenului, prin modelare-nivelare, se poate realiza în două moduri:

- cu decopertarea orizontului de sol; o astfel de intervenție se recomandă pe suprafețe de teren uniforme (sub aspectul declivității) și pe terenuri cu fertilitate scăzută. După nivelarea suprafeței afectate de alunecări de teren orizontul de sol decopertat se împrăștie uniform;

- fără decopertarea orizontului de sol; aplicarea nivelării terenului în acest fel este indică pe solurile profunde, formate îndeosebi pe un substrat geologic care are în componență loess.

Pentru a se conserva solul, de cele mai multe ori când se aplică metoda de modelare-nivelare, se urmărește păstrarea formei generale a reliefului. În acest mod

volumul de sol și rocă mobilizat este mai redus, asigurându-se în același timp condiții suficient de bune pentru realizarea mecanizată a lucrărilor agricole.

Nivelarea și modelarea terenurilor afectate de alunecări constituie o lucrare de bază, care se poate aplica cu succes pe terenurile afectate de alunecări recente, cu profunzimi de până la 2 - 3 m.

Pe terenurile uniforme și prea puțin frământate, de către procesul de alunecare (denivelări de ordinul zecilor de centimetri), a căror declivitate nu depășește 10 – 15%, se poate aplica nivelarea în plan înclinat. În schimb la valori mai mari ale pantei o astfel de nivelare ar fi corespunzătoare doar în cazul folosirii terenului pentru pajiști (Băloiu, 1980).

Nivelarea în plan înclinat nu se recomandă astfel pe toate terenurile afectate de alunecări, deoarece ar necesita un volum de terasamente de ordinul miilor de m³ și ar face imposibilă conservarea solului și a vegetației existente pe corpurile de alunecare.

În urma modelării terenului suprafața versantului devine ondulată uniform înregistrând o pantă, în sensul direcției de curgere, de minimum 3 – 4%, tocmai pentru a se evita stagnarea apei (Băloi și Ionescu, 1986). Conform autorilor citați, forma ondulată a suprafeței terenului, precum și variația pantei în sensul curgerii, permit reducerea semnificativă a volumului de terasamente și asigurarea condițiilor de conservare a vegetației, rămase pe suprafața terenului; prezența vegetației pe terenurile prevăzute cu lucrări, pentru combaterea alunecărilor, contribuie la atenuarea procesului de eroziune realizat de către pluviodenudare și scurgerea concentrată a apei. Prezența unor sectoare cu declivități mai mari de 5% ar favoriza concentrarea și scurgerea turbulentă a apei provenite din precipitații, fapt care poate fi soldat cu dezlănțuirea eroziunii.

Când denivelarea terenului afectat de alunecări este de ordinul metrilor se recomandă modelarea variabilă parțială (Băloiu, 1980), iar apoi împădurirea suprafețelor respective. Modelarea variabilă parțială constă de fapt numai din astuparea crăpăturilor, din teșirea, netezirea sau înlăturarea elementelor mai proeminente ale corpului alunecării, din astuparea parțială a depresiunilor adânci și înguste, asigurându-se astfel condiții minimale pentru plantarea puietilor, cu mișcări de terasamente cât mai reduse (Băloiu, 1980). Dezavantajele acestui tip de modelare rezidă din imposibilitatea evacuării apei, prin mijloace eficiente, din microdepresiunile închise, care rămân pe corpul alunecării sau la limita dintre acesta și râpa de desprindere.

Lucrările de modelare a terenului trebuie să aibă în vedere astuparea deschiderilor din corpul alunecării și atenuarea asperităților mari ale acestuia (trepte, valuri și monticuli), care sunt specifice terenurilor cu masa alunecată foarte fragmentată. Crăpăturile existente pe corpul alunecării facilitează infiltrația și circulația necontrolată a apei (Surdeanu, 1998).

Aplicarea unor astfel de lucrări împiedică pătrunderea rapidă a apei în corpul alunecării, fapt care ajută la evacuarea ei (Traci, 1985). În lipsa oricărei nivelări, a

corpului alunecării de teren, solul și roca aferentă marilor asperități se usucă exagerat în perioadele secetoase, înrăutățind condițiile staționale necesare speciilor din componența plantațiilor forestiere, pe cale de înființare.

În situația versanților caracterizați de o mare neuniformitate a declivității, pentru reducerea volumului de sol și rocă mobilizat, se recomandă ca aplicarea metodei de modelare-nivelare să se efectueze pe parcele (Mihaiu et al. 1985). În acest mod volumul de sol și rocă mobilizat este mai redus, la fel și costurile, iar suprafețele prelucrate vor avea un traseu rectiliniu și aspect de terasă.

Prin punerea în practică a modelării-nivelării trebuie satisfăcute cerințe economice (prin manevrarea unui volum cât mai redus de rocă și sol), cerințe agrotehnice (păstrarea la partea superioară a terenului a orizonturile fertile ale solului), precum și asigurarea condițiilor de pantă necesare efectuării mecanizate a lucrărilor agricole, respectiv a evacuării apelor de suprafață (fără a favoriza eroziunea).

Asigurarea unei fertilități uniforme, pe terenurile supuse modelării și nivelării, se poate grăbi prin aplicarea unor cantități suplimentare de îngrășăminte organice și minerale (Mureșan et al., 1992).

În situația în care pe suprafețele afectate de alunecări de teren, ce urmează să fie supuse modelării-nivelării, sunt necesare lucrări de captare a izvoarelor, de drenaj, de sprijinire a maselor alunecate, acestea trebuie executate anterior intervenției.

Avantajele nivelării versanților sunt numeroase, ele rezolvând următoarele probleme: mențin o pantă uniformă pe suprafața versantului, împiedicând astfel concentrarea scurgerii apei, cea care favorizează eroziunea solului; se obțin pante longitudinale continue pentru canale, dușee și terase, asigurând astfel o funcționare bună a lucrărilor de interceptare a scurgerii; se reduce numărul de limite obligate, care trebuie respectate la stabilirea soarelui și parcelelor de lucru; simplifică realizarea mecanizată a lucrărilor agricole; oferă condiții optime pentru realizarea lucrărilor de-a lungul curbilor de nivel, fapt care crește rolul hidrologic al lucrărilor; permite efectuarea lucrărilor de pregătire a terenului la o adâncire uniformă și realizarea în condiții mai bune a lucrărilor de întreținere a culturilor și de recoltare; se introduc în circuitul economic terenuri care nu au putut fi folosite din cauza reliefului (Moțoc et al., 1975).

Lucrările de modelare-nivelare, precum și cele de umplere cu pământ a microdepresiunilor se pot realiza cu buldozerul sau cu grederul; la alegerea utilajelor se va ține cont de grosimea și volumul stratului de sol și rocă, ce trebuie manevrat. Efectuarea mecanizată a modelării-nivelării implică deplasarea buldozerului în lungul râpei de desprindere, pentru a nu deranja semnificativ orizonturile de sol de pe terenul din vecinătatea locului de desprindere a alunecării. Dacă în urma lucrărilor realizate cu buldozerul suprafața terenului nu rămâne suficient de uniformă, este obligatorie netezirea prin cu ajutorul nivelatorului cu lamă, tractat sau cu polidiscul (Moțoc et al., 1975).

Canalele deschise au rolul de a intercepta apele provenite din precipitații și izvoarele care se scurg pe suprafața terenului. În același timp, canalele deschise au și rol de a opri accesul apei, de la partea superioară, pe terenul afectat de alunecare.

Din acest motiv amplasarea lor are loc în aria de influență, începând din apropierea frontului de desprindere și continuând pe corpul alunecării. Pentru a intercepta cât mai mult din apele de infiltrație, ele pot avea o adâncime de până la 1,5 m; de asemenea pentru a nu pierde apa captată ele trebuie să fie impermeabilizate cu materiale elastice de tipul celor bituminoase sau cu argilă (Băloi și Ionescu, 1986). Traseul canalelor deschise, pe suprafața corpurilor de alunecare, este foarte neregulat (fig. 4. 15), fiind obligatorie folosirea micilor talveguri naturale existente (Băloiu, 1980).

Sub aspect constructiv, lucrările de drenaj trebuie să fie independente, pentru a asigura scurgerea apei și în situația în care alunecarea se reactivează. Din acest motiv, o parte a lucrărilor specifice se execută pe terenurile stabile de lângă alunecarea de teren (Florea, 1979). Indiferent de poziție, lucrările de drenare trebuie executate pe un pat stabil. În rocile friabile panta canalelor nu trebuie să fie mai mare de 2‰.

Dirijarea excesului de apă, prin intermediul canalelor deschise, trebuie făcută fără a favoriza eroziunea prin intermediul curenților concentrați.

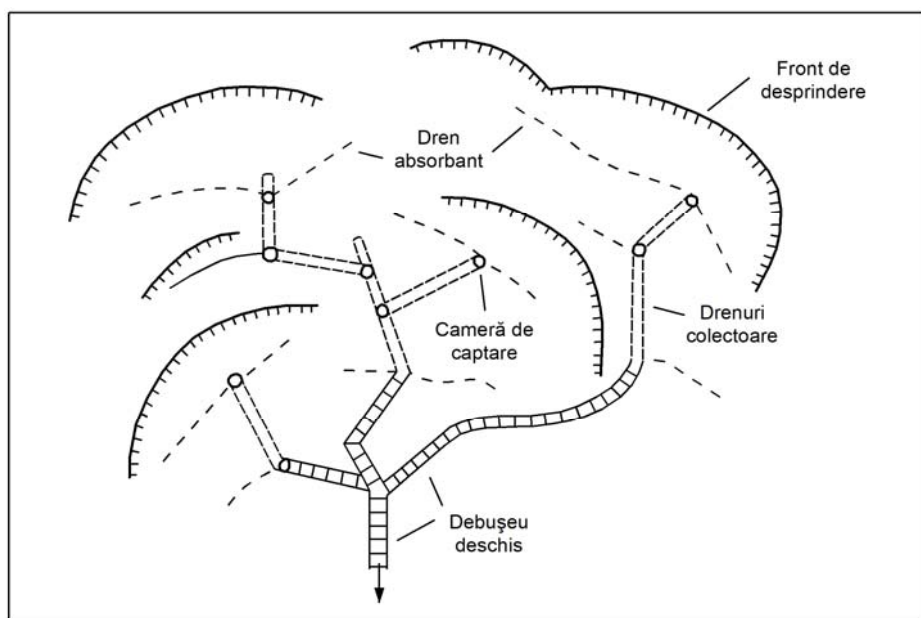


Fig. 4. 15. Schemă de captare a izvoarelor și de drenaj (Băloiu, 1980, p. 154)

Drenurile sunt considerate cele mai eficiente lucrări de înlăturare a apei, de pe terenurile afectate de alunecări, din cauza eficienței sporite de evacuare a apei, prezentă în exces, sub formă de straturi și pungi acvifere (Băloi și Ionescu, 1986). După autorii

citați, cel mai potrivit este drenajul subteran orizontal, de tip sistematic, amplasat la adâncime mică (1,2 – 2,5 m), corespunzător situației hidrogeologice de tipul curenților cu nivel liber; în situația terenurilor cu nivel freatic la adâncimi de 2 – 3 m, este suficient un drenaj subteran, la adâncimi mai mici decât cea a patului de alunecare, cu condiția să intercepteze toate fluxurile de apă ce pătrund în versant și să mențină nivelul apelor freatice în poziția existentă anterior stării de exces.

Drenurile recomandate, pentru terenurile afectate de alunecări, trebuie să nu fie rigide, pentru a rezista la eventualele mișcări, să fie protejate împotriva colmatării, să aibă caracteristici hidraulice bune și capacitate de captare mare (Băloi și Ionescu, 1986). Autorii citați, menționează că cele mai corespunzătoare drenuri sunt cele din PVC riflat, prevăzute cu orificii (fante), cu diametru de 6 cm, cu șase rânduri de fante; în lipsa acestora se pot utiliza drenuri de piatră spartă, dispusă după principiul filtrului invers, cu pietrele cele mai mari spre ax; ele se aranjează sub formă de tranșee drenante, pe traseele de concentrare a scurgerii subterane.

Captarea izvoarelor se face cu ajutorul drenurilor de colectare-evacuare, închise sau deschise, direcționate de la izvor spre aval, pe traseul unui talveg natural sau pe linia de cea mai mare pantă (Băloi și Ionescu, 1986). Lungimea drenurilor absorbante se stabilește în funcție de lungimea frontului de izvoare, în timp ce lățimea, cu valori între 30 – 50 cm, se alege prin raportare la valoarea debitului, folosind relația:

$$Q = K H I L + q_i \text{ (l/s)}$$

în care: K este coeficientul de filtrație al stratului acvifer (cm/s); H — grosimea stratului acvifer (m); I — panta nivelului apei în lungul stratului acvifer (zecimal); L — lungimea drenurilor absorbante (m); q_i — debitul izvorului sau izvoarelor captate (l/s) (Băloi și Ionescu, 1986).

În situația versanților cu exces de umiditate, tocmai din cauza pericolului de alunecare, schema drenajului nu trebuie să cuprindă o rețea densă de drenuri uniform repartizate, ca distanță și adâncime, așa cum se întâmplă în cazul luncilor. În cazul versanților, îndeosebi când predominante sunt argilele circulația apei nu se face uniform, ci doar pe anumite trasee, dispuse cât se poate de neuniform (Băloiu, 1980). Din acest motiv, conform autorului citat, astfel de trasee sunt cele mai potrivite pentru amplasarea drenurilor; în teren ele se recunosc prin prezența aliniamentelor de izvoare, mustiri ale apei, vegetației higrofilă și microrelief specific.

De obicei, apariția la zi a apelor subterane se produce la partea inferioară a versanților afectați de alunecări de teren. Din această cauză, captarea izvoarelor și aplicarea drenajului în aceste locuri se dovedesc eficace în stabilizarea terenului, întrucât prin eliminarea apei se creează un masiv uscat, care se comportă ca un reazem (Băloiu, 1980).

Eficacitatea drenajului subteran depinde de abilitatea de a intercepta sursa de apă, precum și de gradul de permeabilitate a rocilor, prin intermediul cărora se asigură accesul apei în dren.

Prin drenaj subteran se coboară nivelul freatic, ceea ce reduce presiunea apei din porii rocilor sau presiunea hidrostatică din fisuri, se îndepărtează apa din corpul alunecării și se preia fluxul de apă din terenurile limitrofe alunecării. Drenajul subteran poate fi orizontal, vertical sau combinat, iar pentru realizarea lui se folosesc foraje, tranșee de drenaj, puțuri sau galerii (Florea, 1979).

Drenajul apelor de suprafață și din subteran constituie o măsură foarte eficientă de combatere a alunecărilor de teren (Takahashi, 2007). În acest mod se evită sau se reduce înmuierea rocilor de la partea superioară a terenului (în cazul precipitațiilor) sau din profunzime (în cazul apelor subterane). Apa provenită din precipitații sau din subteran influențează stabilitatea versanților, atât prin eforturile exercitate asupra masivului de pământ, cât și prin slăbirea rezistenței pământului (Bally și Stănescu, 1977).

Principalele dificultăți întâmpinate, în drenarea excesului de apă, sunt: argilele cedează foarte greu apa; circulația apei nu se face prin masa lor, ci pe căi preferențiale (mai mult sau mai puțin uniforme și grupate pe anumite trasee); drenurile executate pot fi afectate de masa de pământ neomogenă în curs de stabilizare, și astfel se pot rupe și sunt scoase din funcțiune; drenurile propuse nu reușesc să capteze toată apa, ceea ce face ca efectul de uscare să fie prea lent; uneori drenul se poate transforma într-un colector necontrolat de apă, care înrăutățește situația versantului (Bally și Stănescu, 1977; Călinovici, 2008).

Pentru surmontarea dificultăților menționate se recomandă: realizarea de tranșee drenante pe linia de cea mai mare pantă (care în adâncime ajung până la roca de bază stabilă), executarea unor drenuri în spic sau arcade de drenuri (care să intercepteze apa pe întreaga lățime a versantului instabil), efectuarea unor foraje orizontală, care să permită executarea de drenuri radiale, fără să fie necesară deschiderea de tranșee (sunt dificil de executat, nu doar din cauza dificultăților și volumului mare de excavații, dar și pentru că deschid tăieturi dirijate aproximativ pe curbe de nivel, ceea ce dăunează stabilității versantului) etc. (Bally și Stănescu, 1977).

Lucrările de sprijinire includ, la modul general, zidurile de sprijin, contrabanchetele și ancorajele.

Zidurile de sprijin se utilizează pentru stabilizarea părții inferioare a alunecării de teren, față de care se dispun perpendicular (fig. 4. 16). Ele se realizează din zidărie de piatră uscată sau cu mortar de ciment, din beton simplu sau armat. Când sunt din zidărie uscată acestea pot avea înălțimi de până la 2 m; cele din piatră cu mortar sau beton pot avea înălțimi mai mari, dar fiind impermeabile trebuie prevăzute cu drenuri care să conducă apele la baza paramentului aval; în funcție de cerințele de rezistență, zidurile de sprijin pot fi prevăzute cu contraforți (Băloi și Ionescu, 1986).

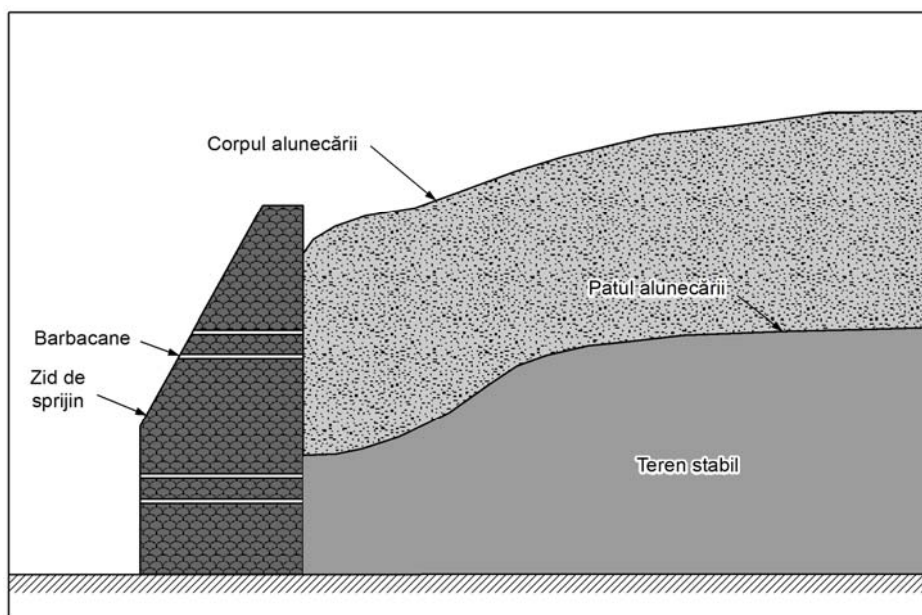


Fig. 4. 16. Zid de sprijin pentru stabilizarea alunecării de teren

De asemenea, zidurile de sprijin au rolul de prelua împingerea realizată de către corpul alunecării. Fiind vorba de mase de sol și rocă instabile, partea inferioară a zidurilor de sprijin trebuie încastrată în roca stabilă, aflată sub patul alunecării (Florea, 1979). Alături de folosirea zidurilor de sprijin, pentru stabilizarea alunecărilor de teren, ele se recomandă și în scopul prevenirii acestora, mai ales atunci când primesc rol de a proteja baza unui versant, contra eroziunii râurilor.

Contrabanchetele au atribuții de reazim artificial și sunt indicate mai ales în cazul debleurilor și rambleelor, precum și debleurilor instabile, specifice digurilor, barajelor de pământ, șoselelor, căilor ferate, malurilor etc.; acestea trebuie dimensionate ca lățime și înălțime în așa fel încât să preia forțele ce acționează asupra versantului; se realizează din pământ, anrocamente, gabioane etc. (Băloi și Ionescu, 1986); se construiesc la partea inferioară a versanților (fig. 4. 17).

Ele se pot executa din pământ compactat, pietriș, anrocamente de piatră mare, căsoaie, gabioane și beton. La realizarea contrabanchetelor, în locuri cu exces de umiditate, între acestea și versant este necesară intercalarea unui strat drenant, iar în contrabanchetă tot pentru evacuarea apei se pun drenuri transversale din loc în loc (Băloiu, 1980).

Contrabanchetele ajută la creșterea gradului de stabilitate a versanților, atât prin propria greutate, măbind forțele de rezistență, cât și prin rezistența la forfecare, mult mai mare a materialelor din care sunt realizate (Florea, 1979). În natură, rol de contrabanchetă

pentru versanți înalte sau terasele fluviale aluvionare; acestea primesc rol de contraforți naturali, contribuind la stabilizarea versanților afectați de alunecări (Florea, 1979).

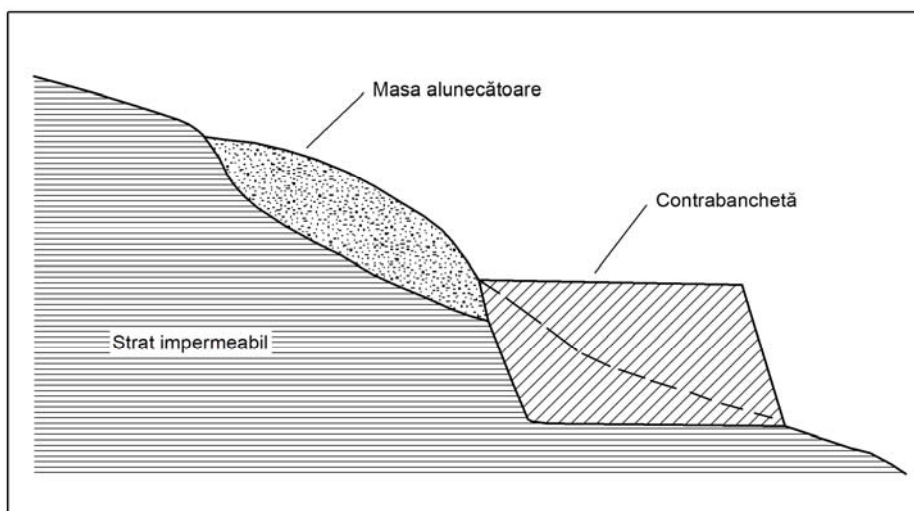


Fig. 4. 17. Contrabanchetă (Lulea et al., 2002, p. 123)

Ancorajele constituie elemente de sprijin utilizate în situația alunecărilor de teren plastice și reduse ca suprafață; ele pot fi sub formă de pari de rezistență sau gărdulețe, piloți din lemn sau din beton armat, coloane de rezistență, în conformitate cu adâncimea alunecării; toate aceste elemente se introduc prin corpul alunecării până la stratul stabil, prin batere sau cu ajutorul forezelor (Băloi și Ionescu, 1986). Utilizarea piloților, pentru combaterea alunecărilor de teren, se dovedește uneori limitată, deoarece rocile argiloase, cu consistență redusă, pot curge printre piloți (Florea, 1979).

Există și posibilitatea folosirii de ancoraje forate și post-tensionate, pentru sprijinirea terenurilor afectate de alunecări. Lucrarea presupune forarea până la orizontul de rocă stabilă, iar apoi are loc introducerea de tiranți (tije sau cabluri), care se fixează prin injectate în masivul stabil (Băloiu, 1980). Capătul exterior al tiranților este prins cu o placă și prevăzut cu un dispozitiv de posttensionare (fig. 4. 18). În acest fel masivul instabil, de la suprafața terenului, este comprimat și fixat, de cel stabil din profunzime (Bally și Stănescu, 1977).

Pe suprafața terenului, peste capetele ancorelor, se așază o plasă de sârmă, care se fixează cu o plăcuță metalică de fiecare ancoră (Florea, 1979). Rolul plasei de sârmă este de a împiedica detașarea din versant sau taluz a fragmentelor de rocă, de mici dimensiuni.

Din cauza efectului static al ancorelor și al cablurilor pretensionate se măresc forțele de rezistență pe suprafața de alunecare. Ancorele din fier beton se introduc în găuri forate, dispuse sub formă de rețea, după care se betonează (Florea, 1979). Încadrarea ancorelor

se face la partea inferioară a patului alunecării. Pentru a fi protejate de agenții corozivi, ancorele pot fi protejate prin intermediul soluțiilor cu bitum, care se injectează în găurile de prindere, sau prin acoperirea lor cu o folie de polietilenă înainte de injectarea găurii cu lapte de ciment (Zaruba și Mencl, 1974).

În funcție de caracteristicile terenului afectat de alunecare forajele pot avea și direcții oblice, nu doar verticale, tocmai ca tirantul să direcția normală pe suprafața de alunecare (Băloiu, 1980).

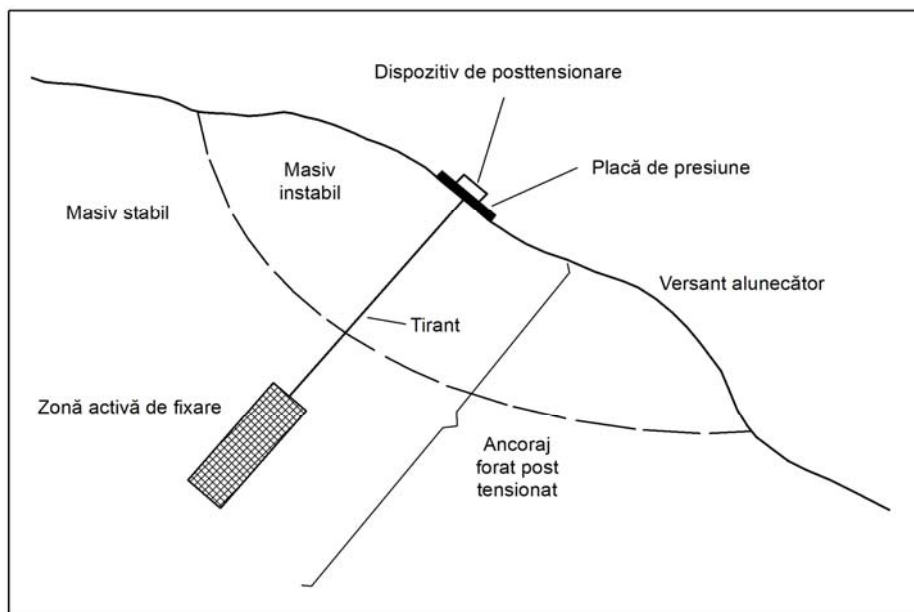


Fig. 4. 18. Schiță de principiu a consolidării prin ancoraje forate (Bally și Stănescu, 1977, p. 113)

Folosirea ancorelor și a cablurilor pretensionate se recomandă pentru stabilizarea stâncilor instabile, precum și a alunecărilor de teren de dimensiuni reduse. Aceste elemente, denumite și piloți antialunecare, folosesc efectul de ancorare al stratului stabil pentru a contrabalansa forța de alunecare și a stabiliza terenul (Cui, 2022).

Combaterea alunecărilor de teren, prin intermediul structurilor de rezistență, trebuie abordată și sub aspect economico-financiar. Fiind vorba de lucrări ingineresti, care necesită personal calificat și materiale scumpe, nu orice alunecare de teren poate fi stabilizată prin intermediul lor.

În aceeași ordine de idei se poate adăuga că substratului geologic, afectat de alunecări de teren se poate consolida intern în funcție de consistența, înclinarea și grosimea corpului alunecării. Principalele tipuri de consolidări, mai puțin pretențioase, sunt următoarele: consolidare prin garduri vii (se folosește în cazul

alunecărilor superficiale, de până la 0,5 m profunzime; ele se realizează din salcie împletită), consolidare prin terase cu așternut de ramuri (se aseamănă cu precedentul, doar că terasele sunt mai late; alături de salcie și răchită se pot folosi și alte tipuri de ramuri), consolidare prin piloți (aceștia se confecționează din stejar, au grosimea de 20 – 30 cm, lungime de câțiva metri și se bat cu maiul, berbecul sau soneta în stratul alunecat, până alung la roca stabilă) (Bădescu, 1972).

Lucrările de consolidare a părții inferioare a versanților prezintă o importanță deosebită, fiind recomandate în situația alunecărilor de teren cauzate de distrugerea sprijinului de bază, deoarece au fost subminate de către râuri și torenți sau au fost favorizate de realizarea debleurilor, necesare construirii drumurilor. Din categoria acestor lucrări se pot menționa: zidurile de sprijin, din zidărie uscată, zidărie cu mortar sau din beton (Traci, 1985). Alături de acestea, conform autorului citat, atunci când versantul este subminat la partea inferioară trebuie adăugate și lucrările hidrotehnice transversale (cleionaje, praguri și baraje), care prin aterisamentele ce intră în componența lor, susțin baza versanților.

Îmbunătățirea proprietăților fizico-mecanice ale rocilor se face nu doar în scopul optimizării calității rocilor din componența versanților, ci și pentru stabilizarea alunecărilor de teren. În demersul de îmbunătățire a proprietăților fizico-mecanice ale rocilor se pot folosi diverse metode (electroosmoză, congelarea rocilor etc.), dintre care se remarcă injectarea rocilor. Prin aplicarea acesteia din urmă se îmbunătățesc substanțial proprietățile fizico-mecanice ale rocilor, se consolidează terenurile și se reduc posibilitățile de formare a alunecărilor de teren (Florea, 1979). Conform autorului citat, injecțiile pot fi făcute cu lapte de ciment sau de var, silicat de sodiu, rășini sau alte substanțe chimice. Astfel de intervenții au însă un cost ridicat și dau rezultate bune numai când în substrat sunt nisipuri cu diametrul de cel puțin 0,1 mm (Eckel, 1958).

Valorificarea terenurilor stabilizate și în curs de stabilizare, pe care au fost executate lucrări specifice, se poate realiza diferențiat în funcție de gradul de frământare și amenajările aplicate (Băloi și Ionescu, 1986). Ca urmare, cele mediu și puțin fragmentate vor fi valorificate agricol, în timp ce terenurile foarte fragmentate se vor valorifica prin împădurire.

Referitor la **utilizarea agricolă**, sub formă de teren arabil, atunci când panta și stabilitatea permit, se pot înființa inclusiv culturi agricole. Pentru ca acestea să fie de succes, în condițiile în care învelișul pedologic nu este foarte fertil, trebuie să protejeze și să amelioreze solul, contribuind în continuare la stabilizarea terenului.

Alături de culturile agricole, când acestea sunt posibile, înființarea de pajști și de plantații silvice reprezintă cele mai potrivite folosințe, pentru valorificarea terenurilor afectate de alunecări. O astfel de utilizare contribuie la ameliorarea proprietăților solului și la stabilizarea terenului, prin regularizarea regimului hidric și termic, precum și prin consolidare mecanică a orizontului în care se dezvoltă rădăcinile.

Înierbarea și plantarea terenurilor, cu diverse specii de arbori, contribuie semnificativ la combaterea alunecărilor de teren, mai ales atunci când se aplică după nivelarea terenului și drenarea apelor de suprafață și din subteran.

Înierbarea terenurilor amenajate, pe motivul că nu oferă perspective pentru folosințe agricole intensive, se face prin însămânțare și plantare de specii pentru realizarea unui covor vegetal ierbos bine încheiat, care să acopere terenul cât mai bine; se folosesc în acest scop amestecuri formate din 5 – 10 specii de graminee și leguminoase, cu predominarea celor din urmă, care sunt recunoscute ca mari consumatoare de apă (Bally și Stănescu, 1977).

De exemplu, se poate însămânța un amestec de scurtă durată (2-3 ani), care cuprinde 65-75% leguminoase și 35-25% graminee; ulterior datorită îmbunătățirii regimului hidrologic al solului, se poate trece la însămânțarea unui amestec multianual (7-10 ani), format din 8-10% leguminoase și 90-92% graminee (Bally și Stănescu, 1977). Cele mai potrivite specii, conform sursei citate sunt: *Agrotis alba* (iarba câmpului), *Alopecurus pratensis* (coada vulpii), *Dactylis glomerata* (golomăț), *Lolium perene* (zizanie), *Festuca pratensis* (păiuș de livadă), *Festuca rubra* (păiuș roșu), *Phalaris arundicata* (ierbăluță), *Phaleum pratense* (timofică), *Poa pratensis* (firuță), *Lotus corniculatus* (ghizdei), *Trifolium hybridum* (trifoi hibrid), *Trifolium pratense* (trifoi roșu) și *Trifolium repens* (trifoi alb).

Dintre exemplele de amestecuri propuse menționez: pentru o pajiște folosită ca fâneată, timp de 2 – 3 ani, se folosesc următoarele specii: graminee (*Agrotis alba* - iarba câmpului 15%, *Poa palustris* – firuța de baltă 10% și *Dactylis glomerata* - golomăț 5%) și leguminoase (*Lotus corniculatus* - ghizdei 35% și *Trifolium hybridum* – trifoi hibrid 33%), iar pentru o pajiște folosită ca pășune 7 – 10 ani: graminee (*Agrotis alba* - iarba câmpului 25%, *Festuca rubra* - păiuș roșu 20%, *Poa pratense* - firuță 15% și *Dactylis glomerata* - golomăț 10%) și leguminoase (*Lotus corniculatus* - ghizdei 5% și *Trifolium pratense* – trifoi roșu 5%) (Bally și Stănescu, 1977).

Adâncimea la care se pun semințele depinde de textura solului; în cazul solurilor argiloase semințele se îngroapă la 1 - 1,5 cm, iar în situația celor lutoase la 2 - 3 cm (Bally și Stănescu, 1977). Pentru a răsări uniform, leguminoasele trebuie semănate primăvara, prin împrăștiere, după ce terenul s-a zvântat și nu se mai înregistrează temperaturi negative.

Pajiștile înființate pe această cale pot fi plantate cu specii pomicole, cum este nucul, tocmai pentru a se asigura o folosință mai intensivă a terenului amenajat.

Prin înierbare terenul este protejat de eroziunea realizată de pluviodenudație și denudație peliculară, fapt care determină în același timp reducerea umidității în orizontul de teren ocupat de rădăcini.

Împădurirea terenurilor amenajate, pentru combaterea alunecărilor de teren, s-a dovedit utilă de-a lungul timpului, deoarece: vegetația forestieră reține o parte din apa precipitată în coronamente și litieră, efectuează un drenaj eficient

prin consumul semnificativ de apă din substrat, pe care îl elimină apoi prin evapotranspirație, mărește coeziunea substratului prin intermediul rădăcinilor arborilor și a arbuștilor, care formează o țesătură deasă pe adâncimea 0,5 – 2,5 m (Traci, 1985). Speciile iubitoare de apă, recomandate în acest sens, sunt: plopul (alb și tremurător), salcia, frasinul, pinul, bradul etc.; de exemplu un pin poate absorbi până la 20 litri de apă pe zi (Jafari et al, 2022), iar un brad până la 65 de litri (Gray și Leiser, 1982).

Deoarece prin mecanismul de absorbție al apei, de către rădăcini, se contribuie la reducerea umidității solului și la scăderea greutateii substratului, se consideră că arborii și arbuștii sunt mai eficienți, în comparație cu plantele erbacee, pentru stabilizarea terenului (Jafari et al., 2022).

După cum s-a mai menționat și în alte secțiuni ale lucrării, pădurea reține o mare cantitate din apa ploilor, pe care apoi o redă direct în natură, prin evaporare, evitându-se astfel infiltrarea ei în teren. Coronamentul arborilor poate reține până la 30-68% din cantitatea totală de precipitații, după cum se întâmplă în cazul pădurilor de conifere (Florea, 1979).

Referitor la consumul apei din substrat, o dovadă în acest sens o reprezintă faptul că apa subterană se găsește la adâncimi mai mari în zonele împădurite, comparativ cu cele din împrejurimi, în aceleași condiții de structură, litologie și surse de alimentare; consumul de apă diferă în funcție de specie; de exemplu salcâmul consumă circa 40 l apă pe zi (Florea, 1979).

Pădurea contribuie la stabilizarea terenului și prin efectul de armare pe care îl au rădăcinile; acestea ajung până la 6-12 m adâncime, chiar 25 în cazul fagului (Florea, 1979). Rădăcinile fiecărui copac se extind pe orizontală pe o distanță de până la 10 – 12 m sau chiar mai mult.

Înainte însă de realizarea plantațiilor forestiere trebuie executate o serie de lucrări specifice, de tipul celor menționate anterior, care au rol de eliminare a apei și de consolidare a terenului.

Speciile cele mai recomandate, pentru înființarea de plantații, pe terenurile afectate de alunecări, dar stabilizate, sunt: pinul silvestru, pinul negru, salcâmul, stejarul și gorunul, nukul, paltinul de câmp și de munte, aninul alb, sălciile, plopii, frasinul, cireșul, vișinul turcesc, sălcioara, cătina albă; ele pot fi folosite în buchete pure sau în amestec (Traci, 1985). Autorul citat recomandă o desime a culturilor de: 3.000 – 5.000 puieți la hectar, în cazul salcâmului; 4.000 – 6.700 puieți la hectar, în cazul culturilor de pin, în amestec cu foioase și în cazul culturilor de stejar sau gorun în amestec cu alte specii foioase; 5.000 – 6.700 puieți la hectar, în cazul culturilor de sălcioară; 6.700 – 13.000 puieți la hectar, în cazul culturilor de cătină albă; 13.000 puieți la hectar, în cazul plantațiilor în cordon de pe suprafețele de alunecare. După pregătirea condițiilor staționale, plantarea puieților se poate face, de obicei, în gropi de 30 x 30 x 30 (până la 40 x 40 x 30 cm), fără altă pregătire specială a terenului

(după ce anterior a fost supus lucrărilor de nivelare modelare). Pe râpa de desprindere, a alunecărilor de teren, rezultate bune au dat plantațiile în cordon, cu cătină albă sau anin, plantațiile pe terase susținute de gârdulețe și plantațiile în despicătură (la pante de 40 – 60°) (Traci, 1985).

Când suprafețe care trebuie împădurite sunt extinse, cele mai bune rezultate le-au dat culturile în buchete pure de salcâm, sălcioară, anin, plop, cătină albă, cireș etc.

Dacă s-au utilizat culturi în amestec, de exemplu în cazul pinului, rezultate bune s-au obținut când amestecul s-a făcut în buchete pure de pin de 40 – 100 m², în amestec de buchete de foioase de 20 – 50 m², în timp ce în cazul stejarului, rezultate, la fel bune, s-au obținut când amestecul acestuia cu alte specii de foioase a fost în rânduri pure alterne, intim sau în buchete mai mici (10 – 25 m²) (Traci, 1985).

Cele mai mari dificultăți sunt întâmpinate atunci când se dorește înființarea de plantații pe suprafața râpei de desprindere. Când aceasta are declivități de 45-50°, se plantează cătina albă (*Hippophae rhamnoides*) și uneori aninul negru (*Alnus glutinosa*). Pentru o bună reușită a lucrărilor este indicată o taluzare artificială, caz în care plantarea se face în despicătură, sub protecția gârdulețelor (Bally și Stănescu, 1977).

În funcție de condițiile locale, numărul speciilor, care dau rezultate satisfăcătoare, scade o dată cu creșterea gradului de fragmentare a corpului alunecării de teren și a predominării rocilor argiloase și marno-argiloase (Traci, 1985).

În mod normal, toate terenurile, la nivelul cărora s-au efectuat amenajări, pentru combaterea alunecărilor de teren, pot fi împădurite, cu excepția celor care nu au râpa de desprindere și corpul alunecării complet stabilizat, precum și a celor care încă au porțiuni cu exces permanent de apă.

Cele notate demonstrează că vegetația forestieră nu contribuie doar la prevenirea alunecărilor de teren, ci ea își aduce un aport semnificativ la stabilizarea terenurilor afectate deja de acest proces geomorfologic. Comparativ cu alte mijloace de intervenție, folosirea vegetației forestiere este mai simplă, mai puțin costisitoare și de cele mai multe ori mai eficace (Bădescu, 1972).

Toate aceste argumente, privind efectul de stabilizare a versanților, pledează pentru protecția pădurilor (Florea, 1979). În caz contrar, prin tăierea la ras a pădurilor pe suprafețe mari, se contribuie la declanșarea alunecărilor de teren.

Concluzii. În lipsa unor acțiuni de combatere și stabilizare a alunecărilor de teren se ajunge la scoaterea suprafețelor afectate, de astfel de procese, din circuitul normal al utilizării terenurilor și trecerea lor în categoria terenurilor neproductive. Aceste schimbări atrag după sine dificultăți în utilizarea terenurilor din proximitate, mai ales când acestea sunt folosite în scopuri agricole. În același timp, dacă alunecările de teren sunt lăsate să evolueze și să se dezvolte, prin reactivări succesive, aduc numeroase pagube culturilor existente, căilor de comunicații și obiectivelor antropice.

Comparativ cu alte procese geomorfologice, alunecările de teren produc cele mai importante pagube prin: cantitatea de material care este antrenată, rapiditatea cu

care se efectuează deplasarea, suprafețele scoase din circuitul productiv și daunele provocate așezărilor umane (Surdeanu, 1998; Ioniță, 2000).

Există situații în care degradarea terenurilor nu se face doar prin intermediul unui singur proces geomorfologic. Se asistă astfel la asocierea dintre alunecările de teren și eroziunea torențială, care are loc pe versanți, ceea ce înseamnă o condiționare reciprocă a acestora. De exemplu, ravenele pot declanșa alunecări de teren, iar acestea oferă în continuare condiții pentru extinderea eroziunii torențiale; este așadar necesară aplicarea măsurilor de prevenire și combatere a lor în regim complex (Loghin, 1996).

În multe situații, corpul alunecării de teren, în curs de stabilizare, este afectat de eroziune prin pluviodenudație și curenți concentrați de tipul ogașelor și ravenelor. Dinamica acestor procese trebuie privită ca un factor destabilizator al terenului, cu continuitate și după ce alunecarea a intrat în echilibru (Surdeanu, 1998). În acest context, eroziunea contribuie la degradarea corpului alunecărilor de teren și la furnizarea de aluviuni pentru râuri, fapt care în cele din urmă contribuie la colmatarea albiilor și a lacurilor de acumulare.

La declanșarea alunecărilor de teren contribuie și eroziunea în adâncime realizată de către râuri. Deoarece în acest fel se ajunge la subminarea părții inferioare a versanților, lucrările care urmăresc combaterea alunecărilor de teren trebuie să fie corelate cu cele care au în atenție prevenirea și combaterea eroziunii malurilor. În caz contrar eroziunea în adâncime poate periclita stabilitatea versanților sau poate distruge lucrările executate deja, pentru combaterea alunecărilor de teren.

La subminarea versanților și instabilizarea lor se poate ajunge și în urma intervenției antropice, din cauza amenajării căilor de comunicații, amenajarea traseelor unor conducte, fundarea unor construcții etc. În astfel de cazuri, dacă tăierea bazei versantului este de mică profunzime sau pământul în perioada realizării lor are o rezistență sporită (dacă lucrările se execută vara și pământul este uscat) alunecările de teren nu apar imediat. Declanșarea lor poate avea loc însă ulterior, în condițiile în care amenajările făcute deranjează echilibrul hidric al versantului și favorizează îmbibarea cu apă a terenului (Bally și Stănescu, 1977).

Lucrările de combatere a alunecărilor de teren trebuie realizate imediat după proiectarea lor. În caz contrar, în intervalul dintre proiectare și execuție, alunecare poate evolua, iar măsurile prevăzute la proiectare nu mai sunt potrivite.

Pentru punerea în practică a schemelor de amenajare, a alunecărilor de teren, sunt necesare studii de specialitate, care să ofere informații obiective de ordin geologic (structură, stratificație, înclinarea stratelor, proprietățile fizico-mecanice ale rocilor etc.), hidrogeologic (chimismul apelor subterane, surse de alimentare cu apă a acviferului etc.), geomorfologic (pantă, adâncimea patului de alunecare, morfologia râpei de desprindere și a corpului alunecării), pedologic (tipuri de sol, caracteristicile orizonturilor pedologice etc.) și geotehnic, despre versant.

Din prezentarea modalităților de combatere a alunecărilor de teren se deduce că ele implică investiții materiale și financiare foarte mari. Din aceste motive ele se justifică mai ales când sunt periclitate obiective existente în intravilanul așezărilor sau de-a lungul căilor de comunicații; dacă acestea afectează doar terenuri agricole nu se justifică întotdeauna, raportat la actualele posibilități tehnice și financiare, a celor care dețin terenurile. În același timp executarea și întreținerea lucrărilor reclamă personal calificat și execuție de precizie, ceea ce conduce la costuri ridicate.

Un versant amenajat, pentru stabilizarea alunecărilor de teren, trebuie apreciat în continuare ca susceptibil la reactivarea procesului geomorfologic respectiv. În acest context versanții sunt considerați într-o permanentă dinamică, iar rolul intervenției antropice este de a o dirija, pentru a asigura o stabilitate cât mai bună, pe termen lung. Cu cât intervenția antropică este mai judicioasă, cu atât rolul factorilor stabilizatori va crește, iar al celor negativi, pentru stabilitate, va fi atenuat și încetinit, astfel încât să fie permise noi intervenții pentru corectarea efectului lor (Bally și Stănescu, 1977).

Practic, menținerea stabilității versanților, afectați de alunecări de teren, implică activități de observație și întreținere, permanente, care vor fi cu atât mai ușor de efectuat cu cât mai chibzuită a fost intervenția omului. Reactivarea alunecărilor de teren amenajate necesită reluarea lucrărilor de consolidare a corpului alunecării.

Toate aceste afirmații au rolul de a sublinia importanța lucrărilor de prevenire și combatere a alunecărilor de teren, cu toate că ele se dovedesc costisitoare. Doar prin punerea lor în practică se pot valorifica apoi terenurile amenajate, în scopul unei utilizări raționale.

CAPITOLUL 5

PREVENIREA ȘI COMBATerea DEGRADĂRII ALBIILOR FLUVIALE

5.1. PROCESELE GEOMORFOLOGICE ȘI RELIEFUL ALBIILOR FLUVIALE

Unul dintre cei mai importanți agenți, care modelează scoarța terestră, este reprezentat de apa care curge prin albiile râurilor.

Chiar dacă suprafața ocupată de apa din râuri este de doar 0,58%, din cea a uscatului, neocupat de ghețari (Allen și Pavelsky, 2018), râurile reprezintă unul din agenții majori, care contribuie la modelarea suprafeței terestre și la schimbarea peisajului (Bruce, 2020). Este important de reținut că apa din râuri reprezintă doar 0,0002% din cea existentă pe Terra, respectiv 1% din apa care există pe continente (restul este stocată în subteran, în ghețari și permafrost, în lacuri, în sol, în corpul plantelor și animalelor etc.) (Sorocovschi, 2002).

Dintre formele de relief rezultate, în urma interacțiunii râurilor cu scoarța terestră, se evidențiază, prin dinamica lor, albiile. Prin intermediul lor are loc adâncirea râurilor și geneza formelor de relief din cadrul Domeniului Fluvial, și anume: luncile, terasele, versanții și văile, cu toate morfologia lor de detaliu.

A. Procesele geomorfologice din albiile

Scurgerea apei prin albiile râurilor determină manifestarea proceselor geomorfologice de eroziune, transport și acumulare. Dintre procesele menționate, în funcție de dinamica lor naturală sau influențată antropic, cele care pot conduce la degradarea albiilor sunt eroziunea și acumularea (prin colmatarea unor sectoare).

Chiar dacă eroziunea, transportul și acumularea au loc simultan, în cadrul unui sector de albie, ele devin pe rând dominate, atât în cadrul aceleiași secțiuni, eroziune la mal concav, acumulare la mal convex, cât și de-a lungul întregului râu, când în sectorul superior predomină eroziunea, în cel mijlociu transportul sedimentelor, iar în cel inferior acumularea lor (Roșian, 2023).

Eroziunea fluvială reprezintă consecința interacțiunii apei curgătoare cu patul și malurile albiei. Dinamica acestui proces este complexă, ea diferind de la un râu la altul sau chiar în cadrul sectoarelor aceluiași râu. Diferențierile sunt datorate neuniformității următoarelor variabile: rocă, structură, declivitate, tipul albiei, regimului curgerii, caracteristicile sedimentelor transportate, timpul etc.

La nivelul albiilor eroziunea fluvială se derulează prin intermediul următoarelor mecanisme: impact direct prin intermediul masei de apă aflate în mișcare; dragare sau roadere (prin intermediul sedimentelor aflate în curentul de apă); umectare și îmbibare cu apă (slăbesc legăturile dintre elementele constitutive ale rocilor în care este săpată albia), sfredelire (datorită curgerii turbionare asociată turbioanelor cu ax vertical), subsăpare (Mac, 1976; Loghin, 2009).

În cadrul albiilor, procesul de eroziune fluvială fiind unul complex se manifestă pe verticală, lateral și regresiv.

Eroziunea verticală este realizată de curentul de apă, care acționează împreună cu materialele pe care le transportă. Efectul acesteia devine cu adevărat vizibil în urma viiturilor, când din talveg sunt îndepărtate depozitele fluviale mai vechi și sunt aduse, în câmpul eroziunii, alte orizonturi din roca în loc (Roșian, 2017). Sensul de propagare al eroziunii verticale, care se mai numește și eroziune în adâncime, este dinspre izvor spre gura de vărsare a râului. Dacă eroziunea verticală este predominantă văile se adâncesc și ajung ca în profil transversal să aibă forma literei V.

Eroziunea laterală este rezultatul consumului energiei apei din albie asupra malurilor. Aceasta poate avea loc simultan la ambele maluri sau doar la unul dintre ele, în funcție de tipul albiei: dreapta, meandrată, împletită, anastomozată, anaramificată etc. Dintre tipurile de albie, în cazul celor meandrate eroziunea laterală se manifestă cel mai evident la malul concav. Prin retragerea acestuia și migrarea meandrelor se asistă la geneza unei morfologii specifice, de tipul celei aferente autocaptărilor de meandru. Eroziunea laterală este influențată de cea verticală, îndeosebi pe sectoarele unde acesta din urmă nu se poate desfășura, datorită unui substrat rezistent, caz în care energia disponibilă râului se consumă prin erodarea malurilor (Roșian, 2017).

Eroziunea regresivă înaintază prin albie dinspre nivelul de bază spre izvoare. Aceasta se mai numește eroziune remontantă, iar intensitatea ei este depinde îndeosebi de diferența de nivel existentă pe profilul longitudinal. Eroziunea regresivă se manifestă mai ales la praguri și microcascade, unde vârtejurile formează surplombe, care vor provoca surpări în albie. Cu trecerea timpului pragurile se estompează, ajung la stadiul de repezișuri, se retrag și migrează spre amonte. Propagarea eroziunii regresive, dinspre nivelul de bază spre sectorul superior, conduce pe de o parte la adâncirea albiei, contribuind la eroziunea pe verticală, iar pe de alta provoacă lărgirea ei, prin procese de surpare a malurilor, favorizând deci eroziunea laterală.

Transportul aluviunilor se înscrie în procesul general de morfogeneză și în tendința permanentă a râurilor spre echilibru (Ichim et al., 1989). Deplasarea aluviunilor prin albie este consecința presiunii exercitate de curentul de apă asupra patului aluvial și a malurilor. Rocile din componența patului și malurilor de râu se află permanent sub acțiunea unui ansamblu complex de forțe de antrenare și de

rezistență, în funcție de intensitatea cărora va fi starea generală de antrenare hidrodinamică, care include: repausul, inițierea, dezvoltarea și stingerea transportului aluviunilor (Ichim et al., 1989). Procesul de transport realizează legătura între eroziune și acumulare, motiv pentru care influențează temporo-spațial distribuția sedimentelor în profilul albiei. Una dintre cele mai importante variabile, care influențează transportul materialelor prin albie, este regimul scurgerii apei. În funcție de raportul dintre forțele de vâscozitate și inerție, curgerea apei cu suprafață liberă se poate face în regim laminar, turbulent și tranzitoriu (Ichim et al., 1989).

Prin raportare la tipul și poziția aluviunilor, în cadrul curentului de apă, procesul de transport este de mai multe tipuri: transport de fund (prin târare, rostogolire, saltație etc.), în suspensie și în soluție (fig. 5. 1).

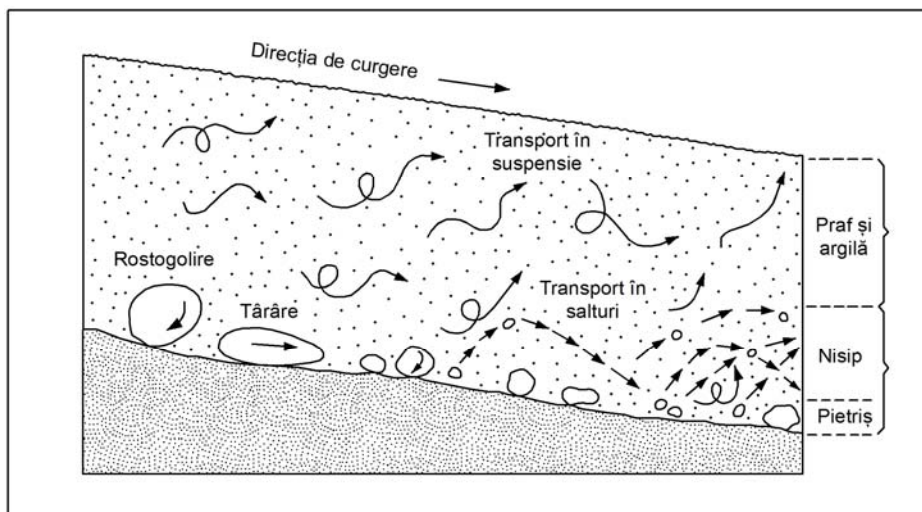


Fig. 5. 1. Transportul aluviunilor prin intermediul apelor curgătoare (Grecu și Demeter, 1997, p. 130)

Cunoașterea modului în care transportul fluvial participă la morfogenează ajută atât la descifrarea genezei formelor de relief din albie, cât și la stabilirea celor mai adecvate măsuri și acțiuni de prevenire și combatere a eroziunii fluviale (Roșian, 2023).

Acumularea fluvială. Când pe întreaga secțiune a albiei are loc transportul aluviunilor, iar regimul hidrologic și hidraulic al curgerii debitului lichid determină gradual descreșterea forței hidrodinamice de antrenare sau creșterea forțelor de rezistență, se atinge starea de sedimentare a aluviunilor (Ichim et al., 1989). Acest proces este cunoscut și sub denumirea de aluvionare.

În aceste condiții aluviunile din râuri se depun din momentul în care energia curentului de apă nu mai este suficientă pentru a le transporta. Depozitele de albie, astfel generate, au o compoziție granulometrică diversă, influențată tocmai de condițiile locale, în care are loc sedimentarea. Pe măsură ce energia de transport se

diminuează, inițial se depun materialele mai grosiere, transportate prin târâre pe patul aluvial, pentru ca ulterior să vină rândul celor mai fine transportate în suspensie. În urma depunerii aluviunilor transportate de râuri se formează depozitele aluvionare.

Granulometria aluviunilor sedimentate în albiile variază pe de o parte în secțiune transversală (cele mai grosiere se depun în albia minoră, iar cele mai grosiere în albia majoră și în luncă), iar pe de altă parte în profil longitudinal (materialele mai grosiere, de tipul bolovănișurilor se depun în sectorul superior, nisipurile și pietrișurile în sectorul superior și mijlociu, iar mâlurile și argilele în sectorul inferior).

Dintre formele de relief specifice, generate prin depunerea aluviunilor, se remarcă: ostroavele, reniile, depozitele de pat aluvial, conurile de dejecție, câmpiile de nivel de bază, deltele etc. Studiarea detaliată a acestor forme pune la dispoziție informații prețioase despre regimul râului și condițiile geomorfologice din momentul formării lor.

Se poate concluziona că starea generală de antrenare hidrodinamică a aluviunilor, incluzând repaosul, inițierea, dezvoltarea și stingerea transportului aluviunilor din albiile râurilor, este un proces geomorfologic complex, întreținut de numeroase variabile și parametri, care fac referire la: caracteristicile hidraulice al curgerii debitului lichid (valoarea debitului, viteza medie a curentului de apă, gradientul hidraulic); caracteristicile geometriei albiei (lățimea la nivelul suprafeței libere, adâncimea apei, coeficientul de formă a secțiunii transversale, coeficientul de formă a patului mobil pe suprafața căruia se dezvoltă formațiunile aluvionare); proprietățile fizico-mecanice ale debitului lichid și solid (densitatea debitului lichid și a celui solid, vâscozitatea, diametrul și factorul de formă al aluviunilor, distribuția granulometrică a aluviunilor, concentrația aluviunilor în suspensie, accelerația gravitațională) (Ichim et al., 1989).

B. Relieful albiilor

Morfogeneza asociată acestora este strâns legată de permanentizarea scurgerii apei pe suprafața scoarței terestre. Eficiența morfogenetică a apei din albiile este în funcție de energia disponibilă, cea care întreține procesele de eroziune, transport și acumulare. Acestea din urmă, prin dinamica lor, sunt cele care generează întreaga suită a formelor de relief din albiile.

Cele mai instabile albiile, raportat la dinamica proceselor și a formelor, sunt cele rezultate în urma adâncirii râurilor în depozite aluviale; morfologia lor se schimbă substanțial pe măsură ce debitul, aprovizionarea cu sedimente și alți factori variază, deoarece aluviunile nu rezistă la eroziune (Huggett, 2017).

Albia reprezintă canalul și malurile care îl delimitează, prin care se scurg apele la debite medii. Studiată în detaliu albia se dovedește o formă de relief

complexă, prin simplul fapt că la nivelul ei se derulează procesele hidrodinamice, care stau la baza genezei reliefului fluvial (Roșian, 2023).

Elementele dimensionale ale albiei. Printre cei mai utilizați parametri, în caracterizarea dimensiunii albiei, se remarcă (fig. 5. 2): lățimea albiei, lungimea albiei, perimetrul ud, suprafața secțiunii transversale, adâncimea albiei, declivitatea sau diferența de nivel între două puncte de-a lungul albiei de râu, panta albiei ($S = (e_1 - e_2)/L$), raza hidraulică ($R = A/P$) (Rădoane et al., 2001; Grecu și Palmentola, 2003).

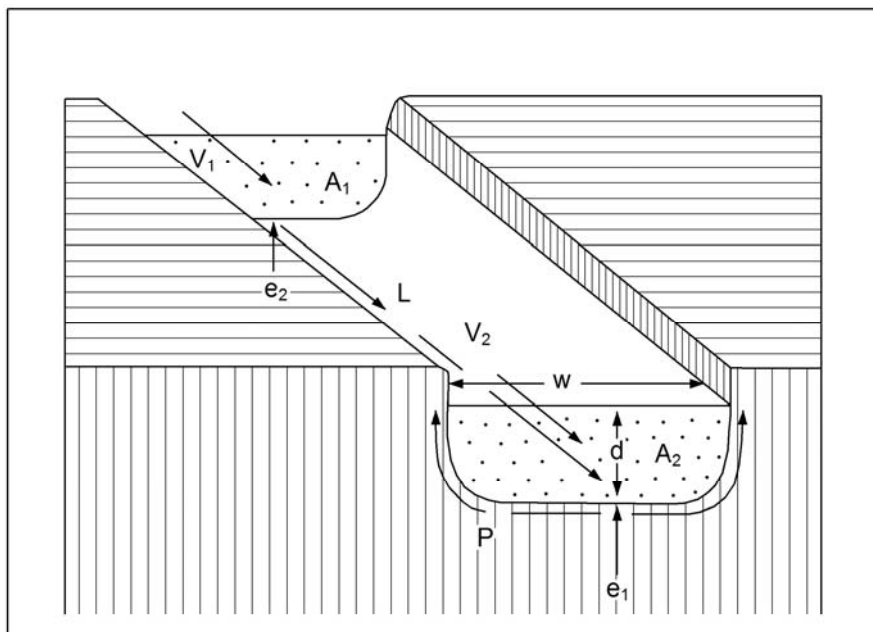


Fig. 5. 2. Elementele dimensionale ale unei albie de râu: W – lățimea albiei; l – lungimea albiei; P – perimetrul ud; A – suprafața secțiunii transversale; d – adâncimea albiei; e – diferența de nivel între două puncte (e_1 și e_2) (Rice, 1977, p. 164)

Elementele morfologice ale albiei sunt reprezentate de *maluri* și *patul aluvial*. Considerate împreună acestea dau *forma secțiunii transversale de albie*.

Forma cea mai stabilă a unei secțiuni de albie se identifică față de așa-numitul coeficient de formă, care este un raport între suprafața secțiunii albiei și suprafața unei parabole, în care se înscrie secțiunea (Ichim et al., 1989).

Studiile efectuate la nivelul mai multor secțiuni transversale de râu au evidențiat că există două forme generale stabile, strâns legate de natura și starea de agregare a depozitelor în care s-a format albia (Lane, 1937, citat de Ichim et al., 1989):

- *forma parabolică largă* este caracteristică secțiunilor de albie cu perimetrul alcătuit din nisipuri omogene necoezive; în cazul acestora factorul de formă, calculat

ca raport între suprafața secțiunii albiei și suprafața unei parabole, are valori între 0,90 – 1,00 (fig. 5. 3);

- *formă rectangulară sau trapezoidală* caracterizează secțiunile albiilor formate în depozite argilo-prăfoase cu mare coezivitate (fig. 5. 3); pentru acest tip de secțiuni, factorul de formă, calculat ca raport între suprafața secțiunii albiei și a secțiunii unui trapez ori dreptunghi înscris secțiunii, are valori cuprinse între 0,56 și 0,92.

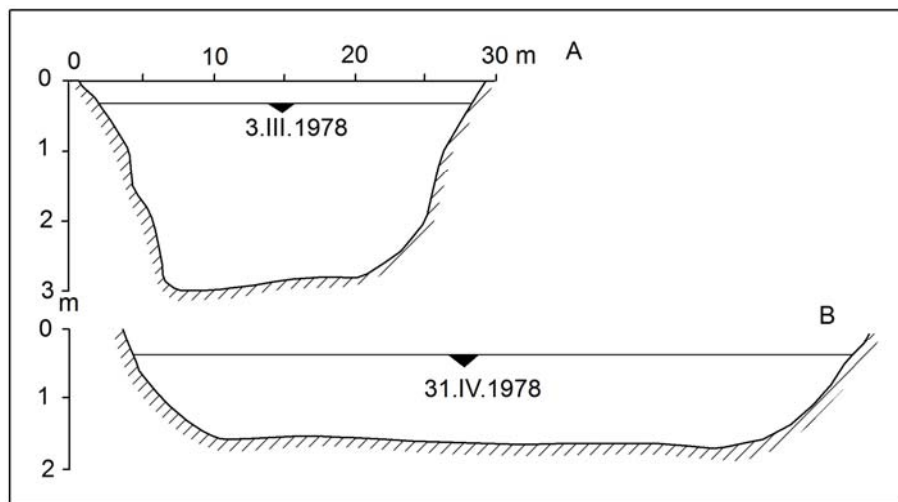


Fig. 5. 3. Secțiunea transversală a albiei râului Bârlad: A – forma trapezoidală; B – forma parabolică (Ichim et al., 1989, p. 144)

Sub aspect morfologic, principala caracteristică a secțiunilor transversale de albie este asimetria. Aceasta nu este specifică doar albiilor meandrate, ci și celorlalte tipuri (Ichim et al., 1989).

Malurile albiei sunt cele care delimitează curentul de apă, care curge pe patul aluvial. Cinematica malurilor indică schimbarea permanentă a raportului dintre procesele de eroziune și acumulare, care se produc simultan în cuprinsul aceleași secțiuni de albie; alternanța eroziunii și acumulării, de la un mal la altul, atestă că albiile, cu toate că sunt forme de relief negative, nu sunt doar forme de eroziune, așa cum s-a considerat mult timp, ci forme de eroziune și acumulare (Rădoane et al., 2001).

Alternanța proceselor de eroziune și acumulare, pe distanțe scurte, în cadrul aceluiași sector, se înregistrează între maluri albiilor sinuoase și meandrate, unde la malul concav predomină eroziunea, iar la cel convex acumularea.

Malurile concave sunt cele care au suprafața morfologică expusă spre râu, sub forma unei concavități; chiar dacă că procesele de eroziune sunt dominante, cele de acumulare nu lipsesc cu desăvârșire (Rădoane et al., 2001). Malurile concave se pot forma în felul următor: prin eroziune, în sens strict, și prin cedare (Rădoane et al., 2001). Geneza malurilor prin eroziune este strâns legată de caracteristicile hidraulice

ale scurgerii, pentru ca formarea lor prin cedare să fie controlată de condiții climatice și de caracteristicile fizico-chimice ale materialelor care le alcătuiesc; procesele care controlează cele două tipuri genetice de maluri concave se desfășoară în intercorelație (Ichim et al., 1989).

Geneza malurilor concave, prin eroziune, implică antrenarea materialelor particulă cu particulă, printr-un mecanism de desprindere discretă a lor, după cum este în cazul malurilor alcătuite din roci coezive (Rădoane et al., 2001). Astfel de maluri sunt caracterizate de o dinamică reglată de așa-numitul punct bazal de control al stabilității malurilor (Carson și Kirkby, 1972, citați de Rădoane et al., 2001), în funcție de care se disting trei situații posibile: frânarea retragerii malului (dacă rata de desprindere a materialelor este mai mare decât cea a preluării lor de către râu; în astfel de condiții la baza malului se produc acumulări, care determină reducerea înclinării lui), retragerea uniformă a malului (când între eroziune și transport există un echilibru, fapt care determină o retragere parțială a malului) și retragerea excesivă a malului (în situația în care capacitatea de transport a râului este mai mare decât rata de desprindere a materialelor din mal).

Geneza malurilor concave, prin cedare, se referă la desprinderea în masă a depozitelor. Și în acest caz diferențele morfodinamice sunt influențate de gradul de coezivitate a depozitelor, deosebindu-se următoarele tipuri (Rădoane et al., 2001):

- *maluri coezive* - prezintă un grad de stabilitate strâns legat de unghiul de înclinare, înălțime, crăpături și fisuri, în funcție de care va fi distribuția forțelor tensionale; mecanismul cedării lor este asemănător cu cel al alunecărilor de teren rotaționale;

- *maluri necoezive* - sunt specifice albiilor mobile, în componența lor dominante fiind nisipurile și pietrișurile; dinamica lor este considerabil influențată de suprafața de drenaj, ea având un rol decisiv în poziționarea planului de cedare;

- *maluri mixte* – sunt din categoria celor de tip consolă, care au partea superioară în surplombă, atât timp cât malul nu este exagerat de subminat, pentru a ceda.

Malurile convexe sunt caracterizate de faptul că suprafața morfologică este expusă spre râu, sub forma unei convexități. În cadrul acesteia are loc acumularea unei părți a aluviunilor transportate de râu. Pentru indicarea depozitului format pe această cale se folosește termenul de renie (mai ales de către geomorfologi și geografi) sau cel de bare aluvionare (de către ingineri) (fig. 5. 4).

Renia este definită, în Dicționar geomorfologic, ca „mică plajă nisipoasă sau pietroasă, care se formează pe malurile convexe ale râurilor sinuoase (meandrate)” (Băcăuanu et al., 1974, p. 158).

În funcție de stadiul de evoluție și forma pe care o au reniile sunt de mai multe tipuri (Ichim et al., 1989):

- *reniile marginale* (point dune) sunt forme de tranziție, de la microrelieful patului albiei la cel tipic malurilor convexe, de care nu sunt complet atașate; ele sunt

caracterizate printr-un grad mare de instabilitate, chiar dacă există și situații când se dovedesc stabile. În profil transversal sunt asimetrice, deoarece coama este puternic înclinată spre aval și spre patul albiei;

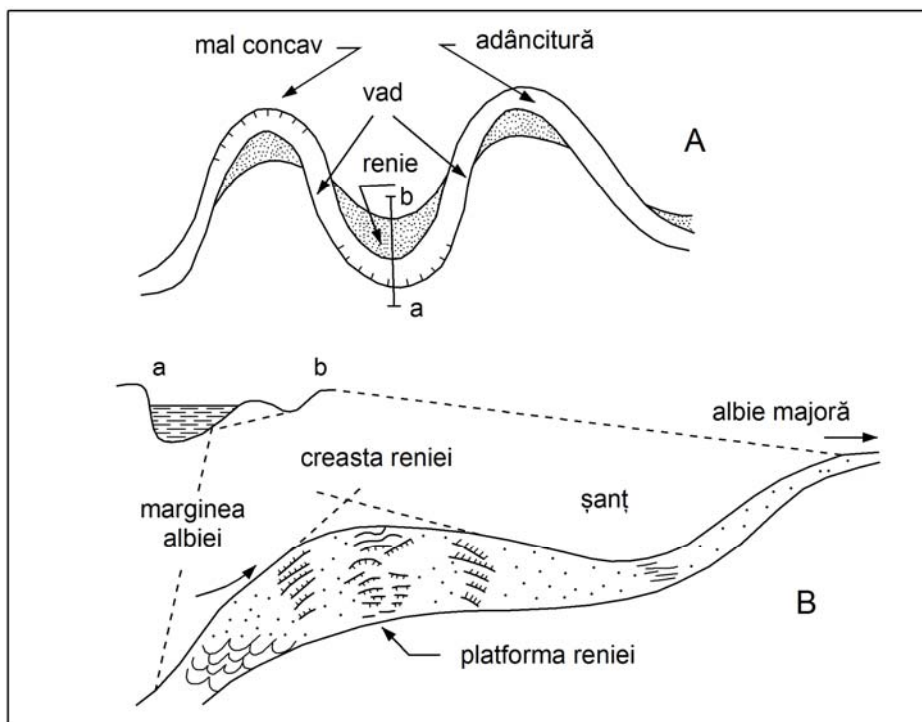


Fig. 5. 4. Configurația în plan (A) și în secțiune transversală a unei renii (Nanson, 1980, citat de Rădoane et al., 2001, p. 96)

- *reniile simple* (point bar) sunt formațiuni rezultate prin acumularea aluviunilor la malurile convexe. Suprafața lor înclină ușor spre talveg și se află în ușoară contrapantă spre malul convex; forma lor în plan este cea de semilună (fig. 5. 5). Deoarece sunt frecvent inundate, reniile simple nu sunt acoperite cu vegetație;

- *reniile în volute* (scroll-bar) sunt formațiuni sedimentare, depuse la malurile convexe ale râurilor, care fac trecerea de la micromorfologia albiei minore la morfologia albiei majore și a luncii. De obicei, delimitarea lor față de malul convex propriu-zis, se face prin intermediul unor șanțuri taluzate. Luate împreună, succesiunile de renii în volute alcătuiesc un complex de coame și depresiuni, dispuse mai mult sau mai puțin paralel cu râul. Reniile din această categorie sunt colonizate cu vegetație și inundate doar la viituri excepționale.

Caracteristicile morfologice și sedimentologice ale reniilor se diferențiază de la un râu la altul, fiind influențate de: mărimea râului, natura depozitelor,

stadiul de evoluție și raportul dintre raza de curbură a buclei de meandru și lățimea albiilor (Ichim et al., 1989).

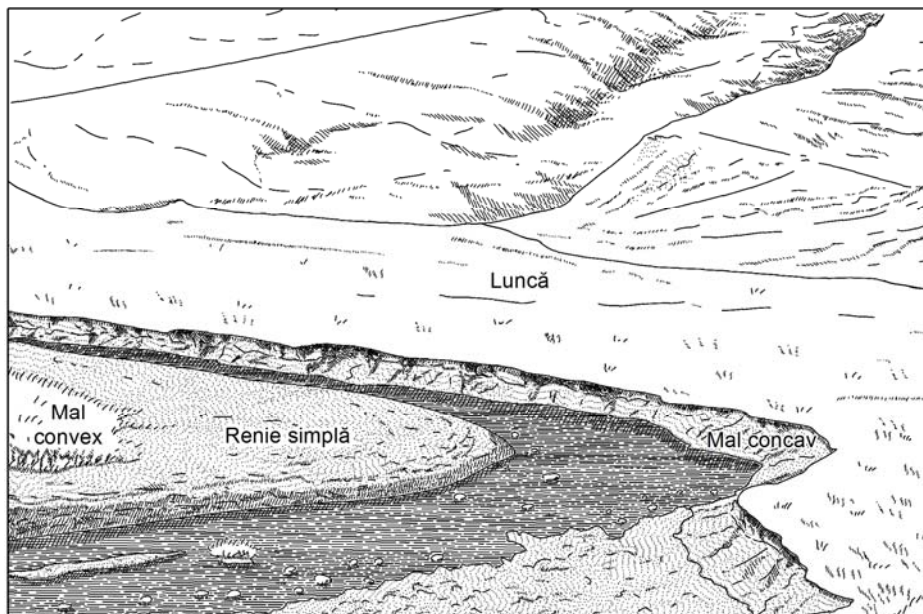


Fig. 5. 5. Renie formată pe malul drept al râului Brâglez, în aval de Fabrica (Roșian, 2020, p. 284)

Patul albiei, alături de formele de relief din componența sa, este caracterizat printr-o mobilitate excepțională, de unde caracterul efemer al morfologiei de detaliu (Rădoane et al., 2001).

Dintre variabilele care determină inițierea, formarea și dezvoltarea morfologiei patului albiei, se remarcă: parametrii hidraulici (regimul scurgerii, viteza media a apei, adâncimea medie), caracteristicile depozitelor constitutive ale patului albiei (diametrul, viteza de sedimentare, parametrii fizici ai fazelor solidă și lichidă a curgerii, densitatea apelor și a aluviunilor, vâscozitatea), parametrii geometriei albiei și a particulelor aluvionare de tranzit (factorii de formă a sectorului de albie, ai secțiunii transversale și a particulelor) (Ichim et al., 1989).

Pornind de la criteriul duratei de formare și a gradului de conservare se pot deosebi două tipuri de morfologii ale patului albiei: efemeră și perenă.

Morfologia efemeră se menține destul de puțin și este direct influențată de variațiile de debit. Practic, formele care se generează pe patul albiei în timpul unei viituri, la următoarea variație semnificativă a debitului se modifică complet. O astfel de morfologie, foarte sensibilă la variațiile de debit, mai este cunoscută și sub denumirea de formațiuni aluvionare (Ichim, et al., 1989).

Structura internă a formațiunilor aluvionare este compusă din lamine (strate subțiri), dispuse oblic, sub diferite unghiuri (frecvent $25 - 30^\circ$, mai mici la bază și mai mari în creastă); laminele pot fi ascendente sau descendente și au diferite forme (fig. 5. 6). Odată cu deplasarea prin albie, compoziția lor granulometrică se modifică, fiind în general mai grosieră la bază, unde are loc și o agregare a aluviunilor, și mai fină la creastă (Ichim, et al., 1989).

Cele mai întâlnite formațiuni efemere sunt reprezentate de: rippluri, bare aluvionare, dune aluviale, patul plan al albiei și antidune.

Ripplurile sunt formațiuni aluvionare, care se dezvoltă tridimensional pe patul albiei, în condițiile unui regim inferior de curgere ($Fr < 1$) (fig. 5. 7); în profil longitudinal ele au o formă geometrică variată, de la triunghiulară asimetrică, (cu pantă lungă și lină a flancului amonte, respectiv pantă abruptă a flancului aval), până la aproximativ sinusoidală simetrică (Ichim, et al., 1989).

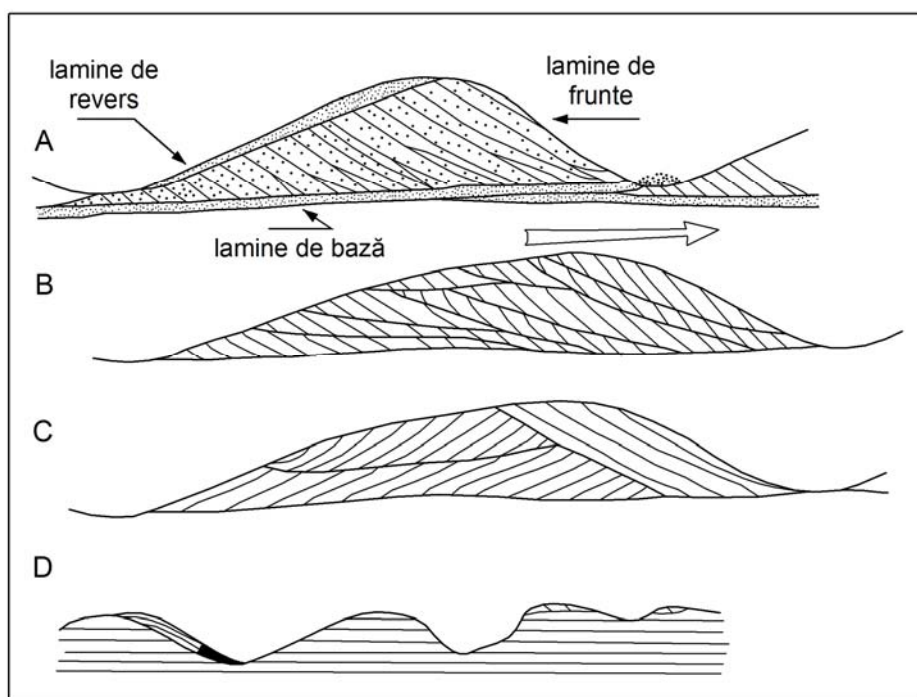


Fig. 5. 6. Structuri ale depozitelor de rippluri: A – a unui ripple bine dezvoltat; B – discordant primară a unui ripple gigant; C – discordant secundară; D – structura unui ripple de eroziune (Reineck și Singh, 1975, citați de Ichim et al., 1989, p. 168)

Ripplurile întrunesc condiții de formare pe patul albiilor alcătuit din material aluvionar fin și mijlociu, cu diametru mediu de 0,6 mm (nu se formează în cazul albiilor cu nisip grosier și pietrișuri) (Ichim, et al., 1989). Conform autorilor citați,

lungimea de undă a ripplurilor ajunge până la 30 – 60 cm, în timp ce amplitudinea nu depășește 3 – 6 cm

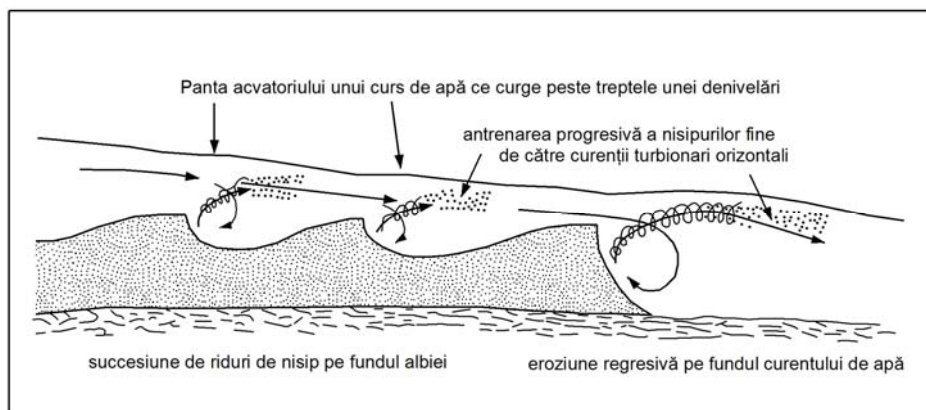


Fig. 5. 7. Influențele ripplurilor asupra curenților de curgere (Cioacă, 2006, p. 194)

Barele aluvionare au lungimi de același ordin de mărime cu lățimea albiei sau mai mare, lățimi de ordinul 0,5 – 0,8 din lățimea albiei și înălțimi comparabile cu adâncimea medie a curgerii, care le generează (Ichim, et al., 1989); urmărite în profil longitudinal barele aluvionare au formă triunghiulară, flancul din amonte fiind puțin înclinat și alungit, în timp ce flancul din aval este abrupt și scurt.

Dunele aluviale sunt formațiuni mai mari decât ripplurile și mai mici decât barele. Amplitudinea maximă a dunelor este, în majoritatea cazurilor, de ordinul adâncimii medii de curgere în albie, iar lungimea crestei dunelor este de aceeași ordin cu lungimea lor de undă, care în majoritatea cazurilor este mai mare de 0,6 m (Ichim, et al., 1989). Migrarea dunelor prin albie este posibilă prin deplasarea particulelor componente, dinspre flancul din amonte spre baza flancului din aval (mai abrupt).

Patul plan al albiei se referă la morfologia care nu are nici o neregularitate mai mare decât diametrul maxim al particulelor, pe fondul unui regim tranzitoriu al curgerii (Ichim, et al., 1989). O astfel de morfologie se formează în condițiile unei rezistențe foarte mici la curgere, când particulele, din componența patului albiei se mișcă prin rostogolire.

Antidunele sunt specifice unui regim superior de curgere a fazei lichide ($Fr > 1$) și au aspectul unei înșiruii de ondulații simetrice, la nivelul patului aluvial. Ele au de obicei forma triunghiulară, dar pot fi și sinusoidale în timpul viiturilor. Amplitudinea și lungimea de undă a antidunelor sunt influențate de: mărimea râului, debit și caracteristicile aluviunilor din patul albiei. În situația marilor fluvii, cum sunt Rio Grande și Colorado, au fost măsurate antidune cu lungimi de 3 – 12 m și amplitudini de 0,6 – 1,5 m (Simons și Richardson, 1966).

Morfologia perenă se evidențiază în urma analizei în profil longitudinal al albiei, sub forma unei alternanțe între vaduri și adâncuri.

Vadul este porțiunea din patul albiei în care adâncimea apei este mai mică, viteza curentului este mai mare, iar materialul component mai grosier (Rădoane et al., 2001).

Adâncul reprezintă acel sector, din patul albiei, în cadrul căruia adâncimea apei este mai mare, vitezele mai mici, iar granulometria depozitelor de albie mai redusă (Rădoane et al., 2001).

Alternanța cea mai evidentă, dintre vaduri și adâncuri, se remarcă în cazul albiilor meandrate. În acest context vadurile sunt localizate în punctul de inflexiune dintre două bucle succesive de meandru, iar adâncurile în axa buclei de meandru. Cu toate că nu sunt foarte numeroase, vaduri și adâncuri există și în situația altor tipuri de albii, cum sunt de exemplu cele drepte, împletite și anastomozate.

Sucesiunea vadurilor și adâncurilor, deoarece exprimă diferențierea în profil vertical a albiei, mai este denumită și meandrare verticală sau cea de-a treia dimensiune a meandrării (Keller și Melhorn, 1978) (fig. 5. 8). După autorii citați, meandrarea verticală o precedă pe cea orizontală. La concluzii similare s-a ajuns și în urma studierii canalului Bârladului, dintre Reditu și Crasna, care, la doar 4 ani de la darea în folosință, și-a creat o morfologie specifică cu succesiuni de vaduri și adâncuri (Rădoane și Rădoane, 2007b).

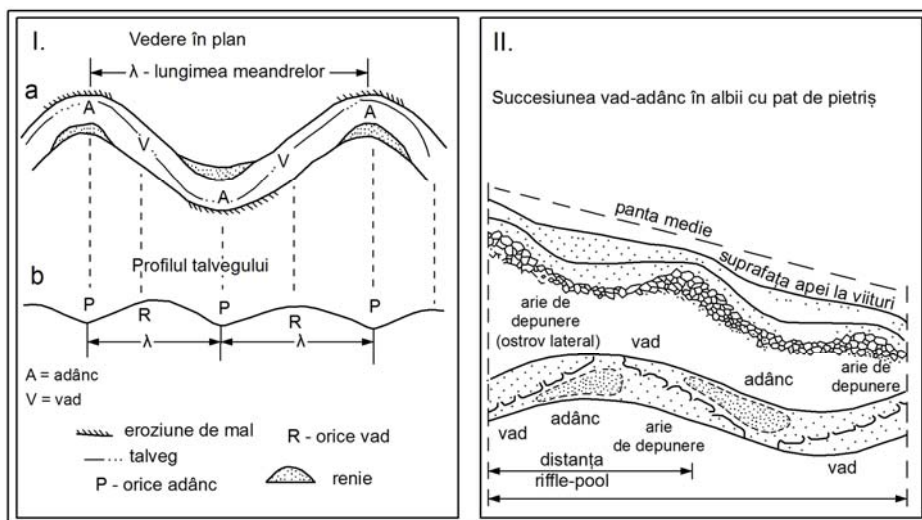


Fig. 5. 8. I. - Relația între meandrarea în plan (a) și meandrarea verticală (b); II. - succesiunea vad – adânc în albiu cu pietriș (Rădoane et al., 2001, p. 100)

Prezența unei succesiuni de vaduri și adâncuri, atât în albiile sculptate într-un substrat rezistent, cât și în cazul celor formate în aluviuni (albiile mobile), demonstrează că aceasta este una din trăsăturile fundamentale ale patului albiilor (fig. 5. 9). În aceste condiții devine evident că alternanța vad – adânc este

independentă de tipul de material din albie și că spațierea acestor forme este explicată în proporție de aproape 70% de variația lărgimii albiei (Keller și Melhorn, 1978).

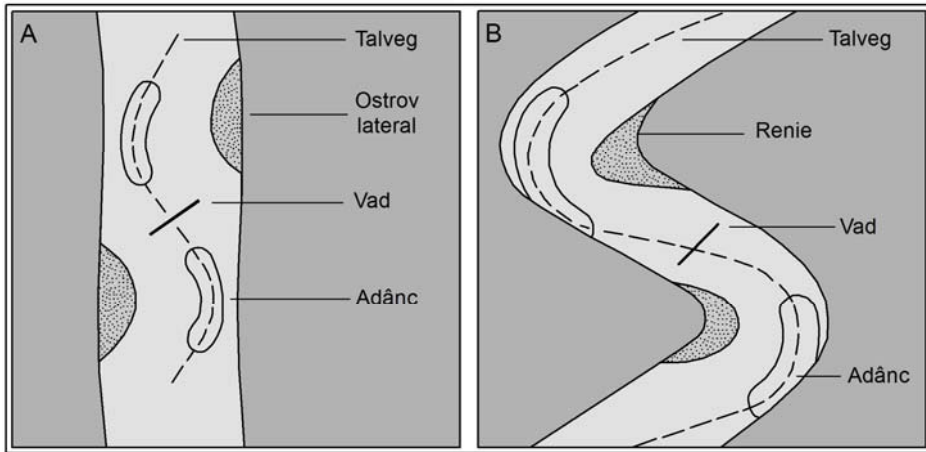


Fig. 5. 9. Microrelief asociat cu o albie rectilinie (A) și o albie meandrată (B)
(Ritter, 1986, citat de Rădoane et al., 2001 p. 101)

Sub aspect procesual eroziunea și acumularea, de la nivelul vadurilor și adâncurilor, sunt procese dominante, dar nu exclusiviste, ele fiind influențate semnificativ de debit, așa cum se întâmplă în cazul viiturilor, când ele se uniformizează sau se pot chiar inversa.

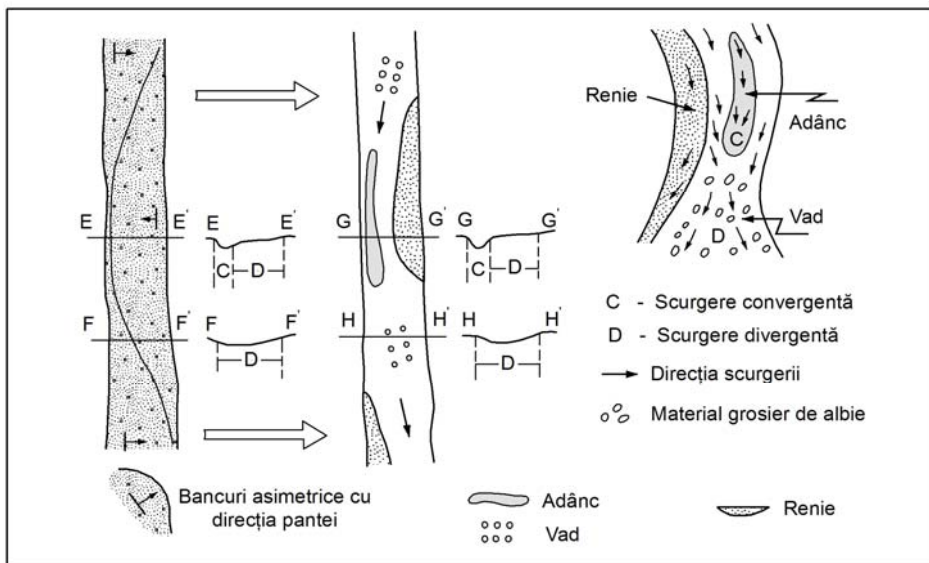


Fig. 5. 10. Schemă generalizată a transformării concavităților asimetrice la adâncuri, vaduri și renii (Keller și Melhorn, 1973, citați de Ichim et al., 1989, p. 188)

În albiile prevăzute cu renii adâncurile se asociază cu acestea, iar apoi evoluează împreună; cei care au remarcat acest fenomen au fost Keller și Melhorn (1973, citați de Ichim et al., 1989), ei separând, în acest sens, două stadii evolutive (fig. 5. 10):

- stadiul 1 este caracterizat de prezența unor condiții inițiale, când patul albiei este fără denivelări. Ulterior se formează denivelări ușoare ale patului albiei, poziționate când spre un mal când spre celălalt. La baza malului, spre care înclină patul albiei, se formează o concavitate, în dreptul căreia albia devine mai adâncă, ceea ce semnifică dezvoltarea unui adânc. Materialul desprins, din concavitate, se depune apoi în aval, pe capătul mai ridicat al planului de înclinare a patului albiei, precum și în segmentul de albie, unde are loc o schimbare a sensului de înclinare a patului;

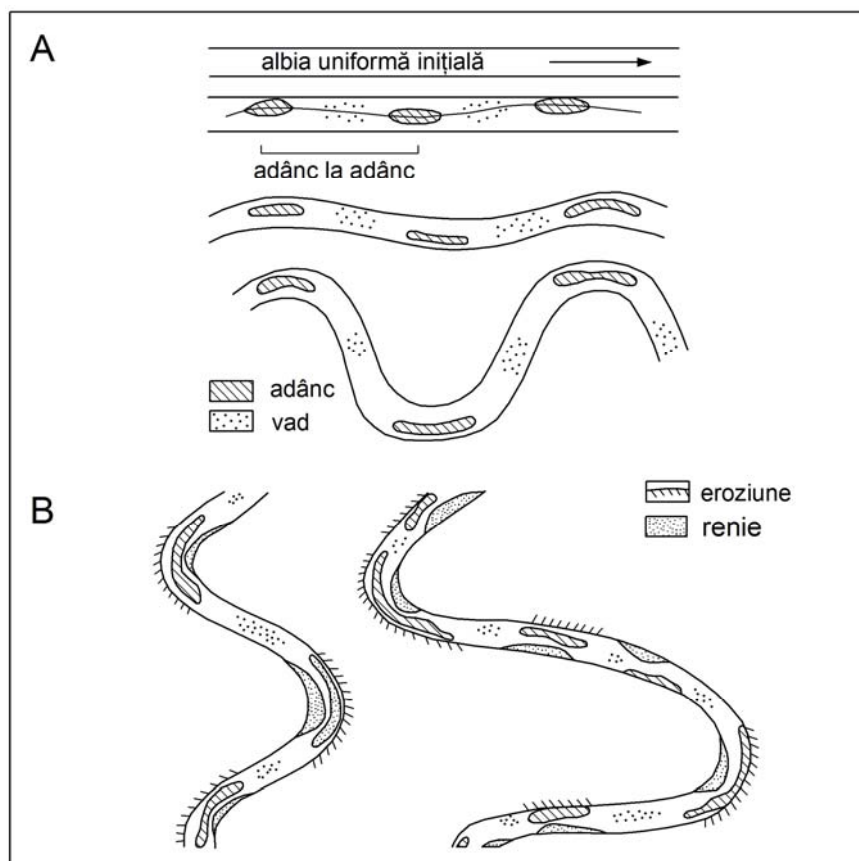


Fig. 5. 11. A – transformarea unei alpii drepte în albie meandrată în relație cu spațierea vaduri adâncuri; B – formarea unor vaduri și adâncuri suplimentare o dată cu creșterea lungimii albiei meandrate (Richards, 1982, citat de Rădoane et al., 2001, p. 104)

- stadiul 2 se remarcă prin transformarea concavităților incipiente în adâncuri (însoțite de renii), iar segmentele de racord dintre ele în vaduri (la nivelul cărora predomină acumularea);

Cele care fac legătura între meandrarea orizontală și cea verticală sunt malurile care delimitează adâncurile. Spre exemplificare, în decursul apelor mari și a viiturilor malurile cedează, ajung să aibă formă concavă, care prin dezvoltare devine premisa formării unei bucle de meandru; Așadar, pe măsură ce albia evoluează în această direcție (fig. 5. 11. A), corespondența dintre spațierea vad-adânc se va suprapune peste lungimea de undă a meandrelor, care se dezvoltă (Rădoane et al., 2001).

C. Subdiviziunile albiei

Deoarece albiile se formează prin derularea unor procese geomorfologice complexe, în cadrul lor, sub aspect genetic și dimensional se pot identifica următoarele subdiviziuni: canalul de etiaj, albia minoră și albia majoră (fig. 5. 12).

Canalul de etiaj sau talvegul reprezintă porțiunea din albia minoră prin care are loc scurgerea apei la debite minime. Acesta constituie o formă de relief instabilă, atât ca dimensiune, cât și ca direcție în plan orizontal, deoarece apa acționează permanent asupra lui. Cu alte cuvinte, nivelul de etiaj reprezintă media nivelurilor minime ale apei, care tranzitează albia.

Albia minoră, denumită și albia propriu-zisă, este secțiunea prin care apele se scurg la debite medii; ea cuprinde și malurile, prin intermediul cărora se delimitează față de albia majoră.

Analizată în secțiunea transversală albia minoră poate avea formă trapezoidală (în situația în care este săpată în roci coezive) sau parabolică (când este modelată în roci necoezive) (Blaga, et al., 2014).

Albia minoră are în componență atât forme de eroziune (marmite, surplombe, abrupturi de mal, repezișuri, praguri, cascade, cataracte etc.), cât și de acumulare (ostroave, insule, grinduri, renii etc.) (Mac, 1976; Grecu, 2018):

- *marmitele* se formează de către vârtejurile asociate curentului hidraulic, ce acționează asupra albiei;

- *surplombele* sunt poziționate la baza cascadelor din patul aluvial și la partea inferioară a malurilor, fiind generate prin procesul de cavitației al apei;

- *abrupturile de mal* reprezintă consecința eroziunii malurilor concave;

- *repezișurile* se prezintă sub forma unor denivelări mici și dese, peste care apa curge învolburată;

- *pragurile* sunt dispuse transversal și s-au format datorită eroziunii neuniforme a patului aluvial;

- *cascadele* reprezintă căderi de apă pe verticală (la baza cascadelor se pot forma bazine, unde întreg procesul de retragere a abruptului este favorizat de cavitație și de slăbirea coeziunii rocilor, expuse frecvent la umezeală); o succesiune de cascade formează *cataractele*;

- *ostroavele aluviale* constituie acumulări de nisipuri și pietrișuri în albie, care nu sunt fixate cu vegetație;
- *insulele* sunt acumulări de aluviuni, localizate între brațe unui râu, acoperite cu vegetație;
- *grindurile* reprezintă depuneri aluviale asimetrice, cu aspect de fâșie laterală, alcătuite din nisipuri și mълuri;
- *reniile* sunt rezultatul acumulării materialelor transportate de către râu la malul convex.

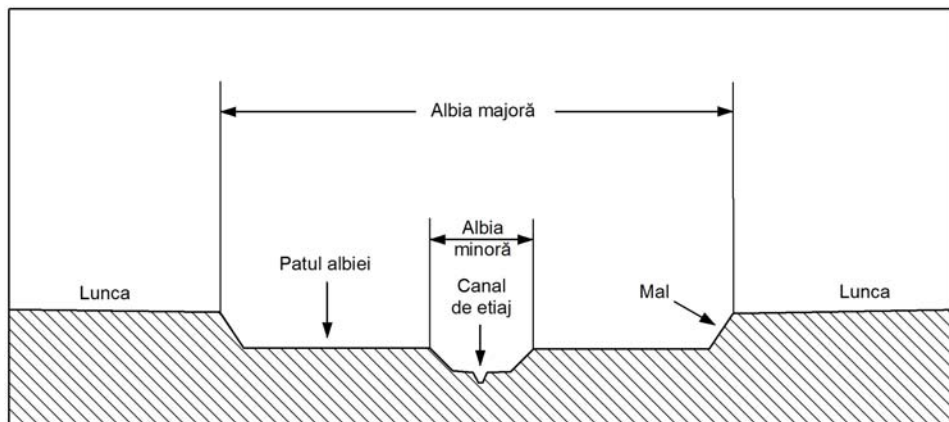


Fig. 5. 12. Elementele albiei (Roșian, 2017, p. 238)

Albia majoră este porțiunea de la partea inferioară a unei văi, supusă dinamicii fluviale, din cauza creșterilor periodice de nivel (ape mari, viituri, golirea lacurilor de acumulare etc.).

Pentru a înlătura confuziile, care se fac între albia majoră și luncă, merită notate și următoarele definiții: albia majoră este un teren relativ neted, din proximitatea unui râu, care este inundat în timpul apelor mari (Wolman și Leopold, 1957); albia majoră este o suprafață aluvială adiacentă unei albie, care este frecvent inundată (Chorley et al., 1984).

Analizând cele notate, în definițiile menționate, este cât se poate de evident că albia majoră este un teritoriu suspus frecvent inundării. Comparativ cu aceasta, lunca, cu toate că este și ea o fâșie de teren localizată de o parte și de alta albiei minore, ea este inundată doar la debite catastrofale. Din astfel de considerente, dar și din altele, cum sunt diferențele morfologice și de dinamică, consider că nu trebuie pus semn de egalitate între albia majoră și luncă. Cu toate acestea, este cât se poate de adevărat că la unele râuri sau sectoare de râu, în funcție de stadiul lor de evoluție, albia majoră este foarte extinsă, condiții în care lunca poate să lipsească (Roșian, 2023).

D. Tipuri de alpii

Printre criteriile utilizate, pentru clasificare albiilor, se remarcă următoarele: configurația în plan, tipul depozitului în care s-a format albia, stabilitatea depozitelor aluviale, granulometria depozitelor, tipul aluviunilor, criteriul relațiilor de cauzalitate etc.

Dintre aceste criterii, cel care pornește de la forma sau configurația în plan, la care se adaugă și informații despre aluviunile transportate, se apropie cel mai mult de situația existentă în teren. În acest sens pot fi individualizate patru tipuri principale de alpii: drepte, meandrate, împletite (cu varianta anastomozate) și anarificate sau anabranching channels (anabranching rivers).

Considerarea ultimului tip de albie doar ca un subtip al celor împletite, poate conduce la confuzii, având în vedere particularitățile morfologice și structurale ale terenului dintre canale și interacțiunea curentului de apă cu malurile (Roșian, 2023).

Albiile drepte sunt, așa cum nota Leopold și Wolman (1957) atât de rar întâlnite în teren, încât aproape că nici nu există. Pornind de la aceste considerente, referirile au început să se facă doar la sectoare de alpii drepte, care pe o distanță de cel puțin 10 ori lățimea lor, își mențin direcția liniară. În aceste condiții, albia dreaptă este considerată doar o stare temporară, comparativ cu alte tipuri, cum sunt albiile meandrate și împletite, care sunt mai degrabă o expresie a evoluției, spre cea mai posibilă stare de echilibru morfogenetic. Oficial se consideră alpii drepte cele care au valoarea indicelui de meandrare sub 1,1 (Schumm, 1977).

Sub aspectul alcătuirii granulometrice predomină materialul grosier, din categoria pietrișurilor și bolovănișurilor, pe care râul cu sinuozitate și putere mică de transport nu-l poate mobiliza (Ichim et al., 1989).

Albiile meandrate sau sinuoase sunt acelea care, din diverse cauze, nu își păstrează traseul liniar. Termenul de meandru provine de la hidronimul grecesc *maiandros*, care în traducere înseamnă *fluviu din Caris*, celebru prin sinuozitățile sale (Ichim et al., 1989)

Coeфициentul de meandrare (C_m) se utilizează pentru stabilirea gradului de abatere a râului de la direcția liniară și încadrarea lui la alpii sinuoase sau meandrate. Valoarea coeficientului se obține prin raportarea lungimii reale a râului (L) sau a sectorului de râu analizat la lungimea în linie dreaptă a distanței dintre extremitățile râului sau a sectorului considerat (AB):

$$C_m = \frac{L}{AB}$$

În general valorile coeficientului de meandrare variază între 1 și 4, sau chiar mai mult, în unele cazuri (Mac, 1986). Râurile cu un coeficient de meandrare mai

mare de 1,3 (Chang, 1979) sau 1,5 (Leopold și Wolman, 1957) sunt considerate meandrate, cele cu valori între 1,1 și 1,3 sinuoase, iar cele pentru care valoarea este mai mică de 1,1 (Schumm, 1977) se consideră drepte. Strâns legat de valoarea coeficientului de meandrare este cea a pantei (cu cât valoarea coeficientului de meandrare este mai mare, pe aceeași distanță, cu atât panta albiei este mai mică).

Elementele meandrelor sunt următoarele: lungimea buclei (L), înălțimea buclei (h), amplitudinea (distanța măsurată perpendicular pe lungimea meandrului, între apexurile a două bucle; se notează cu A), raza de curbură sau raza arcului de cerc în care se înscrie bucla (r), lățimea albiei (l) și unghiul maxim dintre traseul meandrului și direcția medie spre aval a acestuia (ω), la care se adăugă lungimea totală pe meandru (M) (fig. 5. 13) și adâncimea albiei (d).

Manifestarea procesului de meandrare conduce la apariția unor forme de relief specifice; în categoria acestora se includ: lobul (suprafața delimitată în interiorul buclei unui meandru) și pedunculul meandrului (secțiunea cea mai îngustă a lobului).

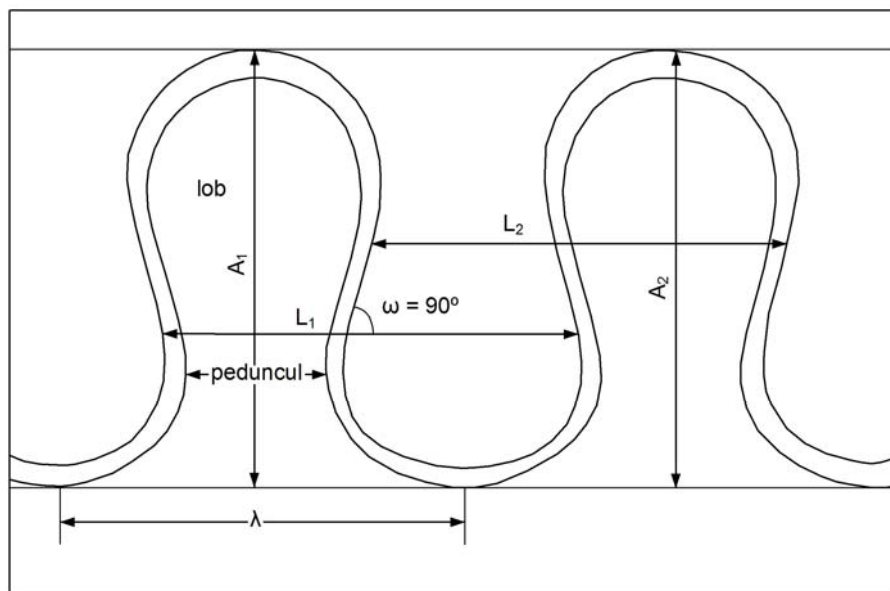


Fig. 5. 13. Elementele meandrului: L_1 , L_2 – lungimea meandrelor; A_1 , A_2 – amplitudinea meandrelor; λ – lungimea de undă; ω – unghiul maxim dintre traseul meandrului și direcția medie spre aval a acestuia (Roșian, 2017, p. 245)

Studierea unei albie meandrate debutează cu bucla de meandru; două bucle formează un meandru, situație în care se poate identifica încă un element al meandrelor, și anume lungimea de undă (λ), care este distanța măsurată în linie dreaptă între extremitățile celor două bucle (Rădoane et al., 2001).

Cauzele meandrării sunt numeroase și sunt influențate de multe variabile: debitul lichid, debitul solid, litologia, scurgerea helicoidală, panta

albiei etc. (Leopold și Wolman, 1957; Schumm, 1977; Schumm, 1981; Chorley et al., 1984; Mac, 1986; Ichim et al., 1989; Rădoane et al., 2001; Charlton, 2008; Morais et al., 2016; Depret, 2017).

Debitul lichid condiționează cât se poate de direct procesul de meandrare. Ca urmare, în funcție de valoarea debitului va fi și dimensiunea meandrelor. Cercetările realizate de Leopold și Wolman (1957) au evidențiat că lungimea meandrului este direct proporțională cu mărimea debitului.

Debitul solid influențează meandrarea îndeosebi prin cantitatea și natura aluviunilor transportate; pe măsură ce aluviunile descresc în cantitate și în calibru, albiile devin înguste și adânci și tind să meandreze (Mac, 1986).

Litologia intervine în procesul de meandrare mai ales prin compoziția granulometrică a depozitelor din albie. Experimentele efectuate de Schumm (1977), au evidențiat că, depozitele din albiile meandrate au un procent mai mare de praf și argilă, comparativ cu cele rectilinii și de tranziție. Autorul citat a remarcat că albiile sculptate în depozite cu procent de praf și argilă de peste 60%, au un coeficient de meandrare de peste 1,5. Se estimează totuși că litologia nu este factor determinat, în lipsa căruia în proporțiile specificate să nu aibă loc meandrarea, din cauză că ea este prezentă și la râurile care curg pe ghețari sau la curenții oceanici (Schumm, 1977).

Scurgerea helicoidală a curentului de apă a fost semnalată ca posibilă explicație a meandrării. Ulterior s-a ajuns la concluzia că ea nu explică relațiile fundamentale, care se stabilesc între elementele morfometrice ale meandrelor, ci cel mult, procesele de eroziune și acumulare specifice albiilor meandrate (Leopold et al., 1964).

Panta albiei este considerată și ea ca fiind definitorie în favorizarea meandrării, în sensul că pantele mici, sub 5°, susțin acest proces. Rolul pantei nu trebuie însă absolutizat, întrucât la aceeași pantă, dar la debite variate, albiile evoluează diferit (Schumm, 1977).

Alături de participarea fiecărei cauze în parte, la inițierea și dezvoltarea meandrării, trebuie luată în considerare interacțiunea variată dintre acestea, mai ales în contextul amenajării albiilor, pentru prevenirea și combaterea degradării lor, de către procesele geomorfologice influențate antropic.

Evoluția meandrelor are loc pe fondul interacțiunii curentului de apă cu malurile. Inițierea și dezvoltarea meandrelor este posibilă și pe sectoare de albie relativ drepte, deoarece variația debitului determină abaterea curentului de apă spre stânga și spre dreapta obligându-l să interacționeze cu malurile (Charlton, 2008). Când curentul de apă deține suficientă energie liberă, din mal sunt erodate și antrenate fragmente de rocă și sol. Pe această cale se formează o concavitate, față de care curentul de apă nu mai curge paralel, ci sub un anumit unghi (fig. 5. 14), ceea ce favorizează în continuare eroziunea malului, al cărui concavitate se accentuează.

Simultan cu dezvoltarea concavității din mal, traseul canalului de etiaj și cu el întreaga suită de procese geomorfologice, specifice albiei minore, se deplasează în

aceeași direcție. Pe malul opus, ca proces complementar celui de eroziune, are loc acumularea unei părți a aluviunilor transportate de râu și începe formarea reniei, cea care dă forma convexă malului.

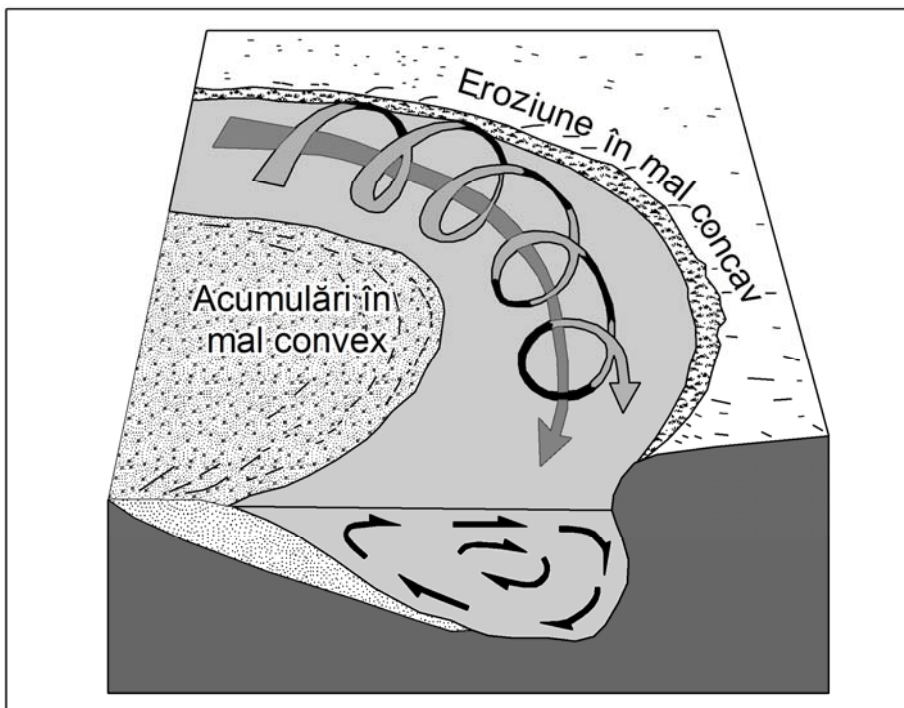


Fig. 5. 14. Traseul curenților de apă la malul concav (Ielenicz, 2005, p. 117)

O evoluție îndelungată pe baza acestui scenariu determină formarea unui traseu sinuos și apoi meandrat al albiei.

Cu toate că procesele geomorfologice, care au loc la cele două tipuri de maluri, sunt diametral opuse, lățimea albiei se menține relativ constantă. Acest fapt atestă existența unui echilibru între eroziunea și acumularea, care au loc la malurile concav și convex. Înseamnă că, pe un anumit sector, și volumul de material desprins de la malurile concave este aproximativ egal cu cel atașat reniilor dezvoltate la malurile convexe (Mac, 1986).

În urma celor notate reiese că, în cazul albiilor meandrate procesele și depozitele diferă foarte mult de la un mal la altul. Din acest motiv abordarea acestor alpii se face separat pentru cele două tipuri de mal: **concav** (unde are loc eroziunea) și **convex** (caracterizat de formarea reniilor prin acumulare). Alternarea eroziunii și acumulării, la cele două tipuri de maluri, face posibilă migrarea meandrelor. Aceasta reprezintă fenomenul de deplasare în plan orizontal al meandrelor, indiferent de direcție – amonte, aval și lateral (Rădoane et al., 2001).

Procesele de eroziune de la **malul concav**, alături de cele de acumulare de la malul convex, provoacă schimbarea continuă a poziției meandrelor și implicit a albiei, în cadrul culoarului de meandrare (Roșian, 2023). Pe măsură ce meandrarea se menține, ca proces dominant, și devine o tendință evolutivă, are loc accentuarea buclor meandrelor, lungirea canalului de etiaj și reducerea declivității albiei în profil longitudinal. Studiat în detaliu, procesul de eroziune de la malul concav nu este uniform, porțiunea cu eroziunea maximă fiind poziționată ușor în aval de axul curburii maxime, ceea ce face posibilă deplasarea albiei în lateral, în aval și în unele cazuri chiar în amonte.

Evoluția procesului de meandrare atrage după sine intensificarea eroziunii de la malul concav, fapt care întreține accentuarea buclor de meandru și reducerea treptată a spațiului dintre ele, până la forma de peduncul (fig. 5. 13).

Secționarea lui presupune curgerea râului printr-o albie nouă. Fenomenul este denumit autocaptare de meandru sau străpungerea meandruului și are loc mai ales în timpul apelor mari și a viiturilor, când debitul tranzitat depășește malurile și curge pe cel mai scurt traseu din albia majoră și luncă.

Raportat la morfologia rezultată, o autocaptare de meandru, nu rămâne neobservată, lăsând în urmă câteva forme de relief (fig. 5. 15): *belciugul* (vechiul meandru), *popina* (porțiunea de uscat rămasă în interiorul belciugului), *pragul* (denivelarea în profilul albiei apărută în sectorul de autocaptare a meandruului) *terasele de meandru* (treptele rezultate prin adâncirea și alungirea spre aval a buclei de meandru).

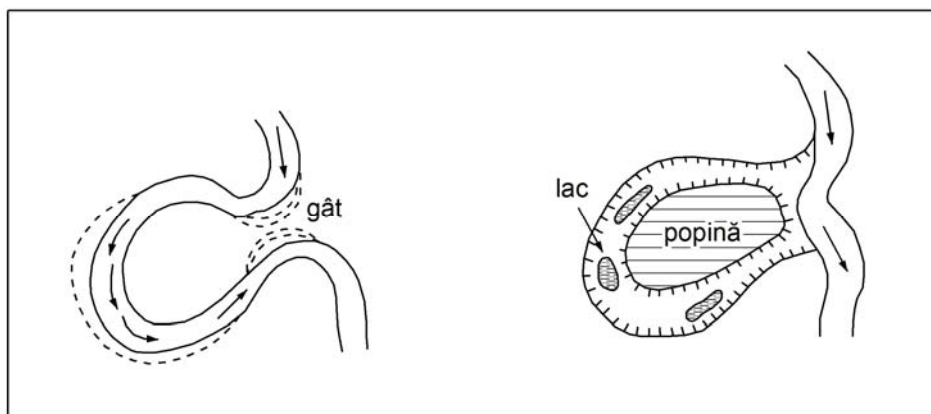


Fig. 5. 15. Captare de meandru sau autocaptare (Ielenicz, 2005, p. 123)

Replica râului la autocaptare se resimte la nivelul tuturor variabilelor implicate (panta, viteza, lungimea, lățimea, adâncimea, raza de curbură, debitul solid etc.), care intră rapid într-un regim de ajustare; semnificația principală a străpunerii meandruului constă în variația lungimii râului, care la rândul ei influențează panta și

debitul, fiind astfel „expresia ajustării în timp lung a unui sector de albie și a râului pe toată lungimea lui” (Rădoane et al., 2001, p. 115).

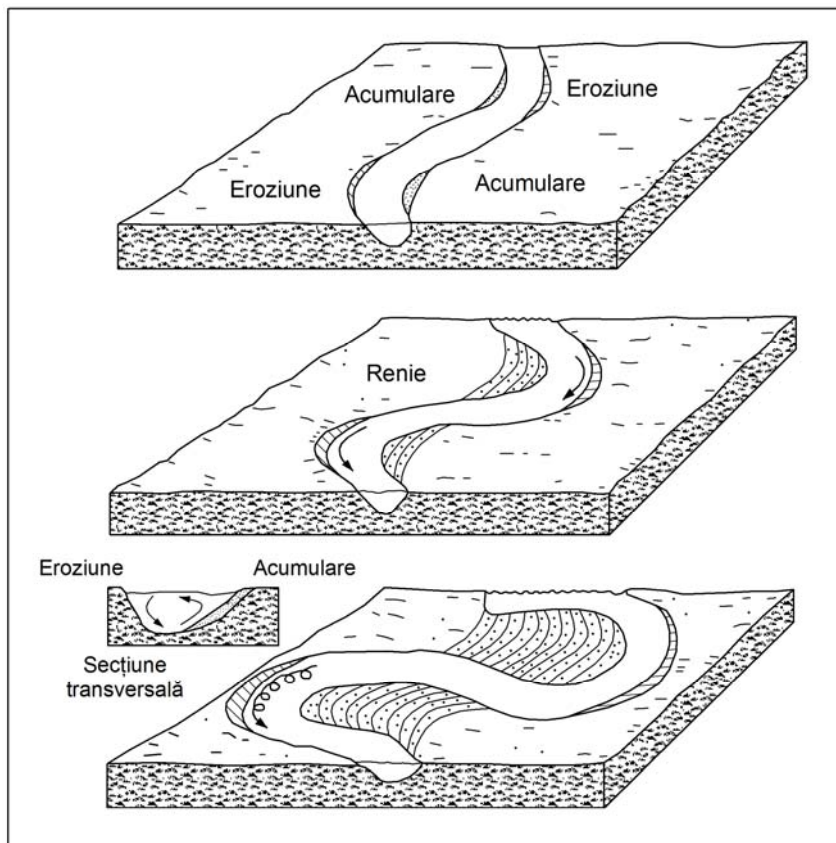


Fig. 5. 16. Evoluția meandrelor unui râu și acumularea aluviunilor (Grecu și Palmentola, 2003, p. 330)

Cu toate că eroziunea de la malul concav este cea care orientează migrarea albiei, nu trebuie neglijat ceea ce se întâmplă la **malul convex**, unde predominarea proceselor de acumulare fluvială întreține formarea reniilor (fig. 5. 16). Reniile astfel formate sunt alcătuite din unități sedimentare discontinui și lenticulare, în cadrul cărora sortarea și granulometria depozitelor descrește spre amonte (Reineck și Singh, 1975); în aceeași direcție are loc reducerea unităților de sedimentare cu stratificație încrucișată, până la existența unui singur strat de inundație (Reineck și Singh, 1975).

Formarea reniilor este un proces etapizat, care implică parcurgerea câtorva etape, ce debutează prin formarea, la malul convex, a unei bare longitudinale, care apoi se dezvoltă spre interior și se unește cu grindurile fluviale (Sundborg, 1956); ulterior, pe măsură ce crește grosimea reniei, pe suprafața ei se depozitează doar materiale sub formă de suspensii, ceea ce evolutiv corespunde cu atașarea reniei la luncă.

În urma unor studii riguroase în teren, care ulterior au fost verificate pe imagini satelitare, s-a evidențiat că meandrele nu migrează doar în aval, ci ele se deplasează și în lateral sau în unele cazuri, chiar și în amonte. Dintre meandrele care pe anumite sectoare migrează spre amonte pot fi amintite cele de pe râul Beaton din Canada (Hickin, 1974). Direcția de migrare se află prin măsurarea unghiului azimut, între direcția principală și axa de eroziune, a unui meandru; aceasta a fost definită de Hickin (1974, citat de Ichim et al., 1989) ca ortogonală pe renie, în lungul ei eroziunea fiind maximă.

Procesul de meandrare controlează lungimea râurilor nu doar în sens pozitiv, ci și negativ, prin producerea autocaptărilor de meandru. Meandrarea devine astfel expresia tendinței de atingere a unui echilibru dinamic, în profil longitudinal al râului.

Perioadele lungi de creștere a albiei (prin dezvoltarea meandrelor) sunt compensate de intervale mai scurte (când se produc autocaptări de meandru). Atingerea echilibrului are loc așadar diferențiat, de la un sector la altul, în sensul că pe unele dintre ele lungimea albiei crește, în timp ce pe altele scade (Ichim et al., 1989).

Procesele geomorfologice, din albiile meandrate, determină ca adâncimea apei să aibă valori diferite între cele două tipuri de maluri; valoarea ei este mai mare la malul concav și mai redusă la cel convex.; la fel, adâncimea medie a apei este mai mare în sectoarele de cot de meandru, comparativ cu cea a sectoarelor de vad.

Teritoriul de la partea inferioară a unei văi, care este supus procesului de meandrare poartă denumirea de coridor de meandrare (Mac, 1976) sau fâșie de meandrare; aceasta din urmă reprezintă spațiul inclus între tangentele de la exteriorul buclilor de meandrare (Ichim et al., 1989).

Există mai multe **tipuri de meandre**. Raportat la morfologia de ansamblu a văilor se disting: meandrele de râu (care sunt adâncite în depozite aluvionare) și meandrele de vale (procesul de meandrare datează încă de la începutul stabilizării văii pe traseul respectiv; pot fi menționate în acest sens meandrele Bistriței, Prutului, cele ale fluviului Colorado etc.) (Ichim et al., 1989).

Conform modului de dezvoltare în plan vertical și orizontal există: meandre libere, divagante sau rătăcitoare (se formează în depozite aluviale; sunt puțin adâncite în substrat și sunt instabile; se dezvoltă în albiile majore, lunci și câmpii de nivel de bază formate din roci friabile) și meandre încâtușate (sunt adâncite în roci dure; formarea lor se pune pe seama antecedentei sau epigenezei; geneza lor a avut loc simultan cu formarea văii, care este și ea meandrată, de unde și denumirea de meandre de vale; spre exemplificare pot fi menționate meandrele Târnavei Mari de la Sighișoara).

Pornind de la evoluția procesului de meandrare se evidențiază: meandrarea liberă (este tipică albiilor aluviale din sectoarele inferioare ale râurilor, dar mai ales albiilor marilor fluvii, care parcurg toate fazele de evoluție, începând cu inițierea meandrării și terminând cu autocaptările de meandru), meandrarea limitată (este asemănătoare cu precedenta, doar că este limitată în dezvoltare, din cauza lățimii

reduse a culoarului de vale) și meandrarea forțată (se manifestă dacă malurile albiei sunt dificil de erodat, iar eroziunea se desfășoară în adâncime; în acest mod se formează meandrele de vale) (Rădoane et al., 2001).

Albiile împletite se disting prin existența mai multor canale (brațe), care se despart și se reunesc, din loc în loc, din cauza formării de ostroave, din aluviunile transportate de râu.

Pentru identificarea lor se folosesc valorile coeficientului de împletire sau the braiding index (B_i), care este un raport între dublul sumei lungimii insulelor și/sau a brațelor râului și lungimea râului, măsurată de-a lungul albiei principale (Brice, 1964).

$$B_i = \frac{2[\text{suma lungimii insulelor și (sau) a brațelor pe un sector}]}{\text{lungimea sectorului măsurat pe mijlocul albiei}}$$

Cauzele formării albiilor împletite sunt diverse, după cum reiese din lista propusă de Fahnestock (1963): maluri ușor erodabile, variația rapidă a debitului lichid, debit solid abundent, granulometria depozitelor, declivitate mare a albiei, incompetența locală a scurgerii etc.

Studiile efectuate în teren și experimentele de laborator, realizate încă de timpuriu, de către Leopold și Wolman (1957), au permis notarea următoarelor concluzii, referitor la inițierea și dezvoltarea albiilor împletite:

- împărțirea albiei în brațe are loc din cauza formării, în timpul viiturilor, a unui banc de nisip submers, poziționat central în albie, care ulterior devine un ostrov emers; geneza lui s-a datorat sortării locale a aluviunilor; particulele mai mari de aluviuni s-au acumulat în partea centrală a albiei, acolo unde competența a fost insuficientă pentru a le transporta; toate acestea au determinat schimbarea geometriei secțiunii transversale a albiei, care din îngustă și adâncă a devenit mai lată și mai puțin adâncă; ostrovul format în acest mod se menține și se transformă în insulă, o dată ce este stabilizat cu vegetație;

- panta unui sector de albie împletită este mai mare decât al unuia cu un singur canal; ca exemplu, pot fi menționate râurile care drenează partea estică a Carpaților Orientali. Dintre acestea se remarcă Trotușul și Putna, care în timp ce traversează aria subcarpatică (cu panta mare și aluviuni grosiere), își răsfiră albia în mai multe brațe; când ajung la câmpie (unde panta albiei devine mai redusă și depozitele au o granulometrie mai fină), aceste râuri își adună apele treptat într-o singură albie, al cărui traseu devine meandrat.

Morfologia albiilor împletite este definită de prezența formațiunilor de tip ostrov. Ele sunt formațiuni de pat aluvial, care au, așa cum am mai notat, lungimea de același ordin de mărime cu lățimea albiei și înălțimi de același ordin cu adâncimea medie a scurgerii care le generează (Ichim et al., 1989). În continuare, autorii citați

menționează că, ostroavele se formează în toate tipurile de aluviuni, dar că cele alcătuite din prundișuri (pietriș amestecat cu nisip) predomină și au stabilitatea cea mai mare.

Cu toate că în timpul viiturilor ostroavele suferă unele modificări, ele pot rămâne stabile mult timp (fig. 5. 17), prin adaptare la direcția și traseul curenților de apă din alpii.

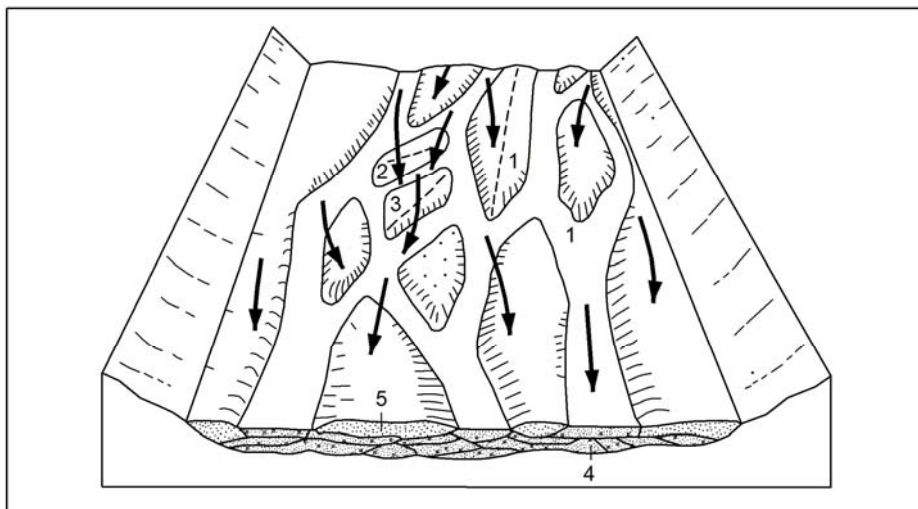


Fig. 5. 17. Morfologia și formațiunile unui curs de apă împletit. Poziția ostroavelor față de direcția de curgere: 1 – longitudinală; 2 – transversală; 3- diagonală; 4 – formațiuni de fund de albie; 5 – formațiuni din ostroave (Grecu și Demeter, 1997, p. 136)

Sub aspect sedimentologic ostroavele sunt alcătuite din două unități: platforma sau baza (este partea înrădăcinată în depozitele groiere ale patului albiei) și supraplatforma sau partea expusă a ostrovului deasupra nivelului apei (la viituri și ape mari poate să ajungă și ea submersă) (Bluck, 1976 și 1982, citat de Ichim et al., 1989).

Printre cele mai mediatizate clasificări ale ostroavelor se remarcă cea propusă de Bluck (1976). Autorul citat identifică două tipuri de ostroave: laterale (specifice albiilor sinuoase) și mediale sau romboidale (caracteristice albiilor împletite). Aceste ostroave au un vârf (situat în partea extremă din amonte) și o frunte (localizată în partea extremă din aval (fig. 5. 18). În componența vârfului predomină aluviunile groiere, iar fruntea este alcătuită din particule mai fine.

Morfologia albiilor împletite este influențată de ostroavele de tip romboidal sau median; acestea sunt caracterizate de o compoziție granulometrică care variază de la praf și argilă, până la nisipuri, pietrișuri și blocuri de rocă (Rădoane et al., 2001).

În urma celor prezentate se poate concluziona că formațiunile de tip ostrov sunt posibile doar la pante mari ale albiei și debite solide considerabile. Explicația are la bază premisa că aluviunile în exces nu pot fi transportate fără să se înregistreze o creștere a debitului lichid, ceea ce face ca răspunsul albiei, la tranzitul unei cantități

mari de aluviuni, să fie reprezentat de stocarea unei părți din acestea în ostroave, aspect care provoacă împletirea albiei (Ichim et al., 1989).

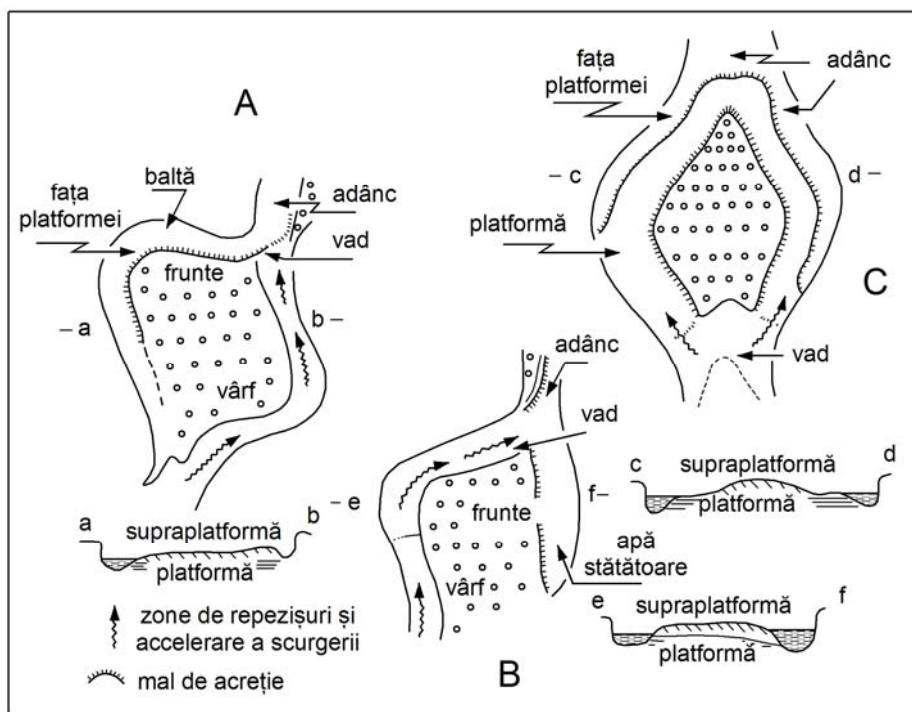


Fig. 5. 18. Terminologia ostroavelor (Bluck, 1976, citat de Ichim et al., 1989, p. 206)

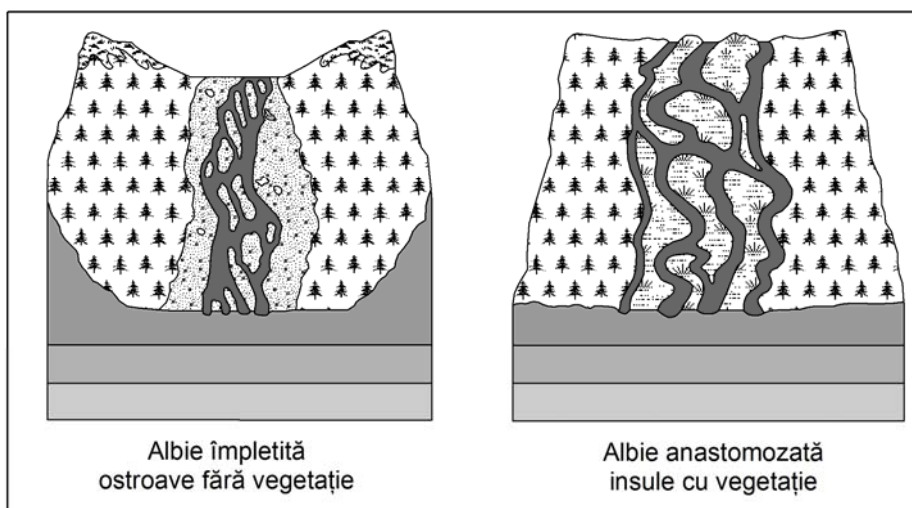


Fig. 5. 19. Deosebiri între albiile împletite și anastomozate (după Bierman și Montgomery, 2013, p. 199)

Albiile anastomozate reprezintă o variantă aparte a celor împletite, de care se disting prin prezența ostroavelor ajunse la stadiul de insule acoperite cu vegetație; denumirea lor a fost recomandată de Schumm (1968), pentru a le diferenția de cele împletite, comparativ cu care sunt mai stabile (această particularitate este dată de formarea lor în depozite mai fine) (fig. 5. 19).

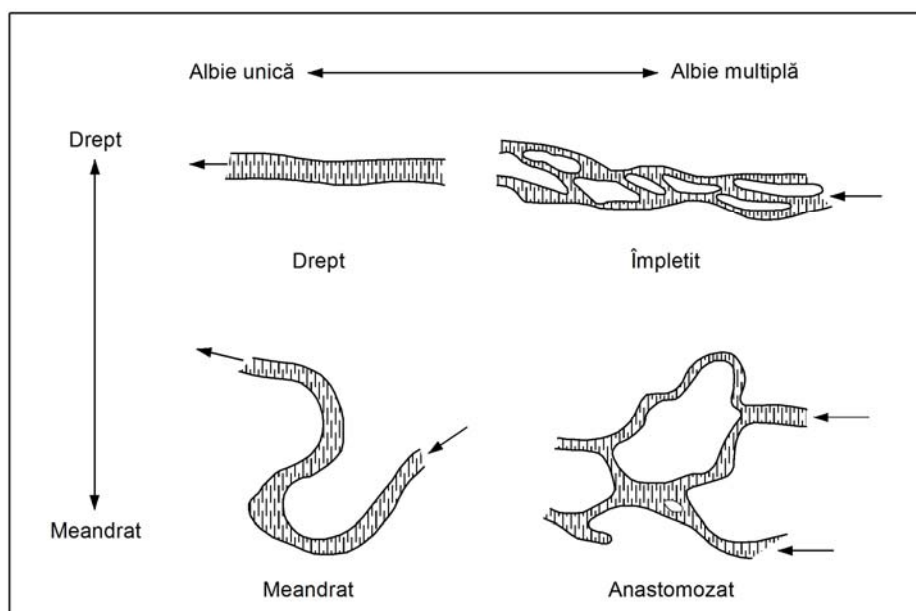


Fig. 5. 20. Clasificarea albiilor pe baza sinuozității și gradului de diviziune a canalului (Rust, 1978, citat de Huddart și Stott, 2010, p. 349)

Prin comparație cu albiile împletite, care au în componență un singur canal (cu numeroase ostroave instabile), albiile anastomozate au mai multe canale interconectate, despărțite de insule mult mai stabile (Summerfield, 2013). În continuare, autorul citat notează că, dacă la albiile împletite apa se scurge printre ostroave (formate prin acumulare), la cele anastomozate, insule fiind mult mai stabile, canalele dintre ele sunt de natură erozională și evoluează ca atare în tendința de reducere a spațiului dintre ele (fig. 5. 20).

La modul general, albiile anastomozate sunt dominate de aluviuni în suspensie, din cauza unor rate de transport ale încărcăturii în general foarte scăzute (Charlton, 2008).

Analizate în teren, atât albiile împletite, cât și cele anastomozate, se referă la un râu care curge prin mai multe canale, dar ca procese sunt diferite (Grecu, 2018).

Împletirea este specifică albiilor cu valori ale pantei un pic mai ridicate, condiții în care debitul solid de fund se acumulează în ostroave inundabile la ape mari, în timp ce anastomozarea face referire la albiile stabile, adâncite în depozite fine, cu transport de aluviuni în suspensie (Grecu, 2018).

Dintre râurile anastomozate se remarcă următoarele: Columbia (regiunea Columbia Britanică, din Canada), Saskatchewan (în mlaștinile din Cumberland), Neches (din Texas), Feshie (din Scoția) etc. (Huggett, 2017; Bruce, 2020).

Albiile anaramificate sau de tip anabranching se remarcă și ele prin prezența mai multor canale de curgere, care se despart (ramificare) și apoi se reunesc din nou.

Până la un punct astfel de alpii sunt oarecum similare cu cele împletite și anastomozate. Deosebirea față de acestea provine de la faptul ca uscatul dintre canale este reprezentat de terenuri similare, ca geneză, cu cele ale câmpiei aluviale și a luncii, existente de o parte și de alta a albiei (fig. 5. 21).

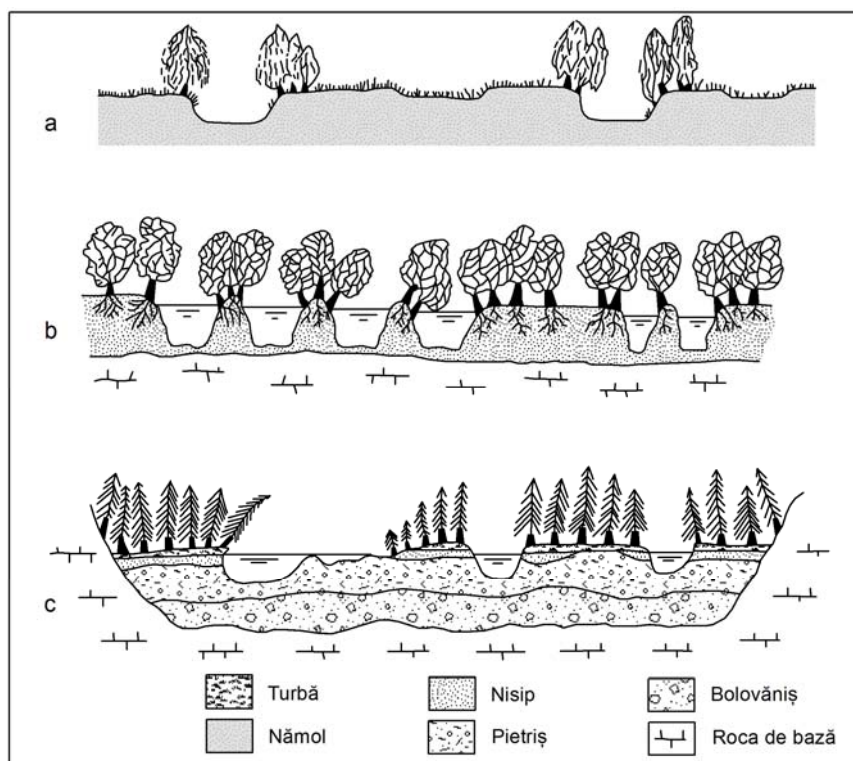


Fig. 5. 21. Stratigrafia și forma secțiunii transversale a trei tipuri de alpii anaramificate; a - sediment coeziv dominat de nămol în condiții semiaride; b - albie sub formă de creastă pe fondul predominării nisipului; c – brațe de albie active lateral din cauza prezenței pietrișului (Nanson și Knighton, 1996, citați de Nanson, 2013, p. 339)

Fără prefixul *ana* ar fi vorba doar de canale de curgere, care se despart fără a se reuni din nou, așa cum se întâmplă de obicei cu brațele unui râu într-o deltă (Roșian, 2023). O anaramificație reprezintă un canal de curgere, care se abate de la albia principală a râului, pentru a se reuni apoi, după ce ocolește o porțiune de uscat (delimitată din lunca sau câmpia aluvială), cu aceeași albie principală sau în unele situații cu un alt canal sau braț, desprins și el tot albia principală.

Râurile anaramificate au în componență canale multiple separate de insule decupate din câmpia aluvială inundabilă (Nanson și Knighton, 1996; Huggett, 2017). Dovada că insulele dintre canalele de scurgere fac parte din câmpia aluvială este dată de înălțimea lor, care este similară cu cea a câmpiei inundabile din jur (Charlton, 2008). Dacă uscatul dintre canale este stabilizat cu vegetație el poate rămâne relativ neschimbat timp de decenii sau secole (Knighton, 1998).

În privința individualizării albiilor anaramificate, cu toate că inițial erau considerate sinonime cu cele anastomozate (Leopold și Wolman, 1957), la fel cum cele anastomozate erau considerate sinonime cu cele împletite (Bridge și Demicco, 2008; Bierman și Montgomery, 2013), cercetările efectuate în ultimele ani (Charlton, 2008; Huggett, 2017; Bruce, 2020) au permis demarcarea lor obiectivă și considerarea ca tip de albie de sine stătător.

Rezultatele cercetărilor subliniază că diferența dintre albiile anaramificate și cele împletite (inclusiv varianta anastomozate), este dată de faptul că uscatul dintre canalele de curgere sau albiile nu este reprezentat de aluviuni, stocate sub formă de ostroave sau insule, ci de părți ale câmpiei aluviale sau a luncii (fig. 5. 22).

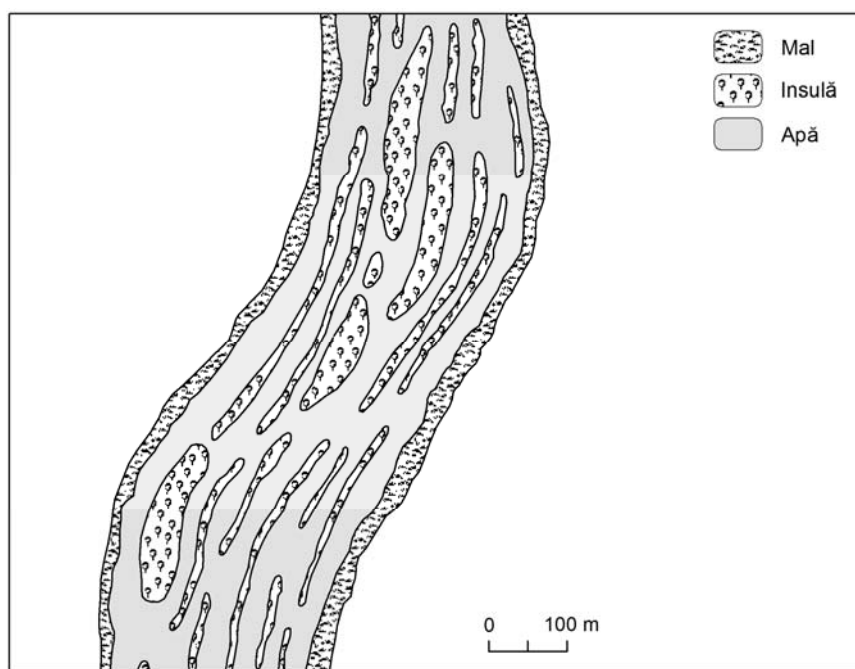


**Fig. 5. 22. Vedere în plan a elementelor unei albi anaramificate
(Tooth și Nanson, 1999, citat de Nanson, 2013, p. 337)**

Inițierea genezei albiilor anaramificate se pare că are loc în timpul apelor mari și a viiturilor, când debitul depășește malurile și sunt posibile avulsii. Acestea din urmă constituie deplasarea relativ bruscă a unei părți ale debitului dintr-un canal

de scurgere în altul. Format pe această cale noul canal el se va deplasa pe linia de cea mai mare pantă, spre partea cea mai joasă a luncii, unde se va uni cu canalele existente deja.

Avulsiunile sunt specifice regimurilor de curgere dominate de inundații, pe fondul unor maluri rezistente la eroziune și a unor mecanisme de blocare a scurgerii (Nanson și Knighton, 1996). Avulsia are loc de obicei în timpul debitelor maxime, atunci când malurile pot ceda, iar apa se revarsă și se scurge prin luncă. O parte din canale formate pe această cale pot fi active numai în timpul viiturilor, acționând ca un sistem de distribuție, pentru dispersarea și stocarea apei și a aluviunilor (Nanson și Huang, 1999). În afara avulsiunilor, care au loc în timpul debitelor maxime, există și circumstanțe favorabile realizării lor și datorită colmatării sau blocării (cu gheață, vegetație sau aluviuni) canalului principal de scurgere a apei, ceea ce provoacă o comutare relativ bruscă a fluxului de la un canal la altul (Ferguson, 1993). Canalul care preia fluxul poate fi unul nou sau unul vechi, abandonat odinioară, din aceleași motive; astfel de situații sunt caracteristice mai ales fluviilor (Bruce, 2020).

Geneza albiilor anaramificate are loc în condiții geomorfologice variate începând de la cele subarctice și mergând până la cele tropicale și musonice semiaride (Knighton, 1998). Dintre râurile anaramificate pot fi date ca exemplu cele din estul Australiei, dintre care se remarcă Edward și Murray (Huggett, 2017). Printre marile fluvii ale Terrei, care au sectoare cu alpii de tip anaramificate se evidențiază: Amazon, Congo, Orinoco, Yangtze, Madeira, Negro, Brahmaputra, Japura și Parana (Bruce, 2020). Anaramificarea râurilor se pare că este, în esență, ajustarea finală a marilor sisteme de drenaj pe majoritatea sectoarelor (Latrubesse, 2008).

Râurile anaramificate cu toate că sunt caracterizate de existența unor condiții de sedimentare și hidraulice particulare (canale separate de insule rezistente la eroziune), funcționează foarte eficient în stocarea temporară a aluviunilor și în tranzitul acestora. Cu toate acestea râurile anaramificate au fost mai puțin studiate (comparativ cu cele meandrate și împletite), motiv pentru care sunt mai puțin înțelese (Bruce, 2020). Dar necesitatea gestionării râurilor, cu astfel de alpii, implică înțelegerea morfodinamicii lor și a modului cum omul prin activitățile sale o poate influența (Best, 2019).

Cunoașterea detaliată a tipurilor de alpii este în măsură să ofere specialiștilor soluții în complexul demers de prevenire și combatere a proceselor geomorfologice care le degradează. Dacă este să nuanțez afirmația, mai trebuie adăugat că, de cele mai multe ori degradarea albiilor are loc în urma intervenției antropice, iar efectele cele mai vizibile sunt la maluri, care prin eroziune se retrag, scoțând din uz suprafețe importante de teren.

5.2. PREVENIREA DEGRADĂRII ALBIILOR

Degradarea albiilor se observă cel mai bine pe suprafața malurilor. Acestea din urmă sunt afectate de diverși factori, dintre care se remarcă cei: climatici (ploi, vânt, îngheț-dezgheț, variații de umiditate etc.), biologici (animale rozătoare, râmătoare etc.), hidrologici, hidrogeologici (curenții de apă, valuri, ghețuri, oscilații ale nivelului apelor curgătoare, apa de infiltrație etc.) (Traci, 1985) și antropici (acționează prin eliminarea vegetației naturale, schimbarea modului de utilizare a terenului, extragerea de balast și alte materiale de construcții albiilor, asigurarea unui regim artificial al scurgerii debitelor etc.).

În situația în care condițiile modelării fluviale au fost schimbate de intervenția omului, factorii hidrologici, reprezentați de curenți și valuri, erodează malurile. Rata de eroziune a malurilor variază în funcție de: viteza curentului de apă, mărimea debitului, regularizarea scurgerii, de apariția curenților locali și a turbioanelor provocate de obstacole, de particularitățile litologice și structurale ale malurilor, de modul de întreținere și utilizare a acestora etc.

Eroziunea malurilor prezintă numeroase efecte negative, cum ar fi: distrugerea unor terenuri fertile, periclitatea unor obiective economice, favorizarea inundării diverselor categorii de terenuri și obiective, schimbări nedorite ale cursurilor de apă etc. (Traci, 1985).

Există așadar suficiente motive pentru a preveni eroziunea malurilor, prin executarea unor lucrări de consolidare.

Dintre tipurile de maluri existente cele mai afectate de eroziune sunt malurile concave, mai ales în cazul râurilor meandrate, deoarece ele sunt lovite direct de către curentul de apă, care nu face altceva decât să își disipeze liberă energia pe suprafața lor.

Din acest motiv prevenirea eroziunii malurilor trebuie realizată prin cele mai eficiente lucrări și materiale: ziduri de sprijin din beton, din zidărie cu mortar sau din gabioane în plasă de sârmă, umplute cu bolovani etc. Comparativ cu acestea, malurile rectilinii și cele convexe pot fi suficient protejate prin acțiuni de împădurire.

Albiile sunt afectate și de procese de aluvionare (colmatare), fie la nivelul malurilor, fie la nivelul patului aluvial, doar că efectul este mai puțin sesizabil, pe termen scurt, decât cel rezultat în urma eroziunii. Cu toate acestea, aluvionarea albiilor prezintă o serie de efecte negative: supraînălțarea patului aluvial, dezvoltarea bancurilor submerse, formarea ostroavelor, împletirea cursului de apă, reducerea înălțimii malurilor (favorizează revărsările, inundațiile și divagările) (Loghin, 1996).

Predominarea la nivel general a proceselor de eroziune impune aplicarea unor măsuri preventive, care au drept scop menținerea malurilor, și în același timp a cursurilor de apă, pe actualele amplasamente și trasee (Roșian, 2011a).

Prevenirea degradării albiilor are la bază scheme tehnice, care cuprind două categorii de lucrări: de apărare directă și indirectă (Băloi și Ionescu, 1986); la acestea se poate adăuga consolidarea malurilor cu ajutorul vegetației.

Lucrările de apărare directă au rolul de a menține și stabiliza malurile actuale. În categoria lor se includ consolidări și îmbrăcămînți, care au ca obiectiv protejarea malurilor împotriva acțiunii distructive a curenților, valurilor și ghețurilor (Băloi și Ionescu, 1986). Anterior aplicării materialelor de protecție este necesară executarea unui taluz, cu o valoare redusă a pantei, sau chiar a unei terasări, atunci când malul este mai înalt.

Raportat la nivelurile atinse de apa din râu (de etiaj, mediu și maxim), consolidările și îmbrăcămînțile se vor aplica pe zone de consolidare și anume: zona I (de fundație, dispusă între talveg și nivelul de etiaj), zona a II-a (între nivelul de etiaj și cel mediu) și zona a III-a (peste nivelul mediu) (Manoliu, 1973). Zonele menționate prezintă câteva note de specificitate, în funcție de care va fi și gradul de amenajare a lor (Băloi și Ionescu, 1986):

- zona I este pe de o parte cea mai solicitată de către dinamica curențului de apă, iar pe de alta trebuie să susțină materialele de la partea superioară; ea trebuie să fie cea mai bine consolidată cu suluri de fascine, pachetaje de nuiele, saltele de nuiele, în combinație cu gabioane, anrocamente, căsoaie, îndeosebi când terenul este afuiabil; dacă terenul este mai rezistent la afuieri sunt indicate blocurile de beton, gabioane, căsoaie și anrocamente;

- zona a II-a, în situația în care se extinde pe verticală pe o diferență de sub 1 m, se poate consolida în mod similar ca precedenta; în cazul în care diferența este mai mare, consolidarea se realizează prin îmbrăcămînți de piatră, beton, asfalt, dispuse pe un strat drenant sau prin gărdulețe în carouri cu piatră;

- zona a III-a, fiind situată în majoritatea timpului deasupra nivelului apei, necesită doar consolidări biologice, sub formă de ierburi însămânțate, brazde de iarbă, arbuști sau arbori.

Consolidările de maluri se realizează prin intermediul unei game variate de scheme constructive și materiale, pornind de la tipurile de îmbrăcămînți, care condiționează apărarea de mal. Îmbrăcămînțile pot fi de mai multe tipuri: de pământ compactat, de pământ stabilizat cu ciment, biologice, cu nuiele, de piatră, cu lianți bituminoși, din beton asfaltic, din beton și beton armat, de materiale geosintetice (Băloi și Ionescu, 1986; Hâncu et al., 2008).

Îmbrăcămînțile de pământ compactat chiar dacă sunt cele mai ieftine, elastice și ușor de realizat, au rezistența cea mai redusă; ele sunt indicate alături de amestecuri de pietriș, nisip, argilă, cu asigurarea unei texturi mai grosiere pentru stratul superior aflat în contact cu apa.

Îmbrăcămînțile de pământ stabilizat cu ciment se dovedesc mai rezistente la eroziune, dar sunt mai costisitoare și se deteriorează prin contracție și tasări.

Îmbrăcămintea biologică se obține prin însămânțări de ierburi perene, brazde de iarbă sau plantații de salcie și răchită; este indicată pentru partea superioară a malurilor.

Îmbrăcămințile cu nuijele se folosesc doar cu caracter temporar, fiindcă sunt expuse putrezirii și acțiunii gheții.

Îmbrăcămințile de piatră sunt durabile, dar în același timp costisitoare, cu excepția celor din piatră spartă aruncată vrac peste taluz; pentru a sporii eficiența fragmentele mari de piatră se pot așeza ordonat, peste un strat de piatră spartă mai mărunță, executat pe un pereu uscat sau rostuit; de asemenea piatra poate fi stabilizată și prin cimentare (fig. 5. 23).

Îmbrăcămințile cu materiale geosintetice din clasa polimerilor se recomandă deoarece nu se degradează sub acțiunea diversilor agenți din mediu. Introducerea geosinteticelor a fost stimulată de necesitatea ameliorarea performanței lucrărilor și amenajărilor hidrotehnice (Hâncu et al., 2008). Cele mai utilizate materiale geosintetice sunt geotextilele (de exemplu, saltele preînsămânțate biodegradabile), geomembranele, geogridurile și georețelele.

Îmbrăcămintea cu lianți bituminoși este mai elastică, etanșă și ușor de executat în comparație cu cea din piatră; ea se obține prin așternerea unui strat de liant bituminos, peste un strat de piatră spartă răspândită pe taluz (Băloi și Ionescu, 1986).

Îmbrăcămințile din beton și beton armat cu toate că sunt cele mai eficiente împotriva acțiunii valurilor și curenților, ele se dovedesc a fi și cele mai costisitoare; se execută din beton simplu, cu grosimi de 10 – 20 cm, care se toarnă peste un strat drenant, compactat și netezit, gros de 15 – 20 cm.

Îmbrăcămintea din plăci prefabricate din beton armat, cu laturile pătratelor de 0,5 – 2,0 m și 6 – 25 cm grosime, se așază pe un strat drenant, cu grosime de 20 – 30 cm, prevăzut cu filtru invers (Băloi și Ionescu, 1986). De asemenea, se pot folosi și plăci din beton cu orificii, denumite plăci filtrante, care permit drenarea apelor de infiltrații din maluri.

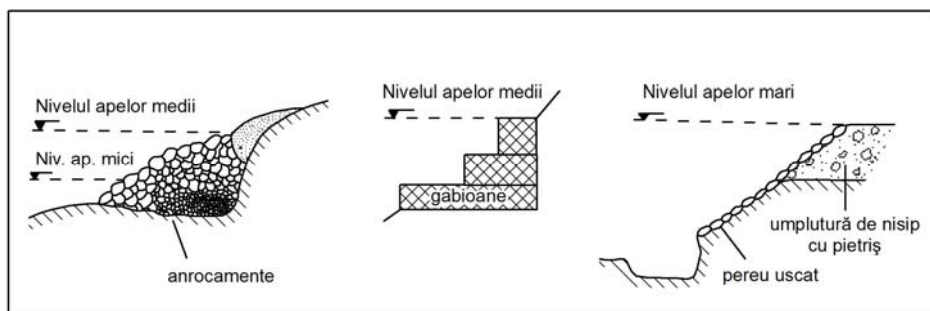


Fig. 5. 23. Consolidări de maluri (Moțoc et al., 1975, p. 229)

Consolidarea malurilor, prin intermediul unor astfel de lucrări, doar pe anumite sectoare, fără să existe o continuitate între acestea, poate duce la probleme

de eroziune, în sectoarele din aval, care nu sunt amenajate (Charlton, 2008). Din astfel de considerente, amenajarea malurilor trebuie realizată doar după efectuarea unor studii temeinice, referitoare la morfologia albiilor și a regimului de scurgere a debitului lichid și solid.

Lucrările de apărare indirectă sunt necesare în condițiile creării de maluri noi și în situația colmatării spațiului dintre linia noului mal și malul actual (Băloi și Ionescu, 1986). Cele mai utilizate în acest context sunt epiurile, digurile de dirijare în albia minoră și pragurile de fund. Astfel de lucrări, împreună cu elementele componente sunt întrebuintate, pe scară largă, și în combaterea degradării albiilor, motiv pentru care vor fi prezentate în secțiunea respectivă.

Consolidarea malurilor apelor cu ajutorul vegetației implică folosirea de specii ierboase și forestiere.

Consolidarea malurilor apelor cu ajutorul vegetației ierboase reprezintă o intervenție mai puțin costisitoare, sub aspect economic, și conduce la o consolidare durabilă, care se poate realiza într-un interval scurt.

În funcție de panta malului, de lungimea și de forma lui, de gradul de instabilitate și de gradul de susceptibilitate la degradare, însămânțarea ierburilor se poate face cu sau fără ajutorul unor lucrări pregătitoare.

Înierbarea prin însămânțare, fără lucrări pregătitoare, se recomandă când malurile sunt relativ stabile și pot fi menținute ca atare până când iarba semănată se dezvoltă suficient (Munteanu et al., 1993).

La rândul ei, însămânțarea cu lucrări pregătitoare, cum ar fi acoperirea taluzului cu pământ vegetal etc., se face când malurile sunt lipsite de înveliș vegetal și există semne de eroziune incipientă. Pentru aplicarea stratului vegetal de pământ – în grosime de 10 – 20 cm – este necesară o modelare a terenului în trepte, începând de la partea inferioară către partea superioară a taluzului de consolidat (Munteanu et al., 1993).

Pentru înierbarea malurilor se recomandă amestecuri de semințe de la 3 la 5 specii, din care graminee 60 - 70% (*Poa pratensis* - firuță, *Agropyron pectiniforme* - pir crestă, *Arrhenatherum elatius* - ovăscior, *Dactylis glomerata* - golomăț, *Festuca pratensis* - păiuș de livadă, *Festuca rubra* - păiuș roșu etc.) și leguminoase 30% ...40% (*Lotus corniculatus* - ghizdei, *Onobrychis viciifolia* - sparcetă, *Trifolium repens* – trifoi alb etc.) (Munteanu et al., 1993).

Consolidarea malurilor apelor cu ajutorul vegetației forestiere reprezintă unul dintre cele mai eficiente mijloace de consolidare a albiilor. De obicei, dacă activitățile antropice permit, vegetația forestieră se instalează singură pe malurile râurilor; cele mai favorabile specii sunt, în acest sens, sălciile și aninii.

În alegerea speciilor se va ține cont de condițiile de relief și subzonele fito-climatice, care la rândul lor se asociază în stațiuni cu caracter regional: de câmpie și coline de stepă și silvostepă (cățina albă, sălcioară, cătină roșie, răchită, salcie albă, salcie căprească, anin alb etc.), din regiuni de dealuri din subzonele de cvercete și

din subzona gorunului (cătina albă, răchita, lemnul câinesc, cornul, aninul negru etc.) și din regiuni montane din subzonele fagului și molidului (cătina albă, aninul alb, răchita etc.) (Traci, 1985). După autorul citat, se recomandă 5.000 de exemplare de puieți la hectar, în cazul speciilor de talie mare, respectiv 8.000 în cazul arbuștilor; în situația albiilor înguste, pentru a nu devenii obstacole în curgerea apei, speciile de talie mare pot fi tăiate la cicluri de 5 – 10 ani.

Pentru amenajarea malurilor de râuri din zona temperată a Americii de Nord se recomandă utilizarea următoarelor specii de arbori și arbuști: salcia (*Salix sp.*), cornul roșu (*Cornus sp.*), tufa cu bile (*Cephalanthus occidentalis*), arinul (*Alnus sp.*) și plopul tremurător (*Populus tremuloides*) (Morgan și Rickson, 2005). După autorii citați, butașii de salcie și corn roșu înrădăcinează destul de ușor, ceea ce face ca rata de supraviețuire a celorlalte să fie mai scăzută, ele fiind incluse în schemele de amenajare doar pentru a crea o comunitate vegetală diversificată, care să se adapteze condițiilor variabile din zonă.

Pe lângă asigurarea stabilității malurilor vegetația îndeplinește și următoarele funcții de bază: menține un microclimat mai stabil comparativ cu cel exterior albiilor, creează habitate specifice pentru animale, furnizează hrană pentru animalele acvatice și terestre etc. (Jafari et al., 2022).

Indiferent de tipul lucrărilor efectuate, amenajarea albiilor nu trebuie să se limiteze doar la porțiunile susceptibile la degradare. Se recomandă ca lucrările să se extindă și în amonte și în aval de sectoarele predispuse, de exemplu, la eroziune, deoarece forțele hidrodinamice care le determină variază ca intensitate și poziție, în funcție de mai mulți factori: nivelul apelor, traseul în plan al albiilor, granulometria aluviunilor, gradul de încărcare al apei cu aluviuni etc. (Munteanu et al., 1993). Practic cu cât se acordă mai multă atenție prevenirii degradării albiilor, cu atât costul și durata de realizare a lucrărilor de combatere se diminuează.

5.3. COMBATEREA DEGRADĂRII ALBIILOR

Absența măsurilor de prevenire a degradării albiilor cere ulterior, în majoritatea cazurilor, acțiuni de combatere a proceselor geomorfologice, care pe de o parte erodează patul albiei și malurile, iar pe de altă parte le aluvionează.

Succesul acțiunilor și măsurilor de combatere a degradării albiilor depinde foarte mult de modul în care sunt integrate în schemele de regularizare a cursurilor de apă.

Regularizarea albiei se poate realiza fie la nivel local, fie pe sectoare mai lungi, atunci când este vorba de corectări de traseu.

Regularizarea locală se face pe spații limitate, cum este de exemplu în cazul amenajării confluențelor, la prize de apă, la traversări, ea fiind strâns legată de prezența unor sectoare stabile în amonte și în aval (Băloi și Ionescu, 1986).

Regularizarea pe sectoare extinse este cea mai indicată atât pentru combaterea degradării albiilor, cât și pentru apărarea împotriva inundațiilor. Acest tip de regularizare poate fi: conservativ sau radical.

Regularizarea conservativă constă în realizarea unei alpii unice, cu traseu și secțiuni cât mai regulate; albia nou realizată urmează cât mai fidel posibil linia malurilor și vechiului talveg (Ichim et al., 1989). Deoarece regimul curgerii este destul de puțin deranjat, o astfel de regularizare prezintă mai multă siguranță, fiind în același timp deosebit de economică și eficientă.

Regularizarea radicală implică realizarea unei alpii noi prin intermediul lucrărilor de străpungere și de corectare a traseului râului. În urma unei astfel de intervenții au loc modificări radicale, atât în regimul de curgere, cât și în echilibrul morfologic al albiei, fapt care are influență și asupra sectoarelor din amonte și aval (Ichim et al., 1989). Tocmai din acest motiv astfel de regularizări trebuie adoptate cu deosebit discernământ, întrucât cursurile de apă reacționează la schimbări care nu corespund unei situații de echilibru hidraulic și morfologic (Ichim et al., 1989).

Dintre aceste ultime două tipuri, regularizarea conservativă este mai economică, fapt care o recomandă, în detrimentul celei radicale.

Regularizările locale cuprind o serie de lucrări dintre care mai utilizate sunt cele care însoțesc schemele de regularizări la confluențe și la bifurcații.

Schema de regularizare la confluențe se întocmește și se pune în practică ținând cont de particularitățile acestora. În funcție de valoarea unghiului sub care se întâlnesc curenții râurilor, în cadrul confluențelor, se generează unele dintre cele mai complexe condiții hidrodinamice existente în cadrul albiilor (Rhoads, 2020).

Problemele specifice, de natură hidrodinamică, nu se resimt doar în locația imediată, unde cele două râuri se întâlnesc, ci se extind atât în amonte, cât și în aval, de locul confluenței. Din acest motiv, sectorul fluvial, afectat de combinarea fluxurilor din cadrul unei confluențe, este cunoscut sub denumirea de zonă hidrodinamică de confluență (CHZ - confluence hydrodynamic zone) (Kenworthy și Rhoads, 1995). Extinderea zonei de confluență depinde de caracteristicile morfologice ale albiilor, care confluează, și de proprietățile hidrologice ale fluxurilor de apă și aluviuni. Se asistă așadar la un sector a cărui suprafață variază dinamic în funcție de debit, motiv pentru care lucrările de regularizare, de la confluențe, trebuie dimensionate corespunzător, pentru a putea prevenii atât procesele de eroziune, cât și pe cele de acumulare.

Condiții de stabilitate optime se înregistrează când malul cursului principal este concav și când între axele hidrodinamice la confluență este un unghi de 40 – 60°; comparativ cu aceste situații, cele mai slabe condiții de stabilitate a malurilor se întâlnesc dacă râul principal are mal convex și atunci când confluența are loc pe traseul rectiliniu al albiei, în unghiuri mai mari de 90°, dar și în situații cu unghiuri prea mici între axele celor două alpii (Băloi și Ionescu, 1986) (fig. 5. 24).

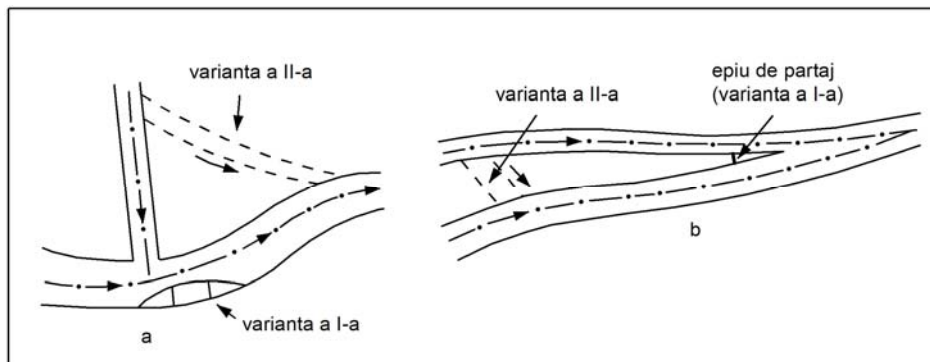


Fig. 5. 24. Lucrări de regularizare la confluențe; a. în mal convex; b. confluență cu unghi prea mic între axele celor două râuri (Băloi, Ionescu, 1986, p. 236)

Schemele de amenajare specifice confluențelor, cuprind în general următoarele tipuri de lucrări (Băloi și Ionescu, 1986):

- în situația confluențelor în mal convex este indicat un câmp de epiuri cu traverse de capăt sau un dig longitudinal lângă malul opus confluenței; prin intermediul acestor lucrări are loc consolidarea malului opus, afectat de eroziune și se îngustează albia, fapt care determină atât mărirea vitezei curentului, cât și îndepărtarea aluviunilor de la confluență;

- în cazul confluențelor cu unghi mic între albi se impune mutarea artificială a punctului de confluență spre amonte, ceea ce determină unghiuri de incidență și pante mai mari; în condițiile în care nu este posibilă schimbarea confluenței, atunci eroziunea malurilor poate fi redusă prin construcția unui epiu de partaj, care evită interacțiunea dintre curenții celor două albi.

Se poate concluziona că, tipologia lucrărilor, de la confluențe și locul amplasării lor, se stabilește în funcție de debitele lichide și solide furnizate de afluenți, de ordinul râurilor care se unesc și de unghiul lor de confluență, de natura și intensitatea proceselor de albie, de natura și amploarea pagubelor pe care aceste procese le produc (Munteanu et al., 1993). La modul general, în aval de confluențe este de așteptat ca lățimea și adâncimea albiei să crească, iar panta să scadă, pe măsură ce debitul crește (Rhoads, 2020), condiții care asigură o diminuare a eroziunii.

Schema de lucrări la bifurcații este condiționată de modul în care are loc divizarea albiei principale, în două sau mai multe brațe (proces cunoscut sub denumirea de ramificare, împletire sau despletire a albiei). Dintre efectele negative, ale bifurcării râurilor, se remarcă instabilitatea crescută a albiilor, capacitatea de transport redusă și mult diferită de la un braț la altul, riscul formării zăpoarelor, îngrădădiri de plutitori, remu-ul provocat în amonte, ce amplifică undele de viitură care generează apoi inundații etc.

Punerea la punct și aplicarea schemelor de amenajări, de la bifurcații, are la bază mai multe cerințe, care trebuie obiectiv justificate sub aspect economic și social (Băloi și Ionescu, 1986):

- păstrarea situației inițiale, prin aplicarea lucrărilor necesare pentru stabilizarea albiilor, alături de care se execută epiuri de partaj, cu rol de a repartiza debitele solide și lichide la bifurcații, în cantitățile dorite (fig. 5. 25);

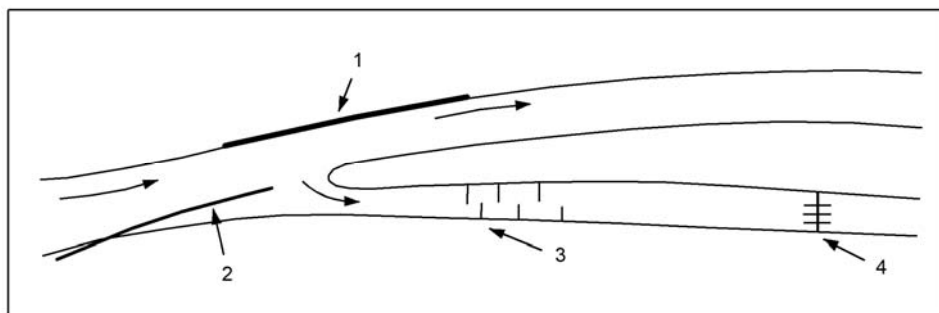


Fig. 5. 25. Schema de lucrări la bifurcații; 1. consolidare de mal; 2. dig de dirijare; 3. epiuri; 4. traverse de închidere (Băloi și Ionescu, 1986, p. 237)

- realizarea unei alpii unice, prin închiderea ramificațiilor secundare, ceea ce presupune un dig de dirijare (lângă malul cu bifurcație), traverse de închidere submersibile și permeabile, câmpuri de epiuri (dispuse pe ambele maluri), pentru șicanarea curentului de-a lungul brațelor care se închid, lucrări de consolidare directă a malurilor; închiderea brațelor trebuie făcută în etape, pentru a evita perturbațiile majore în regimul de scurgere.

Mai trebuie adăugat că, schemele de lucrări prezentate trebuie completate cu măsuri de eliminare a obstacolelor din alpii, tocmai pentru îmbunătățirea condițiilor de scurgere prin albie; în categoria acestor măsuri se includ: înlăturarea arborilor căzuți în albie (în amonte de ei se adună corpuri plutitoare care pot forma baraje în albie); eliminarea pragurilor neerodabile și a depozitelor aluvionare care obturează și divid secțiunea de curgere; îndepărtarea obstacolelor realizate de componenta antropică (construcțiile vechi și părăsite, de tipul stavilelor și canalelor de moară, prizelor de apă greșit amplasate etc.); corectarea morfologiei rezultate în urma exploatărilor necontrolate de balast și desființarea amenajărilor piscicole neconforme etc. (Băloi și Ionescu, 1986).

Regularizarea pe sectoare extinse sau corectările de traseu se efectuează în situația albiilor instabile, pe sectoare lungi, din cauza meandrelor și în cazul în care unghiul dintre axele hidrodinamice ale albiilor minore și majore este prea mare, când malul concav al albiei minore coincide cu malul albiei majore și prezintă procese de afuiere intensă etc. (Băloi și Ionescu, 1986).

Cea mai reprezentativă schemă în acest sens, conform autorilor citați, este **străpungerea albiei meandrate**; ea influențează în egală măsură atât corectarea traseului, cât și cea a profilului.

Străpungerea albiei este recomandată pe sectoarele cu meandre instabile, maluri concave erodate, adâncimi insuficiente ale albiei, înclinări reduse și capacitate mică de transport. În urma realizării străpungerii albiei are loc scurtarea traseului, se mărește înclinarea albiei, se îmbunătățește curgerea apelor mari și a ghețurilor (fig. 5. 26).

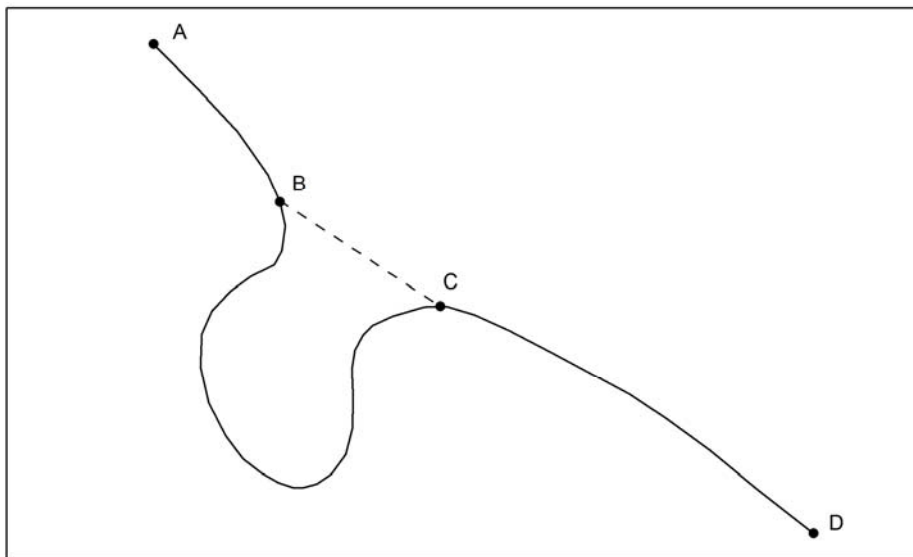


Fig. 5. 26. Schema unei străpungeri (Băloi și Ionescu, 1986, p. 233)

Efectuarea străpungerii se poate realiza mecanizat (prin excavații în uscat sau prin dragare) sau folosind și energia curentului de apă (prin săparea pe noul traseu a unui canal mai îngust, denumit canal de autodragaj); acesta din urmă trebuie să aibă o lățime de $1/4 - 1/6$ din lățimea albiei proiectate și o rază hidraulică maximă (Băloi și Ionescu, 1986). (fig. 5. 27).

În cadrul schemei de lucrări, utilizate la realizarea unei străpungeri, se includ următoarele elemente tehnice: canalul de autodragaj, diguri de dirijare a apei (spre intrarea în noua albie), traversa de închidere a vechii albiei, eventuale praguri de fund și traverse îngropate (pe porțiunile cu înclinări noi mai mari și ca urmare cu pericol de adânciri), consolidări și îmbrăcămînți de maluri.

Atât în amonte, cât și aval, de sectoarele cu străpungeri, menținerea traseului de regularizare se asigură prin epiuri și diguri longitudinale de disipare (amplasate în porțiunile cu maluri instabile), la care se alătură lucrările de tip ușor în sectoarele stabile; distanța dintre maluri se va mări din amonte spre aval.

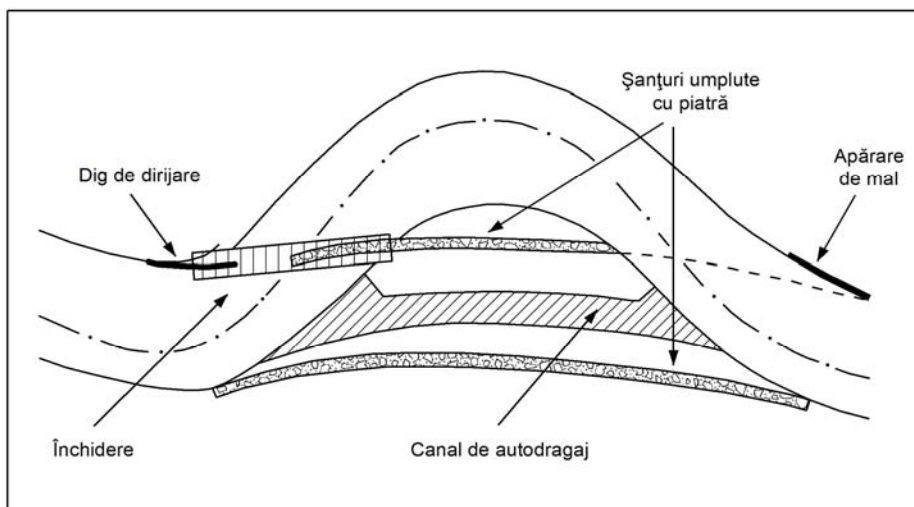


Fig. 5. 27. Schema lucrărilor de străpungere (Băloi și Ionescu, 1986, p. 234)

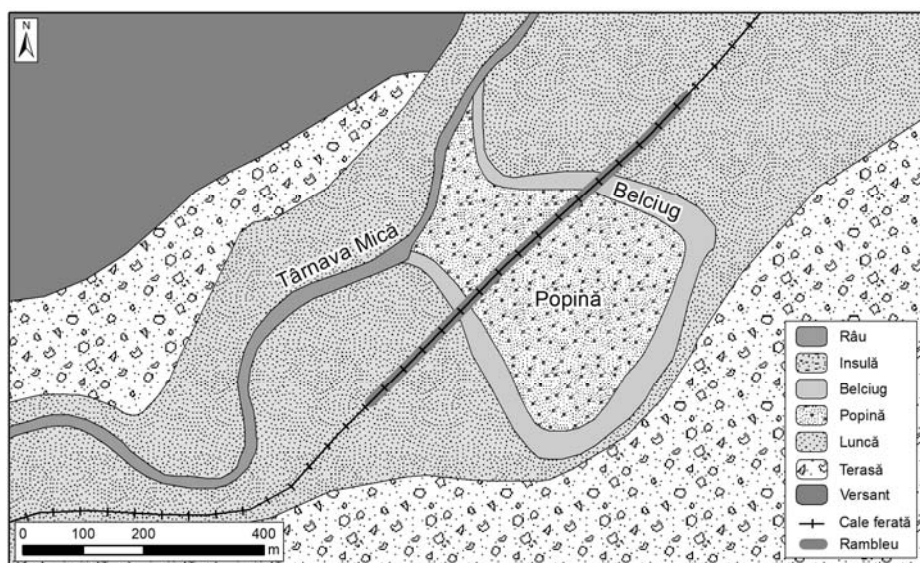


Fig. 5. 28. Străpungerea albiei Târnavei Mici între Sâncel și Blaj

Dintre numeroasele exemple de străpungeri realizate, se poate da, ca exemplu, cel de la nivelul albiei Târnavei Mici, între Sâncel și Blaj (fig. 5. 28). În urma intervenției antropice, pentru a facilita realizarea căii ferate, lungimea râului s-a redus cu aproximativ 1,4 km, iar valoarea coeficientului de meandrare, pe sectorul Sâncel – Blaj, a scăzut de la 1,5 (anterior străpungerii), la 1,3 (cât se înregistrează în prezent) (Roșian, 2021). În albia veche a Târnavei Mici se păstrează și în prezent bălți și mlaștini, de unde și denumirea de „Târnavă Seacă” dată de localnici acestuia (Roșian și Deva, 2007).

Elementele de bază ale proiectării regularizării unei alpii sunt reprezentate de: nivelul de regularizare; traseul de regularizare, secțiunea de regularizare și profilul longitudinal de regularizare (Băloiu, 1980; Băloi și Ionescu, 1986).

Nivelul de regularizare este cel luat în considerare pentru îmbunătățirea curgerii (la nivel de sector amenajat) și pentru realizarea lucrărilor de regularizare; el se stabilește prin raportare la unul din debitele caracteristice: minim, mediu, mare, maxim și maxim pentru scurgerea ghețurilor, minim pentru navigație etc. (Băloiu, 1980).

Indiferent de nivelul ales, coronamentul lucrărilor de regularizare, trebuie să fie mai sus decât acesta, aspect care trebuie stabilit încă din timpul proiectării amenajării.

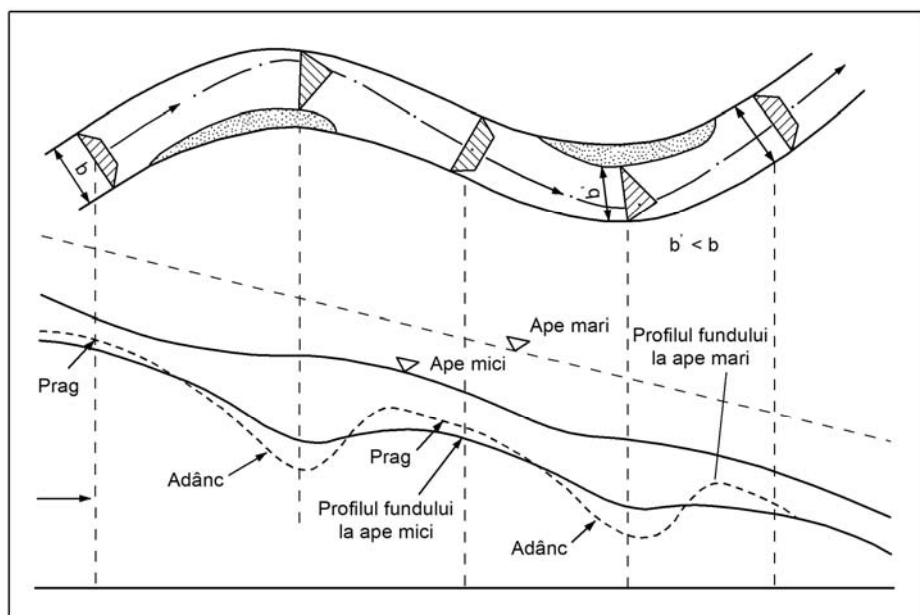


Fig. 5. 29. Configurația în plan și în profil al unui sector sinuos (Băloi și Ionescu, 1986, p. 238)

Traseul de regularizare constituie axa hidrodinamică a albiei minore (linia care unește punctele în care apa curge cu viteză maximă, la ape medii) și este concretizat de linia talvegului. Astfel definit, traseul de regularizare este mai sinuos (fig. 5. 29), decât cel al albiei majore, și trebuie să îndeplinească următoarele condiții: să fie alcătuit dintr-o serie de curbe și contracurbe; să se rezeme la ambele capete pe malurile unor sectoare stabilizate; să fie cât mai apropiat de malurile stabile și cât mai îndepărtat de cele instabile, dacă albia este îndiguită axul hidrodinamic al albiei minore trebuie să fie în concordanță cu cel al albiei majore, încorsetate de diguri (pentru a se respecta criteriul hidraulic) (Băloi și Ionescu, 1986). Executarea traseului de regularizare, conform autorilor citați, se asigură prin epiuri și diguri longitudinale de disipare, dispuse în secțiunile cele mai instabile, izbite de curentul

de apă. Foarte important este ca între axa hidrodinamică a albiei minore și cea a albiei majore să fie unghiuri cât mai apropiate de zero.

Unul dintre cele mai importante elemente luat în calcul, pentru regularizarea albiilor, în vederea combaterii degradării lor, este reprezentat de **secțiunea de regularizare** (fig. 5. 30); aceasta poate fi simplă (unică) sau etajată (mixtă).

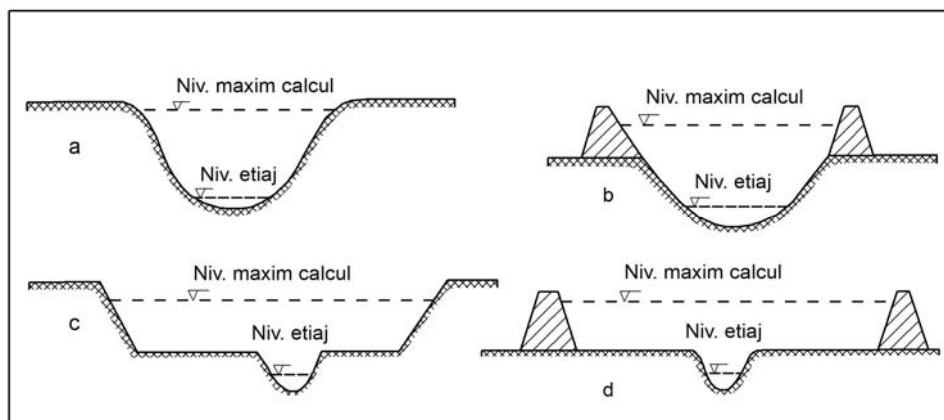


Fig. 5. 30. Secțiuni de regularizare; a și b – albiu unic; b și c – albiu etajat (Băloi și Ionescu, 1986, p. 240)

Secțiunea unică de regularizare trebuie să asigure scurgerea, la orice nivel, prin aceeași albie (Băloi și Ionescu, 1986); cea mai indicată formă, pentru o astfel de secțiune, este cea de covată (secțiune parabolică), deoarece permite concentrarea apei spre centrul albiei. Albia unică are avantajul că ocupă suprafețe reduse de teren, aspect care este important mai ales în cazul centrelor populate străbătute de către albiu; în astfel de situații investițiile necesare pentru traversări și subtraversări (poduri, canalizări, conducte etc.) devin mai reduse.

Secțiunea etajată de regularizare are în componență o albie minoră, prin care se scurg debitele cu valori reduse și medii, la care se adaugă o albie suprapusă acesteia, care asigură scurgerea la debite mari. În astfel de situații, atât secțiunea etajată, cât și cea unică, se pot executa numai în săpătură sau în săpătură cu umplutură; cea mai întâlnită este secțiunea realizată în săpătură și umplutură, ea fiind realizată sub forma digurilor de apărare contra inundațiilor (Băloi și Ionescu, 1986). După autorii citați, albia etajată prezintă următoarele avantaje: asigură diferențe de nivel reduse și o variație mică a vitezelor de scurgere, modifică mai puțin regimul natural al scurgerii, malurile sunt mai stabile din cauza fragmentării taluzurilor etc.

Profilul longitudinal de regularizare este dependent în general, de profilul văii. În același timp panta de curgere este dependentă de panta talvegului, în sectorul superior al râului, pe când în sectoarele inferior și mijlociu ea depinde mai mult de secțiunea udată și de debit (Băloi și Ionescu, 1986).

Elemente de construcție utilizate în regularizarea albiei. Prevenirea degradării unei albie regularizate se poate realiza prin folosirea mai multor elemente de construcție (Băloi și Ionescu, 1986; Morgan și Rickson, 2005):

- *fascine simple* - snopi alcătuiți din nuiele de 12 – 30 cm grosime, 4 – 12 m lungime, legate la fiecare 0,6 – 0,8 m distanță cu sârmă de 2 mm;

- *fascine lestate* - suluri cilindrice cu diametrul de 0,6 – 1,0 m, lungi de 4 – 10 m, alcătuite dintr-un înveliș inelar de nuiele cu umplutură de piatră, pământ sau moloz; cele două tipuri de fascine intră în componența digurilor, epiurilor, pragurilor, spre partea de fundație și de asemenea în apărarea malurilor ca elemente de intervenție urgentă în timpul apelor mari;

- *pachetaje* - stive de nuiele sau fascine dispuse în straturi orizontale, fixate cu pari; acestea pot fi încărcate cu piatră la anumite niveluri și se utilizează la apărarea malurilor, pentru fundațiile lucrărilor elastice din albie;

- *saltele* - pot fi de fascine, beton, asfaltice sau din mase plastice; se folosesc pentru apărarea malurilor și albiei contra eroziunii;

- *gabioane* - cutii (1 x 1 m) sau saltele (2 x 1 x 0,25 m; 4 x 3 x 0,25 m) din plasă de sârmă zincată, cu ochiuri pătrate sau hexagonale, în care se așază pietre de dimensiuni variabile; gabioanele se leagă între ele cu sârmă constituind lucrări foarte elastice, rezistente și stabile în protecția a malurilor; există numeroase variante constructive, așa cum se poate observa în figura 5. 31.

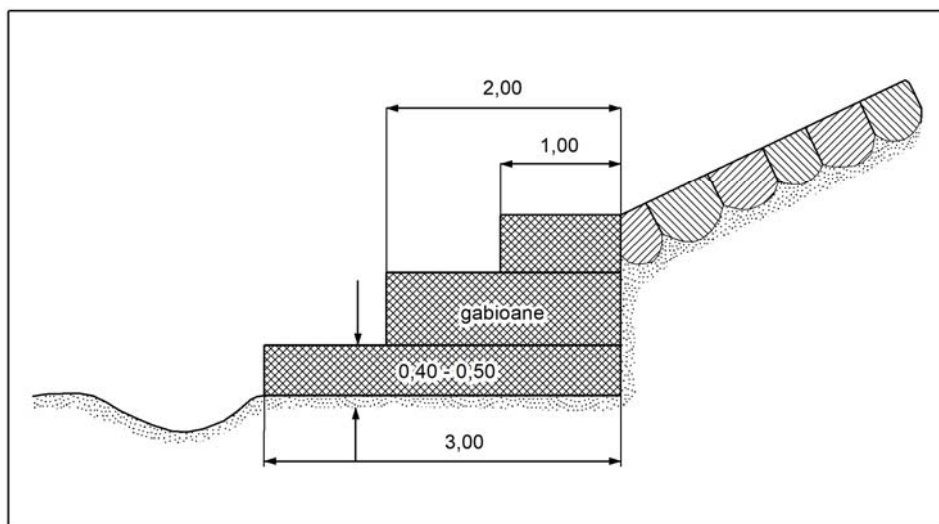


Fig. 5. 31. Apărarea părții inferioare a malurilor cu gabioane
(Munteanu et al., 1993, p. 171)

- *căsoaie* - cutii de lemn sau beton armat, umplute cu bolovani, piatră de râu, anrocamente sau chiar cu pământ;

- *carcase* - lucrări filtrante în albia râului, care au rolul de a disipa energia curentului hidraulic; inițial ele funcționează ca lucrare permeabilă de tip ușor, pentru ca ulterior după ce se colmatează se comportă ca lucrări de tip masiv; se deosebesc sub aspectul formei carcase piramidale tetraedru, panouri; când carcassele alcătuiesc un sistem de tipul unui epiu, dig, traversă de închidere sau prag de fund, se leagă între ele prin cabluri sau bare (de lemn rotund) și se ancorează în maluri;

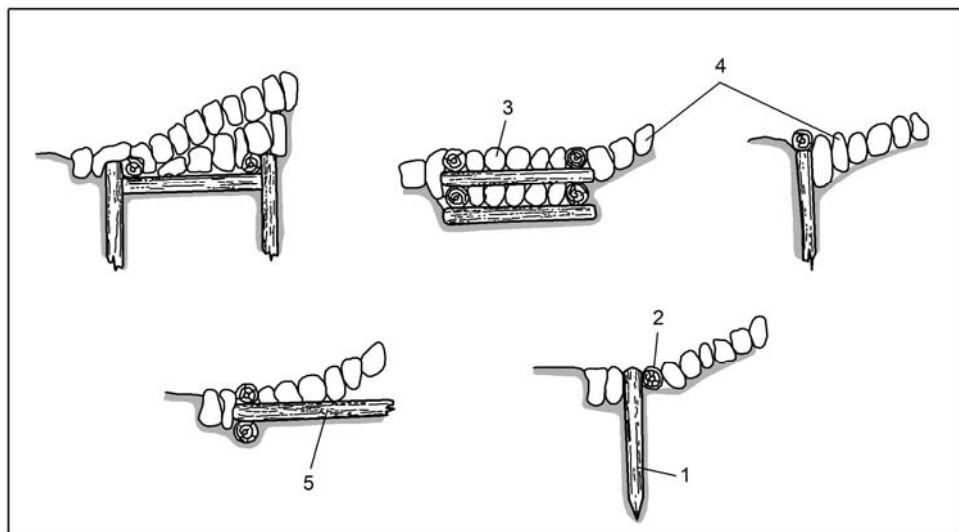


Fig. 5. 32. Consolidări din zidărie de piatră uscată. 1 – țăruș; 2 – longrină; 3 – căsoaie umplută cu piatră; 4 – pereu din zidărie de piatră uscată; 5 – traversă (Munteanu et al., 1993, p. 168)

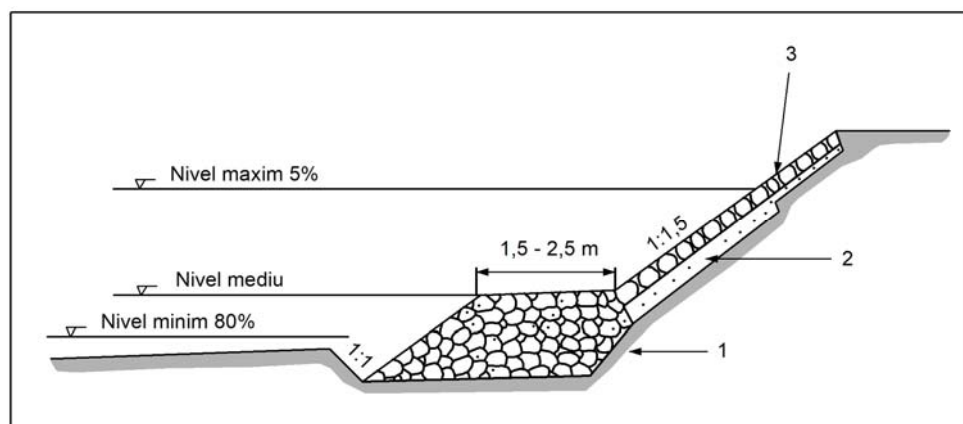


Fig. 5. 33. Pereu din piatră cu banchetă la bază, pentru albie cu patul ușor afuiabil. 1 – anrocament; 2 – filtru invers; 3 – pereu uscat sau rostit (Hâncu, 1971, citat de Munteanu et al., 1993, p. 169)

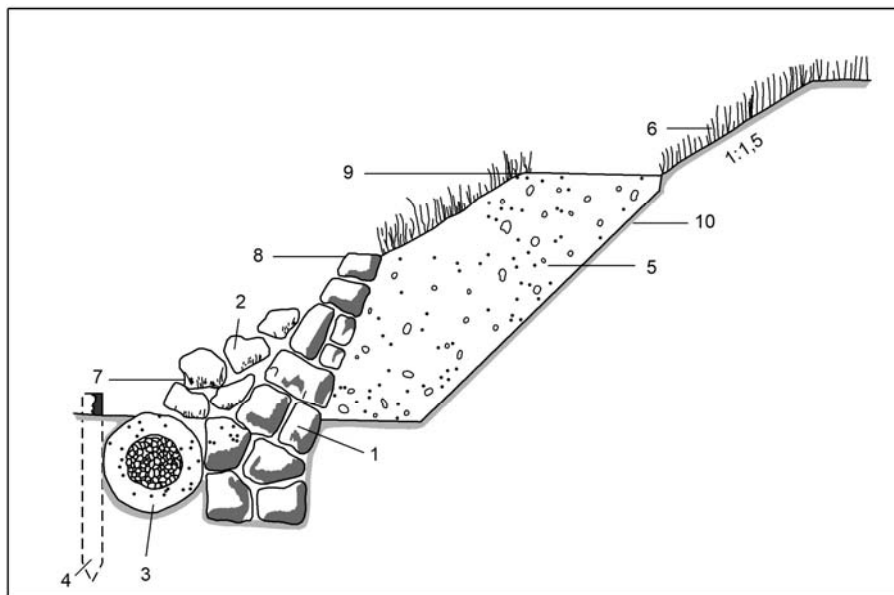


Fig. 5. 34. Consolidări de maluri din zidărie de piatră uscată în combinație cu fascine. 1 – pereu din piatră brută; 2 – anrocamente; 3 – fascină lestată; 4 – țărș; 5 – umplutură; 6 – înierbări; 7 – nivel de etiaj; 8 – nivel mediu; 9 nivel maxim; 10 taluz (F.A.O., 1981, citat de Munteanu et al., 1993, p. 169)

- *elemente de apărare din zidărie uscată* – se pot realiza și cu piatră naturală, care poate fi utilizată sub formă de anrocamente și pereuri. *Anrocamentele* se realizează din blocuri de piatră așezate neregulat, care asigură o bună protecție a malurilor, ce vin în contact direct cu apa. Lucrările care implică folosirea de anrocamente se recomandă atunci când materialul de construcție se găsește la fața locului sau este ușor de procurat și nu trebuie transportat pe distanțe mari (Munteanu et al., 1993). *Pereurile* se folosesc când malurile sunt ușor spălate de apă. Astfel de consolidări pot fi uscate (fig. 5. 32) sau rostuite; acestea din urmă sunt mai costisitoare sub aspect economic, dar mai rezistente, la acțiunea curenților încărcăți cu aluviuni grosiere și plutitori. Pereurile uscate, dar și cele rostuite pot fi folosite în combinație cu anrocamente (fig. 5. 33) sau cu anrocamente și fascine (fig. 5. 34). Tipul de pereu și materialul de construcție se vor alege în funcție de înălțimea malului, de litologie, de viteza apei, de importanța obiectivului de apărare etc. (Munteanu et al., 1993). Conform autorilor citați, grosimea pereului poate fi constantă pe întreaga lungime a malului, care trebuie consolidat, sau se poate micșora în lungul lui, de jos în sus. La contactul dintre pereu și mal, îndeosebi când sunt posibile subminări cu caracter local, este indicat ca aplicarea și exploatarea pereurilor să se facă în prezența unui filtru invers. Acesta din urmă (fig. 5. 33) reprezintă un material cu o permeabilitate net superioară permeabilității pământului din mal. Filtrul invers are în componență mai multe straturi de nisip și pietriș, care, sub aspect granulometric, se

succed în ordine inversă granulometriei pământului natural (stratul cu granulometria fină se aplică pe mal, în timp ce stratele cu granulație din ce în ce mai grosieră spre exterior). Spre partea superioară a malurilor pereurile se extind până la nivelul corespunzător debitului maxim de calcul; deasupra nivelului respectiv se poate aplica o îmbrăcămintă de tip ușor (Munteanu et al., 1993).

- *elemente prefabricate* - de diverse forme - sunt reprezentate prin stabilopozi din beton cu patru ramificații (tetrapozi) prevăzute la extremități cu protuberanțe speciale, pentru a sporii încheștarea cu elementele învecinate (fig. 5. 35); împreună alcătuiesc un corp masiv, cu goluri, adică o lucrare filtrantă, menită să disipeze cea mai mare parte din energia curenților și valurilor.

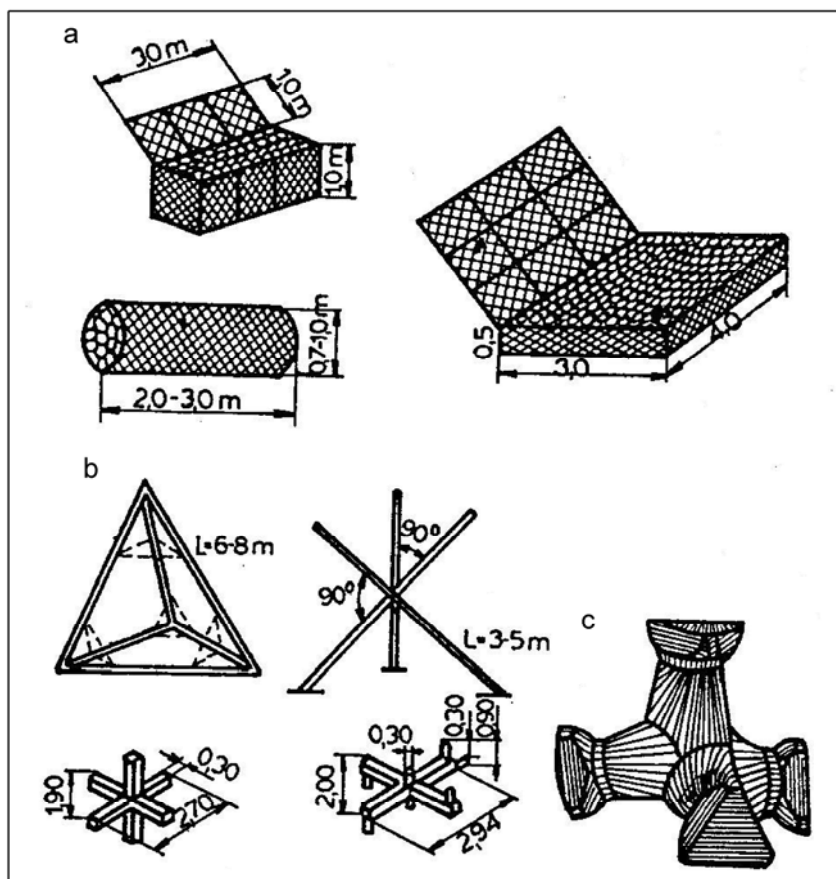


Fig. 5. 35. Elemente de construcții din metal și beton; a. gabioane; b. elemente stelate; c. stabilopozi (Băloi și Ionescu, 1986, p. 248)

- *ziduri de sprijin* - se realizează pentru protecția malurilor contra eroziunii; ele trebuie să fie fundate la adâncime destul de mare (1,5 - 2,0 m), pentru a nu se degrada prin afuieri și tasări (Munteanu et al., 1993).

Lucrările de regularizare a albiei pot fi de tip ușor, cu caracter provizoriu (executate din materiale locale) și de tip masiv, de durată (realizate din materiale rezistente) (Băloi și Ionescu, 1986; Muntean et al., 1993).

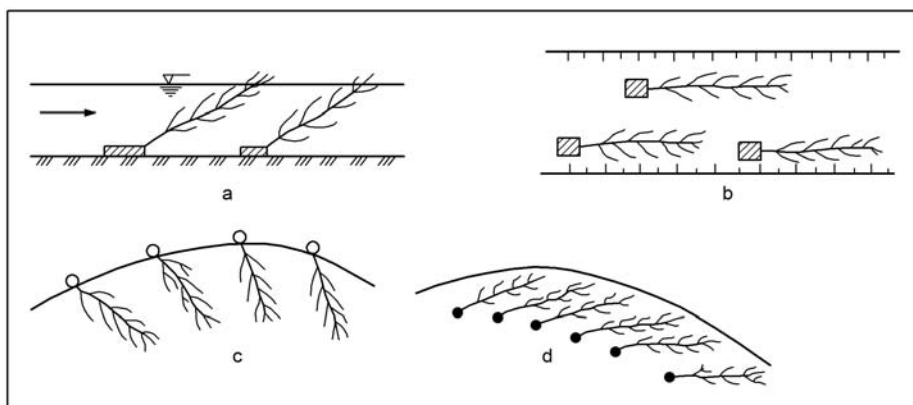


Fig. 5. 36. Folosirea arborilor înecați la protejarea malurilor (Băloi și Ionescu, 1986, p. 248)

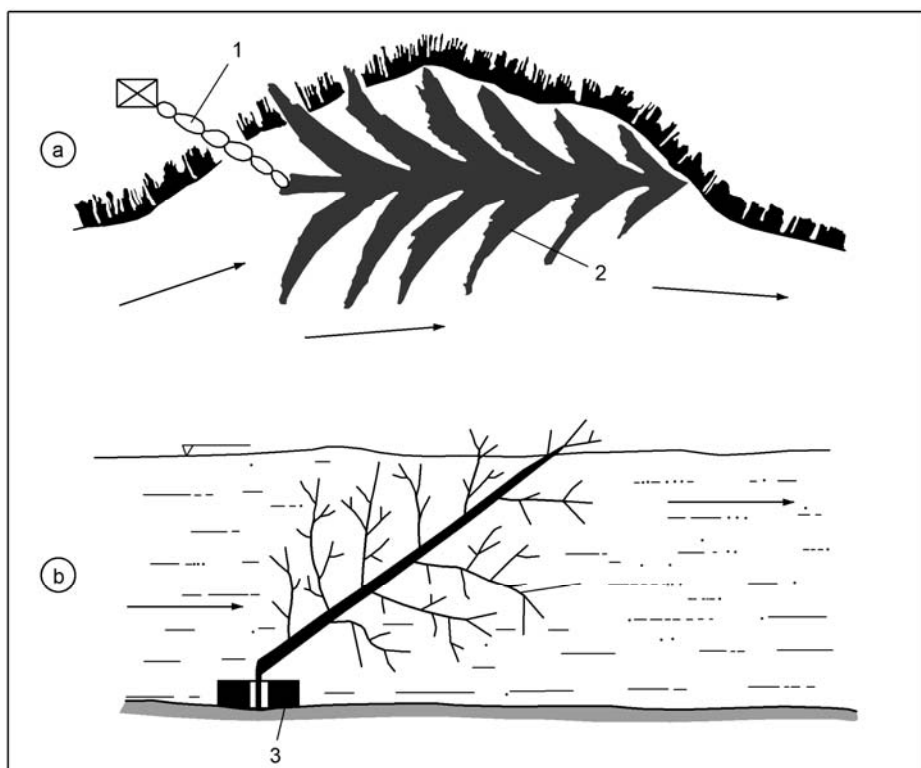


Fig. 5. 37. Așezarea arborilor înecați, ancorați de mal (a) sau lestați pe fundul albiei (b). 1 – ancoraj de mal; 2 – copac înecat; 3 - lest pe fundul albiei (F.A.O., 1981, citat de Muntean et al., 1993, p. 176)

În categoria **lucrărilor de tip ușor** se includ: arbori înecați – sub forma unor piteni plutitori, ancorați de mal; datorită coronamentului bine dezvoltat se recomandă rășinoasele (fig. 5. 36 și 5. 37), panouri fixe sau oscilante, gărdulețe de nuiel, plase de sârmă etc.

Dintre **lucrările de tip masiv** cele mai frecvent folosite sunt următoarele: epiurile, digurile longitudinale de dirijare, traversele de închidere, pragurile de fund și barajele.

Epiurile sunt lucrări de regularizare așezate transversal în albie, având un capăt încastrat într-unul dintre maluri; rolul principal al epiurilor este cel de protecție a malurilor.



Fig. 5. 38. Epiuri în albia râului Elba din Germania (Esri. Hartă interactivă ArcGIS)

În cadrul albiilor epiurile se remarcă prin faptul că modifică distribuția vitezei apei. Concret, în aval de capătul epiurilor secțiunile active de curgere devin din ce în ce mai mari, comparativ cu secțiunea limitată în plan de liniile care unesc capetele epiurilor; pentru acestea se folosește denumirea de linii de regularizare. Punctele din componența liniilor de regularizare se consideră puncte de viteză zero, iar în jurul lor încep să se formeze primele depuneri de aluviuni; de o parte și de alta a punctelor

respective vitezele sunt de sens contrar, motiv pentru care între epiuri se formează vârtejuri cu mari disipări de energie; în acest context spațiul dintre două epiuri învecinate se numește cameră de frânare (Băloi și Ionescu, 1986), iar în cadrul ei are loc depunerea aluviunilor transportate de râu, fapt care determină formarea unui mal nou (fig. 5. 38). Pentru consolidarea aluviunilor depuse, în spațiul dintre epiuri, este recomandată plantarea de butași sau de vegetației ierboasă.

Epiurile se extind pe o anumită porțiune din deschiderea albiei, dinspre mal spre curentul apei. Față de direcția curentului de curgere a apei se disting: epiuri normali (fiind scurți sunt cei mai economici și cei mai utilizați), epiuri înclinați în amonte (favorizează cel mai mult acumularea aluviunilor, dar perturbă foarte tare curentul de apă din albie) și epiuri înclinați în aval (declinați) (Munteanu et al., 1993) (fig. 5. 39 și 5. 40).

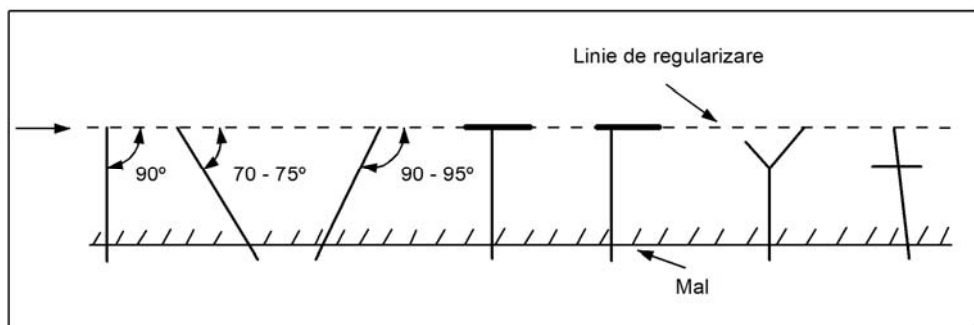


Fig. 5. 39. Tipuri de epiuri după modul de așezare în plan; 1. normal; 2. înclinat; 3. declinat; 4. cu traverse de capăt; 5. cârlig; 6 și 7 cu traverse (Băloi și Ionescu, 1986, p. 250)

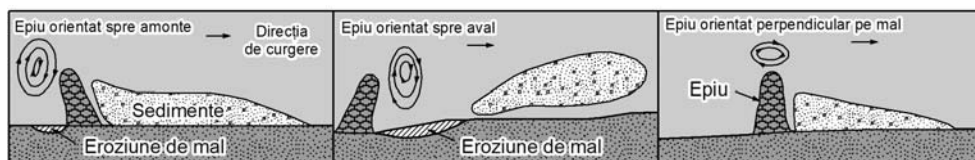


Fig. 5. 40. Tipuri de epiuri și efectele lor asupra eroziunii și acumulării

Părțile componente ale unui epiu sunt: rădăcina (partea încastrată în mal), capul (vârful dinspre apă; deoarece este cel mai solicitat și expus proceselor de eroziune are formă hidrodinamică și trebuie consolidat și taluzat corespunzător), corpul (porțiunea dintre cap și rădăcină; de obicei are formă trapezoidală) și talpa (partea inferioară care intră în patul aluvial) (Munteanu et al., 1993).

Lungimea epiurilor se stabilește în funcție de: tipul malului în care se încastrăază lucrarea, deschiderea albiei, natura malului opus (care poate fi periclitat), aspectul albiei etc.; înălțimea epiurilor se stabilește în funcție de nivelul maxim al apelor; este recomandat ca extremitatea interioară (capul pintenului) să fie submersibilă, iar cea exterioară (dinspre încastrare) insubmersibilă (Munteanu et al., 1993).

Distanța între doi piteni se stabilește pornind de la lungimea lor și de la unghiul pe care-l fac cu direcția curentului și, respectiv, cu linia malului. În cazul epiurilor dispuse în aliniament și situate perpendicular pe mal, distanța L dintre ei nu trebuie să depășească $4l$, unde l este lungimea pitenului (Manoliu, 1973). În situația pitenilor înclinați, luând în considerare că secțiunile active se pot limita în plan prin drepte care fac un unghi $\alpha = 6^\circ - 9^\circ$, cu direcția curentului, distanța dintre piteni se determină în funcție de lungimea lor, de înclinarea acestora față de mal (β) și de unghiul de incidență (Manoliu, 1973).

Epiurile se pot realiza din pachetaje de nuiele sau fascine, gabioane, căsoaie, anrocamente, zidărie de piatră cu beton, blocuri de beton (Orlescu, 1996; Bratu, 2022) sau dintr-o combinație a acestora. Pentru epiuri se folosește și denumirea de **piteni**.

Digurile longitudinale de dirijare constituie lucrări cu caracter pasiv (comparativ cu epiurile care au caracter activ), care se dispun în albie și au rol de corectare a traseului regularizat (dirijează curentul de apă pe un traseu stabilit anterior), prin materializarea liniilor de regularizare, care constituie de fapt liniile malurilor artificiale; din cauză că acestea din urmă au o rugozitate mai mică, la care se adaugă și îngustarea albiei, viteza curentului prin albie crește considerabil (Băloi și Ionescu, 1986); astfel de diguri trebuie construite din materiale rezistente la eroziune.

Principalul avantaj al digurilor rezidă în faptul că ele acționează asupra curentului mai uniform decât epiurile, evitându-se formarea turbioanelor și a curenților transversali (Munteanu et al., 1993).

Digurile se pot realiza din gabioane, anrocamente, din zidărie de piatră cu mortar, din pământ, din elemente prefabricate din beton sau beton monolit, precum și din diverse combinații ale acestora.

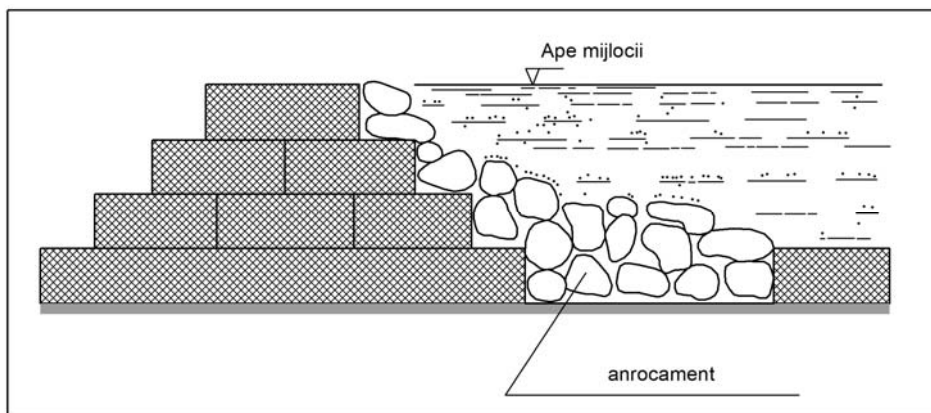


Fig. 5. 41. Dig longitudinal din gabioane, protejat la bază cu anrocamente (Munteanu et al., 1993, p. 182)

Este indicată folosirea de materiale rezistente atunci când digurile servesc și pentru sprijinirea malurilor abrupte (fig. 5. 41). În astfel de situații fundația digului

trebuie să aibă cel puțin 1 m, iar dacă există pericolul afuierii și al tasării, ea se realizează pe piloți.

Traversele de închidere au rol de a limita tendința de despletire sau de bifurcare a albiilor; ele pot fi amplasate din loc în loc și pentru închiderea brațelor moarte. Se recomandă utilizarea traverselor în situațiile în care zidurile de sprijin și protecția malurilor cu vegetație nu sunt necesare, din cauza traseului erodat pe lungime de-a lungul râurilor, a lățimii mari a albiei acestora sau a diferenței mici de înălțime între malurile și albia râurilor (Jafari et al., 2022).

Pragurile de fund sunt submersibile la niveluri mici și au rol de a reduce înclinarea albiei, în vederea atenuării eroziunii în adâncime (fig. 5. 42). Ele reprezintă puncte de rezistență în lungul talvegului ridicând cotele patului albiei în amplasament, dar și pe o distanță oarecare în amonte, asigurând în același timp și o sprijinire a malurilor (Băloi și Ionescu, 1986). Pragurile de fund se amplasează în sectorul superior al râurilor, la pante mari ale talvegului, precum și în cadrul albiilor noi formate în urma corecțiilor de traseu prin străpungeri. Astfel caracterizate, pragurile au rolul de a controla panta albiei și nivelul apei, tocmai pentru combaterea eroziunii (Charlton, 2008).

Fiind construcții submersibile, astfel de praguri se realizează din materiale și elemente de construcție grele, tocmai pentru a rezista, prin propria lor greutate, la acțiunea curentului de apă; de obicei înălțimea pragurilor de fund este de 0,5 – 1,0 m, rareori ajungând la 1,5 m, iar direcția lor poate fi perpendiculară pe axa hidrodinamică (dacă malurile au aceeași rezistență) sau sub un anumit unghi (30°), astfel încât să dirijeze curenții de fund spre malul mai slab rezistent (Băloi și Ionescu, 1986). Pragurile de fund se realizează din gabioane, anrocamente de piatră, blocuri prefabricate din beton, beton monolit sau armat etc.

Barajele, folosite pentru combaterea degradării albiilor, sunt lucrări transversale mai înalte de 1,5 – 2 m, dar care pentru astfel de scopuri nu depășesc 7 – 8 m. Rolul principal al barajelor este acela de a reține aluviunile groșiere și de a consolida albiile, contra proceselor de eroziune.

Comparativ cu lucrările transversale menționate anterior, barajele contribuie într-o măsură mult mai mare la atenuarea viiturilor torențiale, la reducerea debitului maxim de viitură și la decalarea în timp a vârfului viiturii (Munteanu et al., 1993). Îndeplinirea acestor funcții este influențată semnificativ de valorile pantei și lățimii albiei, din amonte de baraj, precum și de înălțimea și numărul barajelor. Conform autorilor citați, chiar și barajele complet colmatate mai pot contribui la atenuarea viiturilor torențiale; în astfel de cazuri efectul de atenuare nu mai este dat de retenția apei, ci de modificările suferite în cuprinsul biefurilor dintre baraje: lățimea pronunțată a patului albiei, reducerea pantei longitudinale, creșterea rugozității patului aluvial etc.

Principalele elemente componente ale unui baraj sunt: fundația, corpul, aripile și încastrările, iar tipurile reprezentative de baraje utilizate pe râurile din România sunt: barajul cu secțiune trapezoidală, barajul cu fundație evazată, barajul subdimensionat, barajul cu fundație evazată cu plăci în consolă și pământ, respectiv barajul cu contraforți și sistem filtrant din grinzi prefabricate din beton armat (Munteanu et al., 1993).

Există situații în care combaterea eroziunii cadrul albiilor implică betonarea în totalitate atât a malurilor, cât și a patului aluvial. Spre exemplificare se poate menționa râul Dâmbovița, al cărei albie este betonată în întregime în București. Și în astfel de cazuri, există posibilitatea accentuării eroziunii în aval de sectoarele betonate complet, deoarece în lipsa sedimentelor transportate apa are disponibilitate suplimentată de a eroda și de a adâncii albia (Charlton, 2008).

În urma lucrărilor de regularizare a albiilor are loc sporirea capacității de transport, se asigură stabilitatea traseului în plan și a secțiunii transversale a albiei minore (Ichim et al., 1989).

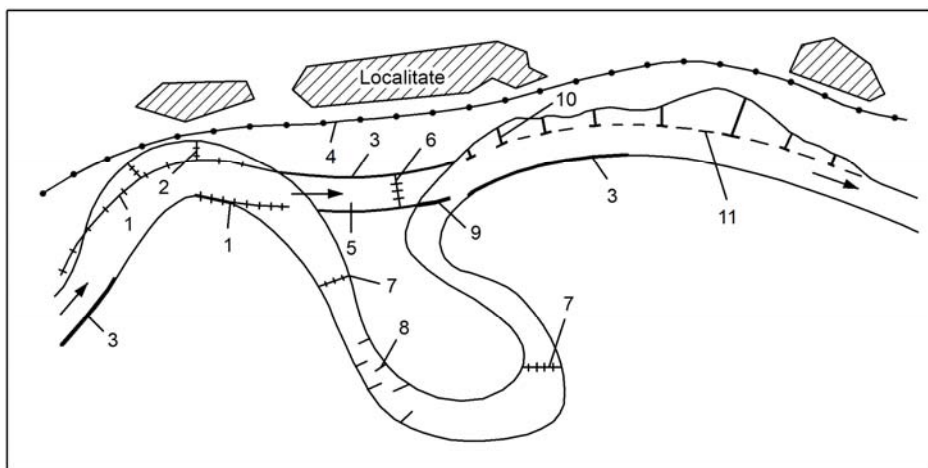


Fig. 5. 42. Schema unui sector cu diverse lucrări de regularizare; 1. dig de dirijare; 2. traversă de colmatare; 3. consolidări de mal; 4. diguri împotriva inundațiilor; 5. canal de străpungere; 6. prag de fund; 7. traversă de închidere; 8. epiuri; 9. epiu de fund; 10. epiuri cu traverse de capăt; 11. linie de regularizare (Băloi și Ionescu, 1986, p. 255)

Lucrările de amenajare, de tipul celor menționate în acest subcapitol, pot fi însoțite de acțiuni de **instalare a vegetației forestiere**, tocmai pentru a consolida terenurile din vecinătatea elementelor tehnice. Trebuie însă avut în vedere că dezvoltarea rădăcinilor arborilor poate periclita stabilitatea construcțiilor. În acest context trebuie lăsată o distanță corespunzătoare față de acestea, precum și utilizarea unor specii care nu drăgonează excesiv. Indiferent de speciile folosite, ca în cazul oricărei plantații nou înființate, în primii ani, dacă aceștia sunt secetoși, se impune

udarea culturilor, completarea lipsurilor, refacerea planăției în porțiunilor afectate de calamități, întreținerea plantației până la închiderea masivului, îngrijirea plantației și apărarea ei de pășunat și alți factori dăunători (Traci, 1985).

Concluzii. După realizarea lucrărilor de combatere a degradării albiilor trebuie monitorizată interacțiunea dintre construcții și debitul lichid, respectiv cel solid.

Pentru o eficiență maximă a lucrărilor, de prevenire și combatere de degradării albiilor, ele trebuie încadrate în planul de amenajări hidrotehnice complexe, cuprinzând acumulări, lucrări de combatere a eroziunii solului pe versanți, corectarea torenților etc. (Ichim et al., 1989).

Din cele prezentate reiese că amenajarea albiilor, în vederea combaterii degradării lor constituie, un demers complex, care implică atât personal superior calificat, cât și resurse economice și financiare considerabile.

Cu toate acestea, albiile râurilor trebuie amenajate pentru a nu se ajunge la degradarea lor. În caz contrar, prin eroziunea care are loc la maluri, suprafețe importante de teren vor fi scoase din circuitul utilizării corespunzătoare, ceea ce conduce la pagube greu de recuperat.

Pentru realizarea cu succes a lucrărilor de prevenire și combatere a degradării albiilor trebuie analizate și interpretate o serie de date referitoare la: poziția geografică, relief, geologie, sol, rețeaua de râuri a întregului bazin hidrografic, climat, regimul scurgerii prin albie, utilizarea terenurilor, dezvoltarea economică a zonei etc. De asemenea, pentru sectoarele de râu, care urmează să fie amenajate este necesară, alături de elaborarea schemelor de amenajare, reprezentarea datelor obținute pe documente grafice, de tipul hărților tematice. La baza acestora din urmă stau hărțile topografice detaliate și cele cadastrale.

CAPITOLUL 6

PREVENIREA ȘI COMBATerea DEGRADĂRII RELIEFULUI LITORAL

6.1. PROCESELE GEOMORFOLOGICE ȘI RELIEFUL LITORAL

În **Domeniul Litoral**, agentul geomorfologic, care interacționează cu substratul geologic, este reprezentat tot de către apa în stare lichidă. Dintre factorii care pun în mișcare apa mărilor și oceanelor se pot menționa: vânturile, diferențele de temperatură, de salinitate și de turbiditate, mișcările plăcilor litosferice, atracția exercitată de unele corpuri cerești etc.

Prin intermediul proceselor specifice de eroziune, transport și acumulare rezultă numeroase forme de relief. Din cauza modificării dinamicii proceselor geomorfologice se poate ajunge la degradarea reliefului litoral, așa cum se întâmplă de exemplu în cazul plajelor, cordoanelor litorale sau a falezelor.

Delimitarea dintre apă și uscat este realizată de către linia țărmului. Configurația sinuoasă a acesteia o face să ajungă la o lungime de aproximativ 261.700 km (Ielenicz, 2005), din care 108.300 km aparțin mărilor care pătrund în interiorul continentelor (Coteț, 1971). Teritoriul pe suprafața căruia are loc interacțiunea dintre cele două medii poartă așadar denumirea de țărm sau litoral.

Mările și oceanele dețin împreună o suprafață de 362.330.000 km², ceea ce reprezintă 71% din cea a Terrei (Ielenicz, 2005).

Raportat la linia țărmului Domeniul Litoral se extinde în larg până acolo unde se resimt mișcările ondulatorii ale valurilor, în timp ce spre uscat avansează până unde acționează direct sau indirect marea actuală (Grecu și Palmentola, 2003). Domeniul Litoral include așadar atât fâșia cu ape puțin adânci, în cadrul căreia, prin intermediul valurilor și curenților, sunt transportate materialele erodate, cât și fâșia de uscat care cuprinde fazele, plajele, cordoanele litorale, forme de relief afectate în mod direct sau indirect de acțiunea valurilor, mareelor și curenților (Rădoane et al., 2001).

Apă mărilor și oceanelor - agent geomorfologic. Domeniul Litoral, astfel caracterizat, are la bază acțiunea apei din mări și oceane, atât pe verticală cât și pe orizontală.

În lipsa unor factori care să o pună în mișcare, apa mărilor și a oceanelor nu își va exercita funcția de agent geomorfologic, ea rămânând un element static, în raport cu scoarța terestră, contribuind doar la umezirea ei (Roșian, 2017).

În cadrul Domeniului Litoral, apa mărilor și oceanelor se află într-o permanentă interacțiune cu ceilalți componenți ai mediului, în special cu

atmosfera, cea care prin dinamica sa o pune în mișcare și în același timp prin proprietățile sale termice o încălzește inegal, determinând formarea curenților (Huddart și Stott, 2010). Se poate adăuga apoi atracția exercitată de către corpurile cerești din apropiere, cum sunt Luna și Soarele, fapt care determină formarea mareelor maritime, precum și dinamica plăcilor litosferice, care prin intermediul seismelor contribuie la formarea valurilor de tip tsunami.

Dinamica apelor din Domeniul Litoral prezintă așadar forme variate, începând de la valuri (de vânt) și marea, până la valuri de tip tsunami și curenți maritimi.

Valurile sunt efectul interacțiunii maselor de aer, aflate în mișcare, cu apa mărilor și oceanelor. Valurile pot fi active atât pe durata bătaii vântului, cât și după ce acesta încetează; dacă valurile generate de vânt se deplasează din locul de formare spre sectoare de calm sau cu vânt aproape insesizabil, se formează hula.

În unele cazuri viteza valurilor o poate depăși pe cea a vânturilor, care le-au generat, fapt explicat prin acțiunea forței de antrenare a aerului asupra mișcării ondulatorii a masei de apă pe care o accelerează (Rădoane et al., 2001).

În largul mărilor valurile execută mișcări ondulatorii, în care moleculele de apă se deplasează pe o orbită circulară în plan vertical (fig. 6. 1), astfel încât ele se întorc aproape de locul din care au pornit (Mac, 1986). Comparativ cu acestea la valurile din apropierea țărmului moleculele se deplasează progresiv, având aproximativ aceeași viteză, spre direcția în care se deplasează valul, generând valuri de translație. Pentru ca un val să se răstoarne și să se spargă la mal, raportul dintre înălțimea lui (H) și adâncimea apei (h) trebuie să fie mai mic de 1 (aproximativ 0,6) (Josan et al., 1996).

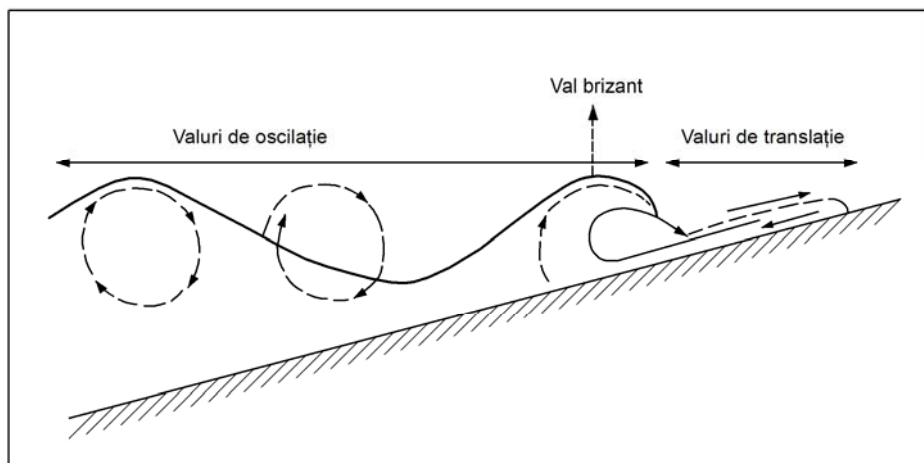


Fig. 6. 1. Trecerea de la valurile de oscilație la cele de translație cu formarea brizanților la contactul cu țărmul (Mac, 1986, p. 151)

Cu toate că valurile sunt prezente pe întreaga suprafață a mărilor și oceanelor eficacitatea lor geomorfologică crește în apropierea țărmurilor, deoarece pe fondul

scăderii adâncimii apei, suferă transformări semnificative: viteza scade, lungimea valului devine tot mai mică, crestele se apropie între ele, iar înălțimea și panta lor cresc (Bird, 2008). Se ajunge în aceste condiții ca talpa valului să atingă fundul mării, iar partea lui superioară (coama sau vârful valului) să se răstoarne spre țărm, formând brizanții și valurile de resac (fig. 6. 2).

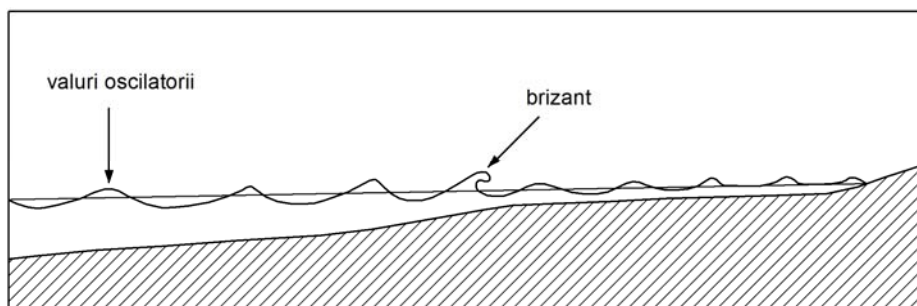


Fig. 6. 2. Propagarea valurilor la țărm (Mac, 1976, p. 251)

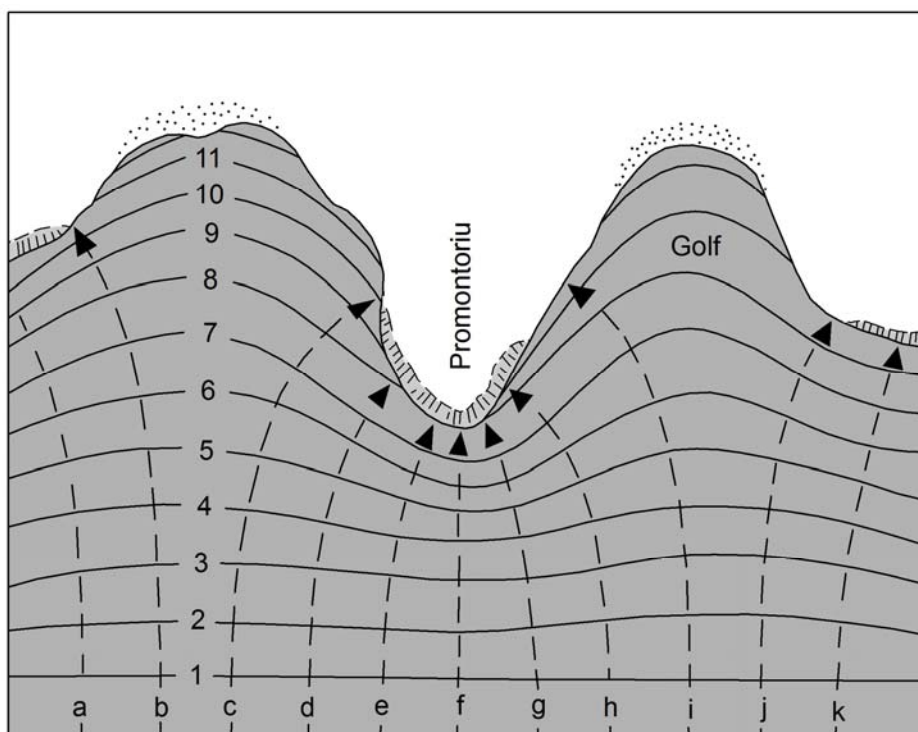


Fig. 6. 3. Refracția valurilor în dreptul unui țărm cu golfuri determină concentrarea energiei valurilor asupra promontoriilor (Strahler, 1973, p. 482)

Prin spargerea valului la țărm are loc inundarea acestuia cu un jet de apă, care transportă, în același timp, spre uscat nisip și pietriș din mare. Ulterior epuizării

valului apa se retrage către larg spălând țărmul printr-un curent invers, denumit și contracurent de spălare, care transportă spre larg materialele erodate (Masselink et al., 2014). Când crestele valurilor, care se răstoarnă în direcția deplasării, întâlnesc un obstacol, se produce fenomenul de **deferlare**.

Răsturnarea valurilor la țărm devine cu atât mai violentă cu cât adâncimea apei scade pe o distanță mai scurtă (Huddart și Stott, 2010). Din acest motiv promontoriile sunt supuse unei eroziuni mai intense, în timp ce țărmurile aferente golfurilor sunt mai protejate, predominând acumularea, pe fondul scăderii treptate a adâncimii apei.

Adâncimile diferite ale apei, în apropierea țărmului, determină mișcări inegale ale valurilor și în consecință producerea fenomenului de **refracție**. Acesta are loc mai ales în sectoarele ridicate ale țărmului, dar cu ape puțin adânci, care favorizează răsturnarea valurilor și ruperea frontului acestora; în aceste condiții valul devine aproximativ paralel cu țărmul (fig. 6. 3).

În dreptul promontoriilor, deoarece înălțimea valurilor crește, energia acestora se consumă pe un sector scurt, în timp ce în golfuri, unde înălțimea valurilor se menține, la fel sau mai redusă, energia de deferlare se distribuie pe un sector mai vast din țărm (Rădoane et al., 2001). În concluzie, randamentul geomorfologic al valurilor, care deferlează, devine maxim la promontorii, în timp ce în golfuri este mult mai scăzut, contribuind astfel la îndreptarea liniei țărmului (Strahler și Strahler, 1992).

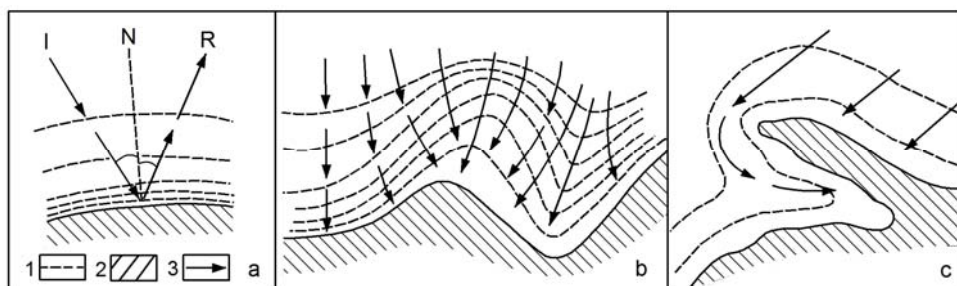


Fig. 6. 4. Reflexia (a), refracția (b) și difracția valurilor (c) în funcție de configurația țărmului și adâncime; 1 – izobate; 2 – uscat; 3 – direcția hulei; I – incidență; N – normală; R – reflectată (Posca et al., 1976, p. 459)

Configurația țărmului conduce și ea la modificări în traiectoria valurilor, prin favorizarea fenomenului de **difracție** (fig. 6. 4).

În fig. 6. 5. se poate observa că valurile devin convergente în sectoarele ridicate ale fundului maritim (promontorii, creste, bancuri submerse etc.) și divergente deasupra locurilor mai adânci (golfuri, gropi locale etc.), unde valurile se împrăștie (Mac, 1986).

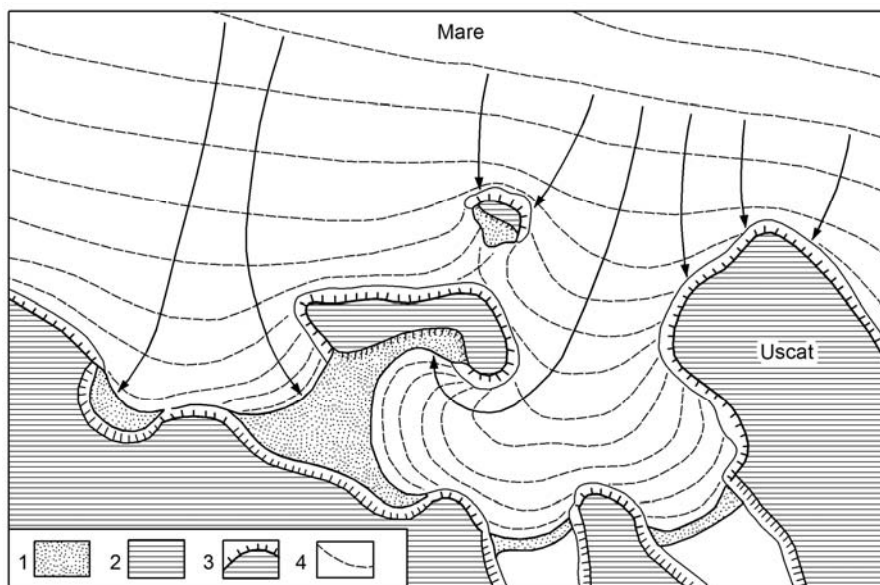


Fig. 6. 5. Concentrarea și disiparea energiei la țărm prin refracție și difracție; 1 – acumulări marine; 2 – uscatul; 3 – sectoare de abraziune; 4 – izobatele apelor marine; săgețile indică direcțiile valurilor (Mac, 1986, p. 158)

În apropierea țărmului, din cauza vântului și a valurilor asociate, nivelul apei se ridică, iar surplusul are tendința să se reverse, într-o direcție deviată, față de cea spre care bate vântul, sub forma unui **curent litoral** (fig. 6. 6). Prin retragerea spre larg a curentului litoral se formează curentul de retur (rip current); el transportă în mare aluviuni din componența plajelor.

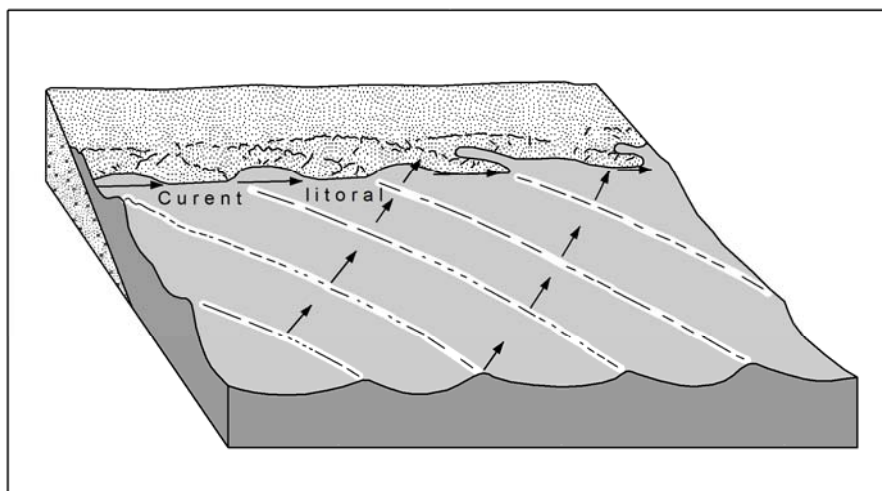


Fig. 6. 6. Formarea curentului de-a lungul litoralului (Grecu și Palmentola, 2003, p. 362)

În unele cazuri, frontul valurilor intersectează linia țărmului sub un anumit unghi, ceea ce face ca jetul de resac să se deplaseze oblic față de linia țărmului, sub forma **derivei de plajă** (fig. 6. 7).

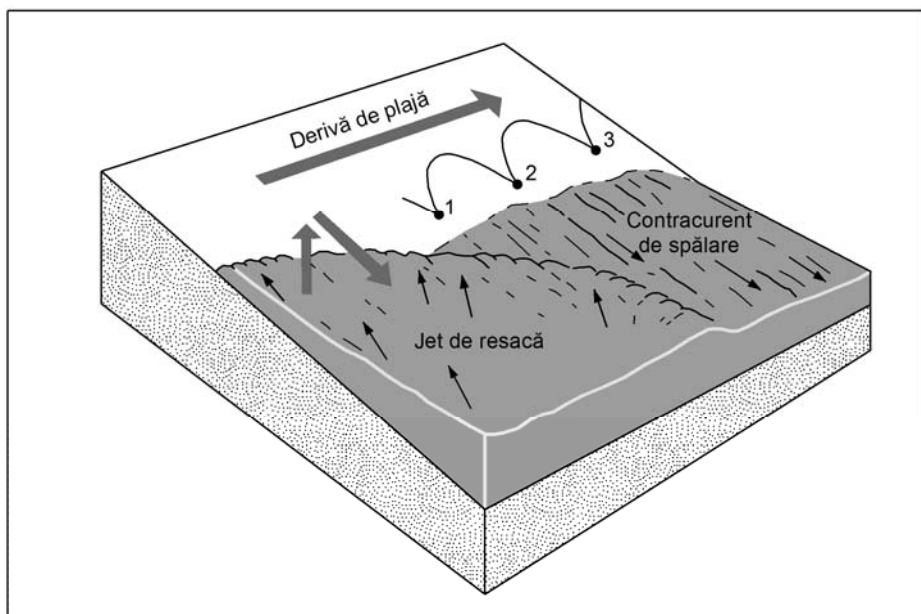


Fig. 6. 7. Formarea derivei de plajă (Strahler, 1973, p. 480)

Elementele valurilor prezintă importanță deosebită, atunci când se studiază țărmul în vederea amenajării lui, pentru prevenirea și combaterea degradării; dintre acestea se remarcă următoarele (fig. 6. 8): *creasta valului* (partea care iese peste suprafața plană echivalentă nivelului liniștit al mării), *vârful valului* sau *coama* (partea cea mai înaltă a crestei), *flancurile* (suprafețele înclinate care delimitează lateral un val), *baza* sau *talpa valului* (partea coborâtă situată mai jos decât nivelul liniștit al mării), *golul* sau *depresiunea valului* (spațiul mai coborât dintre două creste succesive), *frontul valului* (linia paralelă a creștelor, care indică orientarea lor; normala dusă pe front arată direcția de propagare a valurilor), *înălțimea valului* (distanța măsurată pe verticală între creasta valului și golul său), *panta valului* (se măsoară între vârf sau coamă și sectorul cel mai coborât al depresiunii valului), *lungimea valului* (exprimă distanța pe orizontală între două creste sau două goluri succesive), *lungimea de undă* (distanță măsurată pe orizontală între două creste sau între două depresiuni sau goluri succesive ale valurilor), *perioada valului* (timpul necesar ca două creste succesive de val să treacă prin punctul de observație) și *viteza de propagare* (raportul dintre lungimea valului și perioada lui) (Mac, 1986; Rădoane et al., 2001).

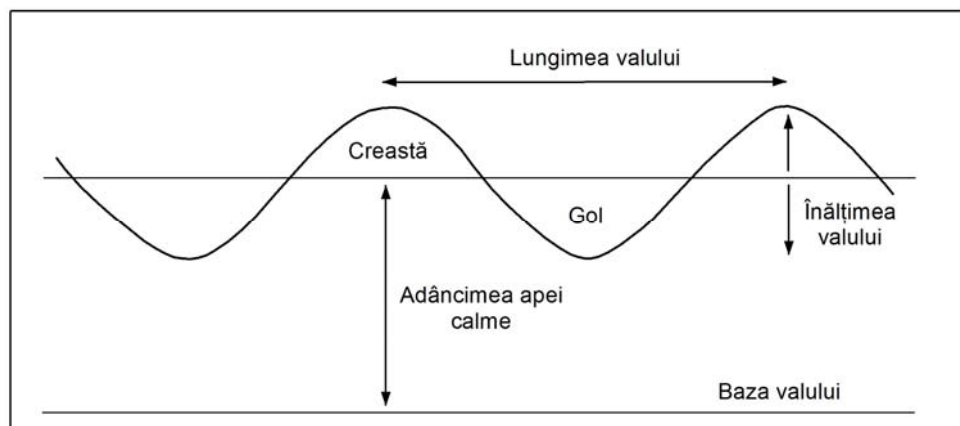


Fig. 6. 8. Elementele principale ale valurilor (Summerfield, 2013, p. 318)

Mareele reprezintă mișcări de ridicare și de coborâre a nivelului apelor maritime și oceanice, în apropierea țărmurilor, din cauza efectul forței de atracție exercitate de către Lună și Soare; deplasarea mareelor pe suprafața apei este influențată de inerția apelor oceanice, de configurația bazinului și fundului oceanic, condițiile meteorologice etc. (Davidson-Arnott, 2010; Masselink et al., 2014).

Când ajung în zona litoralului curenții de maree înaintază spre golfuri și gurile de vărsare ale râurilor, provocând fenomenul de flux și reflux.

Cu toate că în largul mărilor și oceanelor mareele nu depășesc 2 m, configurația locală a litoralului poate favoriza amplitudini mult mai mari. De exemplu, în Golful Fundy, de pe țărmul estic al Americii de Nord, amplitudinea maximă atinge valori de aproape 16 m (Summerfield, 2013). Amplitudini ridicate se înregistrează și în Golful Mezen din Marea Baltică (12 m), Golful Arabiei (13 m), Strâmtoarea Magelan (18 m) (Posea et al., 1976; Ielenicz, 2005).

Raportat la ritmul de producere mareele sunt de trei tipuri: *diurne* (este vorba de o singură ridicare și coborâre a nivelului apei în 24 de ore; sunt provocate de atracția exercitată de Soare și se întâlnesc mai ales pe: coastele vestice ale Oceanului Pacific, Antarcticii, Mării Caraibilor, Golfului Mexic etc.), *semidiurne* (în 24 h și 50 min se înregistrează două fluxuri și două refluxuri; sunt generate de către atracția gravitațională exercitată de Lună, fiind specifice coastelor Oceanului Atlantic și Indian, țărmurilor Golfului Alaska, ale Australiei de Est, a Noii Zeelande etc., locuri în care amplitudinea lor ajunge la 10 – 12 m) și *mixte* (sunt definite de prezența a două fluxuri și două refluxuri în 24 de ore, doar că mărimea acestora este inegală, în funcție de modul în care are loc suprapunerea mareelor generate de atracția Soarelui, cu cele datorate atracției exercitate de către Lună; mareele mixte sunt prezente pe coastele Oceanului Pacific, Mării Caraibilor, Mării Baffin, Mării Arabiei, Golfului Persic, Golfului Botnic, Golfului Guineea etc.) (Rădoane et al., 2001).

Când Soarele și Luna se află pe aceeași linie cu Pământul, au loc marea neobișnuit de mari, denumite marea de sizigii; ele se produc odată la 14 zile, la Lună nouă și la Lună plină (Masselink et al., 2014). Din contră, dacă Soarele și Luna sunt la cvadratură, în fazele primului și celui de-al treilea pătrar, forța Soarelui, care provoacă marea tinde să o echilibreze pe cea a Lunii, determinând formarea mareelor de cvadratură, cu o amplitudine neobișnuit de redusă (Masselink et al., 2014).

Implicațiile geomorfologice ale mareelor se rezumă la acumulările sub formă de bancuri submerse, produse de către flux, și la eroziunea care are loc la reflux.

Valurile de tip tsunami sunt din categoria celor de translație și au dimensiuni superioare celor obișnuite. La baza genezei lor stau: mișcările plăcilor litosferice, erupțiile vulcanice submarine, seismele, prăbușirea unor masive de gheață, deplasările în masă care ajung în mare etc.

De obicei este vorba de un singur val, mai rar două sau trei, care se extind de la hipocentrul cutremurului către suprafața apei, pentru a se propaga apoi circular în masa de apă a oceanului (asemănător valurilor făcute de o piatră care cade pe suprafața unei ape liniștite), cu viteze cuprinse între 600 – 800 km/h (Rădoane et al., 2001).

Cu toate că în larg abia depășesc 1 m înălțime, în momentul în care ajung în Domeniul Litoral, unde adâncimea apei scade, valul de tip tsunami provoacă o creștere neobișnuită a nivelului apei, deseori până la 15 m sau chiar 30 m uneori, inundând suprafețe extinse de teren, mai ales când se suprapun cu valurile de vânt (Rădoane et al., 2001). Cele mai frecvente valuri de tip tsunami se consemnează în oceanele Pacific și Indian. Degradarea țărmurilor de către acestea este strâns legată de dimensiunea lor, de frecvență și de cantitatea energiei disipate.

Curenții maritimi sunt rezultatul mișcării de înaintare continuă și progresivă a apei, uneori pe distanțe de ordinul miilor de kilometri, din cauza prezenței vânturilor regulate. Curenții maritimi pot fi generați și diferențele de temperatură, salinitate și turbiditate, care se există între diversele sectoare din mări sau oceane. Sub aspect morfogenetic se fac remarcăți în locurile în care traseele lor se apropie țărm, așa cum se întâmplă în situația promontoriilor și a canalelor înguste dintre insule (Summerfield, 2013).

Fără îndoială, apa mărilor și oceanelor, prin dinamica sa specifică (valuri, marea, curenți etc.), reprezintă agentul principal al morfodinamicii din Domeniul Litoral, fapt care îi permite, prin intermediul proceselor geomorfologice, să genereze numeroase forme de relief.

A. Procesele geomorfologice din Domeniul Litoral

În cadrul acestuia din urmă procesele geomorfologice, care generează forme de relief, sunt abraziunea (eroziunea litorală) și acumularea. Alături de acestea este prezent transportul sedimentelor, care acționează ca element de legătură între eroziune și acumulare.

Abraziunea sau eroziunea litorală are loc prin intermediul unor mecanisme, strâns legate de dinamica apei din oceane și mări. În categoria acestora se includ: coraziunea marină, corosiunea, șocul mecanic produs de izbirea valurilor, fragmentarea sau fărâmițarea materialelor și acțiunea hidrolică (implică spălarea materialelor).

Alături de acestea se evidențiază procese și mecanisme secundare rezultate din dinamica celorlalți agenți geomorfologici, care acționează pe suprafața terestră, cum sunt: meteorizația rocilor din componența țărmurilor, pluviudenudația și eroziunea prin intermediul formațiunilor de modelare torențială, deplasările în masă, deflația și coraziunea eoliană, procesele datorate prezenței plantelor, animalelor și a omului etc.

Coraziunea marină este acțiunea apei încărcată cu nisip și pietriș asupra țărmurilor; ea se mai numește și abraziune propriu-zisă. Ea este posibilă deoarece aluviunile în suspensie din apa mărilor și oceanelor sunt folosite de către valuri pe post de abrazivi, pentru modelarea țărmului (Bird, 2008). Prin manifestarea ei din țărm sunt dislocate noi fragmente de rocă, care vor fi utilizate în continuare pe post de abrazivi.

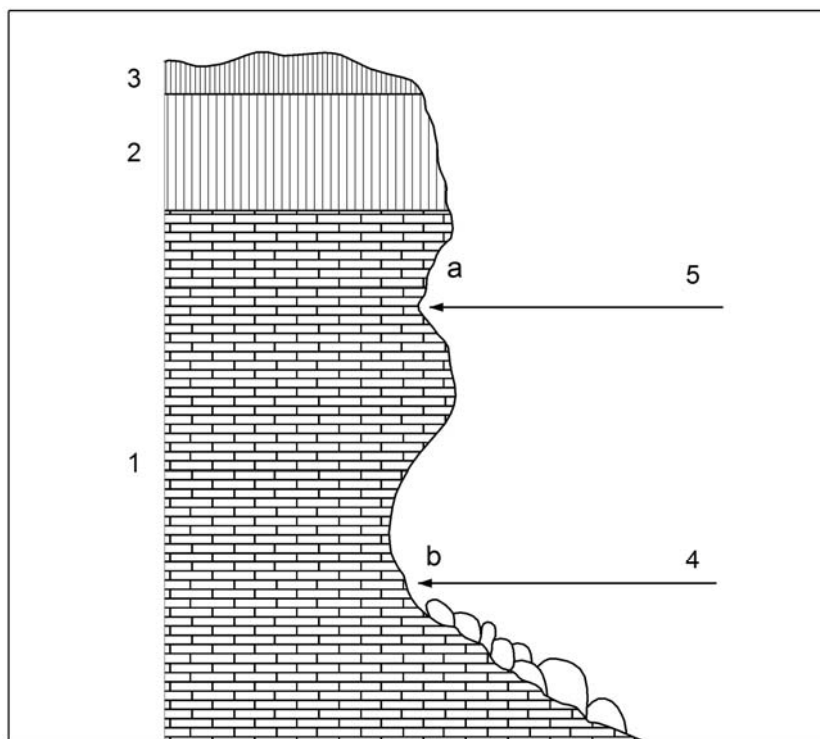


Fig. 6. 9. Procesul de cavitație, care generează firida (a) și surplomba (b); 1 – calcare; 2 – loess; 3 – sol; 4 – nivel minim al apei; 5 – nivel maxim al apei (Mac, 1986, p. 172)

Abraziunea se manifestă de cele mai multe ori prin intermediul cavitației, mecanism care contribuie la subminarea falezelor și a bazei promontoriilor; cavitația apare acolo unde viteza de mișcare a apei atinge valori maxime critice, după cum

se întâmplă, de pildă, pe suprafețele fine ale rocilor sau în porțiunile corespondente nucleelor de vârtejuri (Mac, 1986). Producerea cavitației conduce la geneza nișelor de abraziune și surplombelor (fig. 6. 9).

Corosiunea este efectul contactului dintre apa mărilor și rocile din componența țămurilor. Producerea acesteia provoacă inițial înmuierea rocilor, iar ulterior slăbirea coeziunii dintre elementele constitutive, prin acțiunea oxigenului și a altor substanțe din apă, pentru ca în final să se ajungă la măcinarea substratului (Mac, 1976). Corosiunea este un proces lent și continuu, care are rolul de a pregăti rocile, pentru a fi mai ușor de dislocat, de către celelalte procese și mecanisme geomorfologice din Domeniul Litoral.

Șocul mecanic se produce în momentul în care valurile se sparg la țărm, izbindu-l cu putere; ele sunt astfel capabile să disloce stânci, să fragmenteze blocuri de dimensiuni mari și să mute dintr-o parte în alta cantități semnificative de materiale (Mac, 1976). Importantă este și retragerea valului, când are loc decompresia, și crearea de condiții favorabile pentru producerea de surpări, căderi de pietre, apariția unor nișe și lărgirea fisurilor și crăpăturilor existente.

Fragmentarea materialelor face referire la mărunțirea fragmentelor de rocă desprinse de către valuri din țărm, atât în timpul înaintării lor, cât și în faza de retragere. Pe măsură ce primesc dimensiuni mai reduse, materialele mobile de la linia țărmului, sunt mai ușor de transportat, contribuind indirect la abraziune (Mac, 1976).

Acțiunea hidraulică este realizată de masa de apă în mișcare, cea care transportă fragmentele de rocă dinspre platforma litorală către țărm sau dinspre acesta în larg. Regimul acțiunii hidraulice are implicații în acumularea sedimentelor și implicit în geneza cordoanelor litorale și insulelor.

Din cele notate se reiese că abraziunea este cu atât mai eficientă cu cât valurile, care ajung la țărm, beneficiază de o încărcătură semnificativă de nisip, pietriș și resturi de animale (îndeosebi cochilii).

Se consideră că, eroziunea predomină în Domeniul Litoral atunci când pierderile de sedimente depășesc aporturile (Bird, 2008). De exemplu, în cazul plajelor degradarea lor din cauza eroziunii determină dezvoltarea unui profil concav (Bird, 2008).

Transportul litoral implică mișcarea oscilatorie a aluviunilor, corelat cu mișcarea ondulatorie a valurilor. Față de linia țărmului aluviunile se deplasează atât longitudinal cât și transversal.

Deplasarea transversală a aluviunilor are loc atunci când există un unghi drept între apa aflată în mișcare și linia țărmului.

Acest tip de deplasare și funcția ei în formarea plajelor a fost explicată de Cornaglia (1891, citat de Scheidegger, 1991), prin intermediul Teoriei liniei neutre.

Aceasta pornește de la două premise: o pantă submersă cu înclinare omogenă și aluviuni de mărime și compoziție asemănătoare. În momentul trecerii crestei valului, în stratele adânci se formează curenți de apă, în direcția țărmului, pentru ca atunci când

trece și talpa valului să se genereze curenți inverși. În acest context, aluviunile se deplasează spre țărm, iar apoi se întorc înapoi. În tot acest proces intervine și forța de gravitație, care în cazul valorilor mari ale pantei frânează mișcarea spre țărm și o amplifică pe cea spre larg. Se ajunge astfel ca după o oscilație completă, aluviunile să fie duse la o anumită distanță, mai spre larg. Lucrurile stau cu totul altcumva în cazul apelor cu adâncime redusă, unde din cauza deformării valurilor, ele cresc în înălțime astfel încât influența lor contrabalansează forța de gravitație. În situația de față, particulele aluvionare după ce inițial se deplasează spre linia țărmului, revin la retragerea valului în locul inițial, unde se acumulează. Întrucât adâncimea apei scade tot mai mult spre țărm, aluviunile ajung să se deplaseze, la răsturnarea valului, pe un segment mai lung decât cel pe care se deplasează înapoi, la retragerea valului. Ele ajung astfel să avanseze pe linia țărmului, unde are loc acumularea lor sub formă de plaje, bancuri, cordoane litorale etc. (Cornaglia, 1891; Scheidegger, 1991).

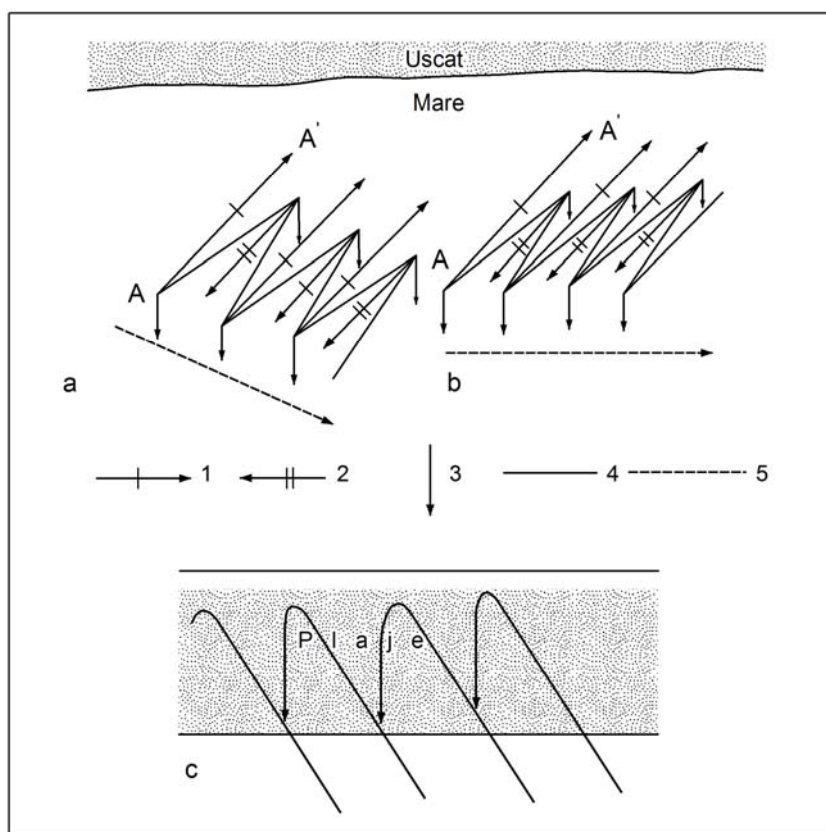


Fig. 6. 10. Schema deplasării longitudinale a aluviunilor; a – deplasare longitudinală în asociație cu transversală; b – deplasare longitudinală; c – deplasare longitudinală laterală de țărm; 1 – direcția impulsurilor de oscilație directă; 2 – direcția impulsurilor inverse; 3 – vectorii forței de greutate; 4 – traiectoria particulelor; 5 – direcția generală de deplasare a particulelor (Mac, 1986, p. 166)

Deplasarea longitudinală a aluviunilor este strâns legată de configurația țărmului, față de care valurile sunt foarte rar paralele. Din acest motiv se ajunge ca unghiul de incidență al valului, cu țărmul, să se micșoreze treptat, astfel încât frontul valului se curbează și ajunge la țărm pe o direcție apropiată de cea a normalei, cu o deviație de $10 - 15^\circ$ (Mac, 1986). Dacă se ia în considerare și forța de gravitație, direcția în care se deplasează aluviunile nu mai corespunde exact cu direcția mișcării valului, cu deosebire când are loc retragerea lui, astfel încât până ajung să fie acumulate, particulele de nisip sau pietriș efectuează o deplasare în zigzag (fig. 6. 10) de-a lungul liniei de țărm (Mac, 1986). Conform sursei citate, când litoralul este supus acțiunii curenților, aluviunile sunt transportate în general de-a lungul coastei, conform direcției vânturilor dominante.

În funcție de condițiile locale, alături de transportul individual al aluviunilor, se pot înregistra și deplasări în masă, sub forma **curenților de aluviuni**.

Acumularea litorală determină ca o parte din aluviunile transportate, în zona țărmului, să se depună, generând un relief specific. Declanșarea acestui proces are loc din cauza scăderii energiei disponibile a valurilor, care transportă aluviunile.

Cele mai multe depozite de aluviuni litorale se întâlnesc în ape cu adâncime redusă. Aluviunile depuse alcătuiesc o gamă variată de forme de relief, începând cu cele submerse și continuând cu cele emerse, care tind să se atașeze uscatului, în complexul proces de evoluție a țărmurilor (Roșian, 2017).

B. Relief litoral

Morfologia rezultată în urma modelării din Domeniul Litoral este de două tipuri: de abraziune și de acumulare.

Formele de relief generate de abraziune sunt printre cele mai stabile și spectaculoase, din Domeniul Litoral. În categoria lor se includ: falezele, platformele de abraziune și terasele litorale.

Faleza este o formă de relief abruptă, cu aspect de perete, întâlnită mai ales la contactul dintre uscat și mare. La partea inferioară este prevăzută cu o firidă de abraziune. Declivitatea falezei variază de la 40° până la 90° sau chiar mai mult, atunci când este în surplombă (Bird, 2008), în timp ce înălțimea este cuprinsă între câțiva metri și câteva sute de metri.

Elementele falezei sunt: muchea, taluzul și firida (în funcție de dimensiuni aceasta poate fi sub formă de surplombă sau nișă de abraziune) (fig. 6. 11). Cele mai dezvoltate firide sunt specifice falezelor din zona intertropicală, unde la geneza lor contribuie și procesele de meteorizație (Rădoane et al., 2001). După autorii citați, în zona extratropicală slaba dezvoltare a firidelor este pusă pe seama ecartului mare de înălțime al mareelor, situație în care energia valurilor nu se concentrează pe o suprafață restrânsă.

Firida, de la partea inferioară a falezei, se dezvoltă în urma acțiunii valurilor, care prin coraziune și șoc mecanic generează goluri. Taluzul falezei, poziționat la partea superioară a firidei, are aspectul unui perete suspendat. El este afectat de acțiunea repetată a valurilor puternice, din timpul furtunilor, care determină ca rocile, din componența lui, să se despică, apoi să se surpe și să se acumuleze, pentru un timp, la baza falezei. De aici pe măsură ce sunt fragmentate de valuri aluviunile sunt duse în larg, iar baza falezei rămâne iarăși liberă.

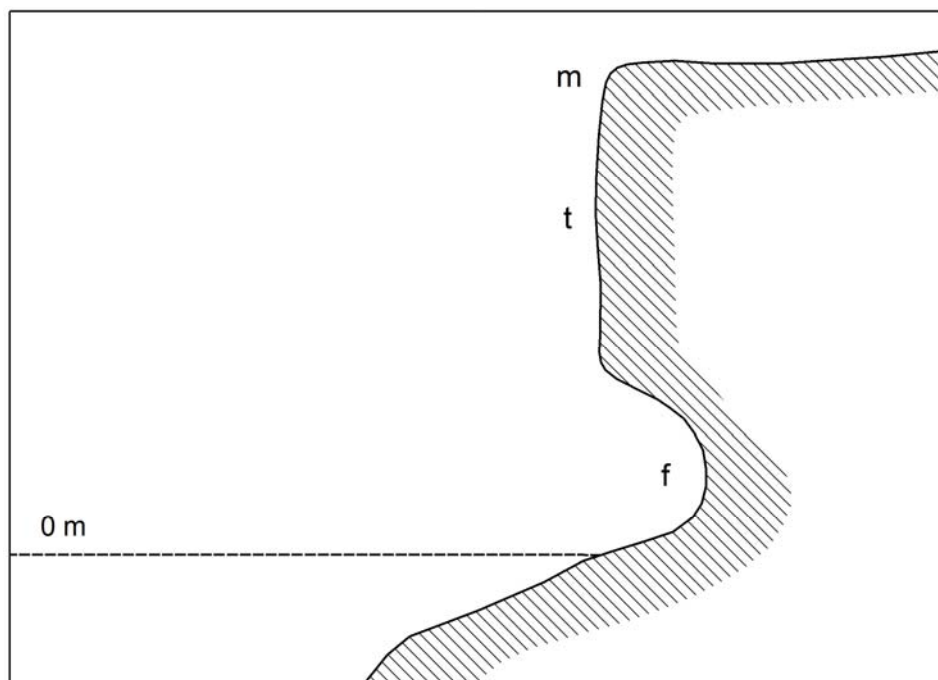


Fig. 6. 11. Faleza și elementele sale; m – mușea; t – taluzul; f – firida; 0 m – nivelul mării (Mac, 1976, p. 260)

Prin repetarea proceselor, de la baza falezei, are loc retragerea ei și crearea condițiilor favorabile pentru geneza platformei de eroziune.

Platforma de abraziune este și ea o formă rezultată în urma eroziunii litorale, care înclină ușor dinspre faleză spre linia țărmului.

Formarea platformei de abraziune are loc simultan cu retragerea falezei, din cauza proceselor geomorfologice care acționează la nivelul firidei și pe taluzul de la partea superioară a acesteia (fig. 6. 12). Extensiunea platformelor de abraziune, care se mai numesc și platforme litorale, este influențată de manifestarea îndelungată a eroziunii. Când pe suprafața platformei de abraziune se acumulează nisip sau pietriș, ea primește un caracter mixt (de eroziune și acumulare) și poate fi ușor confundată cu o plajă.

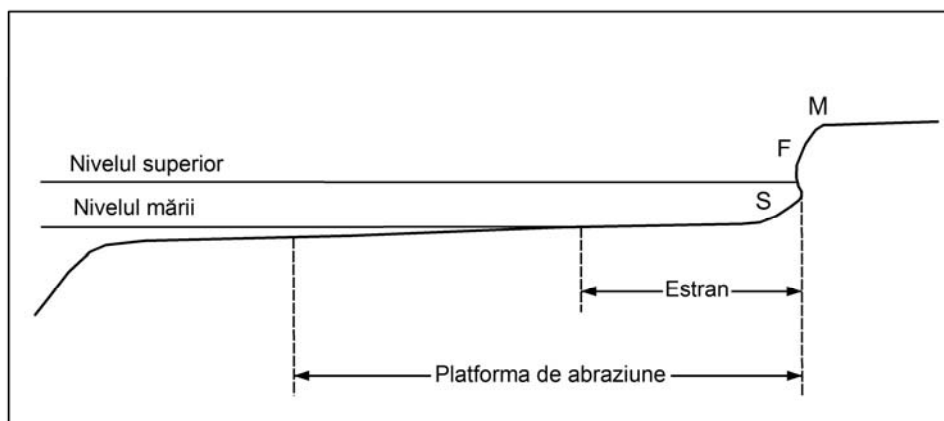


**Fig. 6. 12. Platforma de abraziune; M – muchia falezii;
F – frontul falezii; S – surplus (Mac, 1996, p. 208)**

Există situații în care platformele de abraziune rămân suspendate și inactive morfogenetic, deoarece nivelul mării scade din cauze tectonice sau climatice.

Terasele litorale se formează atunci când nivelul mării variază, din cauza mișcărilor tectonice sau a Schimbărilor Climatice, și face ca faleza și o parte a platformei de abraziune să ajungă suspendate sub forma unor trepte.

Cele mai extinse terase litorale sunt specifice țărmurilor periferice podișurilor și munților, care au evoluat pe fondul unor ridicări tectonice sacadate sau au fost supuse unui eustatism repetat (Ielenicz, 2005). Prezența teraselor litorale în zona temperată și mai ales pe litoralul Mării Mediterane, unde se întâlnesc 3 – 5 trepte de acest fel, se explică și prin mișcările glacio-eustatice din Cuaternar.

Formele de relief de acumulare litorală sunt mult mai instabile, comparativ cu cele de acumulare, fiindcă în componența predominată sunt fragmentele fine de rocă aduse de: valuri, marea, curenți, râuri, ghețari etc. Prin vehicularea și apoi depunerea selectivă a acestora rezultă următoarele forme de relief: plaje, bancuri litorale, cordoane litorale etc.

Plaja este principală formă de relief de construcție litorală; ea se întâlnește pe țărmurile joase, adăpostite, cu ape puțin adânci, unde se dezvoltă prin acumularea nisipului, pietrișurilor, cochiliilor și altor materiale vehiculate de apa mărilor sau aduse de către râurile care vin de pe uscat; materialele din componența ei neconsolidate (Davidson-Arnott, 2010).

Sub aspect granulometric, mineralogic și petrografic, elementele componente diferă de la o plajă la alta, indicând aria sursă de unde au fost furnizate. De obicei, în cadrul aceluiași sector de plajă, din cauza activității valurilor și curenților, aluviunile vor fi sortate în funcție de dimensiune și formă; elementele mai groasere și mai puțin rulate vor fi depuse la partea superioară a plajei, pe când cele mai fine în direcția de retragere a curentului de contraspălare și a mareelor (Rădoane et al.,

2001). În funcție de modul de acumulare a aluviunilor va fi și forma plajei în profil transversal (concavă, convexă, în trepte sau mixtă).

Analizate în profil transversal majoritatea plajelor, dar mai ales cele nisipoase, prezintă trei sectoare morfodinamice (fig. 6. 13):

- *plaja înaltă* se află localizează deasupra liniei superioare a valurilor de furtună sau a fluxului, fiind acoperită de apă numai la furtuni puternice. În alcătuirea ei predomină crestele și treptele de plajă, alcătuite preponderent din materialele groșiere. Plaja înaltă poate fi prevăzută cu o suprafață orizontală sau care înclină ușor spre uscat, denumită bermă; unele plaje pot avea mai multe berme, în timp ce în cazul altora ele pot să lipsească, așa cum este în situația celor alcătuite din pietriș sau materiale și mai groșiere) (Rădoane et al., 2001);

- *plaja propriu-zisă* este sectorul pe care valurile se deplasează permanent, provocând cele mai multe modificări de ordin granulometric și morfologic (Ielenicz, 2005). Analizată în profil transversal ea are două trepte: cea superioară (mai stabilă și este afectată doar de valurile cele mai înalte), respectiv cea inferioară (este supusă unei nivelări continui prin intermediul valurilor); sub aspect morfologic treapta superioară este convexă, iar cea inferioară concavă (Posea et al., 1976);

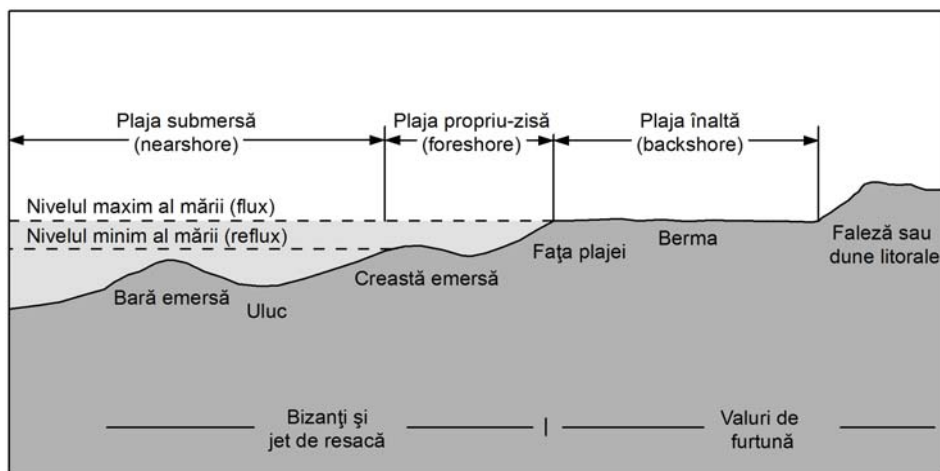


Fig. 6. 13. Profilul tipic al plajei în cadrul Domeniului Litoral
(Ritter, 1986, cit. de Rădoane et al., 2001, p. 306)

- *plaja submersă* este tot timpul acoperită cu apă, are formă concavă, iar granulometria este fină (predomină nisipul, la care se adaugă pietrișul și resturile de cochilii și de scoici).

Fiind poziționată la limita dintre uscat și apă plaja variază ca dimensiune și prezintă o accentuată instabilitate, din cauza proceselor geomorfologice, care se manifestă pe suprafața ei.

Relieful de detaliu al plajei este subordonat caracterului valurilor predominante și energiei lor disponibile. De exemplu, dacă mai active sunt valurile care înaintează va avea loc acumularea, iar dacă cele care se retrag atunci va predomina eroziunea (Grecu și Palmentola, 2003), iar plajele se vor degrada. La acest fenomen poate contribui inclusiv reducerea aportului de aluviuni aduse de râuri; dintre cauze se remarcă, reducerea cantităților de precipitații, realizarea de baraje etc. (Bird, 2008).

La îndepărtarea aluviunilor, din componența plajelor, contribuie curenții de reabsorbire (rip currents) sau de tăiere, atunci când sunt perpendiculari pe linia de țărm (Grecu și Palmentola, 2003).

În componența plajelor intră numeroase microforme de relief:

- *festoane* - ondulări mici de câteva zeci de centimetri, de formă simetrică sau asimetrică;

- *conuri de plajă* - festoane de dimensiuni mai mari, cu aspect de cupă de lingură răsturnată, întâlnite la partea superioară a plajei);

- *ripple-marks-uri de valuri* - ondulări submerse, denumite și riduri, care se formează din cauza oscilației valurilor și curenților litorali);

- *brazde littorale* - (ripple-marks-uri cu dimensiuni care pot ajunge până la 10 m sau mai mult, prezente la partea superioară a plajei submerse;

- *dune littorale* - cu toate că nu sunt rezultatul direct al dinamicii apelor litorale, ele se întâlnesc pe multe plaje; un rol important în geneza lor îl au vânturile de tip briză etc.

Bancurile litorale sunt acumulări submerse de nisipuri și pietrișuri, întâlnite în ape puțin adânci; la geneza lor contribuie valurile și curenții maritimi.

Sub aspect dimensional bancurile litorale sunt caracterizate de valori ale lățimii care merg de la câțiva metri la peste 1 km; lungimea lor variază de la câteva sute de metri până la zeci de km, în timp ce înălțimea nu depășește 5 – 7 m, decât rareori.

Un aport substanțial de aluviuni determină ca bancurile litorale să devină emerse și să ajungă în poziția de grind sau cordon litoral.

Cordoanele litorale prezintă cele mai favorabile condiții de geneză la țărmurile cu golfuri și promontorii, în sectoarele poziționate lângă proeminente, dar lipsite de o dinamică accentuată a apei (Masselink et al., 2014).

În aceste sectoare aluviunile aduse de valuri se depun și formează cordoane, pe direcția atenuării energiei curențului. Deoarece au o formă alungită sunt denumite și **săgeți litorale**.

Ele se dezvoltă continuu în direcția derivei litorale, cu excepția cazurilor când alte mișcări ale apei interferează cu procesele geneză, devenind la extremități arcuite spre uscat, situație în care sunt denumite **săgeți litorale recurbate** (Rădoane et al., 2001) (fig. 6. 14).

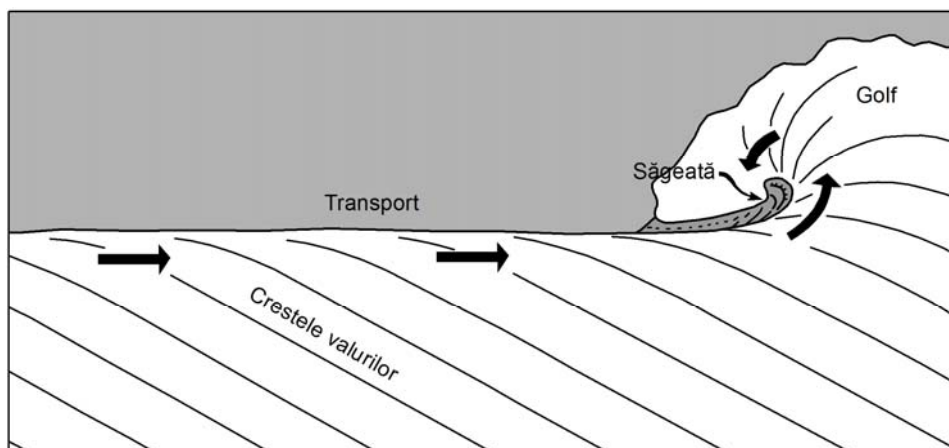


Fig. 6. 14. Formarea săgeților litorale (Strahler, 1963, citat de Strahler, 1973, p. 484)

Prin unirea săgeților litorale, existente de o parte și de alta a unui golf, se ajunge la formarea de cordoane litorale sau **perisipuri**, care închid în spatele lor lagune (fig. 6. 15). Astfel de cordoane litorale prezintă deschideri, numite **portițe**, prin care laguna comunică cu apa mărilor și oceanelor.

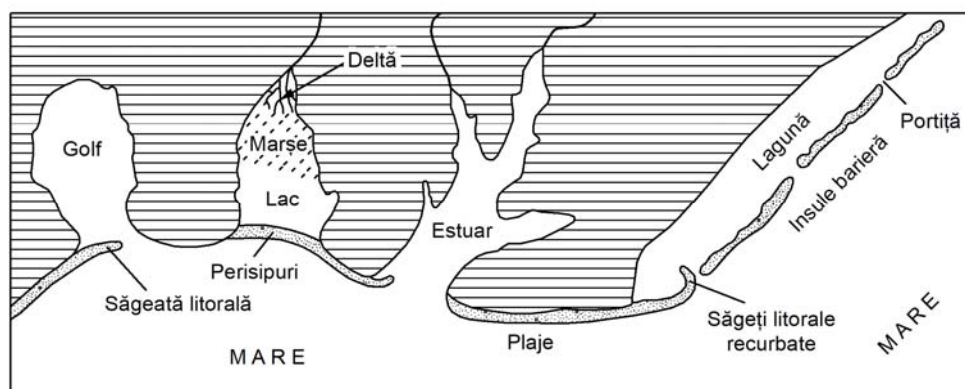


Fig. 6. 15. Forme litorale specifice țărmurilor joase (Hosu, 2009, p. 104)

Când în apropierea țărmurilor există insule, iar condițiile morfogenetice sunt favorabile, ele pot fi unite cu uscatul printr-un cordon denumit **tombolo**; el poate fi simplu (Gibraltar), dublu (Giens) sau triplu (Monte Argentario) (Mac, 1976) (fig. 6. 16).

Geneza acestor cordoane litorale este favorizată de refracția valurilor, în spatele insulei (Bird, 2008), sau de difracția lor, pe fiecare latură, și depunerea aluviunilor în sectoarele de întâlnire a undelor (unde apa nu este adâncă, iar curenții între insulă și țărm lipsesc).

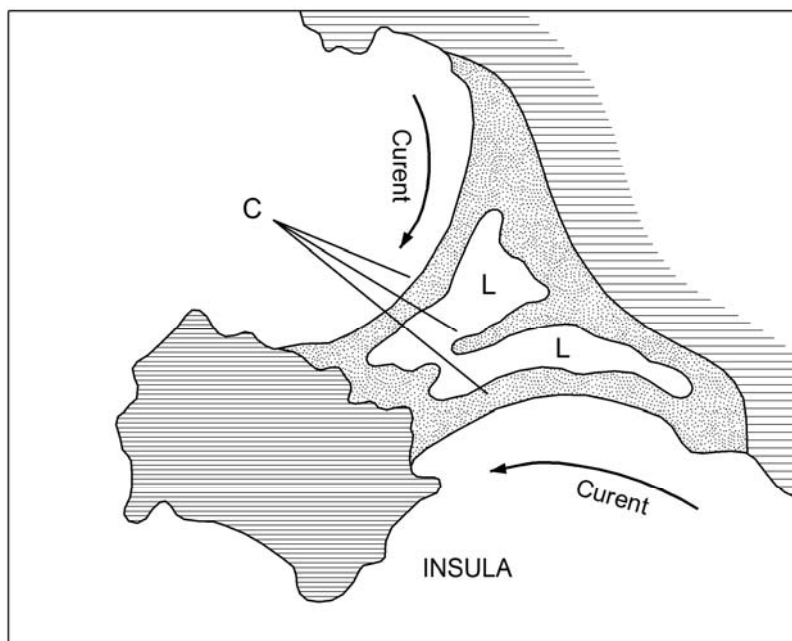


Fig. 6. 16. Tombolo triplu, în cazul Insulei Monte Argentario;
C – cordoane; L - lagune (Coteț, 1971, p. 354)

În unele situații, pornind din locuri diferite, de la țărm, două săgeți litorale se pot extinde spre același loc, unde prin unire generează cordoane litorale de tip *vârf de lance* (fig. 6. 17).

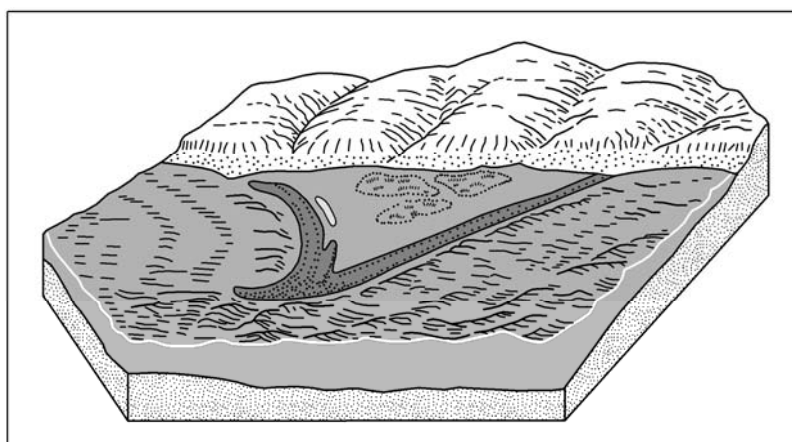


Fig. 6. 17. Cordon litoral în vârf de lance (Strahler, 1973, p. 485)

Condițiile de geneză a cordoanelor litorale, precum și a celorlalte forme de relief de acumulare litorală, dovedesc că ele sunt susceptibile la degradare, în situația în care regimul circulației valurilor și curenților suferă modificări, inclusiv din cauze antropice.

6.2. PREVENIREA DEGRADĂRII RELIEFULUI LITORAL

Comparativ cu prevenirea degradării terenurilor, prin intermediul agenților geomorfologici prezentați anterior, situația din Domeniului Litoral este una cu totul deosebită, deoarece în dinamica acestuia se resimt și influențe ale unor activități antropice desfășurate la distanțe de sute sau mii de km. Mă refer aici, atât la creșterea cantității de aluviuni, care ajung în anumite sectoare de țărm, din cauza defrișării, desțelenirii și utilizării în scopuri agricole a terenurilor, cât și la scăderea debitelor solide, din cadrul bazinelor hidrografice, unde s-au amenajat baraje și lacuri de acumulare, precum și sisteme complexe de navigație fluvială.

De exemplu, prin realizarea de baraje, în spatele cărora sunt stocate aluviunile, care ar fi trebuit să ajungă la țărm sau în delte și să contribuie la dezvoltarea reliefului de acumulare și la consumul energiei disponibile a valurilor și a curenților litorali, se poate ajunge la degradarea formelor de relief existente.

În același timp, efectul perturbator al proceselor geomorfologice poate provenii și din zona țărmului, atunci când se realizează porturi, construcții pe piloni de tipul avanporturilor, ziduri de protecție, diguri, canale de navigație, insule și peninsule antropice, amenajarea litoralului în scopuri turistice etc.

Intervenția antropică în Domeniul Litoral a crescut o dată cu dezvoltarea tehnologică și creșterea numărului de locuitori, ținând cont de faptul că peste 50% din populația Terrei (Bird, 2008) locuiește în așezări situate la o distanță mai mică de 40 km de linia țărmului (Bierman și Montgomery, 2013).

Aceste date relevă că zonele de coastă sunt unele dintre cele mai populate și dezvoltate teritorii de pe Terra. Problema este că ele sunt afectate de două dintre principalele procese care afectează regiunile litorale de la nivel global, și anume creșterea nivelului mării (SLR) și eroziunea costieră (Tătui et al., 2019).

Informațiile existente în prezent atestă că, 24% din plajele nisipoase ale lumii (care reprezintă 31% din linia de țărm lipsită de gheață a lumii) s-au erodat cu rate care depășesc 0,5 m/an din 1984 (Luijendijk et al., 2018), atât din cauze naturale, cât și antropice (Tătui et al., 2019).

Activitățile antropice au făcut ca aproximativ 15%, din cei 261.700 km ai țărmurilor (Mac, 1996), să fie supuși unor transformări specifice. Prin lucrări antropice s-a ajuns ca marea să fie îndepărtată de uscat sau, dimpotrivă, să fie atrasă în apropierea acestuia pentru a ușura navigația (Roșian, 2023). În același timp, pentru scopuri turistice, au fost extinse unele sectoare de plajă, care ulterior, pentru a se menține la parametri proiectați, au necesitat lucrări de protecție împotriva abraziunii, cum este de exemplu în cazul plajei de la Mamaia; s-a ajuns, în urma unor astfel de intervenții antropice ca funcțiile habitatelor naturale să se restrângă, mergând până la pierderea valorilor estetice originale, care puteau fi folosite în scopuri

recreaționale, ceea ce înseamnă pierderea moștenirii naturale oferite de zonele de coastă (Nordstrom, 2013).

Toate aceste modificări, așa cum se va exemplifica prin intermediul studiilor de caz, sunt în măsură să influențeze dinamica proceselor geomorfologice din Domeniul Litoral și implicit configurația plajelor și a falezelor, care intră în componența liniei țărmului. Iată așadar suficiente motive ca și în cazul acestui domeniu de modelare să fie necesare măsuri de prevenire a degradării formelor de relief.

Alături de intervenția antropică, mai mult sau mai puțin directă, asupra proceselor și formelor din Domeniul Litoral, se remarcă cea indirectă asociată Încălzirii Globale și Schimbărilor Climatice, cu toate efectele lor. Din astfel de motive, atunci când se aduce în discuție prevenirea și combaterea degradării reliefului litoral, măsurile care trebuie luate și acțiunile care trebuie puse în practică la fața locului trebuie corelate cu ceea ce se întâmplă în larg, pe uscat și în atmosferă.

Concentrarea activităților industriale, de transport, dar și recreaționale conduce la presiuni mari asupra resurselor costiere, motiv pentru care s-a recurs la studii aprofundate îndeosebi ale plajelor, falezelor și cordoanelor litorale (Rădoane și Rădoane, 2007a).

Un rol important în modificarea regimului proceselor de la țărm îl au astfel recente Schimbări Climatice, care se pare că sunt amplificate de modul în care omul utilizează suprafața terestră și resursele din subsolul acesteia. Devine astfel cât se poate de adevărat că *„poate niciunde în altă parte efectele nu s-ar simți atât de direct și pe scară globală ca în domeniul țărmurilor.”* (Rădoane și Rădoane, 2007a, p. 205)

Dintre efectele Schimbărilor Climatice prezintă interes în acest context Încălzirea Globală. Cea mai importantă consecință geomorfologică a acesteia, în contextul de față, este reprezentată de creșterea nivelului mării. Acest fenomen este cauzat mai ales de expansiunea termică a apei, din Oceanul Planetar, și de topirea ghețarilor, a zăpezilor perene și a permafrostului. Prin ridicarea nivelului mărilor și a oceanelor se produce inundarea teritoriilor joase, se accelerează retragerea țărmurilor și se produc schimbări ale ratei de creștere a recifelor (Goudie, 1993).

În același timp, creșterea nivelului mării nu are consecințe similare la nivel regional. De exemplu, pe coastele unde uscatul se ridică, din cauza izostaziei (Fenoscandia sau Scutul Canadian) sau a mișcărilor tectonice (cea mai mare parte a coastei pacifice a Americilor) efectul va fi mai mic, comparativ cu țărmurile afectate de subsidență (Delta Mississippi, Delta Nilului etc.) (Rădoane și Rădoane, 2007a).

Conform lui Bird (1986, citat de Rădoane și Rădoane, 2007a) efectele potențiale ale creșterii nivelului mării sunt următoarele:

- la țărmurile prevăzute cu faleză submersă este posibil ca retragerea liniei de țărm să fie mai accelerată (cu excepția țărmurilor alcătuite din roci dure); se poate merge până la dispariția platformelor de abraziune și a rampelor de taluz de la baza falezelor;

- țărmurile deltelor și a câmpiilor litorale vor fi afectate de retragere, exceptându-le pe cele cu sedimentare litorală mare;
- eroziunea plajelor se va extinde și va deveni mai severă, ceea ce va conduce la îngustarea lor;
- prin avansarea apei spre uscat golfurile și estuarele se vor adâncii și lărgii, afectând ecosistemele costiere cu apă mai puțin sărată, existente la gurile de vărsare a râurilor;
- dinamica în creștere a apelor maritime va conduce în unele locuri la eroziunea cordoanelor litorale (ceea ce face ca lagunele să devină golfuri), iar în alte la creșterea cordoanelor în dimensiune, prin menținerea aluviunilor în zonă (ceea ce face ca unele golfuri să treacă în categoria lagunelor);
- abraziunea va afecta tot mai mult infrastructura antropică de la țărm, iar inundațiile cauzate de valurile mari și de valurile de tip tsunami se vor intensifica;
- prin ridicarea nivelului freatic în zona costieră va crește salinitatea solului.



Fig. 6. 18. Litoralul românesc al Mării Negre

Pentru a înțelege complexitatea procesului de prevenire a degradării reliefului litoral, în continuare se vor face, pentru început, câteva referiri la **situația litoralului**

românesc al Mării Negre, de pe teritoriului României, pentru ca ulterior să fie date **exemple din alte țări**.

Litoralul românesc al Mării Negre este un teritoriu deosebit de complex, atât sub aspectul reliefului existent, cât și al proceselor litorale specifice.

Țărmul românesc al Mării Negre se extinde pe o lungime de 245 km între Chilia (în nord) și Vama Veche (în sud). Sub aspect geomorfologic el poate fi împărțit în două sectoare (nordic și sudic), delimitate de Capul Midia (fig. 6. 18).

În cadrul acestor sectoare se remarcă atât țărmurile naturale (plaje și faleze - aproximativ 84%), cât și țărmuri „artificiale”, aproximativ 16% (porturi, construcții hidrotehnice de protecție etc.) (Cândescu et al., 2023). Conform autorilor citați, tendința actuală de creștere a populației și interesului pentru terenurile de pe țărm, vor conduce la extinderea centrelor urbane, a porturilor, a amenajărilor în scopuri turistice etc., ceea ce înseamnă o utilizare intensivă a formelor de relief existente.

Sectorul de țărm de la nord de Capul Midia, cu o lungime de 165 km, se remarcă printr-un țărm jos, nisipos, de acumulare, deltaic, lagunar (cu asociații de cordoane litorale și bariere de plajă alcătuite predominant din nisip adus de Dunăre) etc.

Marea Neagră are variații de nivel produse de debitul Dunării (62% din apa fluviului intră în mare), de presiunea atmosferică, de efectul forței tangențiale ale vântului și mai puțin de maree (de 9 – 12 cm la Constanța) (Bondar și State, 1978).

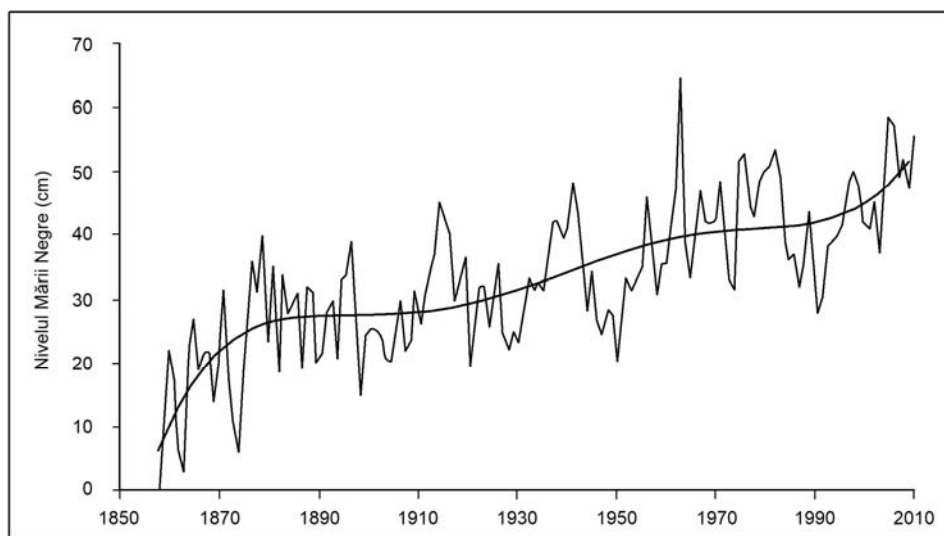


Fig. 6. 19. Evoluția nivelurilor anuale ale Mării Negre la Sulina (1858 – 2010)
(Vespremeanu-Stroe et al., 2014, p. 84)

Urmărind figura 6. 19 se observă că variațiile de nivel cele mai importante se înregistrează de la un anotimp la altul, maximum fiind în mai-iunie, iar minimum în septembrie-octombrie. Alături de acestea se remarcă și variațiile pe termen lung, care

puse în contextul degradării țărmurilor, devin semnificative și demne de luat în considerare. Estimările făcute în acest sens au la bază înregistrările făcute la stația Sulina pe o perioadă de 130 ani (începând din 1858) și la Constanța (începând din 1938) (Rădoane și Rădoane, 2007a).

Conform datelor obținute rata medie de înălțare este de 2,47 mm/an. Dacă este luată în considerare și subsidența Deltei Dunării, care este de 2 mm, reiese o creștere de peste 4 mm/an a nivelului mării, cu un efect abrazional deosebit asupra țărmului (Rădoane și Rădoane, 2007a).

Influențele antropice asupra proceselor de la țărmul Mării Negre se resimt încă din 1850, când a debutat construcția digurilor de la gura Brațului Sulina. La acestea se adaugă rectificările, care au afectat în secolul XX (în special în perioada 1921–1937 și după 1989) întregul Braț Sulina, pentru a face posibilă navigația, cu nave tot mai mari. Prin creșterea cu aproape 20% a debitului lichid a crescut și cel de aluviuni, fapt care a determinat extinderea guri de vărsare în mare, a brațului Sulina, cu 9 km.

Dragarea albiei brațului, pe acest sector, făcându-se peste bara submersă, a determinat ca aluviunile să fie împinse și descărcate pe panta submersă a țărmului, departe de influența curenților litorali (Rădoane și Rădoane, 2007a), care nu le mai pot antrena și transporta spre sud (Gormüs et al., 2021).

Prezența digurilor, de la vărsarea Brațului Sulina în mare, întrerup deriva sedimentelor spre sud alterând circulația din apropierea țărmului, fapt care determină acumularea puternică în amonte și eroziunea costieră în aval (Gormüs et al., 2021). S-a ajuns în aceste condiții, de modificare a bilanțului aluviunilor, ca ratele medii de eroziune, în partea centrală a coastei Sulina – Sfântu Gheorghe, să varieze între 2 și 8 m/an, cu valori maxime de peste 10 m/an (Gormüs et al., 2021).

Curentul litoral, de la țărmul Mării Negre, a fost modificat și din cauza amenajărilor portuare, care au avut loc după anul 1850, când a început construcția Portului Constanța (după 1970 acesta s-a extins până la Agigea, pentru a prelua transportul de mărfuri, de pe Canalul Dunăre-Marea Neagră). Amenajările realizate au îndepărtat astfel sedimentele de coastă și aluviunile aduse de Dunăre, fapt care a condus la o intensificare a abraziunii (Rădoane și Rădoane, 2007a). Aceasta din urmă este strâns legată de prezența digurilor, care au condus la cele mai mari pagube (Gâstescu și Driga, 2000). Conform autorilor citați, cea mai mare retragere a țărmului s-a înregistrat la sud de gura brațului Sulina, pe un sector de 20 km lungime (rata medie de retragere a fost de 16 m/an, între 1884 și 1971, și de 8 – 10 m m/an, între 1962 și 1981; în toată această perioadă s-au înregistrat și valori maxime ale retragerii de 25 m/an).

Un alt sector, de-a lungul căruia predomină abraziunea, este cel care începe de la sud de Brațul Sfântu Gheorghe și se continuă, pe 20 km lungime până la Leahova. Rata de retragere a țărmului a fost de 7,5 m/an (între 1871-1971) și 8 m/an (intervalul 1975-1981) (Gâstescu și Driga, 2000). Și mai la sud, între Leahova-Portița-Chituc, pe aproximativ 35 km lungime, ratele de abraziune s-au menținut din

nou foarte mari (10-15 m/an), ceea ce a făcut ca bariera ce separă Laguna Sinoe de mare să fie foarte fragilă (Rădoane și Rădoane, 2007a). Dacă abraziunea continuă în acest ritm se poate ajunge la străpungerea cordonului litoral Chituc-Portița, ceea ce va avea consecințe ecologice catastrofale (sărăturarea complexului Razim-Sinoe, cu efecte asupra fermelor piscicole și compromiterea sistemului de irigații, care utilizează apa din acest lac).

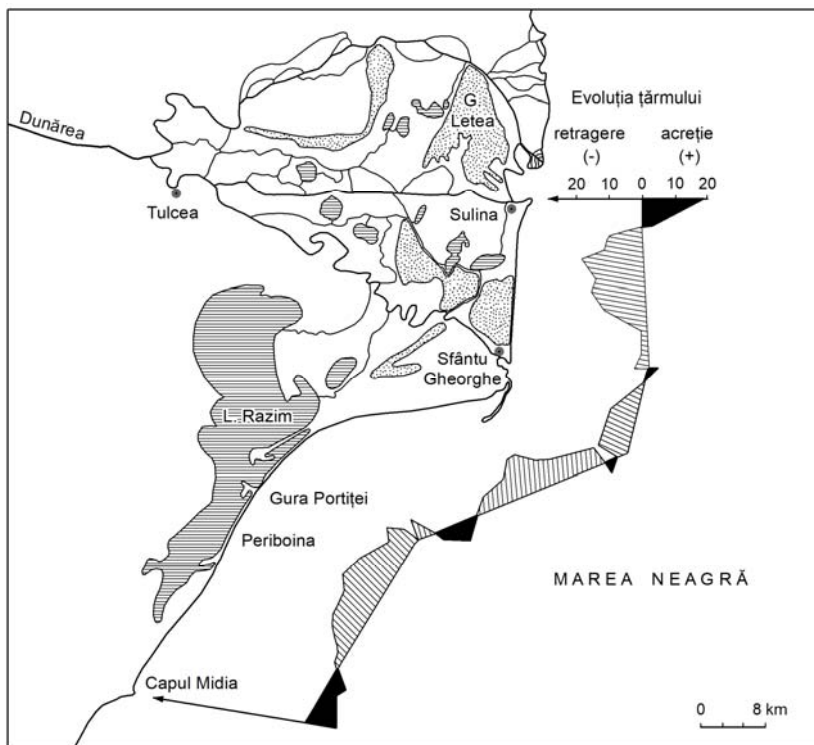


Fig. 6. 20. Evoluția liniei de țărm a Mării Negre la nord de Capul Midia (1962-1985) (simplificat după Gâștescu și Driga, 2000)

Eroziunea plajelor Deltei Dunării s-a accentuat îndeosebi după anul 1950, când au fost construite multe baraje în bazinul Dunării Inferioare. De exemplu, aproximativ 50% dintre barajele construite în România în secolul XX au fost realizate între 1960 și 1980, iar 45% după 1980 (Rădoane și Rădoane 2005; Vespremeanu-Stroe et al., 2017). Acest fapt este demonstrat și de scăderea de trei ori a sedimentelor, care se descarcă în deltă, de la 1.365 kg/s, la începutul secolului XX, la 640 kg/s în prezent (Vespremeanu-Stroe et al., 2017).

Există însă în zona deltei și sectoare în care linia țărmului se menține staționară sau chiar avansează în detrimentul mării. Este vorba în acest caz de gura Brațului Chilia și Golful Musura, unde se remarcă acumulări intense, care au contribuit la formarea unei delte secundare. O situație similară, dar de proporții mai reduse se

înregistrează, la sud de vărsarea în mare a Brațului Sfântu Gheorghe – sectoarele Sacalin și Periteașca (Vespremeanu et al., 2004; Vespremeanu-Stroe et al., 2017).

Cu toate că există și scurte sectoare, în care predomină acumularea materialelor erodate, de curenții longitudinali (din sectoarele de abraziune), așa cum este la sud de Insula Sahalin (rate de acreție de 6 – 10 m/an) (Rădoane și Rădoane, 2007a) sau aduse de brațele Dunării, cea care rămâne dominantă, în cazul țărmului Mării Negre, de la nord de Capul Midia, este retragerea din cauza abraziunii (fig. 6. 20).

Măsurătorile realizate în cadrul proiectului de cercetare DANUBERES (2006-2008) au indicat și ele predominarea retragerii țărmului românesc al Mării Negre (Vespremeanu-Stroe et al., 2007) (fig. 6. 21).

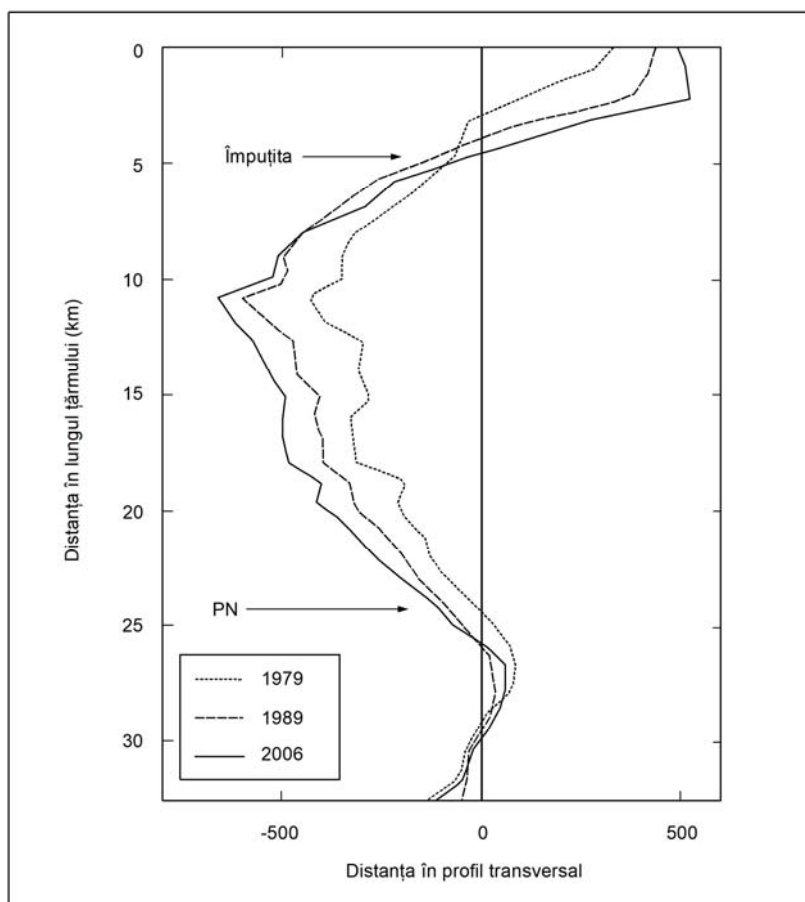


Fig. 6. 21. Evoluția liniei țărmului pe sectorul Sulina (0 km pe grafic) – Sfântu Gheorghe (32 km); linia 0 reprezintă poziția de referință a țărmului în 1961 (PN – program nucleu) (Vespremeanu-Stroe et al., 2007, p. 159)

Datele mai recente (Vespremeanu-Stroe et al., 2017) evidențiază că din cei aproximativ 162 km, ai liniei de țărm, ai Deltei Dunării, mai mult de jumătate (90

km, adică 55,6%) sunt afectați de eroziune, 48 km (29,6%) sunt caracterizați de procese de acumulare (avansare), iar 24 km (14,8%) se află în echilibru dinamic (stabilitate relativă).

Sectorul de țărm de la sud de Capul Midia este caracterizat de un țărm înalt, cu faleză, menținut inclusiv pe roci mai dure cum sunt calcarele; are o lungime de 79 km (Gâștescu și Driga, 1984). Cu toate că în acest caz este vorba de o morfologie mult mai diferită (alternanță de faleză înalte de 40 m cu sectoare de liman și plaje), sectorul nu este scutit de degradare, pe cei 79 de km ai săi. Alături de procesele de abraziune se înregistrează sufoziuni, tasări, surpări și alunecări de teren (Rădoane și Rădoane, 2007a).

Studiile realizate, la nivelul țărmului cu faleză, de la sud de Capul Tuzla, au evidențiat modificări importante ale morfologiei litorale. De exemplu, între anii 1924 și 2002 modificările au fost datorate retragerii liniei țărmului, care a atins valori maxime de -72,6 m (Ungureanu, 2003; Constantinescu, 2004). Conform autorilor citați, a fost afectată și muchia falezei, care în sectorul de la sud de Hotel Forum s-a retras între 30-45 m, în timp ce linia țărmului s-a retras per total cu 60 m.

Pentru a proteja faleză în acest sector ea a fost supusă unor lucrări de taluzare începând cu anul 2000. Alături de aspectul dezagreabil al țărmului, acest mod de protecție a falezei s-a dovedit total inefficient (Rădoane și Rădoane, 2007a). Modelarea mecanică a crestei faleze și formarea unui unghi de taluz natural, prin acumularea gravitațională a materialului sfărâmat, s-a realizat în speranța conferirii de stabilitate taluzului. Cu toate acestea, deoarece taluzul nou format nu a fost consolidat, el a fost afectat de către pluviudenudare și eroziune, din cauza scurgerii concentrate a apei; s-a ajuns în acest fel la formarea de ravene adânci de până la 2 m, ceea ce la urma urmei a însemnat o intensificare a eroziunii falezei (Rădoane și Rădoane, 2007a).

Referitor la sectorul dintre Mangalia și Vama Veche, măsurătorile făcute pe materiale cartografice și pe imagini de teledetecție relevă o retragere a liniei țărmului de 70 - 90 m (în sectorul nordic al țărmului 2 Mai - Vama Veche), în timp ce mai la sud retragerea este mai accentuată, cu valori ce depășesc 150 m, valoarea maximă, de 285 m, fiind înregistrată în dreptul plajei Vama Veche (Ungureanu, 2003).

Studii mai recente (Constantinescu, 2017), realizate pentru sectorul cuprins Între Capul Midia și Vama Veche, au evidențiat că în regim cvasi-natural (anterior anului 1960) progradarea reprezenta 62,5%, iar eroziunea reprezenta doar 37,5%; ulterior echilibrul s-a modificat rapid în doar două decenii (1960–1980), când sectoarele erodate dețineau 50,8% din linia țărmului; după 1980, antropizarea țărmului a atins cote maxime, prin modernizarea și extinderea unor porturi (Constanța, Midia și Mangalia), ceea ce a însemnat extinderea proceselor de eroziune, care au ajuns să afecteze 67,3% din țărm.

Extinderea celor trei porturi a generat o derivă divergentă către larg, a curentului cu sedimente, fapt care a favorizat eroziunea la țărm. Cert este că plajele și faleză se retrag constant, iar unele proiecte de restaurare s-au dovedit inefficiente (de exemplu,

cele de la sud de Costinești), conducând la o situație de feedback pozitiv tipică, unde intervențiile antropice agravează problema inițială (Constantinescu, 2017).

În condițiile date cele mai mari ritmuri de eroziune s-au înregistrat pe sectorul din vecinătatea unității militare de la 2 Mai (-4,3 m/an), precum și la Mangalia (-4,0 m/an) (Constantinescu, 2017). Conform autorului citat, alte sectoare cu eroziune puternică sunt: bariera litorală de la Eforie (-2,6 m/an), plaja Saturn (-2,3 m/an), Vama Veche (-2,2 m/an) și bariera litorală situată la est de Herghelia Mangalia (-1,5 m/an).

Din datele existente rezultă că aproape 70% din Litoralul Românesc al Mării Negre, prevăzut cu faleze, este afectat de eroziune, cele mai expuse zone fiind situate la sud de portul Constanța (Constantinescu, 2017).

Pentru diminuarea eroziunii s-au realizat diverse structuri de protecție, din rocă dură, cum sunt cele de la Capul Tuzla, Costinești, Eforie etc., tocmai pentru a oferi o protecție temporară falezei împotriva abraziunii, care au generat însă efecte adverse, din perspectivă batimetrică, prin creșterea adâncimii, iar legat de aceasta s-a favorizat pierderea permanentă a sedimentelor (Constantinescu, 2017).

Pornind de la situația existentă sunt necesare noi lucrări de restaurare, unele deja în desfășurare, implicând alimentarea cu nisip a plajelor și reabilitarea vechilor structuri de apărare contra abraziunii. În acest context, urmărirea beneficiilor economice pe termen scurt, fără a lua în considerare efectele secundare asupra morfodinamicii costiere, poate duce la repercusiuni vizibile pe termen lung (Constantinescu, 2017).

De exemplu, pentru protecția țărmului, în nordul localității 2 Mai, s-a construit un dig cu lungimea de peste 500 m și lățimea de 300 m, care se continuă spre larg cu alte două diguri de 300 și respectiv 900 m lungime; dintre acestea digul nordic de protecție s-a prelungit spre SE (cu 1.150 m) trecând de izobata de -10 m, tocmai pentru o întrerupere a circulației sedimentelor de țărm, atât pe direcția nordică, cât și pe cea sudică (Rădoane și Rădoane, 2007a). La acestea s-a adăugat ulterior digul de dimensiuni reduse, din dreptul Pescăriei 2 Mai. Prezența lui a contribuit la o ușoară acumulare de sedimente din cauza driftului sudic.

Procese de acumulare și de extindere a plajelor (+3,2 m/an) s-au identificat doar pe sectorul Capului Midia, singurul care a primit direct sedimente fluviale, deoarece este situat la nord de orice structură de apărare portuară (Constantinescu, 2017).

În urma studiilor realizate de către numeroși specialiști (Bondar et al., 1973; Șelariu, 1982; Spătaru, 1979; Iulian, 1990; Duma și Sîmbotin, 1990; Lazăr, 1990; Panin et al., 1992; Gâstescu, 1995; Vespremeanu et al., 2004; Vespremeanu-Stroe, 2007; Vespremeanu-Stroe et al., 2007; Constantinescu, 2017) s-a ajuns la concluzia că, principalele cauze, care au condus la degradarea litoralului românesc al Mării Negre, sunt:

- reducerea cantităților de aluviuni aduse de Dunăre, de la 67,6 mil. t/an (între 1921-1960) la sub 30 mil. t/an (în intervalul 1981-1990), din cauza amenajărilor hidrotehnice din bazinul Dunării (fig. 6. 22); această diminuare a cantității

sedimentelor aduse de Dunăre are efect și asupra falezelor de la sud de Capul Midia, motiv pentru care, menținerea nisipului la baza acestora reprezintă o provocare majoră în contextul accelerării creșterii nivelului mării (Constantinescu, 2017);

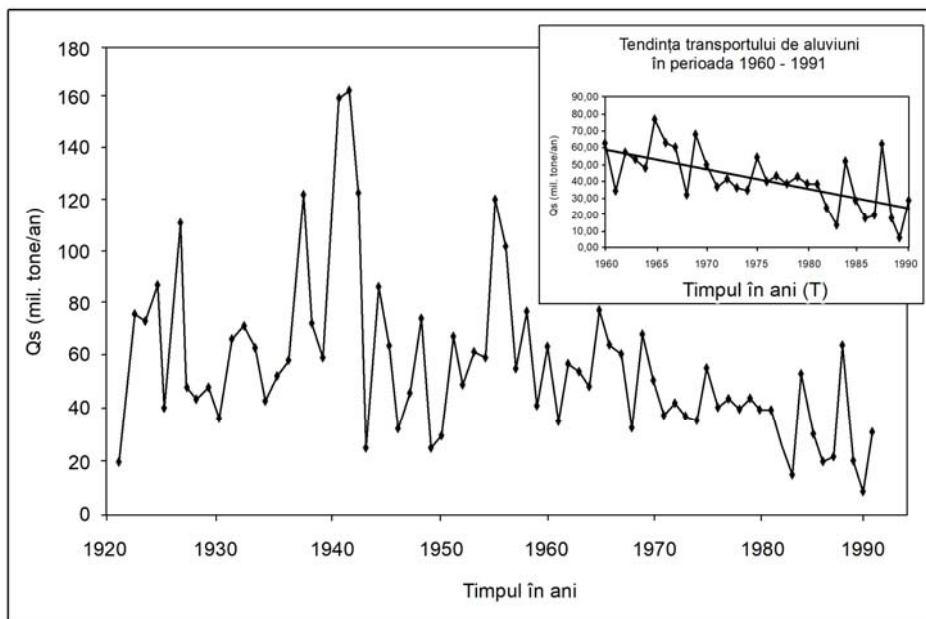


Fig. 6. 22. Variația multianuală a transportului solid (Chirică, 1992, citat de Rădoane și Rădoane, 2007a, p. 220)

- realizarea unor lucrări din categoria digurilor, care pătrund cu 200 – 400 m în mare, menite să protejeze porturile Midia și Constanța, precum și extinderea și modernizarea acestora, au contribuit la interceptarea și devierea spre larg curenții litorali încărcăți cu aluviuni aduse de Dunăre; în același timp, realizarea unor structuri inadecvate, de prevenire a eroziunii, fără respectarea criteriilor geomorfologice și hidrodinamice în poziționarea lor, a amplificat aceste efectele abraziunii la scară locală; din aceste prime două cauze, principala sursă de alimentare a plajelor din sud a fost pierdută;

- scăderea aportului de nisip biogen, prin intermediul căruia se aprovizionau plajele existente la sud de Constanța;

- activitățile antropice din zona litoralului, care au determinat o redistribuire a aluviunilor; concret este vorba de extinderea Brațului Sulina, cu aproximativ 9 km în mare, care pe de o parte blochează fluxul de aluviuni (adus de Brațul Chilia), care nu mai ajunge spre sud, iar pe de altă parte face ca aluviunile aduse de Brațul Sulina să ajungă în larg și la adâncimi mai mari; se ajunge ca aluviunile să nu mai poată fi preluate de către curentul maritim litoral, pentru a alimenta cu nisip plajele de la sud de gurile Sulina și Sf. Gheorghe;

- lipsa aproape în totalitate a lucrărilor de protecție a plajelor și falezelor în cadrul sectoarelor lipsite de amenajări portuare și turistice;
- ridicarea nivelului Mării Negre, în medie cu aproximativ 30 cm/secol;
- ritmurile accentuate de retragere a plajelor și falezelor au fost asociate cu faza negativă a Oscilației Nord-Atlantice (NAO) din perioada 1961–1972, amplificate și de efectele nefavorabile ale construcției de noi porturi; ulterior, între 1979 și 2000, chiar dacă furtunile de iarnă asociate NAO au scăzut în intensitate (fază pozitivă), eroziunea plajelor a continuat din cauza dezechilibrelor întreținute de activitățile antropice (extinderea porturilor și a amenajărilor în diverse scopuri) (Vespremeanu-Stroe et al., 2007); este astfel cât se poate de evident că, deși fenomenele naturale precum NAO joacă un rol important, impactul activităților umane, cum ar fi construcțiile portuare și structurile de protecție necorespunzătoare, a fost determinant în modelarea recentă a liniei de coastă (Constantinescu, 2017).

Pentru înlăturarea acestor cauze și pentru prevenirea degradării reliefului litoralului românesc, au fost propuse următoarele măsuri și activități:

- menținerea cât mai ridicată a capacității de transport a aluviunilor pe Brațul Sfântu Gheorghe, pentru ca acestea să ajungă cât mai aproape de sectoarele cu eroziune ridicată (Duma și Sâmbotin, 1990); există și opinia că, prin aplicarea și menținerea unei astfel de măsuri se poate ajunge la dezechilibre ecologice în Delta Dunării (Panin et al., 1992);
- realizarea unui dig din chesoane flotante și dirijarea unor aluviuni aduse de Dunăre, în spațiul dintre litoral și acest dig (Iulian, 1988);
- protejarea plajelor existente, cu ajutorul elementelor structurale, de tipul digurilor, zidurilor de apărare și stabilopozilor;
- extinderea plajelor prin alimentare cu nisip și pietriș;
- completarea anuală cu nisip (în fiecare primăvară) a plajelor extinse prin alimentare cu nisip; acest demers trebuie realizat conform unor planuri, care au la bază observații științifice și calcule inginerești;
- consolidarea noilor plaje obținute, prin lucrări inginerești (structurale) și prin plantare de specii ierboase sau de arbuști;
- interzicerea exploatării nisipului din componența plajelor;
- controlul activităților antropice care subminează falezele, inclusiv cele referitoare la extragerea de pământ (realizarea gropilor de împrumut);
- monitorizarea proceselor geomorfologice (inclusiv cu tehnică satelitară și cu drone, care furnizează imagini digitale de înaltă rezoluție) pentru a cunoașterea ratei de modificare a liniei țărmului;
- adaptarea activităților antropice asupra țărmurilor la Încălzirea Globală și Schimbările Climatice.

Toate aceste observații și informații subliniază necesitatea unui management integrat al distribuției sedimentelor litorale (naturale sau antropice), pentru a combate eficient eroziunea costieră (Constantinescu, 2017).

Alături de situația de la țărmul românesc al Mării Negre în continuare pot fi date câteva **exemple din alte țări**.

Litoralul Mării Negre nu este afectat de eroziune doar pe teritoriul României; studiile realizate în ultima vreme, între care se evidențiază cel al lui Gormüs et al. (2021), relevă că valoarea medie a schimbării liniei de coastă în Marea Neagră este de -0,17 m/an, în timp ce 23% din țărm (adică pe o lungime de 4.987 km) s-a erodat cu mai mult de 1 m/an în ultimii 40 de ani.

La fel ca în cazul litoralului Românesc al Mării Negre, cauzele sunt de natură antropică: reținerea sedimentelor în spatele barajelor construite pe râurile care se varsă în mare, extragerea balastului din râuri și direct din componența plajelor, amenajările portuare, extinderea ansamblurilor rezidențiale, dezvoltarea infrastructurii turistice etc.

În cazul Mării Negre cele mai afectate de eroziune sunt: sectoarele aferente coastelor joase și nisipoase ale deltelor râurilor Yeşilirmak, Dunărea și Kızılırmak, barierele și limanele din Crimeea de nord-vest, sectorul Tuapse (Rusia), sectorul vestic (Bulgaria) și sectorul sud-vestic (de pe teritoriul Turciei) (Gormüs et al., 2021). Sub aspectul valorilor, schimbarea medie a liniei țărmului, la nivel de țări este următoarea: eroziune în Bulgaria (-0,07 -0,08 m/an), România (-1,84 -1,98 m/an), Rusia (-0,31 -0,35 m/an) și Ucraina (-0,40 -0,37 m/an) și agardare (acumulare) în Georgia (+0,15 +0,21 m/an) și Turcia (+0,08 +0,22 m/an) (Gormüs et al., 2021).

Considerate împreună datele relevă că mai mult de jumătate din linia de țărm a Mării Negre (59,7%) este relativ stabilă. Dintre țărmuri, cele mai erodate sunt cele de pe teritoriul României, adică în proporție de 51,1%, deoarece este vorba de o rată liniară de regresie ($LRR < -1$ m/an) (Gormüs et al., 2021). Continuând ideea, toate țările de la Marea Neagră, cu excepția României, au un procentaj relativ mai mare de țărmuri stabile (-1 m/an $< LRR < +1$ m/an), valorile fiind de 49,4% în Turcia, 62,5% în Georgia, 67,4% în Rusia, 68,0% în Ucraina și 74,3% în Bulgaria (Gormüs et al., 2021).

Eroziunea actuală, a unor sectoare de plaje de la Marea Neagră, este evidentă și prin faptul majoritatea plajelor sunt înguste. Aproximativ 61% dintre acestea au o lățime maximă de sub 50 metri și 47% dintre ele sunt protejate prin structuri de apărare a coastei (Allenbach et al., 2015). Se estimează că în viitor plajele vor și mai degradate din cauza creșterii numărului de furtuni și a creșterii nivelului mării. De exemplu, o creștere de 0,5 metri a nivelului mării ar putea determina ca 56% dintre plaje să se retragă cu 50% din lățimea lor maximă; la fel o creștere de 0,82 m a nivelului mării, va determina ca 41% dintre plaje să se retragă complet, iar o creștere de 1 m, va face ca aproximativ 51% dintre toate plajele Mării Negre să fie complet inundate sau erodate (Allenbach et al., 2015).

Vulnerabilitatea țărmurilor Mării Negre la eroziune nu este legată doar de influența factorilor naturali și antropici menționați, ci și de modul în care are loc managementul eroziunii și al planificării utilizării terenurilor.

Este vorba în acest sens de: utilizarea extensivă și, de cele mai multe ori, ineficiență a măsurilor de protecție costieră de mari dimensiuni și a infrastructurii, de incapacitatea măsurilor de protecție actuale de a reduce riscurile aferente pericolelor costiere, de lipsa unei strategii adecvate de management al riscurilor de eroziune costieră și de înțelegere a acestor riscuri în țările riverane (astfel încât investițiile în managementul riscurilor să poată fi prioritizate eficient), de un cadru legal insuficient dezvoltat, de necesitatea unei reforme legislative și a unor reglementări comune la scară de bazin (pentru a asigura o gestionare eficientă), de inițiative și soluții transfrontaliere și trans-bazinale sustenabile și de absența strategiilor naționale pentru un Management Integrat al Zonelor de Coastă (Tătui et al., 2019). În același timp, înțelegerea importanței proceselor geomorfologice litorale și a influenței acestora asupra componentelor umane, sociale și de mediu constituie unul dintre factorii limitativi în managementul eficient al eroziunii costiere (Tătui et al., 2019).

Această gamă largă de probleme, specifice litoralului Mării Negre, se întâlnesc sub diverse forme în cazul majorității țărmurilor Terrei, afectate de eroziune sau alte procese similare, care contribuie la degradarea formelor de relief.

În aceste condiții prioritizarea lucrărilor de protecție a țărmului este o problemă de management de „zero”, iar măsurile de inginerie „blândă” ar trebui să fie prioritare în demersul de gestionare durabilă a eroziunii costiere, întrucât doar pe aceste căi există o posibilitate obiectivă de a „colabora cu natura” (Tătui et al., 2019).

Toate rezultatele obținute, până în prezent cer o abordare integrată pentru Planningul Spațial Maritim și Management Integrat al Zonelor de Coastă, care trebuie implementate în Marea Neagră cât mai rapid posibil (Tătui et al., 2019). Doar în aceste condiții este posibilă dezvoltarea ulterioară a instrumentelor adecvate de predicție și evaluare a pericolelor, pentru întregul bazin al Mării Negre, care vor servi ulterior factorilor de decizie în demersul implementării de noi seturi de măsuri de prevenire, atenuare și pregătire (Tătui et al., 2019).

Litoralul Mărilor Tireniană și Ionică din Calabria (Italia). O situație oarecum asemănătoare, cu ceea ce se întâmplă pe Litoralul Românesc al Mării Negre, se întâlnește în sudul Italiei (Calabria), unde plajele Mărilor Tireniană și Ionică sunt afectate în general de eroziune, existând totuși pe alocuri și sectoare de agrădare. Luând în considerare măsurătorile realizate începând cu 1954 ratele de retragere a țărmului variază de la valori de sub 10 m până la valori de peste 50 m (D'Alessandro et al., 2002). Cauzele care au stat la degradării reliefului litoral sunt îndeosebi de natură antropică și se referă la: extinderea așezărilor în Domeniul Litoral, activități de extragere a substanțelor minerale utile, canalizarea râurilor, extinderea amenajărilor portuare existente și realizarea altora noi etc. (D'Alessandro et al., 2002). La aceste cauze se adaugă și cele naturale, cum ar fi incidența crescută a vânturilor puternice, asociate furtunilor, care au determinat ca valurile să acționeze asupra unor țărmuri susceptibile deja la eroziune, din cauze antropice.

Litoralul grecesc al Mării Egee este și el afectat de eroziune, preponderent din cauze antropice. De exemplu, în cazul plajelor aferente Insulei Chios eroziunea lor este cauzată de scăderea bugetului de sedimente și de ridicarea nivelului mării, cauzată de Schimbările Climatice (Andreadis et. al., 2021). Pornind de la informațiile existente în prezent, autorii citați menționează că unele plaje din Marea Egee ar putea dispărea până în 2050, cu toate consecințele asupra ecosistemelor și a activităților antropice. O situația similară se întâlnește și în cazul altor plaje din Grecia, și anume cele din Marea Ionică, unde eroziunea este preponderent cauzată de amenajările portuare (Tsoukala et al., 2015), comerciale și turistice (Karkani, 2023).

Plajele din Japonia, în special cele de pe țărmul Oceanului Pacific, au fost degradate în ultimele decenii. De exemplu, în cazul plajelor de la nord de orașul Hasaki, eroziunea a fost cauzată de valuri extrem de înalte și anomalii ale mareelor, asociate ciclonilor extratropicali (Banno et al., 2020). Acestea au perturbat bilanțul sedimentelor, atât de-a lungul liniei de țărm, cât și spre larg. Cercetările detaliate au evidențiat că schimbările rapide și pe scară largă ale morfologiei plajei (de exemplu, eroziunea zonei de plajă) apar atunci când valurile mari lovesc țărmul, în timp ce schimbările lente și de mică amploare (cum ar fi acumularea de nisip în zona de plajă) se produc când valurile sunt mici (Banno et al., 2020). Conform autorilor citați, cel mai eroziv eveniment a fost înregistrat în cazul valurilor asociate unui ciclon extratropical, care a lovit coastele estice ale Japoniei, în 6 octombrie 2006, cu valuri de peste 8 m. În același timp și valurile de tip tsunami provoacă eroziunea plajelor; de exemplu în cazul tsunamiului din 11 martie 2011, valurile au ajuns la 5 m (Banno et al., 2020).

Dintre insulele Arhipelagului Japonez, Okinawa este una dintre cele mai afectate de eroziunea plajelor. Principala cauză este reprezentată de schimbarea modului de utilizare a terenurilor, ca efect al amenajărilor portuare, rezidențiale, militare, turistice etc. (Nakajima et al., 2025). Necesitatea protejării acestei infrastructuri complexe a însemnat executarea unor lucrări de protecție contra eroziunii, din categoria digurilor, zidurilor de sprijin, stabilopozi, stavilare etc. Toate aceste intervenții au avut și efecte asupra sectoarelor de plajă rămase în regim natural, motiv pentru care au început să fie degradate. Pentru recuperarea suprafețelor pierdute s-a trecut la alimentarea unor sectoare cu nisip, ceea ce a făcut ca actualmente doar 36,8% din plaje să fie naturale (Masucci și Reimer, 2019).

Toate aceste modificări ale plajelor au afectat inclusiv recifele de corali, motiv pentru care, din dorința de a construi o societate sustenabilă, echilibrul dintre creșterea economică și conservarea peisajului natural devine o problemă tot mai critică pentru Okinawa (Nakajima et al., 2025).

Plajele din Noua Zeelandă s-au retras și ele în ultimii ani, din cauza eroziunii. Spre exemplificare poate fi menționată plaja Cooks Beach, din Peninsula Coromandel (Insula de Nord), care în partea estică, pe un sector de 400 m lungime, s-a degradat complet; cauza eroziunii a fost, cel puțin parțial, atribuită efectelor de capăt,

provenite de la un zid de protecție din anrocamente, construit în 2015 (Morgan și Clarke, 2021), pentru a proteja doar un anumit sector, la partea superioară a căruia există case. Conform autorilor citați, capătul acestui zid, influențează prin refracție valurile, care vin în Golful Cooks, creând condiții pentru o eroziune accentuată, îndeosebi în timpul furtunilor. Pentru combaterea eroziunii s-a realizat un zid de sprijin, în continuarea celui existent, s-a trecut la alimentarea fragmentelor de plajă rămase cu nisip amestecat cu ciment de cenușă, precum și la stabilizarea dunelor cu diverse specii de plante (Morgan și Clarke, 2021). Acest exemplu evidențiază foarte clar cum o intervenție antropică incompletă și incorectă, făcută doar pe un anumit sector, determină degradarea sectoarelor din proximitate, care anterior se aflau în echilibru.

Alte plaje afectate de eroziune, din Noua Zeelandă, sunt cele din Golful Plenity, care este situat în partea nord-estică a Insulei de Nord.

Se remarcă în acest sens plajele din sectorul aferent Portului Tauranga, unde cauza principală a eroziunii o reprezintă inundațiile costiere (Stephens et al., 2021), cauzate de valurile asociate furtunilor.

O situație similară, de plaje afectate de eroziune, se întâlnește pe sectorul de litoral de la est de orașul Waihi. Cauza principală a eroziunii este reprezentată de inundarea plajelor de către valurile produse de cicloni. Edificator este în acest sens Ciclonul Pam, care s-a manifestat între 6 și 20 martie 2015 (Rautenbach et al., 2021).

Litoralul Chilian al Pacificului poate fi și el inclus în categoria celor afectate de eroziune costieră. Studiul realizat de Martinez et al., (2021), care a urmărit 45 de plaje nisipoase, cu o lungime de aproape 2.000 km, evidențiază că 80% din locații au prezentat rate de eroziune ($>0,2$ m/an); comparativ cu aceste valori 7% din plaje s-au extins prin agardare ($>0,2$ m/an), în timp ce 13% au rămas stabile. Cauza cea mai probabilă, din moment ce dinamica valurilor nu a suferit modificări semnificative, este de natură tectonică (Martinez et al., 2021). Activitatea tectonică este reprezentată îndeosebi de seismele care produc în Fosa Peru-Chile, ca urmare a subducției, Plăcii Pacificului, sub America de Sud. În urma acestora, de obicei are loc ridicarea liniei țărmului, cu toate că pe alocuri se înregistrează și subsidențe. Mai trebuie adăugat că asociat seismelor se produc și valuri tsunami, care contribuie și ele la eroziunea plajelor (Martinez et al., 2021). Este interesant de menționat că, autorii citați, nu au identificat corelații evidente în Fenomenul El-Niño și eroziunea plajelor din Chile, cu toate că nu este negată influența lui în accentuarea intensității valurilor produse de vânt.

Dintre cele mai afectate plaje chiliene de eroziune se pot menționa cele din Golful Cartagena (sectorul Valparaiso). Rezultatele cercetărilor recente (Urbaneja et al., 2023) arată că: 20% din plaje sunt afectate de eroziune semnificativă (retrageri ale plajelor cu cel puțin $-1,5$ m/an, iar 60% sunt afectate de eroziune moderată ($-0,2$ și $-1,5$ m/an); în medie este vorba de o retragere de $0,7$ m/an. Intensificarea eroziunii a avut loc atât după cutremurul din 27 februarie 2010 (8,8 magnitudine), cât și după anul 2015, din cauza intensificării dinamicii valurilor (Urbaneja et al., 2023).

Țărmlul Argentinian al Atlanticului este afectat și el de eroziune, care se dovedește mai intensă, comparativ cu situația din Uruguay și Brazilia (Izla și Cortizo, 2023). Conform autorilor citați, rate mari de eroziune (peste 1,3 m/an) au fost înregistrate în provinciile Buenos Aires și Río Negro. Eroziunea din Argentina este cauzată de blocarea deviației litorale, de la sud la nord (din cauza amenajărilor turistice și portuare), de ridicarea nivelului mării, de scăderea cantității de aluviuni aduse de râuri care ajunge pe litoral etc. (Izla și Cortizo, 2023).

Eroziunea falezelor din California (sectorul Santa Barbara). Comparativ cu degradarea plajelor, în cazul falezelor ar fi de așteptat ca procesele de abraziune să nu fie foarte eficiente, având în vedere natura morfologică și litologică a acestora. Un exemplu elocvent de faleze, afectate de eroziune, se întâlnește pe litoralul estic al Pacificului, la Santa Barbara (California). Cauza principală este reprezentată în acest caz de creșterea nivelului mării și de valurile mai înalte de 0,8 m, asociate Fenomenului El Nino, din intervalul 2015-2017 (Alessio și Keller, 2020). Pe profilul falezei ratele de retragere sunt inegale, ajungând totuși uneori la valori de 0,23 m/a (Sylvester, 2016).

La **nivel mondial** schimbările liniei țărmului, pe termen lung, se așteaptă să fie mai mari în cazul țărmurilor nisipoase și mai ales la gurile de vărsare ale râurilor, unde factorii care interacționează sunt foarte complecși, întrucât ei pot perturba deriva longitudinală și aprovizionarea cu sedimente (Castelle et al., 2018).

Cercetările mai recente (Luijendijk et al., 2018) au indicat că 24% din plajele nisipoase, ale Terrei, s-au retras cu rate ce depășesc 0,5 m/an, în timp ce 28% dintre ele s-au agradat, iar 48% au rămas stabile în ultimele trei decenii. De asemenea, mai mult, 27% din țărmurile nisipoase ale Europei (EUROSION, 2002) și 86% din plajele-barieră de pe coasta de est a Statelor Unite (Galgano et al., 2004) se retrag cu la rate diferite, din cauza abraziunii.

Pornind de la aceste exemple, devine evident că în ultimele decenii procesele naturale, din Domeniul Litoral (furtuni puternice, valuri de tip tsunami, ridicarea nivelului mării etc.), au crescut atât ca magnitudine, cât și frecvență ca urmare a Schimbărilor Climatice (Tătuț et al., 2019). Această creștere s-a suprapus cu accentuarea schimbării modului de utilizare a terenurilor, tocmai pentru a permite extinderea porturilor, a platformelor industriale și a infrastructurii turistice. Toate aceste activități antropice, precum și altele, nu au făcut altceva decât să crească susceptibilitatea plajelor, falezelor, cordoanelor litorale etc., la abraziune.

Există așadar suficiente argumente, că și în Domeniul Litoral să fie necesară aplicarea măsurilor de prevenire a degradării morfologiei existente.

Măsurile de prevenire a degradării formelor de relief din Domeniul Litoral sunt directe și indirecte.

Măsurile directe se referă la acțiunile și intervențiile care se pun în practică la nivel local, adică în cuprinsul plajelor, al falezelor, cordoanelor litorale etc. Rolul acestora este acela de a proteja relieful în fața energiei disponibile a valurilor, a

vântului și a curenților de aluviuni. În categoria acestora se include, de exemplu păstrarea vegetației naturale, precum și a unui regim de utilizare a terenurilor, care să nu fie în contradicție cu menținerea configurației formelor de relief existente.

Referitor la **vegetație**, ea deține un rol important în stabilitatea liniei țărmului. Se remarcă în acest sens pădurile maritime, care au un rol important în protecția țărmului contra vântului și a valurilor. Țărmurile joase sunt foarte bine protejate contra abraziunii de către mangrove. Prin rădăcinile lor ele reduc scurgerea, contribuie la acumularea aluviunilor și reduc susceptibilitatea la eroziune. Un rol similar îl are și vegetația specifică lagunelor și mlaștinilor sărate de tip marșe.

Referitor la vegetația de tip mangrove și rolul ei în protecția reliefului litoral, există posibilitatea, ca o dată cu Încălzirea Globală, asociată Schimbărilor Climatice, aceasta să se răspândească în habitate, situate la nord și la sud de limita lor latitudinale actuală (Bird, 2008). Conform autorului citat, este posibil ca răspunsul vegetației să fie unul destul de lent, motiv pentru care așteptarea instalării, pe cale naturală a mangrovelor, să nu corespundă actualelor cerințe de amenajare a reliefului din Domeniul Litoral, contra proceselor geomorfologice.

Se recomandă astfel menținerea vegetației naturale de la linia țărmului, iar dacă aceasta a fost îndepărtată, în timpul amenajărilor antropice, trebuie înființate plantații cu arbori sau arbuști și însămânțarea de ierburi rezistente la terenuri cu soluri salinizate și apă sărată. Astfel de condiții se întâlnesc și pe Litoralul Românesc al Mării Negre, unde se estimează că există 37.000 ha de terenuri cu soluri afectate de salinizare (Buta et al., 2019b).

Pe partea mai înaltă a țărmurilor, unde frecvența inundației este mai mică de 10 zile pe an, vegetația rezultată în urma înființării de plantații, trebuie să aibă un caracter mixt (plante de pădure, arbuști și ierburi), tocmai pentru a-i permite să reziste în perioadele scurte de inundație.

Pentru climatul temperat cele mai comune specii sunt arinul (*Alnus glutinosa*) și salcia (*Salix alba*), în timp ce în climatele tropicale dominante sunt stuful comun (*Phragmites communis* agg.), papura îngustă (*Typha angustifolia*) și palmierii (*Areaceae*), la care se adaugă orhideele (*Orchidaceae*) și ferigile (*Dryopteris filix-mas*) (Morgan și Rickson, 2005). Plantarea arborilor, cum ar fi sălciile și arinii, la partea superioară a nivelului până la care ajung valurile, are rolul de a stabili terenul prin ancorare, cu ajutorul rădăcinilor.

Utilizarea stufului se recomandă pentru plajele care sunt afectate de valuri ale căror înălțimi medii sunt mai mici de 0,3 m (Morgan și Rickson, 2005). Deoarece plantele au dificultăți în a supraviețui, în arealul de spargere a valurilor, vegetația situată imediat sub nivelul mediu al apelor scăzute este rară și se limitează la zonele adăpostite, unde se pot găsi alge, mușchi și unele plante cu frunze plutitoare, cum ar fi iarba broaștei (Morgan și Rickson, 2005).

Conform autorilor citați, în spațiul de rulare a valurilor, pot supraviețui rogozurile și stuful, speciile depinzând de frecvența inundării și de climat. De exemplu, în zonele temperate, unde inundarea durează mai mult de 90-100 de zile, predomină speciile de *Juncus* (rogoz), iar unde inundarea variază între 10-20 și 90-100 de zile, se dezvoltă rogozurile (*Carex spp.*) și vegetația erbacee.

Pentru protejarea țărmurilor joase, aferente mlaștinilor sărate, se pot utiliza o serie de specii halofite, dintre care se remarcă următoarele: *Spartina spp.* (iarbă de mare), *Puccinellia maritima* (iarba de mlaștină comună), *Suaeda maritima* (săricică de mare), *Plantago maritima* (pătăgina de mare), *Juncus maritimus* (trestia de mare) și *Armeria maritima* (trandafirul de mare) etc.

Protecția acestor tipuri de țărmuri este necesară deoarece joacă un rol vital în dispărarea energiei valurilor, înainte ca acestea să ajungă la linia de coastă din spatele mlaștinii. Realizarea de plantații cu specii vegetale, pentru protecția mlaștinilor sărate, poate fi astfel o metodă mai ieftină de stabilizare a coastei, decât construirea unor diguri (Morgan și Rickson, 2005).

Mai trebuie reținut că unul din principalii factori, care afectează dezvoltarea vegetației de la țărm, este variația nivelului de acțiune a valurilor, care o dată cu creșterea nivelului apelor din mări și oceane, se schimbă.

În majoritatea cazurilor utilizarea singulară a vegetației nu este suficientă, pentru protecția țărmurilor împotriva eroziunii valurilor, deoarece nu este suficient de bine adaptată mișcărilor oscilatorii ale acestora. Din acest motiv ea trebuie însoțită de lucrări cu caracter structural: gabioane, ziduri de sprijin, anrocamente, membrane geotextile etc. (Morgan și Rickson, 2005).

În ceea ce privește **menținerea unui regim natural de utilizare a terenurilor** se recomandă ca amenajările portuare și în scopuri turistice să fie limitate ca număr și extensiune. Orice modificare a configurației reliefului existent, configurație care s-a perfectat de-a lungul secolelor sau mileniilor, înseamnă deranjarea echilibrului dintre abraziune, transport și acumulare. Formele noi de relief, care apar într-un timp scurt, ca urmare a amenajării reliefului litoral, cum ar fi promontoriile, plajele artificiale, golfurile, abrupturile de la gura canalelor de navigație, insulele artificiale etc., s-au dovedit de-a lungul timpului mult mai vulnerabile, la manifestarea agenților geomorfologici. Iată așadar câteva argumente simple care vin în sprijinul menținerii configurației și morfologiei naturale a reliefului, dacă se dorește prevenirea degradării lui.

La măsurile deja prezentate se pot adăuga și următoarele: limitarea extinderii amenajărilor urbane în detrimentul plajelor și cordoanelor litorale; interzicerea exploatării nisipului din componența plajelor și a dunelor litorale, interzicerea defrișării mangrovelor, extinderea ariilor protejate, educarea comunităților locale referitor la necesitatea menținerii regimului natural al terenurilor etc.

Măsurile indirecte, de prevenire a degradării reliefului din Domeniul Litoral, se referă la ajustarea activităților antropice, care au loc la zeci, sute și mii de km distanță de linia țărmului.

În categoria acestora se înscriu îndeosebi cele care urmăresc: diminuarea cantității de aluviuni care rămâne stocată în spatele barajelor aferente lacurilor de acumulare și reducerea efectelor Încălzirii Globale și a Schimbărilor Climatice, cele care determină Ridicarea Nivelului Apei Oceanului Planetar și Expansiunea Termică a Apei Oceanului Planetar.

Diminuarea colmatării lacurilor de acumulare se poate realiza printr-o utilizare adecvată a terenurilor, de pe suprafața bazinelor hidrografice, în cadrul cărora acestea sunt amplasate. În majoritatea cazurilor, cu toate că suprafața de pe care se drenează apa, care ajunge în lac, este împădurită sau ocupată de pajști (având în vedere amplasarea marilor barajelor cu preponderență în teritorii montane) înainte de inaugurarea amenajării hidrologice și hidrotehnice se întreprind acțiuni de prevenire și combatere a eroziunii. În categoria acestora se includ: realizarea de plantații forestiere, corectarea ravenelor și torenților, combaterea eroziunii solului, consolidarea malurilor de râu, combaterea alunecărilor de teren, interzicerea defrișărilor și desțelenirilor, aplicarea de agrotehnici speciale și îmbunătățiri funciare pe terenurile agricole în pantă etc.

În același timp, alegerea locului de amplasare a noilor lacuri de acumulare este în măsură să împiedice colmatarea rapidă a acestora. Sunt recomandate în acest sens bazinele hidrografice împădurite în totalitate (dacă este posibil acest lucru ținând cont de limita altitudinală superioară a pădurilor) și alcătuite, la nivel de substrat din roci dure, rezistente la eroziune.

Reducerea efectelor Încălzirii Globale și a Schimbărilor Climatice este imperios necesară deoarece efectele lor, în Domeniul Litoral, se resimt mai ales prin Ridicarea Nivelului Apei Oceanului Planetar (datorată pe de o parte aportului suplimentar de apă rezultată din topirea zăpezilor perene și a ghețarilor, iar pe de altă parte Expansiunii Termice a Apei din Oceanul Planetar) și creșterea dinamicii apei la țărm, cu toate efectele specifice, asupra relief existent.

Încălzirea Globală și Schimbările Climatice sunt datorate unor cauze naturale amplificate de diverse activități antropice cum sunt: arderea combustibilului fosil, schimbarea modului de utilizare a terenurilor, ajungerea în atmosferă a gazelor cu efect de seră produse de către activitățile antropice etc.

Principalele gaze cu efect de seră, care se remarcă în acest context, sunt: dioxidul de carbon, protoxidul de azot și metanul, ele provenind îndeosebi în urma activităților industriale și agricole. De exemplu, doar în cazul dioxidului de carbon concentrația a crescut de la 315 ppm, cât se înregistra în 1958, la 380 ppm, valoare specifică anului 2005 (Bird, 2008).

Prin intensificarea efectului de seră este de așteptat ca temperatura medie a atmosferei inferioare să crească cu valori cuprinse între 1,5 și 4,5°C în secolul următor (Bird, 2008). Efectul cel mai evident și imediat, al Încălzirii Globale, este pe de o parte cel de topire a zăpezilor permanente și a ghețarilor, iar pe de alta cel al expansiunii termice și a ridicării nivelului Oceanului Planetar.

Referitor la topirea ghețarilor, prin dispariția calotei de gheață din Groenlanda nivelul Oceanului Planetar s-ar putea ridica cu aproximativ 7 m, la care se pot adăuga alți câțiva metri prin topirea masei de gheață existentă în Antarctica de Vest (IPCC, 2007).

Astfel de creșteri, ale nivelului mărilor și oceanelor, vor iniția și accelera procesele geomorfologice, care degradează relieful de coastă din întreaga lume (Bird, 1993).

Asociat Schimbărilor Climatice se așteaptă intensificarea eroziunii plajelor, falezelor, cordoanelor litorale etc., deoarece se prevede ca furtunile să fie mai frecvente, iar valurile generate de acestea să pătrundă cât mai mult în interiorul golfurilor (Bird, 2008). Conform sursei citate, valurile asociate uraganelor tot mai puternice și mai frecvente au condus la degradare plajelor în Golful Mexic și pe litoralul atlantic al S.U.A.

Ridicarea nivelului apei Oceanului Planetar este cauzată în principal de Încălzirea Globală, cea care determină modificări de natură eustatică. La rândul ei, Încălzirea Globală are la bază creșterea emisiilor de gaze cu efecte de seră (CO₂, N₂O, CH₄, vaporii de apă etc.).

Unul dintre efectele principale, ale Încălzirii Globale, este reprezentat de către topirea zăpezilor permanente și a ghețarilor, ceea ce înseamnă un surplus considerabil de apă, care ajunge în mări și oceane.

Pornind de la actualele rate de creștere a nivelului Oceanului Planetar, care variază între 0,12 și 1,77 mm/an, se poate ajunge ca până în anul 2100 să asistăm la o ridicare a nivelului de aproximativ 0,5 m (Davidson-Arnott, 2010).

Atingerea unor astfel de valori aduc în discuție posibilitatea existenței unei transgresiuni marine contemporane (Bird, 2008), cu toate efectele geomorfologice, care o vor însoți.

În urma ridicării nivelului Oceanului Planetar și a creșterii temperaturii apei se asistă atât la inundarea zonelor costiere și a plajelor joase, cât și la creșterea dinamicii apelor maritime. Aceasta înseamnă valuri mai mari, mai intense și mai agresive la adresa plajelor, falezelor, cordoanelor litorale, deltelor etc. (Nicholls et al., 2007; Davidson-Arnott, 2010). Conform altor estimări, creșterea medie a nivelului mării va fi de aproximativ 44 cm până în anul 2100, pentru cel mai bun scenariu și de 63 cm pentru cel mai rău scenariu (Church et al. 2013).

Cele mai vulnerabile teritorii, la creșterea nivelului Oceanului Planetar, sunt cele din Regiunea Pacificului de Sud, unde multe națiuni insulare (Tonga, Fiji, Samoa, Tuvalu etc.) sunt tot mai amenințate din cauza eroziunii plajelor și

pătrunderii înspre uscat a apelor sărate (Huggett, 2017). Implicațiile practice, asociate creșterii eroziunii țărmurilor, devin astfel semnificative pentru comunitățile locale. Acestea vor experimenta inundații repetate, iar structurile industriale construite la țărm sau în larg (platforme de foraj și insule artificiale pentru producția de petrol sau gaze offshore) vor trebui adaptate la schimbarea adâncimii apei și la noua configurație a liniei țărmului (French, 2007).

Efectul intensificării proceselor de eroziune, din Domeniul Litoral, nu se resimte doar asupra plajelor. Pe măsură ce acestea din urmă își restrâng considerabil suprafețele, acțiunea valurilor se va concentra asupra țărmului mai înalt, prevăzut cu faleze, care odinioară era protejat de plaje viguroase, dezvoltate în ultima parte a Holocenului, aproximativ în ultimii 6.000 de ani (Huggett, 2017). Se estimează, pentru țărmurile stâncoase din estul Marii Britanii, că ele se retrag în unele locuri cu aproximativ 100 de cm pe an, rată care va crește cu 35 cm pe an, pentru fiecare creștere cu 1 mm a nivelului mării (Clayton 1989).

Și la nivel local, cum este de exemplu în cazul Mării Negre, se remarcă rate variabile ale creșterii medii a nivelului mării (SLR) 2–2,7 mm/an (Kubryakov și Stanichnyi, 2013). Pornind de la aceste date, se estimează că în ultimii 60 de ani, nivelul apei din Marea Neagră a crescut cu aproximativ 15 cm, ceea ce înseamnă o rată medie de creștere a nivelului mării cuprinsă între 2,2 mm/an (Tsimplis et al., 2004) și 2,5 mm/an, din care 1 mm/an este datorat subsidenței terenului, iar restul este cauzat de o creștere a aportului de apă dulce, care depășește rata de evaporare a apei de mare (Goryachkin, 2013). Retragerea coastelor sub influența creșterii nivelului mării este estimată la 0,2 – 0,3 m pentru fiecare 1 cm de creștere a nivelului mării (Goryachkin, 2013).

În cazul falezelor constituite din roci friabile, stresul provocat de dinamica valurilor și a precipitațiilor torențiale și de lungă durată, conduce la creșterea incidenței alunecărilor de teren și a surpărilor, procese care la rândul lor grăbesc retragerea falezelor (Bird, 2008).

Expansiunea termică a apei din Oceanul Planetar este tot o consecință a Încălzirii Globale, fiind vorba de o modificare a volumului din cauze sterice (Huggett, 2017). Din pricina creșterii temperaturii are loc o expansiune termică a apei; ea este însoțită de scădere a densității, pe fondul creșterii volumului.

Aceste modificări sunt posibile deoarece spre deosebire de apa dulce, care atinge densitatea maximă la 4 °C, apa din oceane devine tot mai densă pe măsura apropierii de temperatura punctului de îngheț (- 1.75 °C). Pornind de la aceste considerente, o creștere a temperaturii oceanelor determină dilatarea apei de mare și creșterea nivelului Oceanului Planetar. De exemplu, pentru aceeași valoare a salinității, densitatea apei de mare scade de la 1.027 kg/m³ (0°C) la 1.024 kg/m³ (20°C), doar datorită schimbării temperaturii, ceea ce înseamnă o creștere a volumului. Pentru a înțelege mai bine variațiile de nivel induse de expansiunea termică, trebuie reținut că

o încălzire medie cu 1 °C a întregului volum de apă oceanică produce o creștere de 0,6 m a nivelului mării (Vespremeanu-Stroe et al., 2014).

Se apreciază că, rata de creștere a nivelului apei Oceanului Planetar, din cauza expansiunii termice, variază între 0,3 și 1,1 mm/an (Bălțeanu și Șerban, 2005). S-a estimat că expansiunea termică din ultimii 100 de ani are valori cuprinse între 2 și 7 cm (Slymaker și Kelly, 2007). În același timp, proiecțiile Modelului Climatic Global Cuplat 1 (CGCM1) - dezvoltat de Canadian Climate Centre - indică o creștere a nivelului mediu global al mării, din cauza expansiunii termice de aproximativ 40 cm până în 2090 (Hengeveld, 2000).

Pornind de la efectele geomorfologice variate, ale ridicării nivelului apei din mări și oceane, se impune diminuarea activităților antropice, care contribuie la creșterea emisiilor de gaze cu efect de seră; concret este necesară: reducerea arderii combustibililor fosili și a lemnului, interzicerea defrișării pădurilor, interzicerea destelenirii pajiștilor etc. Toate aceste activități trebuie diminuate, deoarece prin modificarea compoziției atmosferei, contribuie la Încălzirea Globală. De asemenea, sunt necesare o serie de alte activități, prin intermediul cărora să se reducă gazele cu efect de seră existente deja în atmosferă; în categoria acestora pot fi menționate: împădurirea terenurilor (cu scopul fixării CO₂), întreținerea corespunzătoare a pădurilor și pajiștilor existente, adaptarea culturilor agricole la Schimbările Climatice, dezvoltarea tehnologiilor de reținere a carbonului etc.

Din cauza complexității fenomenului de degradare, a reliefului din Domeniul Litoral, este dificil de pus o limită între acțiunile de prevenire și de combatere a lui. În majoritatea cazurilor, intervențiile care au drept scop prevenirea trebuie continuate și combinate cu cele care urmăresc combaterea.

6.3. COMBATAREA DEGRADĂRII RELIEFULUI LITORAL

Întregul demers de combatere a degradării formelor de relief din Domeniul Litoral trebuie realizat pornind de la condițiile locale, și anume cele referitoare la: geografia zonei (latitudine și longitudine), geologie, relief, dinamica apelor maritime, climat, utilizarea terenurilor etc.

Din moment ce toate aceste variabile sunt foarte strâns legate între ele, de exemplu, latitudinea va determina ce factori climatici și oceanografici (vânt și tipuri de valuri, curenți, susceptibilitatea la uragane etc.) se vor manifesta prioritar, iar poziția șelfului continental limitrof și configurația costieră vor influența repartitia energiei ce ajunge la linia țărmului (de pildă, șelfurile înguste permit o energie mai mare a valurilor, care ajung la țărm, în timp ce șelfurile extinse pot determina creșterea înălțimii potențiale a inundării în timpul furtunilor) (Rădoane și Rădoane, 2007a).

De asemenea, existența la o anumită distanță de țărm a cordoanelor litorale sau a barierelor de recife, concură la disiparea energiei valurilor și la o protecție a

țărurilor. În același timp, prezența unui țărm stâncos și alcătuit din roci dure, este mult mai rezistent la eroziune, comparativ cu unul alcătuit din roci friabile (marne, argile, loess etc.) sau chiar din nisipuri și pietrișuri acumulate de către valuri.

O altă variabilă importantă, care intervine, este reprezentată de configurația liniei de țărm. Prezența golfurilor poate diminua, pe de o parte, intensitatea valurilor, protejând astfel plajele și falezele, iar pe de alta, poate favoriza creșterea în înălțime a valurilor uriașe de furtună, deoarece ele sunt împinse în golf prin efectul de pâlnie (Rădoane și Rădoane, 2007a). La rândul lor promontoriile, cu toate că sunt ferite de inundare, prin intermediul valurilor, sunt afectate de abraziune, fiindcă energia valurilor, care vin din mai multe părți, se consumă pe aceeași suprafață.

Atât în situația studiilor de caz prezentate anterior, cât și pentru alte zone de țărm, prevăzute cu plaje, faleze, cordoane litorale etc., se recomandă aplicarea mai multor măsuri pentru combaterea degradării reliefului litoral. Pornind de la condițiile locale a țărmului cele mai întâlnite dintre acestea vor fi menționate în continuare.

Dintre formele de relief litoral, care au fost supuse unor astfel de amenajări se remarcă îndeosebi: plajele, falezele și cordoanele litorale.

A. Combaterea degradării plajelor

Comparativ cu prevenirea degradării plajelor, care este un demers ce are la bază mai degrabă măsuri cu caracter general, urmărind sectoare extinse, combaterea degradării plajelor implică intervenții radicale, desfășurate pe sectoare cu extindere limitată.

Pornind de aceste diferențe există o serie de motive pentru care combaterea degradării plajelor este un demers complex. Este suficient să amintesc că, chiar dacă degradarea plajelor are loc în multe locuri, există relativ puține date disponibile referitoare la ratele de eroziune (Morgan și Rickson, 2005), ce caracterizează plajele la nivel global. Din astfel de motive, intervențiile cu rol de combatere a degradării plajelor se fac doar acolo unde valoarea terenurilor sau a obiectivelor, care trebuie protejate, este foarte mare sau sunt de natură strategică.

De asemenea, chiar dacă există o mare experiență, în domeniul combaterii eroziunii malurilor de râuri, ea nu poate fi folosită în totalitate atunci când se dorește protecția plajelor. Motivul este dat de faptul că mișcarea apei la țărm este oscilatorie (valuri), în timp ce la malurile de râu (curent de apă) este unidirecțională (Morgan și Rickson, 2005).

Complexitatea procesului de combatere a degradării sau eroziunii plajelor implică atât utilizarea de elemente și lucrări structurale (de exemplu, lucrările hidrotehnice împotriva abraziunii), cât și activități din categoria celor care necesită alimentarea plajelor cu nisip și pietriș sau chiar utilizarea vegetației (inclusiv pentru stabilizarea dunelor de pe plaje).

Mai trebuie amintit că modificarea configurației plajelor poate avea loc și prin progradare (extindere pe cale naturală sau agradare). Cu toate că în actualele condiții de modelare geomorfologică, din Domeniul Litoral, nu reprezintă o tendință dominantă, progradarea se manifestă pe alocuri, conducând într-o manieră proprie la modificarea configurației plajelor, ca să nu spun în mod direct că le „degradează”, prin extindere.

În ultimele decenii plajele erodate au început să fie tot mai des întâlnite; fenomenul este mult mai evident și mai îngrijorător (sub aspect economic, dar și peisagistic), în cazul stațiunilor litorale, ale căror plaje au fost epuizate (Bird, 2008).

Factorii principali, care determină degradarea plajelor în general, dar pe cele amenajate antropic, în particular, sunt: creșterea nivelului apelor din mări și oceane, intensificarea dinamicii apei (valuri mai înalte și mai frecvente), scăderea volumului de sedimente aduse de râuri, reducerea aprovizionării cu sedimente din cauza amenajării contra eroziunii a falezelor, diminuarea aprovizionării cu nisip și pietriș de pe fundul mării, amplasarea necorespunzătoare a unor ziduri și diguri maritime, care prin reflexia valurilor și a curenților pot contribui la eroziune (Bird, 2008).

O plajă erodată și cu un volum redus de sedimente în componență se recunoaște printr-o formă secționată, care înclină spre linia țărmului (Bird, 2008). Profilul convex, tipic plajelor în echilibru, precum și celor progradate, este înlocuit de unul concav, prevăzut cu un abrupt de eroziune (Bird, 2008). O astfel de morfologie este frecvent întâlnită în cazul plajelor afectate de eroziune, dar care sunt situate la partea inferioară a unor faleze.

Lucrările de combatere a degradării plajelor urmăresc crearea unui bilanț pozitiv al bugetului de aluviuni.

Pentru atingerea acestui obiectiv lucrările trebuie să aibă în atenție întregul sector de țărm care se amenajează, indiferent de formele de relief din componența lui. De exemplu, dacă în apropierea unei plaje, care se amenajează contra eroziunii, există faleze și cordoane litorale trebuie și acestea luate în considerare și prinse în schemele de amenajare. Retragera falezelor alcătuite din roci friabile, în timpul valurilor mari de furtună, creează apoi condiții favorabile eroziunii plajelor la valuri normale; o astfel de situație este specifică litoralului Mării Negre în apropiere de Costinești.

Elementele și lucrările structurale au pe de o parte rol de a reduce energia valurilor (prin spargerea acestora înainte să ajungă la plaja emersă), iar pe de alta modificarea direcției lor, cu scopul menținerii unui echilibru în bilanțul aluviunilor.

Aceste lucrări hidrotehnice sunt reprezentate de diverse tipuri de construcții, cum sunt: digurile, anrocamentele, stabilopozii (tetrapodurile), zidurile din beton, gabioanele etc.

Digurile reprezintă principalele lucrări hidrotehnice utilizate în combaterea abraziunii. Ele pot fi realizate din piatră, beton sau diverse structuri modulare. Raportat la poziția liniei țărmului digurile pot fi dispuse în diverse moduri (Josan, 2014):

- perpendicular pe țărm, având rolul de a intercepta sedimentele transportate de curenții litorali; deoarece în partea opusă acumulării se poate accentua eroziunea se recomandă ca astfel de diguri, amplasate paralel între ele, să alcătuiască structuri cu caracter complex, în cadrul anumitor sectoare ale litoralului; astfel de diguri protejează plajele de la Eforie;

- paralel cu țărmul, atunci când au funcția de disipare a energiei valurilor și de acumulare a aluviunilor între ele și țărm; efectul acestor lucrări se limitează doar la protejarea spațiului existent între ele; astfel de diguri au fost edificate la Mamaia; ele se mai numesc și diguri de larg;

- diguri de forma literei T, care combină efectul digurilor perpendiculare cu a celor paralele față de țărm; sunt prezente la Olimp, Jupiter, Cap Aurora, Venus (fig. 6. 23), Saturn, Mangalia etc.

- digurile de tip sparge-valul sunt lucrări hidrotehnice cu caracter izolat și fără legătură cu uscatul; ele se amplasează fața unui port sau într-o radă și au rol de a disipa energia valurilor și de a împiedica pătrunderea până la obiectivele care le protejează; pot fi menționate cele de la Mamaia; astfel de diguri se mai numesc și jetele;



Fig. 6.23. Plaja Venus (Esri. Hartă interactivă ArcGIS)

- digurile flotante sau pontoane sparge-val contribuie la atenuare a energiei valurilor, reducând abraziunea; constituie lucrări foarte rezistente, la valuri, deoarece sunt confecționate din mase plastice, oțel, prefabricate din beton etc.;

- digurile prag reprezintă structuri paralele cu țărmul, edificate la extremitatea inferioară a plajei, de obicei sub nivelul minim al apei; rolul acestor diguri este de a reține materialele provenite de pe plaje (fig. 6. 24);

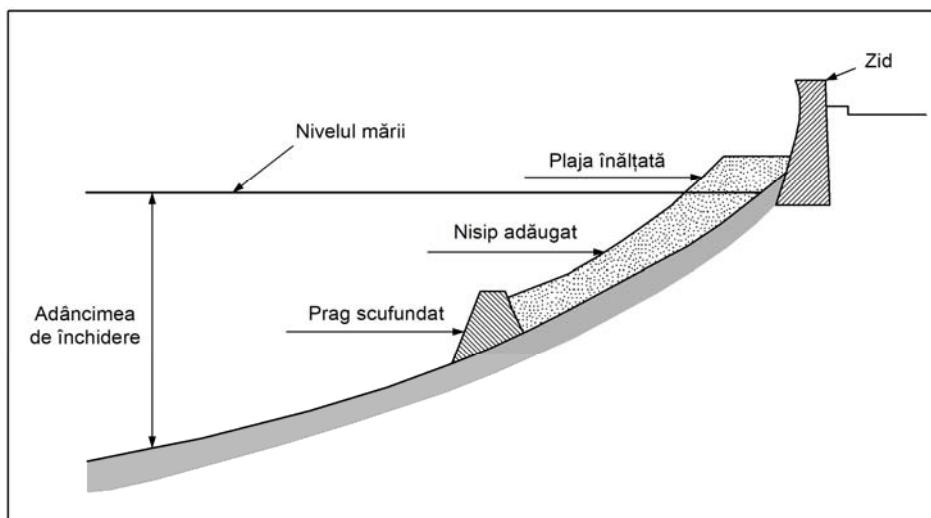


Fig. 6. 24. Digurile prag (www.coastalwiki.org, citat de Master Plan Protecția și reabilitarea zonei costiere, 2012, p. 212)

- digurile longitudinale emerse și epiurile se folosesc pentru combaterea abraziunii, atunci când țărmurile sunt joase.

Consolidarea părții expuse valurilor și curenților, în cazul plajelor, cordoanelor litorale și chiar a falezelor se poate realiza cu ajutorul **anrocamentelor** și a **stabilopozilor** sau **tetrapodurilor** (fig. 6. 25).

Utilizarea anrocamentelor (sub formă de pereuri), la contactul dintre uscat și apă, reprezintă una dintre cele mai simple modalități de protejare a plajelor, contra energiei valurilor.

De exemplu, tetrapodurile de beton, utilizate pentru protejarea coastei de est a Insulei Honshu (din Japonia), cântăresc 50 de t fiecare (Huggett, 2017).

Stabilopozii, adică varianta românească a tetrapodurilor, s-au folosit pentru combaterea abraziunii, care se manifestă pe litoralul Mării Negre.

Zidurile din beton armat se folosesc și ele la protecția plajelor contra eroziunii. Astfel de lucrări și-au dovedit eficiența în timp întrucât au reflectat valurile și au determinat spargerea lor înspre mare (Huggett, 2017).

Gabioanele (cutii sau saltele din plasă de sârmă, cu ochiuri hexagonale și pătrate, umplute cu pietre de diverse dimensiuni), reprezintă lucrări elastice, rezistente și stabile, care se utilizează și la protecția plajelor, nu doar a malurilor de râu.

Alături de astfel de lucrări, pentru combaterea degradării plajelor, este necesară interzicerea exploatării nisipului direct de pe plaje, cu basculante și camioane, așa cum

de multe ori se întâmplă pe Litoralul Românesc al Mării Negre. Exploatarea nisipului, din componența plajelor, are influențe negative asupra bugetului sedimentar, fapt care favorizează eroziunea și modificarea configurației țărmului. Trebuie reținut că nisipul, din componența plajelor, existente la baza falezelor, are un rol protector pentru acestea din urmă, prin diminuarea acțiunii valurilor (Constantinescu, 2017).

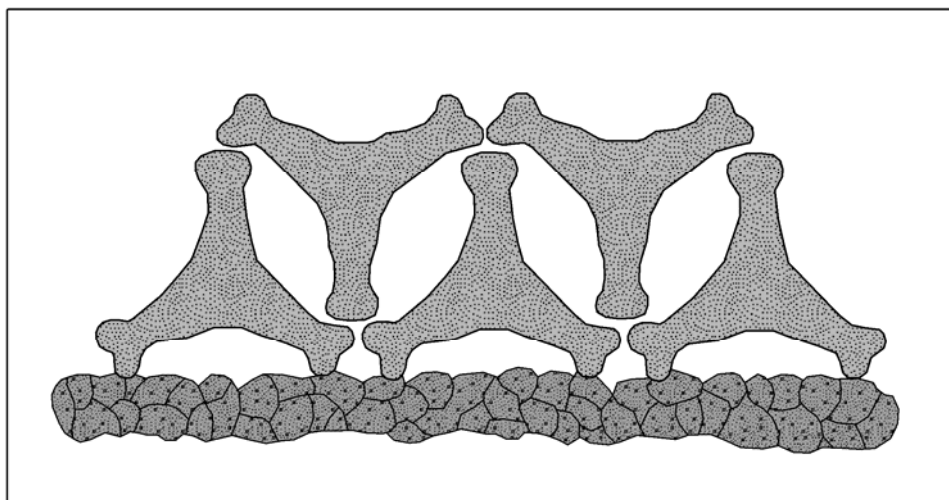


Fig. 6. 25. Ilustrare schematică a modului de dispunere a stabilopozilor la țărm (Alexandrov, 2015, p. 85)

Toate aceste elemente constructive se pot folosi atât separat, dar și integrate, în cadrul unor *scheme de amenajare*. Acestea vor fi elaborate pornind de la caracteristicile plajelor, la nivelul cărora trebuie combătută abraziunea. În cadrul acestor scheme o atenție deosebită trebuie acordată sectoarelor de vărsare a râurilor în mare. De exemplu, schemele care implică închiderea gurilor de vărsare prin intermediul unui stăvilar, au rolul de a împiedica, înaintarea spre interiorul uscatului, a nivelurilor ridicate ale mării. Amenajări de acest gen se întâlnesc în Delta Rinului (Chiriac et al., 1980, citat de Rădoane și Rădoane, 2007a).

Punerea în practică a tuturor măsurilor de combatere a eroziunii costiere a făcut ca țărmul mărilor să fie prevăzut cu o serie de structuri artificiale diverse. Dintre acestea unele au fost de succes, contribuind la menținerea plajelor, în timp ce altele nu și-au îndeplinit misiunea, devenind adevărate ruine, care prin favorizarea abraziunii, pur și simplu agravează eroziunea plajelor (Huggett, 2017).

Alimentarea plajelor cu nisip și pietriș reprezintă un proces complex de refacere și restaurare a plajelor, degradate de către abraziune. Adăugarea de nisip sau pietriș, folosind diferite metode și surse, implică completarea sectorului de plajă erodat cu nisip sau pietriș (Schwartz și Bird, 1990), provenit din mare sau din alt loc. Indiferent de unde este adus nisipul sau pietrișul, ce va intra în componența

plajelor restaurate, el trebuie să fie cel puțin la fel de grosier ca sedimentul natural existent în componența plajelor.

Procesul de realimentare, restaurare, reîncărcare, reconstrucție sau umplere cu aluviuni este unul artificial, deoarece sedimentele sunt aduse pe țărm de către de către om, prin intermediul unor activități ingineresti (Bird, 2008). În terminologia internațională pentru desemnarea acestui tip de intervenție se folosește termenul de beach nourishment (alimentarea plajelor).

Majoritatea proiectelor de refacere a plajelor degradate, prin alimentare cu sedimente, s-au implementat în cadrul stațiunilor litorale, care aveau plaje afectate de eroziune, dar care trebuiau în continuare utilizate în scop recreațional (Bird, 2008).

Alături de interesul mai degrabă turistic, sedimentele depuse de către om, la țărm, au și rolul de a proteja morfologia litorală nedegradată, contra acțiunii distructive a valurilor, favorizate de activitățile antropice și de Schimbările Climatice.

S-a ajuns astfel la conștientizarea sporită a importanței plajelor, în procesul absorbției energiei valurilor, cu scopul de a proteja întregul Domeniul Litoral, inclusiv falezile, nu doar, plaja.

Pentru ca reconstrucția plajelor să fie un demers de succes sunt necesare studii obiective, realizate la fața locului, asupra mișcării sedimentelor în Domeniul Litoral, raportat la regimul valurilor și a prezenței diverselor obiective antropice. Trebuie temeinic cunoscute cauzele eroziunii plajelor și locul unde s-au dus sedimentele erodate: spre uscat, spre mare sau de-a lungul țărmului (Bird, 2008).

Cele mai cunoscute refaceri ale plajelor au avut loc pe coasta de est a Insulei Jersey (plaja de la Anne Port), pe coasta de vest a Angliei (la Aberystwyth), pe coasta Californiei (la Hueneme), pe Litoralul Românesc al Mării Negre etc.

Referitor la alimentarea plajelor, depunerea sedimentelor are loc inițial sub forma unei terase, pentru ca apoi, acesta să fie remodelată, de către valuri și curenți, pentru a primi un profil similar cu cel al plajelor naturale, adesea cu formarea unor bare de nisip mai în larg (Bird, 2008). Pentru ca amenajarea să fie durabilă trebuie depus mai mult material de plajă, decât este necesar, pentru a readuce o plajă la dimensiunile sale naturale, tocmai pentru a permite pierderi așteptate de nisip sau pietriș (pe țărm, în larg sau de-a lungul țărmului), până la atingerea unui echilibru (Bird, 2008). Pentru succesul amenajării în unele cazuri sunt necesare diguri de protecție, contra valurilor, de tipul celor folosite pe plaja de la Niigaata din Japonia (Bird, 2008).

Cert este că unele plaje restaurate dăinuie mulți ani, în timp ce altele sunt destul de rapid degradate, de către aceleași procese geomorfologice, care au erodat inițial plajele naturale, motiv pentru care trebuie intervenit din nou cu nisip și pietriș, la anumite intervale. În acest context, este necesară monitorizarea schimbărilor, de la nivelul plajelor reconstituite, pentru a înțelege cât mai obiectiv procesele care erodează și redistribuie aluviunile depuse antropice și a orienta procedurile ulterioare de gestionare a plajelor (Bird, 2008). Acestea din

urmă se referă la realizarea de diguri de protecție, de epiuri (fig. 6. 26) și de completare cu sedimente.

Deoarece alimentarea plajelor implică costuri foarte mari nu reprezintă întotdeauna o intervenție justificată. În situația în care retragerea plajelor afectează proprietăți imobiliare foarte valoroase și terenuri utilizate pentru agrement, cum sunt de exemplu cele de la Delaware, de pe coasta Atlanticului, proprietarii și autoritățile locale s-au dovedit îndreptățite să abordeze problema, prin intermediul proiectului Beaches 2000 (Huggett, 2017). În același timp investițiile realizate, chiar dacă au implicat costuri mari, au menținut activitățile turistice și au determinat creșterea valorii terenurilor și imobilelor din vecinătatea plajelor (Huggett, 2017).

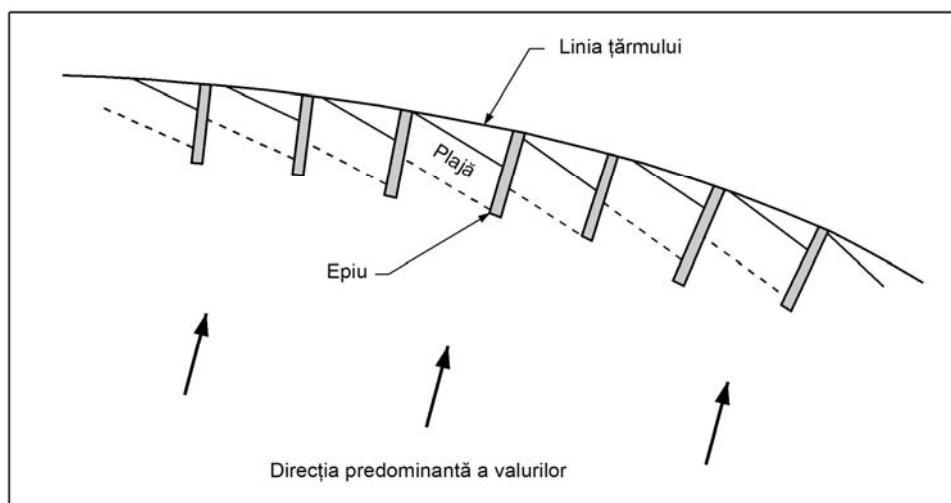


Fig. 6. 26. Epiuri la țărm (Reeve et al., 2004, p. 320)

Până la cunoașterea obiectivă a tuturor variabilelor implicate, procesul de refacere a plajelor, prin adaos de nisip și pietriș, se poate considera un experiment, care are drept rol principal elucidarea relațiilor geomorfologice de tip proces-răspuns, tocmai pentru a îmbunătății rezultatele intervențiilor ulterioare de alimentare a plajelor (Bird, 2008).

În condițiile în care combaterea degradării plajelor nu a fost posibilă prin intermediul celorlalte modalități prezentate, alimentarea lor cu nisip și pietriș, dincolo de costurile relativ mari, rămâne una dintre variantele cele mai obiective de menținere a valorii lățimii plajelor în limite acceptabile.

Studiu de caz. Extinderea plajelor de pe Litoralul Românesc al Mării Negre. Din cauza abraziunii accentuate, care s-a manifestat în ultimele decenii, plajele de pe litoral și-au redus semnificativ suprafața și au devenit mult mai înguste, decât erau anterior. Pentru combaterea eroziunii, realizate de către valuri, a fost

necesară alimentarea acestora cu nisip și realizarea de elemente structurale (diguri, ziduri de retenție și diverse alte lucrări tehnice), care să le protejeze.

Lucrări de acest gen au avut loc pe mai multe sectoare dintre care se remarcă cele de la: Mamaia Centru, Mamaia Nord, Constanța (Cazino), Agigea, Eforie Centru, Eforie Sud, Costinești, Olimp, Neptun, Jupiter, Venus, Saturn, Mangalia etc.

Aceste lucrări de protecție, contra eroziunii, au marcat o nouă etapă în managementul Coastei Românești a Mării Negre, care a fost pusă în practică pornind de la o bază științifică serioasă, care a permis găsirea de soluții optime pentru protecția plajelor (Vaidianu et al., 2020).

Acțiunile în acest sens au fost demarate începând cu 2011 când a fost emis „Planul Master pentru Protecția și Reabilitarea Coastei Românești a Mării Negre”, cu scopul de a stabili un management durabil și strategic, pe termen lung, pentru întreaga Coastă a Mării Negre, de pe teritoriul României, pornind de la interacțiunile dintre activitățile antropice și zona de coastă (Vaidianu et al., 2020).

Concret, prima fază a proiectului intitulat „Protecția și Reabilitarea Părții Sudice a Coastei Românești a Mării Negre” s-a derulat între 2012 și 2015 și a inclus restaurarea plajelor turistice de-a lungul a 5 sectoare critice din zona Constanța (Tomis Nord, Tomis Centru, Tomis Sud, Eforie Nord etc.), cofinanțat din Fondul de Coeziune al Uniunii Europene (2007–2013) cu o valoare estimată de 170 milioane de euro (Vaidianu et al., 2020). În cadrul acestei faze lucrările de protecție și reabilitare au constatat în dezafectarea infrastructurii de protecție, considerată ineficientă, apoi în reabilitarea, întărirea și extinderea unor structuri de apărare (stabilopozi), construirea de diguri noi (longitudinale emerse și submerse) și înnisipări masive ale plajelor existente (Vaidianu et al., 2020).

A doua fază, a aceluiași proiect, s-a derulat între 2014-2020 și a avut un buget estimat de 841 mil. de euro, din fonduri europene (<https://rowater.ro/activitatea-institutiei/proiecte/proiecte-in-curs-de-implementare/reducerea-si-reabilitarea-zonei-costiere/>). În cadrul acestei faze s-au continuat pe de o parte lucrările din faza precedentă, iar pe de altă parte au fost demarate lucrări noi; în continuare vor fi prezentate cele mai importante dintre acestea.

Lucrările de la **Mamaia** au debutat în toamna anului 2015 și s-au derulat în cadrul proiectului „Protecția și Reabilitarea Părții Sudice a Coastei Românești a Mării Negre”, ca parte a proiectului Reducerea eroziunii costiere Faza II (2014-2020). La nivelul Litoralului Românesc al Mării Negre, această etapă reprezintă o continuare a lucrărilor din Faza I, a aceluiași proiect, derulat cu succes în perioada 2012-2015.

Valoare proiectului, pentru Mamaia, este de aproximativ 63 milioane de euro, el fiind finanțat prin fonduri europene (Programul Operațional de Infrastructură Mare 2014-2020). Se așteaptă ca la finalul proiectului suprafața plajelor obținute prin alimentare cu nisip să fie de peste 226 ha (<https://dobrogea-litoral.rowater.ro/>). <https://rowater.ro>

Alimentarea cu nisip a plajelor de la Mamaia are loc pe un sector cu o lungime de aproape 7 km. Plaja nou formată are o lățime de cel puțin 100 m, având suprafața situată la cota de 2 m, deasupra nivelului mediu al Mării Negre (fig. 6. 27); cantitatea de nisip extrasă din mare a fost de 4,3 mil. m³ (Adevărul.ro).



Fig. 6. 27. Plaja de la Mamaia înainte (2012) și după (2024) alimentarea cu nisip (<https://earth.google.com>)

La fel ca în alte stațiuni, proiectul a inclus lucrări complexe, precum reabilitarea digurilor, construcția de diguri submerse, amplasarea de stabilopozi și înnisiparea sau reumplerea artificială a plajelor (Neniță et al., 2024). Conform autorilor citați, după realizarea lucrărilor echilibrul suprafeței plajei indică un raport relativ stabil al proceselor de acumulare/eroziune în cadrul plajelor nou create. La începutul anului 2023, valurile asociate furtunilor din luna martie au modificat morfologia plajei, prin generarea unor trepte, cu aspect de terase, ca parte a procesului de atingere a unui echilibru, între nisipul depus și dinamica apei din mare.

În cadrul subsectorului Tomis Nord, care are o lungime de 1,4 km, măsurile de protecție și restaurare a plajei au inclus construcția a două diguri, a unui dig submarin și reumplerea cu nisip a plajei, care a ajuns la o lățime medie de 150 m și o suprafață de aproximativ 20 ha (Neniță et al., 2024). Chiar dacă în faza post-construcție, din cauza redistribuirii sedimentelor, s-a înregistrat o retragere a liniei țărmului (mai intensă în primii doi ani), ulterior s-a observat o stabilizare relativă a proceselor, pe cele 17,9 ha de plajă (Neniță et al., 2024).

Alături de aceste intervenții în Mamaia vor fi plantați arbori din speciile sălcioară, cătină albă și cătină roșie, care vor avea rol de stabilizare a nisipului și a

solului, care se formează pe acesta. De asemenea, se dorește înființarea unor plantații cu iarbă de mare (*Zostera noltii*), care vor avea o suprafață de 800.000 m² (Adevărul.ro).

Extinderea exagerată a plajelor, din partea centrală a stațiunii Mamaia, care au ajuns la lățimi de 250-300 m, a determinat nemulțumiri ale unor turiști, care trebuiau să parcurgă zilnic această distanță, pentru a ajunge la apa mării. De asemenea, au existat nemulțumiri legate de calitatea nisipului din componența plajelor, care are o granulometrie mai mare și conține multe cochilii de scoici, ceea ce face dificil și chiar periculos mersul pe plajă fără încălțăminte de protecție (Juganaru, 2021); din astfel de motive, conform autorului citat, un număr mare de turiști evită să petreacă timpul în această zonă a stațiunii. O altă nemulțumire este legată de adâncimea mult mai mare a apei, la noul țărm, comparativ cu ceea ce era înainte de extinderea plajelor. Dacă anterior intrarea în apă era foarte lină, apa având adâncimi mici chiar și la distanțe de 100-150 m de țărm, după extinderea plajelor, există porțiuni unde, la doar 10-20 m de linia țărmului, acolo unde sunt amplasate balizele, adâncimea apei crește brusc, depășind 2 metri (Juganaru, 2021). În acest context, un alt risc este legat de accesul dificil al ambulanțelor și echipelor de prim ajutor către malul mării, în cazul în care trebuie acordat primul ajutor sau sunt necesare intervenții medicale.

La **Eforie**, în urma lucrărilor de extindere, plaja a ajuns la lățimi de aproximativ 100 m, după ce anterior măsura pe alocuri doar 7 m lățime. Prin extragerea a peste 3 mil. m³ de nisip din mare, care au fost depuși pe plajă, nivelul acesteia se ridică cu 3 m deasupra nivelului apei; suprafața cu care au crescut plajele de la Eforie este de 23 ha (www.economica.net). Pentru protecția nisipului depus pe plaje s-au construit șapte diguri (de suprafață și submerse), în componența cărora au intrat 1,4 mil. t de piatră.

Astfel de lucrări au fost necesare deoarece linia țărmului la Eforie Nord s-a retras cu aproximativ 40-50 m în ultimii 75-100 de ani (Cândescu et al., 2023). Rata calculată a eroziunii variază în funcție de condițiile locale și de prezența lucrărilor de protecție, fiind în medie de 0,3-0,5 m/an (Spînu et al., 2017).

Nici la Eforie, după extindere, plajele nu au rămas intacte. În timpul furtunilor de iarnă, cu intensitate medie, ele sunt inundate și erodate, ceea ce arată o instabilitate relativă a protecției costiere (Cândescu et al., 2023). În aceste condiții, pentru combaterea eroziunii sunt necesare și soluții complementare pentru combaterea eroziunii (lucrări structurale din categoria digurilor), precum și compensarea sedimentelor transportate către mare prin depozite noi (Cândescu et al., 2023). Conform autorilor citați, singurele perioade în care se înregistrează creșteri ale plajelor sunt cele calme din timpul verii.

Lucrările de la **Costinești**, care se apreciază că se vor finaliza în anul 2027, vor extinde plajele existente cu încă 16 ha în zona Tineretului (<https://dobrogea-litoral.rowater.ro/>). Se vor adăuga fâșii de plajă cu lățimi de 100 de m, care vor fi protejate prin intermediul a cinci diguri.

Utilizarea vegetației, contra degradării plajelor, se folosește mai ales împreună cu celelalte lucrări. De obicei cu ajutorul vegetației ierboase are loc stabilizarea dunelor de pe plaje. Vegetația ierboasă sau cea reprezentată de arbuști se poate folosi inclusiv la stabilizarea nisipului din componența plajei. În situația în care plajele nu au o destinație turistică și condițiile climatice o permit se recomandă utilizarea vegetației de tip mangrove.

Progradarea plajelor. Alături de eroziunea plajelor, considerat principalul proces care contribuie la degradarea lor, se manifestă și procesul progradării acestora. Cu toate că în actualele condiții geomorfologice el se produce pe suprafețe mai reduse, este cauzat de existența unui surplus de sedimente, care ajung la țărm, fie de pe uscat (aduse de râuri sau provenite din retragerea falezelor), fie din componența bancurilor existente în mare (Bird, 2008).

La progradarea plajelor contribuie și activitățile antropice, care prin defrișarea terenurilor din apropierea litoralului sau prin activități miniere sporesc cantitățile de aluviuni care ajung la linia țărmului.

Spre exemplificare, se poate menționa progradarea care are loc la Winterton Ness (din Norfolk) și pe țărmurile golfului Carmarthen din sudul Țării Galilor, unde nisipul este spălat și aruncat pe țărm din bancuri întinse expuse la reflux; la aceste se pot adăuga următoarele plaje afectate de progradare: Point Dume (în California), Apam (în Ghana) și Cape Wom (de pe coasta Noii Guinee) (Bird, 2008). De asemenea, progradarea plajelor are loc și în proximitatea digurilor construite în Domeniul Litoral, în diverse scopuri: protejarea unor instalații portuare, a gurilor de vărsare a unor râuri etc. Se remarcă în acest sens: digurile de la Santa Barbara și de la Redondo (din California) și South Lake Worth (din Florida), de la Durban (Africa de Sud), Madra (India), de la Praia da Barra, lângă laguna Aveiro, și de la Figuera da Foz (ambele în Portugalia) etc. (Bird, 2008).

În contextul combaterii degradării reliefului litoral consider că progradarea plajelor nu reprezintă un fenomen cu conotații foarte negative, având în vedere ratele reduse de creștere a plajelor, raportat la durata timpului contemporan.

Comparativ cu ceea ce se întâmplă în alte domenii de modelare, progradarea plajelor se aseamănă mai degrabă cu creșterea în dimensiune a unei renii (din Domeniul Fluvial), decât cu colmatarea unei lunci cu aluviuni și alte tipuri de materiale (trunchiuri de copaci, deșeuri etc.), din cauza unor inundații catastrofale.

B. Combaterea degradării falezelor

Chiar dacă falezele sunt considerate forme de relief mai rezistente, la acțiunea valurilor și curenților, decât plajele, în multe situații ele sunt alcătuite din roci friabile (marne, argile, pietriș, nisip etc.), care favorizează o retragere rapidă a lor. Alături de procesele geomorfologice specifice Domeniului Litoral, falezele sunt afectate și

de alte procese cum sunt cele aferente scurgerii apei pe suprafețe înclinate, deplasărilor în masă, meteorizației etc.

Prin retragerea rapidă a falezelor sunt scoase din uz importante suprafețe de teren, existente la partea lor superioară. De cele mai multe ori terenurile respective sunt prevăzute cu căi de comunicații, zone rezidențiale, platforme industriale etc., care ajung să fie distruse sau nu se mai pot utiliza corespunzător, de unde și existența unui pericol pentru viața comunităților locale (Davidson-Arnott, 2010). Conform autorului citat, chiar dacă ratele de retragere a falezelor alcătuite din roci dure sunt reduse (aproximativ 0,1 m/an), evenimentele costiere majore, din categoria furtunilor, pot conduce la retrageri de 10 m sau chiar mai mult.

Sunt așadar suficiente motive ca și falezele să fie protejate de procesele geomorfologice naturale sau condiționate antropice, care le degradează. Pentru atingerea acestui obiectiv se utilizează atât lucrări hidrotehnice cât și vegetație.

Cele mai utilizate **lucrări hidrotehnice** pentru combaterea de gradării falezelor sunt:

- *zidurile de sprijin* se amplasează la partea inferioară a falezelor. Ele au rolul de a susține materialele din componența falezelor și de a proteja baza falezei de acțiunea valurilor și a curenților. Ele sunt necesare chiar dacă temporar partea inferioară a unei faleze este protejată de materialele care provin de la partea superioară, în urma surpărilor sau alunecărilor de teren, deoarece valurile și curenții litorali le îndepărtează destul de repede; zidurile de sprijin se pot realiza din piatră spartă cu mortar, din gabioane, din elemente prefabricate din beton (bolțari, stabilopozi), din beton sau din beton armat;

- *pereții de protecție sau zidurile din beton* sunt localizate și ele la partea inferioară a falezelor și au drept rol principal absorbția energiei valurilor, favorizarea refracției acestora, fapt care determină spargerea lor înspre mare (Huggett, 2017). La fel ca în cazul zidurilor de sprijin, astfel de lucrări pot se pot realiza din diverse materiale rezistente la energia valurilor, cum ar fi: betonul, piatra (sub formă de blocuri mari), stabilopozi etc. De exemplu, pentru consolidarea falezei de la Tuzla s-a construit un prism de piatră, din blocuri de 0,5-1 t, care la partea superioară este prevăzut cu o dală din beton (pe care se poate circula), iar la Olimp un zid de sprijin, care spre mare are în componență un parapet din beton armat prefabricat, prin intermediul cărora absoarbe energia valurilor, protejând astfel faleza (Josan, 2014);

- *digurile*, la fel ca în cazul plajelor, au un rol important în combaterea eroziunii care afectează falezele, prin absorbția energiei valurilor, prin diminuarea forței valurilor, prin acumularea de nisip în spatele lor etc. Sub aspect tipologic sunt similare cu cele utilizate la protecția plajelor: longitudinale, transversale, în formă de T etc. Digurile pot fi realizate din: anrocamente, gabioane, elemente prefabricate (stabilopozi, tetrapozi etc.), beton armat etc. Avantajele utilizării digurilor rezidă în faptul că sunt construcții robuste, cu o durată lungă de viață, care se pot folosi

împreună cu alte lucrări structurale, cum ar fi zidurile de sprijin. Folosirea digurilor prezintă și dezavantaje: afectează habitatele costiere, favorizează eroziunea pe sectoarele de țărm, care nu au fost amenajate, perturbă bilanțul sedimentelor la nivel local etc. Totuși, pentru a fi incluse în categoria lucrărilor de succes, digurile trebuie realizate doar după ce se fac studii detaliate ale dinamicii costiere, tocmai pentru a se găsi locul pentru cel mai optim amplasament. De asemenea, digurile trebuie corect dimensionate; în caz contrar, pe termen lung, așa cum s-a întâmplat în cazul Litoralului Românesc al Mării Negre, ele au favorizat eroziunea (Vaidianu et al., 2020). S-a ajuns la astfel de situații fiindcă structurile de apărare individuale, cu rol de a rezolva problema eroziunii pe termen scurt au fost utilizate fără o înțelegere adecvată a impactului lor regional sau a unei viziuni holistice pe termen lung, referitor la gestionarea eroziunii costiere pe sectoare mai extinse ale litoralului (Vaidianu et al., 2020). Conform autorului citat, cel puțin în cazul Litoralului Românesc, astfel de practici au fost utilizate timp de mulți ani, înainte de 1990, dar și după aceea, fapt care a determinat accelerarea eroziunii costiere;

- *piloni* și *ancore* înfipite în faleză, cu rol de a stabiliza deplasările în masă și de a consolida structura internă a falezei, contra proceselor cauzate de infiltrarea apei în substrat;

- *canale de drenaj*, pentru a drena apa provenită din precipitații, precum și apa freatică, care poată apărea chiar și la zi, sub formă de izvoare; printr-un drenaj corespunzător al fronturilor de faleză, acestea sunt protejate atât contra eroziunii, cât și alunecărilor de teren;

- *plasele de protecție*, care pot fi metalice sau sintetice, au rolul de a menține stabilă suprafața falezei;

Lucrările structurale, de tipul celor menționate, contribuie la: creșterea stabilității falezei (la modul general), cu scopul diminuării retragerii suprafeței acesteia; crearea de condiții favorabile (inclusiv prin intermediul digurilor) pentru dezvoltarea unei plaje de protecție, la baza falezei; asigurarea stabilității părții inferioare a falezei, prin consolidare, contra acțiunii valurilor, inclusiv prin intermediul blocurilor mari cu armătură sau prin intermediul anrocamentelor (Davidson-Arnott, 2010); astfel de intervenții sunt specifice falezelor Marilor Lacuri (din America de Nord), dar și altor sectoare cu faleze din S.U.A. și Europa. În același timp, pentru creșterea stabilității falezei, autorul citat recomandă împiedicarea accesului apei provenită din precipitații, de la partea superioară, și apoi consolidarea prin intermediul unor mici ziduri de sprijin și vegetație, dacă condițiile staționale permit acest lucru.

Lucrările structurale prezentate, dincolo de avantajele care le recomandă, sunt caracterizate de costuri mari pentru realizare și întreținere, de o durată de viață limitată (coraziunea și acțiunea valurilor le distrug și dezorganizează treptat), de influențe negative asupra habitatelor costiere și curenților de aluviuni etc. Din

urmărirea influențelor pe termen lung, a acestor lucrări, se constată că ele nu rezolvă problema eroziunii costiere, ci doar o amână.

Pentru a fi de succes, lucrările structurale menționate trebuie să fie însoțite și de alte tipuri de intervenții și activități, cum sunt: alimentarea plajelor cu nisip, întreținerea lucrărilor, monitorizarea proceselor geomorfologice litorale, utilizarea vegetației pentru stabilizarea sedimentelor consolidate și neconsolidate (dune litorale), interzicerea activităților antropice care favorizează eroziunea costieră etc.

Referitor la consolidarea falezelor, nu trebuie uitat că prin eroziunea acestora sunt furnizate sedimente pentru plaje și pentru consumul energiei valurilor și curenților. În momentul în care curentul litoral nu mai vehiculează suficiente sedimente, acțiunea lui se mută asupra plajelor existente, ceea ce contribuie la eroziunea acestora și la diminuarea rezervelor de nisip și pietriș existente.

Utilizarea vegetației, în scopul combaterii degradării falezelor, se referă îndeosebi la interzicerea defrișării pădurilor existente (inclusiv a celor de tip mangrove din zona caldă) și la plantarea de arbori și arbuști, pe falezele care trebuie protejate contra eroziunii.

Plantarea vegetației ierboase sau a arbuștilor poate avea loc direct pe suprafața inițială a falezei sau pe morfologia rezultată în urma amenajării contra abraziunii și a altor procese geomorfologice exogene.

Vegetația are rolul de a proteja falezele contra diverselor procese geomorfologice, dintre care se remarcă: pluviudenudarea, scurgerea concentrată a apei, alunecările de teren, surpările etc.

Indiferent de maniera în care se acționează, pentru protecția falezelor, trebuie reținut că degradarea lor este un proces ireversibil, fără posibilitatea refacerii morfologiei existente și a poziției uscatului față de mare.

C. Combaterea degradării cordoanelor litorale

Reprezintă un demers complex, dar și costisitor, având în vedere poziția acestora în cadrul Domeniului Litoral. Deoarece acestea sunt cele mai expuse forme de relief, la acțiunea valurilor, ele nu se amenajează decât în condiții cu totul excepționale. Dacă totuși trebuie ferite de acțiunea distructivă a valurilor, pentru a proteja unele lagune s-au plaje, ele se pot amenaja folosind anrocamente sau diverse tipuri de stabilopozi, care de cele mai multe ori, pentru o eficiență sporită, trebuie să se regăsească în componența digurilor.

O soluție la îndemână, pentru protecția cordoanelor litorale, este cea care vizează menținerea vegetației naturale, fie ca este vorba de cea alcătuită din ierburi și arbuști, fie ca vorbim de pădurile de tip mangrove, din zona caldă. Prin menținerea vegetației naturale se asigură și conservarea habitatelor costiere.

Dacă condițiile de mediu permit se recomandă plantarea de specii native de iarbă de mare, de iarbă de plajă, precum și arbuști rezistenți la salinitate. Astfel de specii stabilizează nisipul atât contra abraziunii, cât și spulberării de către vânt, mai ales atunci când este prezent sub formă de dune.

Când nu este posibilă instalarea vegetației, stabilizarea nisipurilor, din componența cordoanelor litorale, se poate realiza prin folosirea de plase și covoare geotextile; acestea din urmă au inclusiv rol de a preveni spulberarea nisipului de către vânt.

Pentru ca aceste măsuri să își atingă scopul, activitățile antropice, de la nivelul cordoanelor litorale, trebuie interzise sau dacă nu este posibil acest lucru, trebuie restricționate sau strict reglementate.

De asemenea, procesele geomorfologice trebuie atent monitorizate, tocmai pentru a cunoaște rata de retragere sau mai rar de agardare a cordoanelor litorale.

Pornind de la astfel de date, se pot lua ulterior cele mai bune măsuri de combatere a degradării lor. În același timp, nu trebuie neglijate comunitățile locale, care printr-o bună educare, vor putea alege să desfășoare doar activități economice cu un impact minim asupra cordoanelor litorale.

Printr-o implementare integrată a acestor măsuri, se asigură protecția cordoanelor litorale împotriva degradării, fapt care le menține funcționale și sub aspect ecologic, mai ales când ele delimitează de mare diverse zone umede, cum sunt lacurile și mlaștinile.

Dintre cordoanele litorale cele mai susceptibile la eroziune sunt cele fac legătura uscatului cu insulele din apropiere, adică cordoanele litorale de tip tombolo.

Într-o situație asemănătoare se află cordoanele litorale sub formă de săgeată, care se dezvoltă, sub formă mai mult sau mai puțin arcuită, pornind dinspre uscat, spre larg. La rândul lor, cordoanele litorale de tip perisip, care închid lagune sau golfuri sunt și ele afectate de abraziune, așa cum s-a întâmplat de exemplu, în cazul celui de la Eforie, care separă Marea Neagră de Lacul Techirghiol. În astfel de cazuri, lucrările de protecție a degradării cordoanelor litorale sunt foarte complexe, incluzându-le și pe cele care urmăresc combaterea degradării plajelor.

Și în cazul cordoanelor litorale lucrările de combatere a degradării lor urmăresc crearea unui bilanț pozitiv al bugetului de aluviuni. Din acest motiv, exploatarea nisipului, din cadrul acestora, are influențe negative asupra bugetului sedimentar. Este astfel favorizată atât eroziunea și modificarea formei cordoanelor litorale, cât și a plajelor din vecinătate.

Aplicarea măsurilor de prevenire și combatere a degradării reliefului, din Domeniul Litoral, este cât se poate de necesară, întrucât prognozele privind evoluția zonei costiere indică o tendință de creștere a magnitudinii eroziunii costiere. Practic zonele costiere vor întâmpina dificultăți mari dacă nu vor fi implementate măsuri corespunzătoare pentru reducerea dinamicii unor procese geomorfologice și nu vor

fi adoptate planuri de management optime, care să ia în considerare toți factorii și actorii implicați (Tătu et al., 2019).

Concluzii. Din cele prezentate este lesne de înțeles că și în continuare intervenția omului se va face simțită tot mai mult în Domeniul Litoral. Acest fapt nu poate fi lipsit de consecințe, de cele mai multe ori negative, cu excepția celor care prevăd conservarea unor țărmuri sau protejarea lor contra eroziunii.

Indiferent că este vorba de relieful litoral de eroziune sau de acumulare el poate fi degradat din diverse cauze, între care se remarcă cele care implică desfășurarea unor activități antropice.

În acest context este așadar necesară o bună cunoaștere a manierei în care procesele geomorfologice și formele de relief vor interacționa cu modificările aduse de prezența omului. Doar în acest fel sunt posibile intervențiile ulterioare care vizează prevenirea și combaterea degradării formelor de relief din Domeniul Litoral.

În cadrul Domeniului Litoral, indiferent că este vorba de plaje, faleze, cordoane litorale sau alte forme de relief, procesul geomorfologic, care le degradează cel mai intens, este reprezentat de abraziune. Din acest motiv lucrările care intervin împotriva acestora sunt cele mai întâlnite în cadrul sectoarelor de țărm amenajate.

Degradarea reliefului din Domeniul Litoral are loc atât în cadrul sectoarelor amenajate antropic, cât și în cadrul celor lăsate în regim natural. Cert este că acestea din urmă sunt de cele mai multe ori mult mai afectate de dinamica tot mai accentuată a valurilor, comparativ cu cele amenajate și monitorizate.

Din acest motiv, problematica prevenirii și combaterii degradării reliefului litoral nu trebuie restrânsă doar la sectoarele care aduc beneficii componente antropice, ci ea trebuie extinsă la toate sectoarele unde procesele degradante scot din uz terenuri utile comunităților locale și naționale. În același timp degradarea plajelor, falezelor și cordoanelor litorale trebuie stopată peste tot, unde este posibil sub, aspectul costurilor, deoarece țărmurile intră în componența Patrimoniului Natural, iar distrugerea configurației lor, formată de-a lungul secolelor constituie o problemă de mediu.

Extinderea activităților antropice, din Domeniul Litoral, a creat condițiile genezei unui conflict între dezvoltarea economică și conservarea diverselor sectoare de țărm. Pentru gestionarea lui, antropizarea zonei de țărm, indiferent de scop (urbanistic, portuar, turistic, militar etc.), trebuie să țină cont de: topografia țărmului (jos sau înalt), și dimensiunea formelor de relief, dinamica proceselor geomorfologice (care pot conduce la eroziune sau agradare) și riscurile asociate acestora, tendința de evoluție a liniei țărmului, modul de utilizare a terenurilor etc.

Există așadar suficiente argumente care dovedesc că, prevenirea și combaterea degradării reliefului litoral este problemă mult mai complexă decât, pare la prima vedere, mai ales dacă este plasată în contextul Încălzirii Globale și al Schimbărilor Climatice.

Nu trebuie ignorate în acest sens costurile intervențiilor asupra diverselor forme de relief care trebuie protejate. Din motive economice, aplicarea a unor măsuri de combatere a degradării plajelor a fost posibilă doar acolo unde erau amenințate terenuri și proprietăți imobiliare foarte valoroase. De exemplu, cele mai frecvente intervenții, care au implicat alimentarea plajelor cu nisip sau pietriș, au avut loc în: SUA, Europa și Australia (Huggett, 2017).

Din cele prezentate reiese că este mult mai dificil de prevenit și combătut degradarea unei plaje sau a unei faleze, comparativ cu situația protejării contra eroziunii sau alunecărilor de teren, a unei parcele agricole, de pe un versant fluvial. Explicația stă în faptul că modul în care conlucrează variabilele, în Domeniul Litoral, este unul mult mai complex, iar terenul implicat, cel puțin sub aspectul lungimii este mult mai dificil de controlat.

Din astfel de motive, problematica degradării reliefului costier poate fi rezolvată doar printr-o cooperare obiectivă între părțile implicate, reprezentate de cercetători, ingineri specializați în amenajare costieră, autorități publice, sectorul privat și comunități locale (Tătui et al., 2019).

CAPITOLUL 7

PREVENIREA ȘI COMBATEREA AVALANȘELOR

7.1. AVALANȘELE ȘI RELIEFUL DE NIVAȚIE

Avalanșele, ca proces hidrologic (deplasarea apei în stare solidă pe suprafețe înclinate) și geomorfologic (antrenarea de roci, geneza culoarului de avalanșă și a morenei nivale), se produc în mai multe domenii de modelare: glaciuar, periglaciuar și fluvial.

În Domeniul Glaciuar, zăpada care se acumulează pe suprafața terenului nu conduce doar la geneza ghețarilor, ci ea se și deplasează gravitațional, sub formă de avalanșe, pe suprafețe înclinate de tipul versanților sau a pereților de circ glaciuar, care de cele mai multe ori prezintă culoare de avalanșe; de asemenea, avalanșe se produc inclusiv pe suprafața ghețarilor.

În Domeniul Periglaciuar, alături de prezența substratului înghețat, există, în cea mai mare parte a anului, suficientă zăpadă, care să se deplaseze pe suprafețele înclinate și să provoace o morfologie specifică.

În Domeniul Fluvial, cu precădere în condițiile climatului temperat, pe versanții văilor montane, se acumulează în timpul iernii un strat de zăpadă suficient de consistent, care să permită declanșarea avalanșelor. Se poate menționa, spre exemplificare, situația versanților Văii Oltului (sectorul Boița - Călimănești), pe care se produc în unele ierni avalanșe, care blochează traficul rutier; de exemplu în anul 2012, între localitățile Brezoi și Călimănești, s-au produs cinci avalanșe.

Indiferent de domeniul de modelare în care se produc, la baza declanșării avalanșelor stau diverse cauze. Manifestarea fenomenului de avalanșă nu rămâne fără urmări, care sunt reprezentate atât de forme de relief specifice, cât și de pagube și victime.

A. Avalanșele

Acestea reprezintă procesul în urma căruia mase de zăpadă și gheață, împreună cu materialele antrenate (roci, sol, fragmente de lemn etc.), alunecă sau se rostogolesc rapid pe suprafețe de teren înclinate; cu cât traseul este mai lung cu atât se mărește volumul, greutatea și viteza. Pentru ca deplasarea de zăpadă să fie considerată o avalanșă ea trebuie să aibă un volum mai mare de 100 m³ și o lungime a traseului de peste 50 m (Nairz et al., 2015).

Termenul de avalanșă își are originea în limba franceză, unde verbul *aval*, înseamnă a coborî o pantă (Munteanu et al., 2012). Toponime specifice precum Lăhn sau Lavin indică trasee vechi ale avalanșelor și sunt probabil derivate din termenii latini *labi* (alunecare) și *labes* (cădere) (Sauermoser et al., 2015).

Deplasarea zăpezii pe suprafața terenului mai este cunoscută și sub denumirea de **nivație**. Este vorba de un proces complex, care se manifestă prin eroziune mecanică, eroziune chimică, transport și acumulare, toate acestea având efecte semnificative în morfologia terenurilor (Rădoane et al., 2001).

Cea care direcționează masele de zăpadă devenite instabile, din diverse cauze, este gravitația.

La fel ca în situația altor tipuri de deplasări gravitaționale, există factori potențiali (acumularea zăpezii; stratificația zăpezii, rezistența statului de zăpadă depus și troienit etc.) și factori declanșatori (grosimea zăpezii, vântul, seismele, diverse zgomote din natură - cum ar fi răgetul unui animal – sau făcute de oameni, vibrațiile antropice etc.) ai avalanșelor (Grecu, 2007).

Declanșarea avalanșelor se corelează cu limita de rupere a păturii de zăpadă, care la rândul ei este determinată de prezența forței de gravitație, materializată prin unghiul de pantă (Pudasaini și Hutter, 2007).

În cazul zăpezii unghiul de frecare statică este de aproximativ 50°, dar poate ajunge până la valori de 90° în cazul zăpezii proaspete; practic între stratele de zăpadă depuse succesiv, tensiunea normală și tensiunea de forfecare cresc proporțional, coeficientul de proporționalitate fiind egal cu tangenta pantei (Grecu, 2007):

$$\tau = \sigma \operatorname{tg} \alpha$$

Pornind de la aceste premise rezultă că un strat de zăpadă stabil pentru sarcini mici, poate deveni instabil pentru sarcini mai mari.

O dată pusă în mișcare, zăpada se deplasează în funcție de unghiul de frecare cinetic sau de frecare la alunecare. Pe suprafețele care au unghiul de frecare cu orizontala cuprins între unghiul de frecare cinetic și unghiul de frecare static, zăpada nu se deplasează, dar dacă este pusă în mișcare din cauze externe, ea începe să se deplaseze și nu se mai oprește (Grecu, 2007). Dacă o masă de zăpadă începe să se miște, lucrul mecanic al greutateii devine mai mare decât cel al frecării interne, fapt care face ca o anumită cantitate din energia eliberată să rupă coeziunea zăpezii și să pună în mișcare fragmentele învecinate (Grecu, 2007). Din acest motiv, masa de zăpadă, care se deplasează pe suprafețe înclinate, devine din ce în ce mai mare, provocând în final o avalanșă, cu toate urmările ei.

Scoaterea din echilibru a masei de zăpadă și declanșarea avalanșei se produce în momentul în care este depășită limita de rupere a stratului de zăpadă. Rezistența acestuia este direct influențată de forța de gravitație, ai cărei valoare dependentă de cea a pantei.

În momentul declanșării unei avalanșe, alături de zăpadă sunt antrenate cantități apreciabile de depozite neconsolidate, cum ar fi: gelifRACTE, fragmente de

rocă, sol, vegetație ierboasă, lemn provenit de la arborii existenți terenul afectat, materiale și deșeuri rezultate în urma activităților antropice etc.

Cauzele avalanșelor sunt numeroase, iar fiecare dintre ele contribuie în manieră proprie la declanșarea mișcării zăpezii pe suprafețele înclinate.

Un rol important în declanșarea avalanșelor îl are relieful existent; el intervine îndeosebi prin intermediul următorilor parametri: declivitatea (suprafețele cu pante cuprinse între 30 și 45° sunt cele mai susceptibile la avalanșe), altitudinea, orientarea (cea mai mare parte a avalanșelor au loc pe suprafețe cu orientare nordică, nord-estică și vestică; efectul orientării se datorează și interacțiunii sale cu radiația solară și vântul), morfologia terenului și rugozitatea substratului (influențează tipul și dimensiunea avalanșei) (Pudasaini și Hutter, 2007).

O altă cauză este reprezentată de existența unei cantități mari de zăpadă, care dacă depășește 2 – 3 m nu face altceva decât să ridice mult, de la nivelul substratului, centrul de greutate al stratului de zăpadă, dezechilibrându-l.

Referitor la caracteristicile zăpezii, tipul cristalelor care alcătuiesc stratul și lipsa coeziunii dintre ele, favorizează declanșarea avalanșelor. De asemenea, lipsa de aderență, dintre stratele cu vechimi diferite, le determină să alunece unele peste altele. O situație aparte o reprezintă cea a stratului de zăpadă nou, depus peste unul vechi poleit, condiții în care avalanșele se pot deplasa foarte ușor (chiar și de către trecerea unui schior, care taie stratul de zăpadă de la partea superioară).

Prezența unor suprafețe de teren înclinate, lipsite de înveliș vegetal și de fragmente de rocă bine prinse în substrat, favorizează din plin avalanșele, în condițiile în care cantitatea de zăpadă, acumulată în urma precipitațiilor sau troienită de vând, atinge grosimi care depășesc 1 m.

De asemenea, valorile pozitive de temperatură, atât a aerului cât și a substratului, constituie o cauză importantă a declanșării avalanșelor. Practic temperatura aerului înmoaie stratul de zăpadă, instabilizându-l, începând de la partea lui superioară, în timp ce temperaturile pozitive, de la nivelul suprafeței terenului topește baza stratului de zăpadă, o desprinde și o determină să se deplaseze, prin intermediul unui strat subțire de apă.

La rândul său vântul, prin presiunea cu care acționează asupra stratului de zăpadă, îl dezechilibrează, fapt care înlesnește declanșarea avalanșelor.

Avalanșele pot fi declanșate de seisme sau de diverse alte tipuri de mișcări, care pot conduce la vibrații: rostogolirea stâncilor, deplasarea unui turist, trecerea unui avion, răgetul unui animal, zgomotul unui foc de armă, explozii produse în cariere etc.

La acestea se adaugă și alte cauze cum sunt: existența unui strat gros de zăpadă la partea superioară a unui abrupt, îmbibarea cu apă și creșterea greutateii zăpezii din cauza topirilor sau a ploilor, care prin îngreunarea masei de zăpadă conduc la dezechilibre etc. (Rădoane et al., 2001).

Clasificarea avalanșelor se poate realiza după diverse criterii, dintre care cele mai utilizate sunt cele care fac referire la grosimea stratului de zăpadă antrenat (avalanșe de suprafață și de adâncime sau profunzime, care antrenează fragmente de rocă și bucăți de lemn) și la calitatea zăpezii (Lliboutri, 1965; Grecu, 1997; Ielenicz, 2005; Pudasaini și Hutter, 2007; Moțoiu, 2009); conform ultimului criteriu principalele tipuri de avalanșe sunt:

- *avalanșele uscate* sau de zăpadă prăfoasă (pulver) afectează stratele de zăpadă proaspătă, fără coeziune, formate după ninsori abundente; astfel de avalanșe se produc la scurt timp după depunerea stratului și pot fi atât superficiale, cât și de profunzime; fiind vorba de un amestec de zăpadă și aer, în timpul deplasării avalanșa poate ajunge la viteze de 200 km/h, iar uneori chiar la 500 km/h (Pudasaini și Hutter, 2007). Ele sunt foarte periculoase deoarece în frontul lor se formează curenți ascendenți și contracurenți deosebit de violenți, care la întâlnirea cu un obstacol gen clădire, conduce la presiuni de oprire foarte mari, de ordinul tonelor pe m^2 (Grecu, 1997);

- *avalanșele de zăpadă umedă* se produc atât din cauza unei încălziri rapide, ce determină o topire bruscă a stratului superior de zăpadă, cât și datorită unor precipitații lichide, căzute peste zăpada existentă; în ambele cazuri are loc creșterea greutateii stratului de zăpadă, prin îmbibarea cu apă, fapt ce conduce la ruperea echilibrului și la deplasări ale masei de zăpadă, cu viteze ce pot depăși 80 km/h; presiunea unor astfel de avalanșe poate ajunge la 10 -20 t/ m^2 (Grecu, 2007)

- *avalanșele în plăci* sau de rostogolire se declanșează după aproximativ 3 – 4 zile de la depunerea stratului de zăpadă, care este deja consolidat, iar la partea lui superioară se formează o crustă superficială, din cauza acțiunii vântului; avalanșele de placă se subîmpart în două tipuri: avalanșe de placă dură și avalanșe de placă ușoară, ambele declanșându-se după o linie frântă, pe planuri de alunecare bine definite (Moțoiu, 2009);

- *avalanșele de zăpadă înghețată* se declanșează pe versanții circurilor și văilor glaciare și constituie un amestec de zăpadă, gheață, gelifracțe și resturi vegetale, pretext pentru care exercită o puternică acțiune asupra terenurilor, pe care se deplasează; în cazul lor 1 m^3 de zăpadă ajunge să depășească 300 kg;

- *avalanșele de primăvară* afectează zăpadă veche și cu densitate mare și se produc din cauza temperaturilor ridicate; ele sunt avalanșe de mari dimensiuni, profunde, ce antrenează și materiale existente pe suprafața terenului (roci, bucăți de lemn, obiecte antropice etc.);

- *avalanșele de pietre* au loc de-a lungul torenților și ravenele din etajul montan alpin, cu declivitate mare și în care există gelifracțe instabile; acestea din urmă sunt antrenate în cantități mari, împreună cu zăpada care se deplasează gravitațional.

Alte criterii, după care pot fi clasificate avalanșele, sunt: forma de relief pe care se produc (avalanșe de versant și avalanșe de culoar), consistența zăpezii

(avalanșe de placă – se formează prin desprinderea zăpezii după o linie frântă a unor straturi de zăpadă mai veche – și avalanșe prăfoase – sunt rezultatul desprinderii într-un anumit loc a masei de zăpadă, aflată în stare afânată) etc.

Elementele unei avalanșe sunt: *suprafața de pe care se spulberă zăpada* (este influențată de relief și de direcția vântului dominant; ea poate fi foarte extinsă raportat la dimensiunea celorlalte elemente, depășind de cele mai multe ori limita bazinului hidrografic sau a versantului pe care este localizat culoarul de avalanșă), *suprafața pe care se acumulează zăpada* (se suprapune cu partea superioară a unui culoar de avalanșă și reprezintă locul unde se adună, sub formă de strat, cornișe și balcoane, zăpada care urmează să se deplaseze sub formă de avalanșă), *culoarul de avalanșă* (după cum îi spune și numele, reprezintă suprafața pe care are loc deplasarea masei de zăpadă; sub aspectul configurației în plan este de formă alungită; de obicei lățimea este de ordinul zecilor de metri, iar lungimea de sute sau mii de metri) și *suprafața pe care se oprește avalanșa* (zăpada împreună cu elementele antrenate se oprește, atunci când panta nu mai întreține mișcarea, luând forma unui con de împrăștiere).

B. Formele de relief generate de avalanșe

În urma producerii repetate a avalanșelor rezultă o morfologie specifică, în cadrul căreia reprezentative sunt: culoarul de avalanșă, semipâlniile nivale, circurile nivale, nișele de nivație și morena nivală (potcoava nivală); comparativ cu primele forme de relief menționate, care se formează prin eroziune, morena nivală rezultă prin acumularea materialelor transportate la partea inferioară a culoarului de avalanșă; în teren se observă cel mai bine după topirea zăpezii.

Toate aceste forme de relief, indiferent de procesul prin care se formează (eroziune sau acumulare) sunt rezultatul interacțiunii masei de zăpadă, aflată în deplasare, cu substratul geologic. Caracterizate de o astfel de dinamică, prin intermediul avalanșelor are loc o redistribuire a gelifractelor și a materialelor existente pe suprafețele înclinate de tipul versanților (Roșian, 2023).

Culoarele de avalanșe întrunesc condiții de geneză pe versanți înclinați, din cauza acumulării și deplasării zăpezii, prin alunecare, conform pantei, pe aceleași trasee (fig. 7. 1 A). Ele sunt de forma unor jgheaburi, cu profil transversal îngust sau în V, adânci de 8 – 10 m și lungi de peste 500, după cum sunt, de exemplu, cele din Munții Retezat (Urdea, 2000).

Analizate după aspectul configurației în plan, culoarele de avalanșe pot fi simple sau complexe. Cele simple formează o rețea paralelă, care disecă versantul pe întreaga lui lungime, pe linia de cea mai mare pantă; la rândul lor, culoarele complexe au forma unui jgheab principal, bine evidențiat la partea inferioară, în timp ce la partea superioară are aspect de bazin torențial, sub formă de pâlnie, dată de

dispoziția în evantai a unor jgheaburi mai mici; din acest motiv întregul ansamblu morfologic are aspect dendritic (Urdea, 2000).

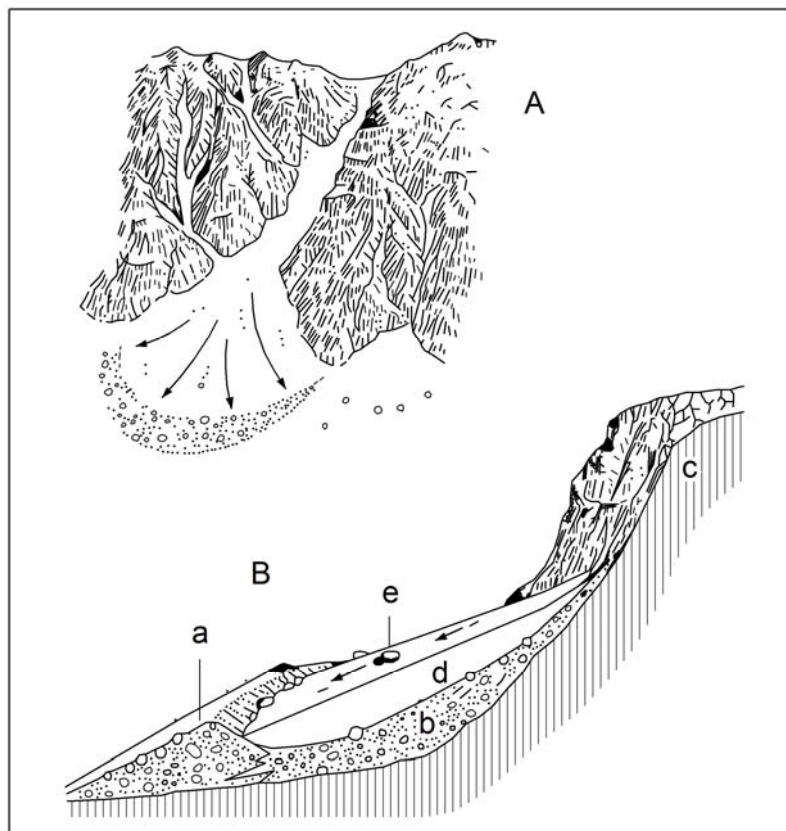


Fig. 7. 1. Formarea potcoavelor nivale la partea inferioară a culoarelor de avalanșă (A); secțiune printr-o potcoavă și nișă nivală (B): a – potcoavă nivală; b – grohotiș; c – zona de desprindere a materialului dezagregat; d – lentilă de zăpadă; e – pietre care alunecă pe zăpadă (Niculescu, 1965, p. 248)

În Munții Carpați, de pe teritoriul României, cele mai multe culoare de avalanșe s-au format în următoarele grupe: Făgăraș, Retezat, Piatra Craiului, Parâng, Godeanu, Iezer-Păpușa, Bucegi, Rodnei, Căliman etc. Culoarele de avalanșă fac legătura între golul alpin și partea inferioară a versanților, contribuind la fragmentarea pădurilor de conifere (Roșian, 2023).

Semipâlniile nivale sunt prezente îndeosebi la partea superioară a culoarelor de avalanșă, unde se formează prin adâncirea mai puternică a acestora în sectorul axial, de unde și forma de pâlnii cu vârful în jos, secționate în lungul axei lor (Urdea, 2000). La geneza lor concură și apele provenite din topirea zăpezii, precum și cele căzute sub formă de ploaie. Interesante sunt în acest sens cele formate în Munții Retezat, pe partea estică a vârfurilor Peleaga, Păpușa și Slăveiu.

Circurilor nivale sunt rezultatul dezvoltării pâlniilor nivale, în condițiile în care climatul devine și se menține mai riguros. Când sunt de mari dimensiuni ele se numesc circuri glacio-nivale. Acestea din urmă sunt asemănătoare cu cele glaciare, doar că nu au versanți abrupti și sunt, în general, lipsite de praguri.

Nișele de nivație constituie scobituri de formă semicirculară, localizate la racordul a unui versant cu suprafața rotunjită sau netedă a unui interfluviu; ele se formează atunci când există condiții favorabile acumulării unor cantități însemnate de zăpadă (fig. 7. 1 B), care se pot transforma uneori în firm (Urdea, 2000). Nișele de nivație sunt delimitate de pereți abrupti, partea lor inferioară fiind puternic înclinată și fără contrapante, asemănător situației din circurile glacio-nivale (Urdea, 2000). Pentru nișele de nivație se folosește și denumirea de scochine.

Morenele nivale sunt rezultatul evacuării materialelor dezagregate și alterate, o dată cu deplasarea zăpezii, sub formă de avalanșă, și acumularea lor la partea inferioară a versanților (Mac, 1976). Gelifractele, care se acumulează la partea inferioară a culoarelor de avalanșă, sunt de forma unui arc de cerc, pretext pentru care sunt numite și **potcoave nivale** (fig. 7. 1 B).

La finalul acestei secțiuni trebuie menționat că avalanșele conduc, în multe cazuri, mai ales atunci când terenurile sunt utilizate în scopuri antropice, la pagube însemnate și la numeroase victime. De obicei problemele care însoțesc avalanșele sunt cauzate de volumul enorm de zăpadă și alte materiale, care se deplasează și apoi repauzează pe suprafețele împădurite (de la poalele abrupturilor), pe căi de comunicații, în cadrul vetrelor de așezări sau peste alte tipuri de construcții cum sunt cele turistice sau industriale.

Deoarece avalanșele nu rămân fără urmări în societate ele sunt încadrate în categoria fenomenelor geomorfologice de risc și ca atare trebuie studiate în vederea propunerii de acțiuni și măsuri, care să contribuie la prevenirea și combaterea lor. Astfel de intervenții sunt justificate deoarece în unii ani, la nivel mondial, numărul morților din cauza avalanșelor este de peste 100.

Alături de Munții Carpați foarte multe avalanșe se produc și în: Munții Alpi, Munții Pirinei, Munții Stâncosi, Munții Anzi, Munții Himalaya, Munții Pamir, Munții Caucaz etc. În fiecare din acești munți există mii de culoare de avalanșe, care sunt afectate de deplasarea zăpezii fie anual, fie o dată la câțiva ani. Referitor la numărul culoarelor de avalanșe, din unele țări, de exemplu, în Elveția au fost inventariate 17.000 de culoare de avalanșe, în Austria 4.400, în Franța 3.700 (Moțoiu, 2009).

Dintre țările alpine cele mai afectate de avalanșe se evidențiază Elveția. Pentru o bună cunoaștere a dinamicii zăpezii pe suprafețe înclinate în Elveția, la Weissfluhjoch, lângă Davos, la altitudinea de 2.668 m, s-a înființat Institutul Federal pentru Studiul Zăpezilor și al Avalanșelor. Pentru prevenirea pagubelor și victimelor produse de avalanșe acest institut emite buletine zilnice despre cantitatea de zăpadă existentă, despre starea ei, despre temperatura și umiditatea aerului etc. Toate aceste

informații servesc la delimitarea celor mai susceptibile areale la declanșarea iminentă a avalanșelor. În funcție de nivelul de alertă are loc închiderea unor căi de comunicații, a pârtiilor pentru practicarea sporturilor de iarnă și chiar evacuarea persoanelor. Fiind vorba de hazarde montane avalanșele sunt abordate, la nivel european și în cadrul DOMODIS (Documentation of Mountain Disasters). Alte țări în care există institute pentru studiul avalanșelor sunt: Franța, Norvegia, Islanda etc.

În țările în care nu există astfel de servicii specializate, având în vedere importanța cunoașterii susceptibilității unor terenuri de a fi afectate de avalanșe, buletinele nivometeorologice sunt emise de agențiile naționale de meteorologie, așa cum se întâmplă, de exemplu în România.

7.2. PREVENIREA AVALANȘELOR

Deoarece produc numeroase pagube materiale și victime avalanșele trebuie prevenite. În caz contrar, repetarea lor pe aceleași trasee determină dezvoltarea culoarelor de avalanșe, în cadrul cărora ulterior ele se produc mult mai ușor (Bădescu, 1972).

Prevenirea avalanșelor devine posibilă în condițiile în care astfel de procese se declanșează cu regularitate în aceleași condiții orografice, climatice și de utilizare a terenurilor.

Pornind de la numărul foarte mare de culoare de avalanșe existente deja, care sunt de ordinul miilor, și de la suprafețele de teren susceptibile la avalanșe, este lesne de înțeles că nu întotdeauna este posibilă și necesară prevenirea.

Cela mai mari probleme create de avalanșe se întâlnesc în teritoriile intrate sub incidența utilizării și amenajării antropice, în diverse scopuri: exploatarea lemnului și a substanțelor minerale utile, amenajarea căilor de comunicații, a pârtiilor pentru sporturi de iarnă, înființarea de stațiuni turistice etc.

Avalanșele își fac simțită prezența în astfel de locuri deoarece modul de utilizare a terenului a fost schimbat (suprafețele defrișate sunt mult mai susceptibile la deplasarea zăpezii) și în zonă au apărut noi obiective valoroase, a căror existență este periclitată de dinamica maselor de zăpadă încărcată cu roci și bucăți de lemne.

Măsurile de prevenire a avalanșelor trebuie îndreptate spre cele mai susceptibile suprafețe la astfel de procese. Este vorba în acest sens de suprafețe netede acoperite cu iarbă, dar cu declivitatea cuprinsă între 25° și 35° (astfel de suprafețe sunt considerate zone de declanșare); avalanșele se pot forma și pe suprafețe mai înclinate, dacă ele au trepte sau platforme de acumulare a zăpezii sau pe versanții aproape verticali, dar opuși vântului dominant, care formează la creastă cornișe sau balcoane de zăpadă; deplasarea gravitațională a zăpezii are loc frecvent pe terenurile înclinate, prevăzute cu văi mediane sau culoare lipsite de păduri sau jnepenișuri, precum și pe culoarele de târâre prin transport a buștenilor; în țările

alpine din zona temperată majoritatea suprafețelor susceptibile la avalanșe se află la limita superioară a pădurilor (Bădescu, 1972; Nairz et al., 2015).

Măsurile și lucrările de prevenire a avalanșelor se corelează cu cele două tipuri de suprafețe de teren, care se pot delimita în acest sens: *suprafața de pe care se spulberă zăpada* (la nivelul ei sunt necesare lucrări de împiedicare a spulberării zăpezii și de deviere a ei spre locuri nepericuloase) și *suprafața pe care se acumulează și se deplasează zăpada* (în cadrul ei trebuie realizate lucrări de consolidare, frânare și oprire a zăpezii). Cunoașterea caracteristicilor acestor tipuri de suprafețe, în funcție de care vor fi și tipul lucrărilor, prezintă interes și în procesul de combatere a avalanșelor.

Aplicarea măsurilor și lucrărilor de prevenire a avalanșelor implică stabilirea perimetrelor asupra cărora se intervine. Pentru o planificare eficientă a lucrărilor sunt necesare hărți pe care acestea să fie reprezentate.

Principalele **măsuri recomandate în scopul prevenirii avalanșelor** sunt: interzicerea tăierilor de arbori și defrișarea pădurii; evitarea transportului prin târâre a diverselor produse și materiale (fân, bușteni etc.), care prin scăderea rugozității terenului și formarea canalelor de scurgere, creează condiții favorabile spulberării, acumulării și deplasării zăpezii; interzicerea zgomotelor, de tipul strigătelor, chiuitorilor, făcute de focurile de armă etc., în locurile susceptibile la avalanșe (Bădescu, 1972). Referitor la culoarele de transport a buștenilor, deoarece favorizează declanșarea avalanșelor, ele trebuie limitate ca număr și amenajate corespunzător după terminarea exploatarei masei lemnoase.

Dintre **lucrările necesare prevenirii avalanșelor** se remarcă: împădurirea suprafețelor de pe care se spulberă zăpada (dacă altitudinea permite acest lucru); împădurirea culoarelor de avalanșă; realizarea de perdele de protecție, care prin diminuarea vitezei vântului contribuie la reducerea cantității de zăpadă spulberată; executarea de elemente pentru devierea zăpezii spulberate spre suprafețe unde, chiar dacă se acumulează, în cantități considerabile, nu se poate deplasa sub formă de avalanșe (păduri, stâncării bine consolidate etc.); efectuarea de lucrări de oprire și de stabilizare a zăpezii, în perimetrele de unde pornesc avalanșele (Bădescu, 1972).

Folosirea mijloacelor biologice de tipul arborilor și arbuștilor, pentru prevenirea avalanșelor, trebuie făcută ținând cont de limita naturală de altitudine până la care se pot planta speciile alese. La altitudini superioare acestei limite, fixarea și reținerea zăpezii pe suprafața terenului se poate realiza doar prin intermediul unor elemente prefabricate de beton, metal, lemn, plastic sau alte materiale.

Toate materialele necesare prevenirii avalanșelor, fie că este vorba de cele biologice sau cele antropice, trebuie atent selecționate și pregătite, pentru a putea fi transportate în condiții de teren foarte grele (datorită reliefului accidentat), pe fondul lipsei drumurilor și a temperaturilor scăzute, chiar și în timpul sezonului estival.

În categoria acțiunilor de prevenire, a pagubelor produse de avalanșe, se includ și cele care urmăresc declanșarea dirijată a acestora prin explozie (Moțoiu, 2009). Aplicarea explozibilului se poate face manual, prin intermediul artileriei, cu elicopterul sau folosind explozia cu ajutorul gazelor (Moțoiu, 2009).

Un sistem de declanșare pe bază de gaze, denumit Gazex (fig. 7. 2), a fost patentat de compania franceză T.A.S. (Technologie Alpine de Sécurité) în 1989, după 15 ani de experimente de control al avalanșelor; sistemul este proiectat pentru a declanșa avalanșele în mod forțat, prin explozia unei amestecuri de oxigen și propan (Gridina et al., 2024). Eficiența sistemului este maximă atunci când zăpada este proaspătă și conține mult aer (fig. 7. 3). Un alt sistem asemănător este cel intitulat Daisy Bell, care pentru explozie folosește un amestec de oxigen-hidrogen. Dispozitivul constă dintr-un con metallic pe care este fixat echipamentul special (un fel de clopot atașat de un elicopter printr-un cablu) și o unitate de control aflată la distanță (Gridina et al., 2024). Avantajul acestui dispozitiv este că poate fi utilizat în locuri greu accesibile.

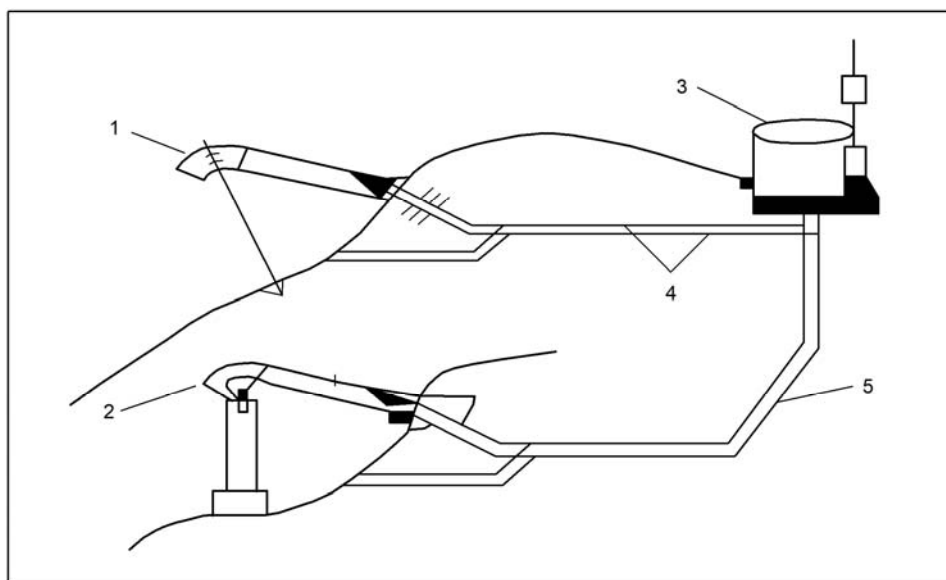


Fig. 7. 2. Sistemul Gazex; 1 - tun cu gaz standard; 2 - tun inercial cu gaz; 3 - caponnier; 4 - conducte; 5 - tevi din plastic (Guidance Document PД 52.37.659-2004, 2004, citat de Gridina et al., 2024, p. 149)

În categoria dispozitivelor de declanșare automată a avalanșelor se înscriu și tunurile de avalanșă; cele mai cunoscute dintre acestea sunt: Turnul de Avalanșe Inauen-Schätti și Avalanche Guard (inițial Doppelmayr Avalanche Guard), Turnul de Avalanșe Wyssen și Avalancheur (Stoffel et al., 2015). Pentru declanșarea avalanșelor se pot folosi diverse elemente pirotehnice sau sania de declanșare.



Fig. 7. 3. Tun cu gaz, de tip Gazex, pentru declanșarea dirijată a avalanșelor (Rapin, 2003, citat de Moțoiu, 2009, p. 198)

Declanșarea dirijată a avalanșelor, care de obicei sunt de mici dimensiuni (nu se ajunge la acumularea unei cantități impresionante de zăpadă, dacă se declanșează după fiecare ninsoare abundentă) și nepericuloase, se face în zone libere de orice activitate, care se închid temporar (Moțoiu, 2009). De asemenea, tot ca element de prevenire a pagubelor produse de avalanșe este și modul de realizare a construcțiilor, care trebuie edificate independent de riscul de avalanșă (Moțoiu, 2009) sau acesta să fie minim, dacă terenul permite acest lucru.

7.3. COMBATEREA AVALANȘELOR

Majoritatea culoarelor de avalanșă sunt anterioare intervenției antropice, în etajele alpine și subalpine ale munților, exceptându-le pe cele care s-au format ulterior despăduririlor, a transportului buștenilor pe suprafețe înclinate etc. În aceste condiții cea mai mare pondere a lucrărilor de amenajare a terenurilor afectate de avalanșe, fac parte din categoria celor de combatere.

După cum am mai menționat, activitățile de combatere a avalanșelor au devenit tot mai necesare, pe măsură ce omul a amenajat, în diverse scopuri economice, terenuri aflate la partea inferioară a suprafețelor susceptibile la avalanșe sau chiar terenuri pe care se produc în mod constant avalanșe. Spre exemplificare, pot fi menționate pârtiile pentru sporturi de iarnă, aflate la limita superioară a pădurii sau a etajului jnepenilor.

Obiectivul esențial, al lucrărilor de combatere a avalanșelor, îl constituie anularea condițiilor care făceau posibilă declanșarea lor, iar dacă acest lucru nu este posibil pagubele să fie diminuate cât mai mult. De asemenea, prin astfel de amenajări, chiar dacă declanșarea avalanșelor nu poate fi evitată în totalitate, amplasarea lor poate să devină mai redusă și să se repete la intervale mai mari.

Lucrările de combatere a avalanșelor fiind din categoria infrastructurii montane pe lângă că trebuie să fie de calitate este necesar să fie realizate din materiale rezistente, tocmai pentru a asigura o protecție a terenurilor și obiectivelor pe termen lung (Pudasaini și Hutter, 2007).

Pentru punerea în practică a acestor cerințe trebuie îndeplinite următoarele: evitarea spulberării zăpezii sau direcționarea ei spre suprafețe unde nu există pericolul declanșării de avalanșe; evitarea desprinderii zăpezii acumulate; realizarea de obstacole, pe terenurile pe care se deplasează zăpada, în scopul frânării, opririi sau devierii avalanșelor înainte de a produce pagube (Bădescu, 1972).

Lucrările pentru combaterea avalanșelor se diferențiază în funcție de locul unde sunt probleme (Pudasaini și Hutter, 2007). Se deosebesc în acest sens următoarele tipuri de lucrări: pe suprafața de spulberare a zăpezii, pe suprafața de acumulare a zăpezii, în culoarele de avalanșă și lucrări de apărare directă.

Pornind de la funcția de care o îndeplinesc aceste lucrări se împart în active (reduc frecvența avalanșelor periculoase și diminuează intensitatea avalanșelor) și pasive (reduc daunele și vulnerabilitatea obiectivelor expuse riscului) (Sauermoser et al., 2015).

Conform acestor criterii, primele trei categorii de lucrări fac parte din categoria celor active, în timp ce lucrările de apărare directă sunt din categoria celor pasive.

Lucrările de pe suprafața de spulberare a zăpezii sunt necesare pentru a menține zăpada stabilă la nivelul terenului. Astfel de lucrări se pretează pe de culmi montane, platouri și poieni lipsite de vegetație forestieră, localizate pe versanții expuși vântului. Pentru a limita cantitatea de zăpadă spulberată trebuie puse în practică următoarele lucrări de combatere a avalanșelor: împăduriri, lucrări deflectoare, lucrări masive.

Lucrările de împădurire reprezintă mijlocul cel mai eficient și în același timp de durată, pentru a combate spulberarea zăpezii, atunci când terenul se găsește sub limita altitudinală superioară de creștere a vegetației forestiere (Bădescu, 1972). Prin prezența lui fiecare arbore devine un obstacol eficient, care se opune spulberării și deplasării zăpezii. Pădurile, dar și plantațiile, îndeplinesc astfel funcții de protecție și pot influența semnificativ formarea, dimensiunea și chiar extinderea avalanșelor; formarea avalanșelor, frecvența și intensitatea (magnitudinea) lor, sunt, de asemenea, dependente de structura pădurilor (Nairz et al., 2015).

De exemplu, în Munții Carpați, realizarea plantațiilor forestiere trebuie făcută prin puiți viguroși, din specii corespunzătoare, fiindcă solul este subțire, scheletic și sărac în elemente nutritive. Din acest motiv este indicat ca puiții să fie puși în

gropi cu pământ de împrumut, în pungi de material plastic sau în ghivece nutritive (Bădescu, 1972). Pentru rezultate bune este necesară realizarea unor arborete de amestec (rășinoase cu foioase), prin utilizarea următoarelor speciilor: pin, larice, molid, brad, aninul verde, paltinul de munte, mesteacănul, scorușul; este recomandat un număr de 6.000 – 10.000 puiți la hectar, plantați la adăpostul unor mici banchete de piatră uscată sau prefabricate de beton de 30 – 50 cm înălțime, perpendiculare pe direcția vântului, care determină spulberarea zăpezii (Bădescu, 1972).

Pornind de la aceste cerințe, o pădure de protecție, în zona de formare a avalanșelor (nivel subalpin și montan-înalt), trebuie să aibă în componență preponderent conifere perene, un grad de acoperire de cel puțin 50%, iar golurile dintre copaci să nu fie mai mari de 50 m, pe linia de cădere (Nairz et al., 2015).

Lucrările deflectoare se recomandă pe terenurile expuse vânturilor puternice, pentru a limita spulberarea zăpezii. Reprezentative în acest sens sunt gardurile deflectoare confecționate din scânduri, oțel, fâșii de tablă, plase de sârmă prinse pe cabluri (fig. 7. 4) susținute de piloți metalici; rolul acestora este de a reține zăpada și a provoca depunerea ei, pe terenuri cu înclinări sub 25° , de pe care să nu se mai poate desprinde și aluneca sub formă de avalanșe (Bădescu, 1972).

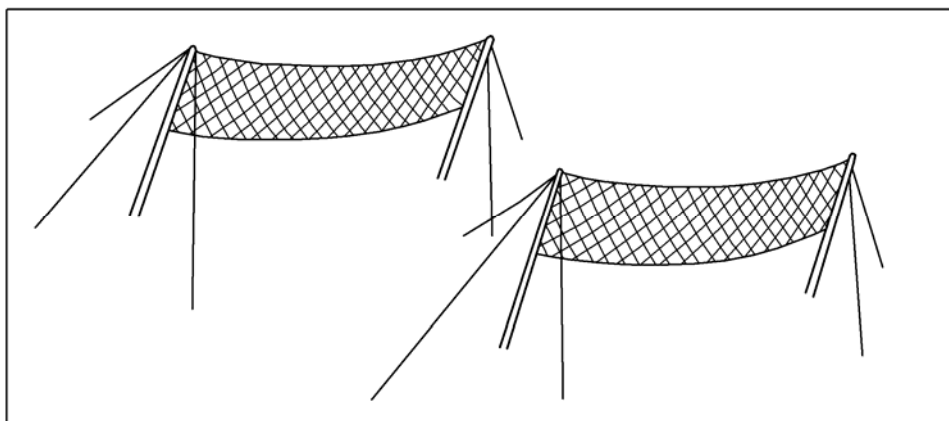


Fig. 7. 4. Panouri deflectoare construite din plasă de sârmă (Bădescu, 1972, p. 377)

În condițiile în care pe zona amenajată cu garduri deflectoare se dorește realizarea de plantații forestiere sau cu arbuști ori extinderea pe cale naturală a vegetației, se recomandă ca acestea să fie confecționate din lemn. Motivul constă în faptul că au o durată de viață mai redusă, putând fi integrate în covorul vegetal, fără să mai fie nevoie de lucrări de demontare, ca în situația în care ar fi fost realizate din oțel (Poratelli et al., 2002).

Tot în categoria lucrărilor deflectoare se includ și panourile simple (cu sau fără fantă la sol), care contribuie la formarea de turbioane locale, care să conducă la depunerea zăpezii în straturi neuniforme, tocmai pentru a se evita presiunile prea mari,

care pot contribui la declanșarea avalanșelor. Astfel de lucrări deflectoare s-au amplasat pe versantul stâng al Văii Bălea, pentru protecția Transfăgărășanului (DN7C).

În categoria lucrărilor deflectoare se includ și duza de zăpadă (fig. 7. 5); aceasta are rolul de a crește viteza vântului pe suprafețele pe care ar avea loc în mod normal acumularea zăpezii pulberate (Moțoiu, 2009). Conform autoarei citate, duza de zăpadă se amplasează pe suprafețele de declanșare a avalanșelor, evitându-se în acest mod formarea cornișelor.

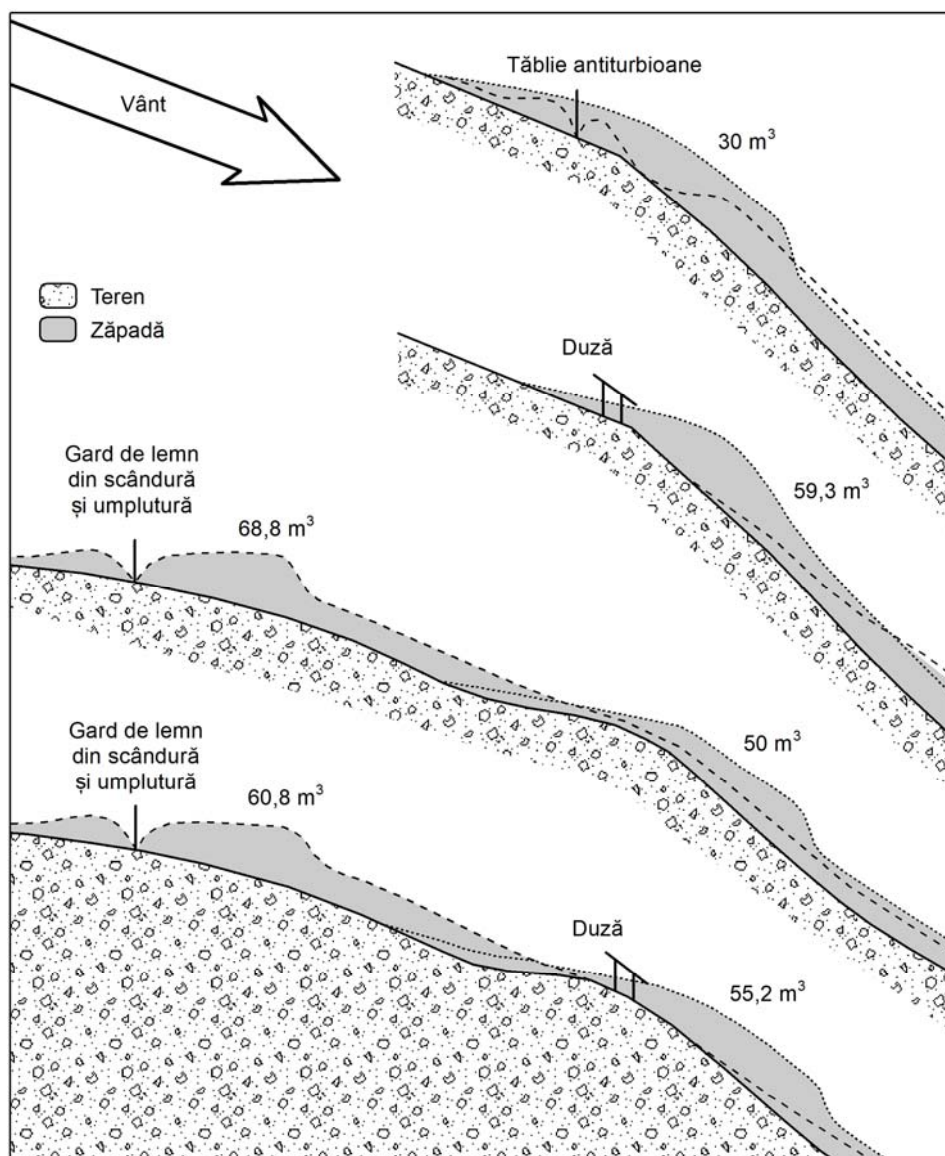


Fig. 7. 5. Efectul lucrărilor antiturbionare (Klemaier, 2002, citat de Moțoiu, 2009, p. 190)

Lucrări masive se efectuează prin folosirea materialelor locale, reprezentate îndeosebi de pământ și piatră; în categoria lor se includ:

- *terasările* – sunt indicate dacă suprafața de spulberare a zăpezii se află la partea superioară a limitei naturale a vegetației forestiere; în astfel de condiții, introducerea artificială a pădurii are șanse reduse, în a reprezenta un obstacol eficient în calea spulberării zăpezii. Terasele pot fi simple sau sprijinite cu banchete din zidărie de piatră uscată; ele sunt utile atât iarna (împiedică spulberarea zăpezii, care rămâne compartimentată la suprafața terenului, sporindu-i rugozitatea prin terasare, cât și vara (frânează scurgerea apei pe versant și eroziunea, contribuind la instalarea vegetației erbacee; lățimea lor variază invers cu înclinarea terenului, fiind cu atât mai late cu cât panta este mai redusă (fig. 7. 6). De exemplu, pentru valori ale pantei cuprinse între 25 – 35%, lățimea variază între 2 – 3 m, pentru pante de 35 – 50% lățimea teraselor este cuprinsă între 1,5 – 2 m, iar dacă pantele sunt și mai mari lățimea se reduce până la 50 – 60 cm (Bădescu, 1972). De asemenea, distanțele dintre terase variază și ele cu panta, iar înălțimea lor poate fi cuprinsă între 0,6 și 6 m, în funcție de condițiile locale (lățimea terasei, cantitatea de zăpadă care trebuie fixată și abundența sau lipsa materialelor locale, reprezentate îndeosebi de piatră);

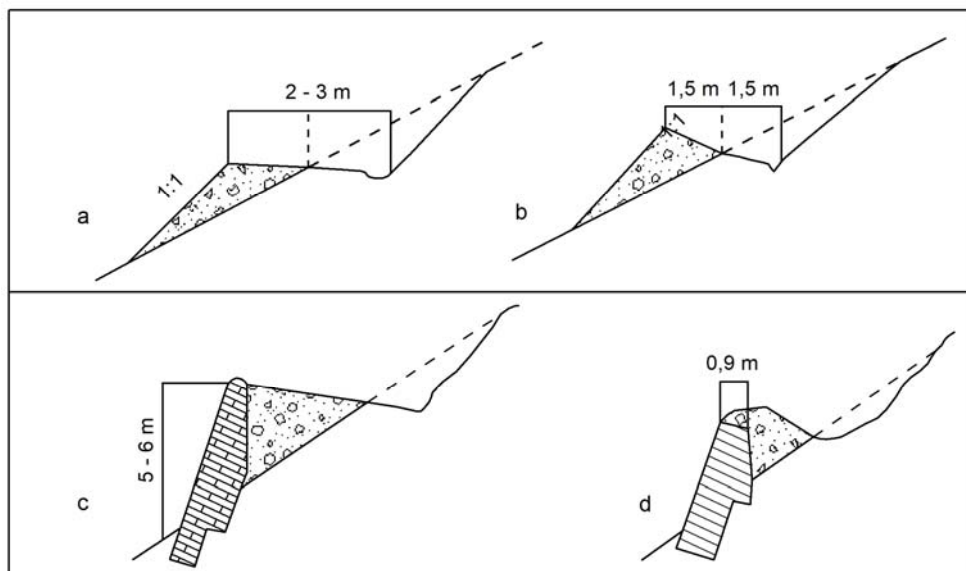


Fig. 7. 6. Terasے pentru stabilizarea zăpezii; a și b – terase simple; c și d – terase sprijinite cu zidărie uscată (Bădescu, 1972, p. 378)

- *zidurile de stabilizare* - se utilizează în condiții dificile, cu relief mai accidentat și expus unor acumulări consistente de zăpadă; în componența lor intră

blocuri mari de piatră a căror greutate depășește 50 kg (fig. 7. 7); prezența zidurilor de stabilizare determină ca zona de spulberare să fie transformată într-una de reținere și compartimentare a zăpezii (Bădescu, 1972);

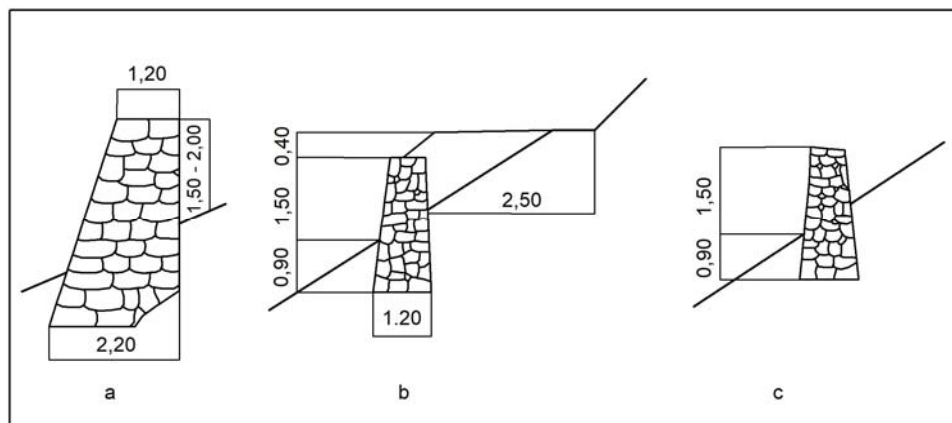


Fig. 7. 7. Ziduri pentru stabilizarea zăpezii; a – din zidărie uscată; b – din zidărie uscată cu rambleu în amonte; c – din zidărie cu mortar (Bădescu, 1972, p. 379)

- *zidurile de deviere* - au misiunea de a direcționa zăpada spulberată spre terenuri pe care o dată acumulată, datorită morfologiei substratului nu mai constituie un pericol de avalanșe (fig. 7. 8).

Lucrările, care controlează modul de acumulare a zăpezii și cele care au rolul de susținere a zăpezii, se completează unele pe altele motiv pentru care, în cadrul schemelor de amenajare a suprafețelor susceptibile la avalanșe se construiesc împreună (Schilcher et al., 2015).

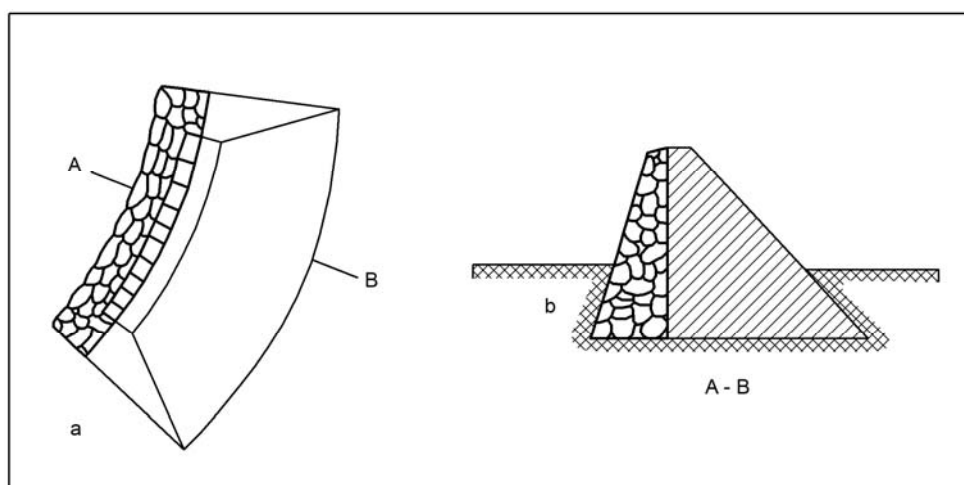


Fig. 7. 8. Ziduri de deviere a zăpezii, vedere de sus și secțiune (Bădescu, 1972, p. 379)

Lucrările de pe suprafața de acumulare a zăpezii sunt foarte indispensabile deoarece pe astfel de terenuri, reprezentate mai ales de depresiuni și povârnișuri, zăpada se acumulează în mod natural, sau ca urmare a lucrărilor executate în acest sens; din astfel de considerente lucrările trebuie să fie rezistente (pentru a face față presiunii în creștere a zăpezii), iar înălțimea este obligatoriu să depășească nivelul celor mai înalte zăpezi, pentru a nu rămâne niciodată sub stratul de zăpadă, care ar putea astfel aluneca peste lucrări (Bădescu, 1972). Dintre lucrări de acest tip se evidențiază cele de împădurire și în șarpantă.

Lucrările de împădurire sunt necesare în situația în care condițiile climatice și de sol sunt favorabile instalării vegetației forestiere, care după cum s-a mai notat sunt deosebit eficiente în menținerea stabilității stratului de zăpadă, pe suprafața terenului. Pentru înființarea plantațiilor forestiere se recomandă utilizarea de puieți repicați și corespunzător dezvoltăți (Bădescu, 1972), din specii care cresc în mod natural la altitudinile la care se realizează lucrările de amenajare. Eficacitatea plantațiilor devine maximă abia după 25 - 35 de ani, motiv pentru care pe aceste suprafețe zăpada poate crea probleme în continuare. Până să ajungă la maturitate plantația trebuie protejată corespunzător prin lucrări specifice, tocmai pentru a nu fi distrusă de avalanșe.

Mai trebuie reținut că pădurea nu poate opri o avalanșă, declanșată la partea ei superioară. Dimpotrivă, masa lemnoasă antrenată de avalanșă conduce la sporirea pagubelor prin efectul de perforare a construcțiilor (Moțoiu, 2009).

Lucrările în șarpantă se folosesc pe suprafețele pe care nu se pot amenaja prin terasare sau împădurire, datorită pantei și a lipsei de materiale locale. Pentru a surmonta astfel de dificultăți tehnica actuală permite combaterea avalanșelor prin intermediul lucrărilor în șarpantă. Acestea au suprafața de reazim prevăzută cu spații libere, fapt care permite realizarea lor din materiale ușoare și de volum redus (lemn, profiluri metalice din fier oțel, aliaje de aluminiu, plasă de sârmă, mase plastice rezistente etc.) (Bădescu, 1972).

Elementele de combatere, care se pot realiza din astfel de materiale, sunt reprezentate de *platforme sau poduri de zăpadă, greble și plase sau grile din cabluri*. Ele sunt lucrări de protecție activă, care datorită spațiilor libere au posibilitatea să rețină zăpada și să elimine posibilitatea deplasării ei.

Astfel de lucrări se numesc poduri sau platforme (atunci când tablierul - partea care se opune zăpezii - este confecționat din elemente paralele cu terenul, care sunt în același timp solidarizate între ele prin montanți) și greble (când elementele tablierului sunt perpendiculare pe teren, fiind solidarizate prin longrine (Bădescu, 1972) (fig. 7. 9 și 7. 10).

Când sunt realizate din lemn platformele și greblele sunt compuse din elemente de lemn rotund (8 cm diametru) sau ecarisat (secțiune 6/8 cm) fixate pe longrine sau montanți de același format (diametru de 10 cm sau secțiune de 8/10 cm)

(Bădescu, 1972). Conform autorului citat, tablierele se fixează cu partea inferioară pe teren, unde sunt sprijinite prin piloți scurți, în timp ce partea superioară se sprijină pe montanți individuali (diametru de 10 cm sau secțiune de 10/13 cm) îngropați în pământ sau pe montanți sub formă de V, încastrați în fundație de beton.

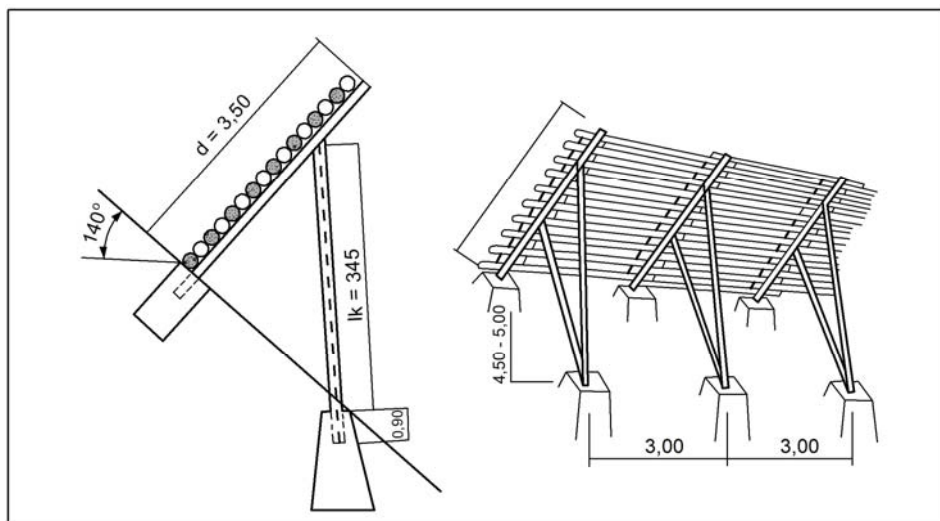


Fig. 7. 9. Platforme din lemn pentru reținerea zăpezii (Bădescu, 1972, p. 380)

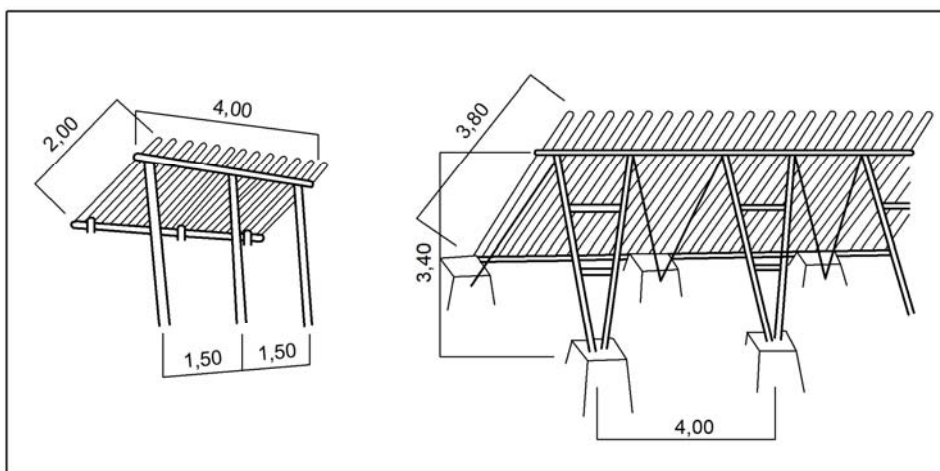


Fig. 7. 10. Greble din lemn pentru reținerea zăpezii (Bădescu, 1972, p. 381)

Deoarece sunt realizate din lemn aceste lucrări necesită o întreținere corespunzătoare, care presupune ungerea anuală cu emulsii gudronate sau alte substanțe care le ferește de putrezire; în același timp, pentru o bună funcționare a lor elementele degradate de trebuie înlocuite periodic.

Dacă sunt confecționate din metal, platformele și greblele au în componență țevi cu diferite profile; avantajul folosirii acestora rezidă atât din faptul că elementele prefabricate sunt ușor de asamblat, cât și din durabilitatea îndelungată, care nu necesită întrețineri costisitoare. Podurile de zăpadă din oțel sunt montate predominant pentru o grosime a zăpezii între 2,5 și 4,5 metri, iar în cazuri speciale până la 5 metri (Schilcher et al., 2015).

Plasele sau grilele din cabluri de oțel galvanizat sunt lucrări realizate din împletituri dreptunghiulare, prevăzute cu ochiuri pătrate sau rombice, împreunate câte trei sau câte cinci, pentru a forma plase continue, prinse pe stâlpi articulați din tuburi de oțel (Bădescu, 1972); astfel de lucrări sunt eficiente pe suprafețe de teren cu valori reduse și medii ale declivității (fig. 7. 11). Plasele sau grilele moderne sunt prevăzute cu sisteme care permit ridicarea plaselor pe stâlpii de ancorare, după ce zăpada s-a acumulat sub ele, ceea ce face ca elementele care rețin zăpada să nu fie îngropate și astfel să li se reducă eficiența. Elemente constructive de acest gen se întâlnesc pe Valea Bălea, în Munții Făgăraș.

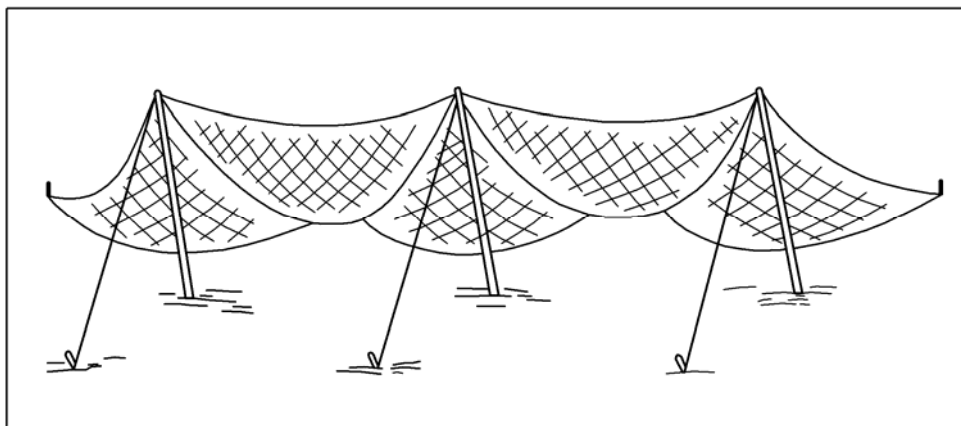


Fig. 7. 11. Plase din cabluri de oțel galvanizat (Bădescu, 1972, p. 383)

Rolul acestor lucrări este de a menține zăpada acumulată pe suprafața terenului, tocmai pentru a reduce semnificativ probabilitatea de declanșare a avalanșei. Chiar dacă sunt posibile deplasări reduse de zăpadă, lucrările menționate vor împiedica evoluția lor spre avalanșe distrugătoare, care pot provoca daune inclusiv structurilor tehnice de apărare, existente în culoarele de avalanșă și la partea inferioară a acestora (Schilcher et al., 2015).

Lucrările din culoarele avalanșelor, cu excepția împăduririlor, au caracter de protecție pasivă, deoarece combat doar efectele avalanșelor, fără a împiedica producerea lor.

Obiectivul principal al lucrărilor este creșterea rugozității terenului. În acest mod se contribuie la frânarea avalanșelor declanșate, la oprirea lor sau după caz chiar

la devierea lor; astfel de lucrări trebuie să facă față unor presiuni din ce în ce mai mari, exercitate de deplasarea concentrată a zăpezii acumulate în amonte (Bădescu, 1972).

Raportat la poziția ocupată în culoarul de avalanșă și la rezistența pe care o au, conform autorului citat, se disting următoarele categorii de lucrări.

Mușuroaiele și conurile de pământ se realizează în partea superioară a culoarului și au ca scop principal mărirea suprafeței de contact a zăpezii cu substratul, pentru a măări rugozitatea acestuia (Pudasaini și Hutter, 2007). Mușuroaiele și conurile se dispun în chinconz (de exemplu, fiecare mușuroi dintr-un rând va fi situat în mijlocul distanței dintre mușuroaiele de pe rândul vecin, formând cu ele un triunghi), la distanțe de 4 – 7 m, pentru mușuroaie înalte de 0,5 – 0,8 m, respectiv la 5 – 10 m pentru conuri cu înălțime de 1 – 1,5 m; în scopul unei rezistențe sporite ele se clădesc în jurul unui par bătut în pământ, iar suprafața exterioară a conurilor mari, care pot merge până la 5 m înălțime, se acoperă cu zidărie uscată (Bădescu, 1972; Pudasaini și Hutter, 2007) (fig. 7. 12).

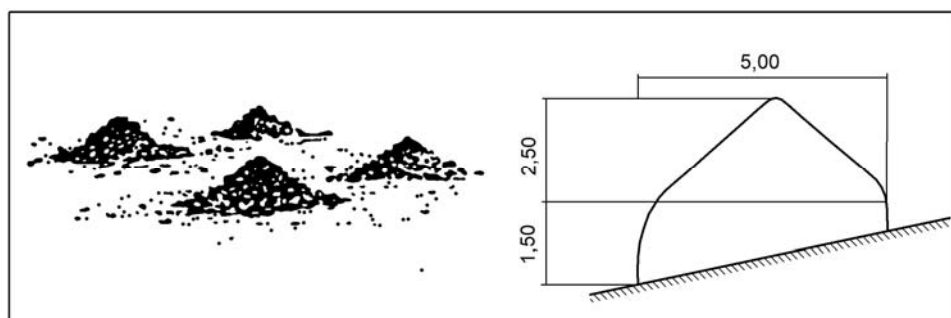


Fig. 7. 12. Mușuroaie și con de pământ (Bădescu, 1972, p. 384)

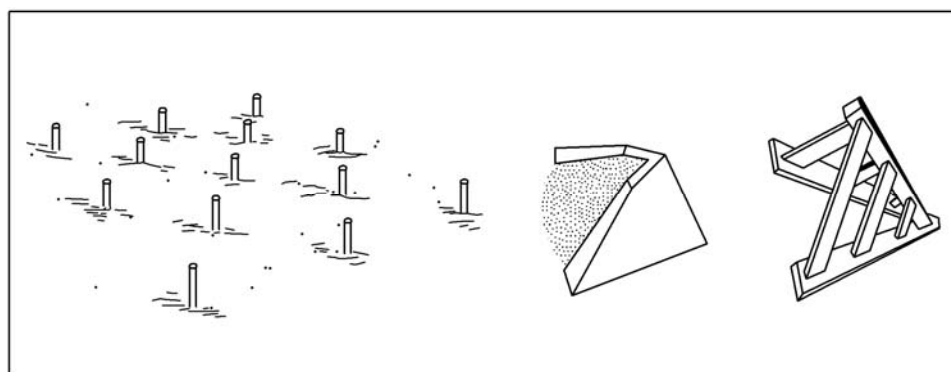


Fig. 7. 13. Stâlpi și capre de frânare a avalanșelor (Bădescu, 1972, p. 384)

Stâlpii și caprele de frânare se confecționează din lemn sau prefabricate din beton; ele au înălțimi de 2 – 3 m și se amplasează în partea superioară a culoarului avalanșei, unde au rolul de a sporii aderența la teren și frecarea internă a zăpezii

acumulate, de a întrerupe masa acestora și de a-i stopa deplasarea în stadiul incipient; în același timp stâlpii și caprele de frânare contribuie la spargerea masei de zăpadă și la oprirea deplasării ei într-un stadiu incipient, determinând pe această cale îngheșuirea zăpezii, între șirurile de stâlpi și capre, pentru ca masa de zăpadă să formeze un tot compact, împreună cu sistemul de lucrări, din care să nu se mai poată desprinde (Bădescu, 1972) (fig. 7. 13).

Digurile de pământ sunt lucrări de oprire sau deviere a avalanșelor, realizate din pământ, cu paramentul amonte căptușit cu pereu de zidărie uscată sau cu anrocamente de piatră brută; în secțiune transversală digurile sunt de forma unui trapez isoscel și trebuie să aibă înălțimi de până la 4 -5 m, în condițiile în care se amplasează pe culoarele de avalanșă din Munții Carpați (Bădescu, 1972). Conform autorului citat, prin intermediul digurilor de pământ se pot apăra și obiective izolate, dacă ele sunt folosite ca mijloace de deviere a zăpezii; în astfel de situații unghiul de deviere nu trebuie să depășească valori de 60° , față de direcția de deplasare a avalanșelor.

Zidurile de piatră se execută din zidărie uscată sau din blocuri de piatră și au secțiuni mai suple decât digurile de pământ, tocmai pentru a se realiza economii de materiale (fig. 7. 14). Rolul principal al zidurilor de piatră este de a devia avalanșele.

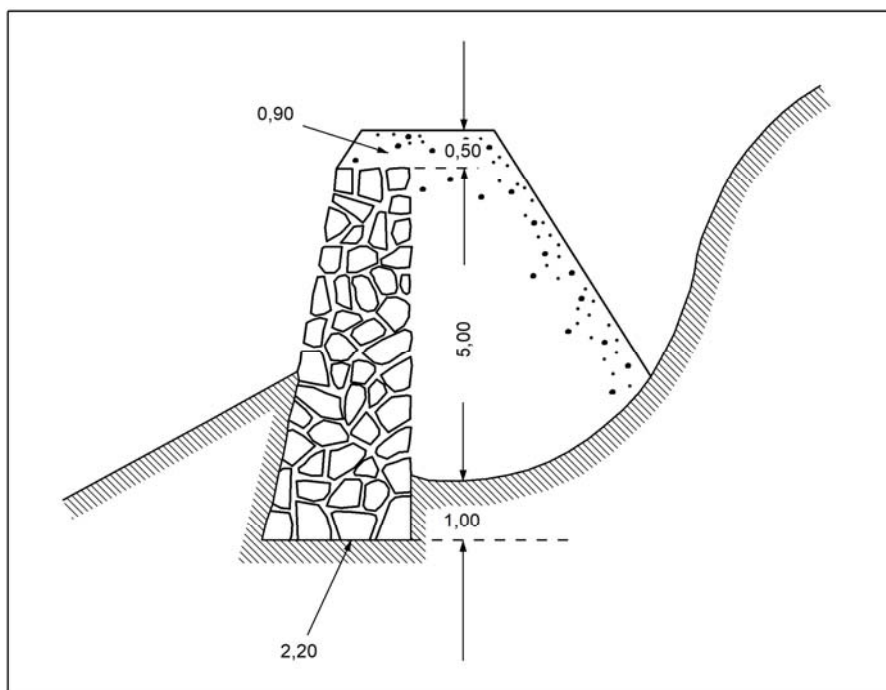


Fig. 7. 14. Ziduri de oprire a avalanșelor (Bădescu, 1972, p. 384)

Barajele de oprire sunt similare cu cele utilizate pentru combaterea torenților, deosebindu-se totuși de acestea prin golurile lăsate în corpul lor, pentru evacuarea apei

rezultate din topirea zăpezii reținute în spatele lor. Pentru ca un baraj de oprire (dig de captare) să fie eficient, înălțimea lui, și plasarea în calea avalanșei, trebuie să fie corect dimensionată. Din astfel de motive, barajele de oprire se construiesc doar în locuri unde viteza avalanșei este deja mică; dacă acest lucru nu este posibil trebuie păstrată o distanță de siguranță față de obiectele protejate (Schilcher et al., 2015). Conform autorilor citați, prin astfel de lucrări avalanșele pot fi captate și reținute în întregime, dar și o reținere parțială, în cazul unei depășiri ușoare a barajului poate fi, de asemenea, parte a unui concept de siguranță.

Scopul ultimelor trei tipuri de lucrări, care se remarcă prin rezistență și masivitate, este acela de a opri definitiv deplasarea zăpezii.

Lucrările de apărare directă sau pasivă au preponderent rolul de a atenua consecințele unui potențial pericol de avalanșă (Sauermoser et al., 2015). Din acest motiv ele se amplasează în apropierea unor obiective foarte importante, care trebuie să fie în deplină siguranță, față de pagubele care pot fi provocate de avalanșe.

Lucrările din această categorie se recomandă când pentru protecția unor obiective individuale nu este posibilă, din motive economice, amenajarea zonei de desprindere și declanșare a avalanșelor (Suda et al., 2015).

În vederea protejării față de avalanșele prăfoase, a obiectivelor situate la altitudini mari (stații meteorologice, relee, cabane etc.) se construiesc pineni sau turnuri deflectoare (fig. 7. 15 și fig. 7. 16); acestea sunt construcții masive edificate din pământ (îmbrăcate în pereuri din zidărie sau beton), de forma unei piramide sau trunchi de piramidă triunghiulară, dispuse pe partea opusă vântului dominant sau direcției din care vin avalanșele (Bădescu, 1972). Aceste lucrări se mai numesc și despicătoare de avalanșe, iar unghiul format între laturile piramidei, dinspre partea din care vine zăpada, este de 60° (Moțoiu, 2009).

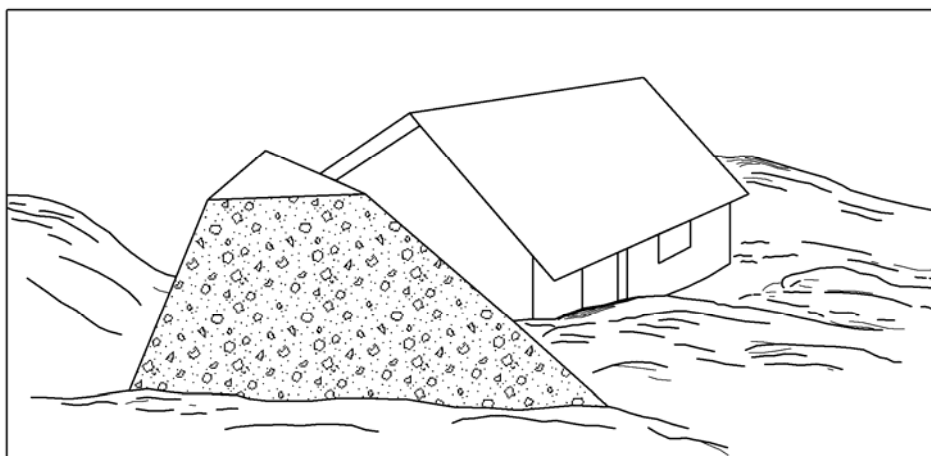


Fig. 7. 15. Turn deflector în formă de piramidă pentru apărarea unei cabane contra avalanșelor (Bădescu, 1972, p. 388)

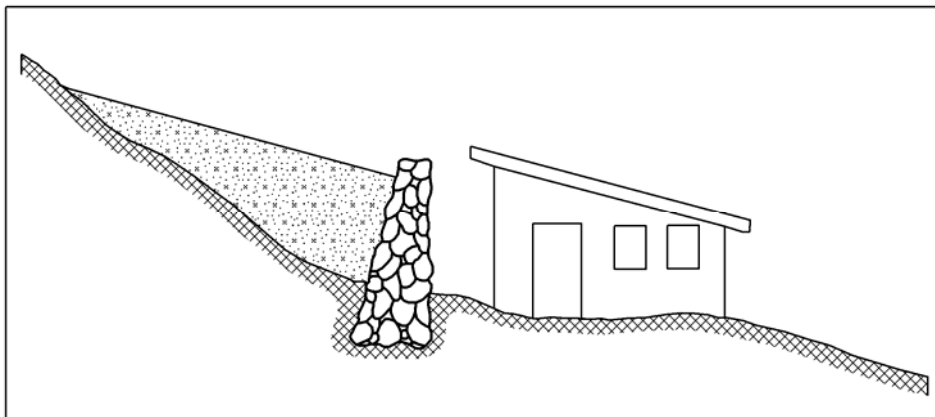


Fig. 7. 16. Zid de piatră cu mortar pentru apărarea unui refugiu contra avalanșelor (Bădescu, 1972, p. 388)

În același scop se pot utiliza și ziduri de piatră cu mortar sau ziduri din beton, rambleiate în amonte, care îndreaptă zăpada pe deasupra obiectivului protejat. Pentru protecția drumurilor și căilor ferate, afectate de avalanșe, se folosesc galeriile trambulină, pe sub care căile de comunicație trec ca prin tunel (Gutierrez, 2005; Pudasaini și Hutter, 2007). Galeriiile se realizează din tabliere de beton armat, susținute de stâlpi de zidărie masivă sau tot din beton armat (Bădescu, 1972). Astfel de lucrări sunt relativ ușor de realizat, deoarece elementele componente se transportă la locul amplasării prin intermediul căilor de comunicații, pe care trebuie să le apere de avalanșe. Astfel de elemente se folosesc în Munții Făgăraș pentru protecția Transfăgărășanului, contra avalanșelor.

Dacă un drum sau o cale ferată traversează un culoar de avalanșă la o înălțime suficient de mare, calea de comunicație poate fi protejată cu un pod de tip țevă, adică cu un pasaj complet închis (Schilcher et al., 2015).

Indiferent de tipul lucrărilor, dimensiunea și extensiunea acestora se va face pornind de la condițiile locale (condiții climatice, grosimea stratului de zăpadă, pantă, modul de utilizare al terenurilor etc.) și de la caracteristicile obiectivelor care trebuie protejate (Margreth et al., 2015). În multe cazuri, la grosimi ale stratului de zăpadă de peste 10 m, care este antrenat de avalanșe umede, chiar dacă lucrările au fost obiectiv dimensionate ele sunt deteriorate parțial, iar unele obiective care trebuie protejate ajung să suporte daune.

Construcțiile realizate pe terenuri afectate de avalanșe trebuie să respecte câteva norme arhitectonice antiavalanșă: să fie prevăzute cu zid de beton în amonte, cu acoperiș înclinat amonte, iar ușile și ferestrele trebuie amplasate pe latura opusă părții de unde vine avalanșa etc. (Moțoiu, 2009).

Toate aceste lucrări trebuie întreținute cu regularitate tocmai pentru a ne asigura că ele rămân fiabile în continuare (Pudasaini și Hutter, 2007). Cu toate că o parte din

lucrări sunt realizate din beton și oțel, factorii abiotici din mediu contribuie la degradarea lor, fapt care impune monitorizarea lucrărilor și înlocuirea elementelor degradate.

Cele mai numeroase lucrări de combatere a avalanșelor au fost edificate de-a lungul timpului în următoarele țări: Elveția, Franța, Islanda, Austria, Norvegia, S.U.A., Canada, Japonia etc. (Pudasaini și Hutter, 2007). Dintre lucrările de combatere cele mai folosite în aceste țări au fost următoarele: structurile instalate la partea superioară a suprafeței de declanșare, cele de pe suprafețele de desprindere a zăpezii și structurile de deviere și de disipare a zăpezii (Pudasaini și Hutter, 2007).

În majoritatea țărilor în care avalanșele provoacă pagube s-a ajuns ca apărarea împotriva lor să fie un serviciu public, realizat de către stat (organizare, finanțare, executarea lucrărilor de apărare etc.), cu toate că gradul de responsabilitate și sarcinile efective variază considerabil, dacă este să mă refer la diversele tipuri de proprietate a terenurilor. În multe țări montane din Europa, dar și de pe alte continente, cum sunt Polonia, Slovacia, România, Bulgaria, Spania, Marea Britanie, Turcia, China, statele din Anzi, din regiunea Himalaya și Caucaz, apărarea împotriva avalanșelor a câștigat importanță datorită unor evenimente majore (Sauer Moser et al., 2015), soldate cu multe victime.

Concluzii. Cu toate că avalanșele sunt specifice îndeosebi teritoriilor montane, prin pagubele pe care le pot produce, diverselor obiective antropice, ele trebuie prevenite și combătute corespunzător. Multitudinea de acțiuni și măsuri, care se pot pune în practică împotriva lor, atestă că ele au intrat de timpuriu în atenția specialiștilor. Cert este că astfel de măsuri trebuie să însoțească toate amenajările antropice, de pe terenurile susceptibile la avalanșe. Se poate menționa în acest sens tendința deschiderii de noi pârtii de schi, pentru a revigora unele stațiuni montane, care nu întotdeauna sunt însoțite de cele mai adecvate măsuri de prevenire și combatere a avalanșelor. În același timp mulți schiori cad victime avalanșelor deoarece folosesc suprafețe neamenajate în acest sens, pe fondul lipsei de informații despre starea stratului de zăpadă, așa cum sunt ele publicate în buletinele nivometeorologice.

CAPITOLUL 8

PREVENIREA ȘI COMBATERICA EFECTELOR DEZGHEȚULUI PERMAFROSTULUI

8.1. PERMAFROSTUL ȘI FORMELE DE RELIEF ASOCIATE

Permafrostul este strâns legat de condițiile existente în Domeniul Periglaciari. Sub aspect geomorfologic existența acestuia este rezultatul interacțiunii atmosferei și hidrosferei cu substratul geologic și cu învelișul de sol. Este vorba de o interacțiune cu totul aparte, între componentele mediului, context în care atmosfera pune la dispoziție frigul (cel care determină procesul de îngheț permanent al terenului; în același timp ea este caracterizată de o dinamică proprie a maselor de aer, cele care ajută la transportul zăpezii și acicuilor de gheață), iar hidrosfera pune la dispoziție apa, care îngheață și zăpada (Roșian, 2017). Aceștia li se pot adăuga și alte variabile controlate de: relieful preexistent, rocă, structură, vegetație, activitățile antropice etc. (Roșian, 2023).

În astfel de condiții, în regiunile sau etajele montane, unde rolul principal, în modelarea suprafeței terestre, îl are înghețul peren la suprafață (fără formarea ghețurilor din cauza precipitațiilor reduse cantitativ) sau cel din substrat (unde uneori se formează gheață ascunsă), este prezent Domeniul Modelării Periglaciare.

Conceptul de periglaciari a fost folosit pentru prima dată în știință de Lozinski (1909), pentru a indica domeniul de modelare și formele de relief rezultate în vecinătatea ghețurilor din Pleistocen. Trebuie reținut că, în vecinătatea ghețurilor de atunci, dar și de acum, substratul este înghețat, de unde desemnarea acestor terenuri prin denumirea de permafrost.

Chiar dacă s-au utilizat de-a lungul timpului și alte expresii, pentru a indica procesele periglaciare, cum ar fi: paraglaciari (Grahmann, 1932), subnival (Troll, 1944), fenomene crierice (Bauling, 1956) etc., în 1954 Uniunea Internațională de Geofizică a recomandat folosirea termenului de periglaciari, cu înțelesul de procese geomorfologice care determină geneza formelor de relief, prin acțiunea dominantă a îngheț-dezghețului.

Termenul de periglaciari a primit apoi un sens mai complex, prin el indicându-se în prezent condițiile geomorfologice în care acțiunea proceselor de îngheț-dezgheț este dominantă, pe fondul unor temperaturi medii multianuale negative sau de până la + 3 °C, limită până la care se pot produce solifluxiunile.

Semnificația de periglaciari, folosită inițial pentru a indica pozițional teritoriile cu procese specifice climatului, de la periferia calotelor glaciare, a fost astfel extinsă,

pentru a cuprinde și teritorii care au condiții climatice similare, chiar dacă se află la distanțe de 2.000 – 3.000 km, de teritoriile cu substrat veșnic înghețat, deoarece au fost identificate suprafețe noi cu permafrost, în etajele montane.

A fost astfel posibilă delimitarea unor etaje periglaciare și în unitățile montane din zona temperată, așa cum este și în cazul Munților Carpați, unde la altitudini de peste 2.000 m se întâlnesc condițiile unei modelari periglaciare, însoțită de forme de relief specifice (Urdea, 2000).

În Domeniul Periglaciare producerea îngheț-dezghețului și efectele sale depind de: intensitatea sa, de numărul de cicluri și durată. Alături de îngheț-dezgheț se manifestă și alte procese periglaciare (gelifracția, nivația, eolizația, gelifluviația etc.), care în unele situații contribuie la aducerea la zi a permafrostului și la degradarea lui.

Manifestarea procesului de îngheț-dezgheț este strâns legată de modul de comportare a rocilor la variațiile de temperatură în jurul lui 0 °C. Din acest punct de vedere există roci gelive (gresii, conglomerate și calcare) și roci foarte gelive (nisipuri, marne și argile nisipoase).

Permafrostul, alături de condițiile geomorfologice asociate, devine, de cele mai multe ori, sinonim cu modelarea periglaciare. Termenul de permafrost a fost introdus în știință de Muller (1943) ca o abreviere pentru expresia *permanently frozen*. Cu toate că inițial termenul a fost utilizat doar pentru a indica depozitele în care prezența gheții este o realitate, sensul a fost ulterior extins la cel de condiție termică a substratului, care trebuie să aibă o temperatură medie anuală mai mică de 0 °C, cel puțin doi ani consecutiv (French, 2007), indiferent de conținutul său de umiditate sau litologie (pe lângă sol în categoria permafrostului intră și regolitul, depozitele superficiale, gelifracțele, roca de bază etc.).

Variațiile anuale ale temperaturii solului, de la suprafață, se atenuează în primii 10 – 12 m de sediment sau rocă înghețată. Temperatura permafrostului, de la adâncimi mai mari decât acestea, rămâne constantă, pe parcursul anului, variind de obicei între -8 și -13 °C în regiunile cele mai nordice cu permafrost continuu, între -3 și -7 °C în regiunile cu permafrost discontinuu și între 0 și -2 °C atunci când permafrostul este sporadic (Anisimov, 2005).

La modul general **permafrostul** este alcătuit din două orizonturi: *molisolul* (denumit și strat activ, este situat la partea superioară – se deghețea sezonier) și *pergelisolul* (poziționat la partea inferioară – rămâne permanent înghețat). În sens restrâns prin termenul de permafrost se indică doar pergelisolul, adică ceea ce este permanent înghețat.

Dintre acestea, molisolul este supus zilnic, anual sau multianual procesului de îngheț-dezgheț, de unde și denumirea de strat activ, în timp ce pergelisolul rămâne permanent înghețat. Grosimea stratului activ variază de la an la an în funcție de unele

variabile cum sunt: temperatura aerului, orientarea și unghiul pantei, vegetația, drenajul, acoperirea cu zăpadă, tipul de sol sau rocă și conținutul de apă (French, 2007).

În cuprinsul molisolului, a cărui grosime variază între câțiva decimetri și câțiva metri (6 – 8 în Siberia), se observă existența unui suborizont de suprafață, în care îngheț-dezghețul are loc zilnic, îndeosebi la trecerea de la sezonul de iarnă la cel de vară (Ielenicz, 2005). Cealaltă parte a molisolului este reprezentată de un suborizont mai puțin sensibil, la variațiile termice diurne, care se dezgheață doar în sezonul estival, influențând dinamica proceselor care au loc la partea lui superioară (Ielenicz, 2005).

În cadrul permafrostului pot exista areale neînghețate, denumite zone talik (French, 2007). Ele sunt atât efectul căldurii latente, generate în urma trecerii apei din stare lichidă în stare solidă, cât și rezultatul creșterii volumului apei înghețate. În funcție de caracteristicile termice ale fiecărui an, în timpul iernii orizontul activ poate îngheța complet, până la pergelisol, sau poate fi separat de acesta printr-un talik ori printr-un strat rezidual de topire (French, 2007).

Procesul de îngheț-dezgheț este complex, deoarece solul, turba și roca îngheață la rate diferite, în funcție de conductivitatea și conținutul lor de umiditate. Toate acestea nu îngheață pur și simplu atunci când temperaturile scad sub 0 °C, ele fiind adesea într-o stare de super-răcire (Dixon, 2013).

Prin raportare la regimul termic și factorii locali, au fost distinse mai multe tipuri de permafrost (Anisimov, 2005; French, 2007; Dixon, 2013):

- *permafrostul continuu* este caracteristic teritoriilor în care temperatura medie multianuală se menține sub -6 °C. Se evidențiază prin grosimi foarte mari, care frecvent depășesc 100 m, având posibilitatea să ajungă chiar și la 740 m (în Alaka) și 1.500 m (în Siberia) (fig. 8. 1). El formează un areal continuu și are un strat activ cu o grosime redusă, de doar 10 – 100 cm; sub aspect procentual substratul permanent înghețat ocupă peste 90% din suprafața acestor teritorii;

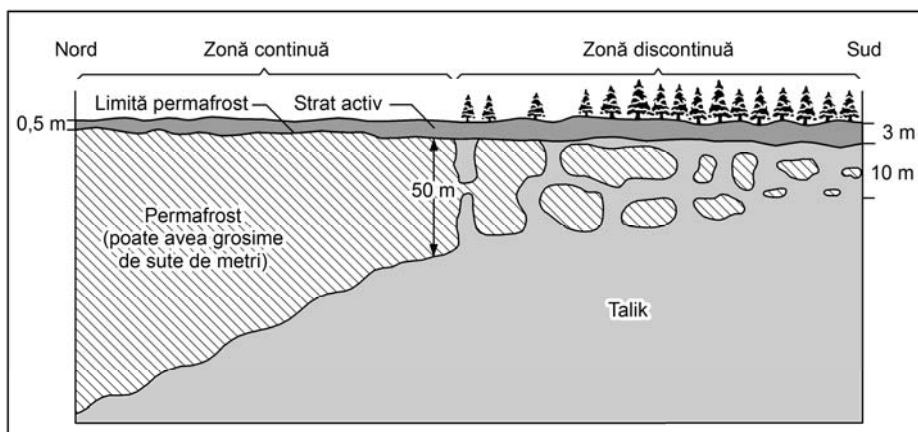


Fig. 8. 1. Profil prin zona de permafrost continuu și discontinuu din Canada (Brown, 1970, citat de Hugget, 2017, p. 316)

- *permafrostul discontinuu* apare insular, în regiunile în care temperatura medie multianuală variază între -6°C și $-1,5^{\circ}\text{C}$; grosimea medie variază de la 25 la 100 m; substratul permanent înghețat ocupă între 50 și 90% din suprafața acestor regiuni;

- *permafrostul sporadic* este specific teritoriilor cu temperaturi medii multianuale cuprinse între -1°C și -2°C ; grosimea medie a acestuia este de 10 – 50 m; substratul permanent înghețat ocupă între 10 și 50% din suprafața lor;

- *permafrostul insular* este caracteristic regiunilor în care substratul permanent înghețat ocupă mai puțin de 10% din suprafață.

Grosimea permafrostului reflectă un set complex de factori de mediu aflați în interacțiune, la care se adaugă temperatura stratului de limită, conductivitatea termică a substratului și fluxul geotermal (Anisimov, 2005; French, 2007).

Alături de aceste tipuri latitudinale există, așa cum am mai menționat, permafrostul montan și permafrostul de platou (Urdea, 2000).

Permafrostul montan, cunoscut și sub denumirile de alpin sau de mare altitudine, este cel existent la altitudini superioare, în zonele de medie și mică latitudine (IPA, 1998, citat de Urdea, 2000). Permafrostul montan prezintă următoarea distribuție pe verticală: etajul permafrostului continuu, etajul permafrostului discontinuu și cel al permafrostului sporadic. În cuprinsul etajului permafrostului discontinuu se poate separa subetajul permafrostului discontinuu extins (widespread discontinuous permafrost), cu o prezență a permafrostului pe mai mult de 50% din suprafață, și subetajul permafrostului discontinuu peticit (patchy discontinuous permafrost), limita dintre aceste subetaje aflându-se la nivelul izotermei de $-4,5^{\circ}\text{C}$ (Urdea, 2000). Deoarece este o consecință a etajării altitudinale, permafrostul montan este influențat de următorii factori: relieful prin altitudine, înclinare și expoziție (cele care introduc anumite particularități morfoclimatice), grosimea și durata stratului de zăpadă, vegetația (are rol de izolator), caracteristicile mineralogice, petrografice, geotehnice și hidrogeologice ale substratului, apreciate sub aspectul transferului de căldură etc. (Urdea, 2000).

Permafrostul de platou este caracteristic îndeosebi Podișului Tibet. Deoarece el este localizat în partea centrală a Asiei, la altitudini de 4.000 – 6.000 m, oferă condiții favorabile pentru menținerea substratului permanent înghețat.

În zonele polare și masivele montane înalte permafrostul ocupă aproximativ 25% din suprafața uscatului (Anisimov, 2005).

Valorile suprafețelor ocupate de permafrost și distribuția lor este următoarea: Emisfera nordică 22,35 mil. km^2 (7,64 mil. km^2 permafrost continuu și 14,71 mil. km^2 permafrost discontinuu); Antarctica 13,21 mil. km^2 (numai permafrost continuu); munții înalți 2,59 mil. km^2 (numai permafrost discontinuu), ceea ce înseamnă, în total, circa 38,15 mil. km^2 (din care, 20,85 mil. km^2 permafrost continuu și 17,30 mil. km^2 permafrost discontinuu) (Washburn, 1979).

Sub aspect regional, cele mai extinse suprafețe cu permafrost se întâlnesc în extremitățile nordice ale Asiei, Americii de Nord, Europei, în Patagonia, în teritoriile fără ghețari din Antarctica (se remarcă în acest sens regiunea McMurdo Dry Valleys), la care se adaugă cele din munții cu altitudini de peste 1.800 din zona temperată și cei cu altitudini de peste 3.000 - 4.000 m din zona caldă.

Comparativ cu situația din prezent, în timpul glaciațiunii din Cuaternar terenurile cu permafrost erau mult mai extinse, atât în Emisfera Nordică (America de Nord, Europa Centrală, Asia Centrală și de Est, Africa de Nord etc.), cât și în Emisfera Sudică (Africa de Sud, Patagonia, Australia de Est, Noua Zeelandă, Tasmania etc.).

Pornind de la distribuția permafrostului și modalitățile lui de formare, respectiv de menținere, în cadrul Domeniului Periglaciari de modelare pot fi deosebite două subdomenii:

- subdomeniul latitudinilor mari, care începe de la limita nordică (în Emisfera Nordică) și sudică (în Emisfera Sudică) a pădurilor latitudinale și se extinde până în domeniul oceanic sau glaciari; manifestarea proceselor periglaciari este condiționată de amplitudinile termice anuale;

- subdomeniul altitudinilor mari sau etajul periglaciari montan este caracterizat de temperaturi medii multianuale ce variază între de +3 și -5 °C; sub aspect altitudinal el începe de la 1.800 m în zona temperată și 3.000 m în cea caldă, iar ciclurile gelive diurne și amplitudinile termice mari dețin rol fundamental în modelarea substratului.

Procesul de îngheț-dezgheț și menținerea solului și a substratului geologic înghețat (ceea ce înseamnă existența permafrostului), pentru anumite perioade, mai lungi sau mai scurte, constituie principala modalitate de afirmare morfogenetică din Domeniul Periglaciari (Roșian, 2023). Procesul de îngheț-dezgheț se manifestă prin următoarele mecanisme: crăparea și sortarea rocilor prin îngheț, degradare terenurilor prin îngheț, crioturbația, ridicarea terenului prin îngheț, solifluxiunea etc.

Gelifracția sau acțiunea îngheț-dezghețului reprezintă cel mai tipic proces geomorfologic din Domeniul Periglaciari; prin intermediul gelifracției are loc dezagregarea rocilor și formarea gelifracturilor.

Cu toate că procesul de îngheț-dezgheț este influențat de numeroase variabile, acțiunea lui asupra substratului se exercită prin transformarea apei din fisuri și porii rocilor în gheață (Mac, 1976). Se evidențiază în acest sens mai multe forme sub care gheața poate să apară: polei, pipkrake (ace de gheață formate pe suprafața terenului, care au la partea superioară fragmente de rocă sau sol), lentile și strate interne, conuri de gheață, pingo etc. (fig. 8. 2).

Prin repetarea procesului de îngheț-dezgheț se ajunge la fisurarea rocilor (frost cracking) și formarea de crăpături pe suprafața terenului, din cauza

contracției termice (fig. 8. 3), care se produce la temperaturi mai scăzute decât cele de îngheț (Rădoane et al., 2001).

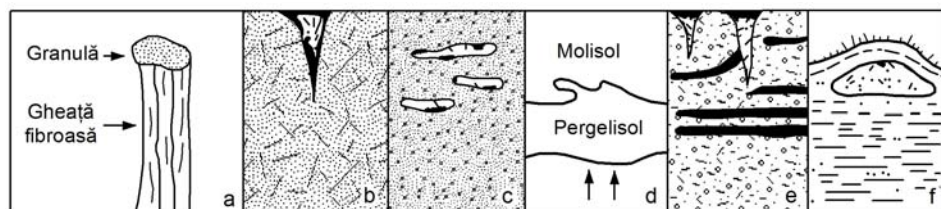


Fig. 8. 2. Forme de gheață în substrat: a – pipkrake; b – pene; c – lentile; d – permafrost; e – pene și fisuri; f – hidrolacolit (Mac, 1976, p. 319)

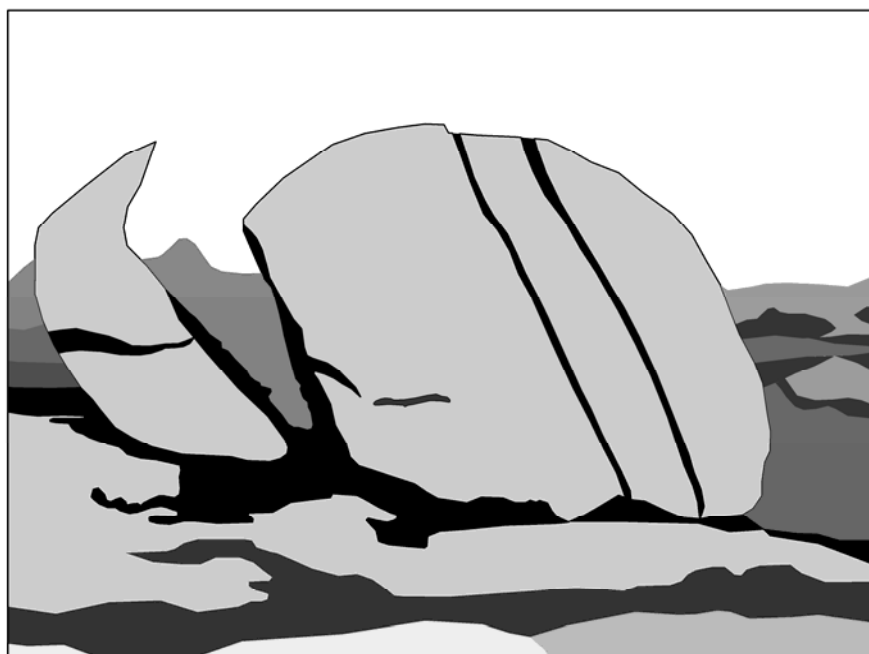


Fig. 8. 3. Fisurarea unui bloc de rocă prin frost-cracking (după Rădoane et al., 2001, p. 225)

Crioturbația este strâns legată de prezența gheții în substrat sau la suprafața acestuia. Sub aspect procesual crioturbația determină apariția tensiunilor mecanice în roci, fapt care va conduce la modificări de poziție, de tipul microcutelor, bombărilor și crăpăturilor (Mac, 1976). Producerea dezghețului duce la apariția apei în stare lichidă, care supraumectând orizonturile de sol și rocă cauzează curgeri și deplasări în masă de tipul solifluxiunilor.

Termenul de crioturbație provine din grecescul *cryos* (rece) și latinescul *turbare* (deranjare) (Rădoane et al., 2001). Conform autorilor citați, crioturbația reprezintă

ansamblul deranjamentelor și deplasărilor materialelor din componența solului, a scoarței de meteorizație sau a rocilor neconsolidate, sub efectul îngheț-dezghețului.

Procesul de crioturbație se afirmă prin intermediul mai multor mecanisme sau subprocese: elevația periglaciara și împingerea laterală, deformarea depozitelor stratificate, gelicreep-ul etc.

Elevația periglaciara (frost heaving) și *împingerea laterală* (frost thrusting) se referă la mișcarea pe verticală sau pe orizontală a particulelor minerale din substrat din cauza înghețului și a formării gheții de segregare (French, 2007). Dintre acestea predominantă este elevația periglaciara, în cadrul căreia se evidențiază mișcarea pe verticală a particulelor minerale supuse presiunii criostatice (Rădoane et al., 2001).

Prezența elevației periglaciare este dovedită, de exemplu, și de scoaterea din teren a unor piloni de poduri sau a unor stâlpi. Producerea elevației periglaciare se explică prin intermediul ipotezei extragerii prin îngheț (frost pull) și a ipotezei împingerii prin îngheț (frost push) (French, 2007).

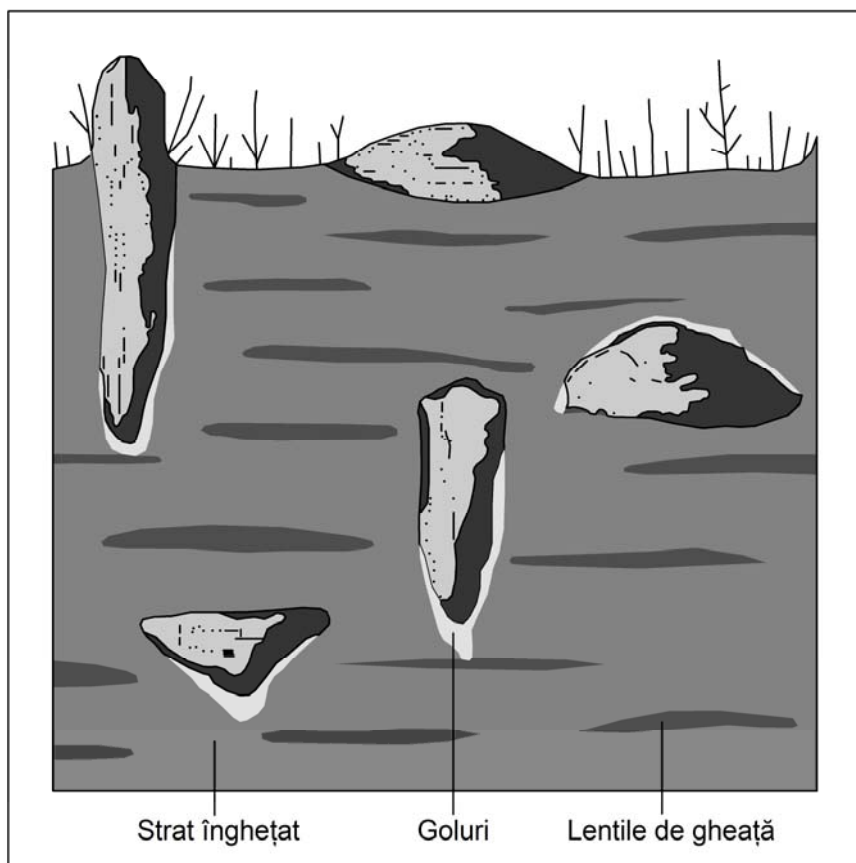


Fig. 8. 4. Modul de deplasare al pietrelor ca urmare a proceselor de îngheț-dezgheț (Ritter, 1986, citat de Rădoane et al., 2001, p. 223)

Ipoteza extragerii prin îngheț pornește de la premisa că fragmentele de rocă, împreună cu materialele mai fine, sunt ridicate pe verticală, spre suprafață, deoarece substratul se contractă prin îngheț (French, 2007). După aceea, în timpul dezghețului materialele mai fine coboară adunându-se în jurul fragmentelor de rocă mai mari, a căror parte inferioară rămâne înghețată (fig. 8. 4), pentru ca ulterior, o dată cu topirea gheții, de sub fragmentele de rocă, golurile formate sunt umplute treptat cu materiale mai fine, prin împingerea laterală a materialelor spre locurile cu rezistență mică (French, 2007).

Ipoteza împingerii prin îngheț are la bază ideea că fragmentele de rocă individuale sunt conductori mult mai eficace a căldurii decât solul, care este mai poros. În consecință, blocurile de rocă se vor răcii mult mai repede, astfel încât prima gheață, care se formează în lungul planurilor de îngheț, va fi cea din jurul și mai ales de la baza fragmentelor de rocă, ceea ce va conduce la împingerea spre suprafață a acestora (French, 2007).

Deformarea depozitelor stratificate este efectul repetării procesului de îngheț-dezgheț, cel care determină ca depozitele din partea activă a substratului (molisolul) să sufere deformări tipice, în urma cărora liniile traseului stratificației devin curbe (Rădoane et al., 2001); pentru indicarea lor se utilizează termenul de *involuții*. Ele se generează în timpul formării gheții de segregatie, ca urmare a presiunii stratului de gheață de la partea superioară a molisolului, după cum urmează: în orizontul de la partea superioară (cu exces de umiditate) înghețul lent imprimă o presiune spre masa depozitelor încă neînghețate (dar vâscoase), fapt care permite deplasarea particulelor și orientarea lor, spre zonele cu presiune mai mică; în același timp, migrarea particulelor spre stratul activ este limitată de presiunea care vine dinspre partea superioară a permafrostului; se ajunge în acest mod la formarea unui curent de mișcare a particulelor, care din cauza presiunilor și tensiunilor inegale, la care este supus, tinde spre o traiectorie sinusoidală (Rădoane et al., 2001).

Gelicreep-ul face referire la deplasarea lentă și individuală a particulelor, din cauza schimbării de volum a materialelor din substrat; se distinge de alte tipuri de creep din cauza prezenței îngheț-dezghețului, proces care conduce la apariția ciclurilor de contracție dilatare (Rădoane et al., 2001).

Solifluxiunea reprezintă deplasarea solului pe substratul înghețat. Ea se manifestă activ cu deosebire în teritoriile cu permafrost, condiții în care apa rezultată din topirea părții superioare a acestuia (reprezentată de molisol) nu poate pătrunde în substratul înghețat (fig. 8. 5). Maximul de intensitate al solifluxiunii se atinge în sezonul estival, când solul devine supraumectat și începe să se comporte ca un fluid vâscos (French, 2007). Cu toate că orizonturile de sol supraumectate se pot deplasa și pe terenuri cu pante mai reduse de 5°, cele mai predispuse sunt cele cu valori ale declivității cuprinse între 5 și 15°. La declanșarea solifluxiunii participă și alți factori: granulometria depozitelor, declivitatea și vegetația; de pildă, comparativ cu pietrișul

și nisipul grosier, care se drenează foarte repede, argilele și solurile siltice sunt foarte susceptibile la solifluxiune (Rădoane et al., 2001). Pentru a semnala solifluxiunea se întrebuințează și termenul de gelifluxiune (Bauling, 1956).

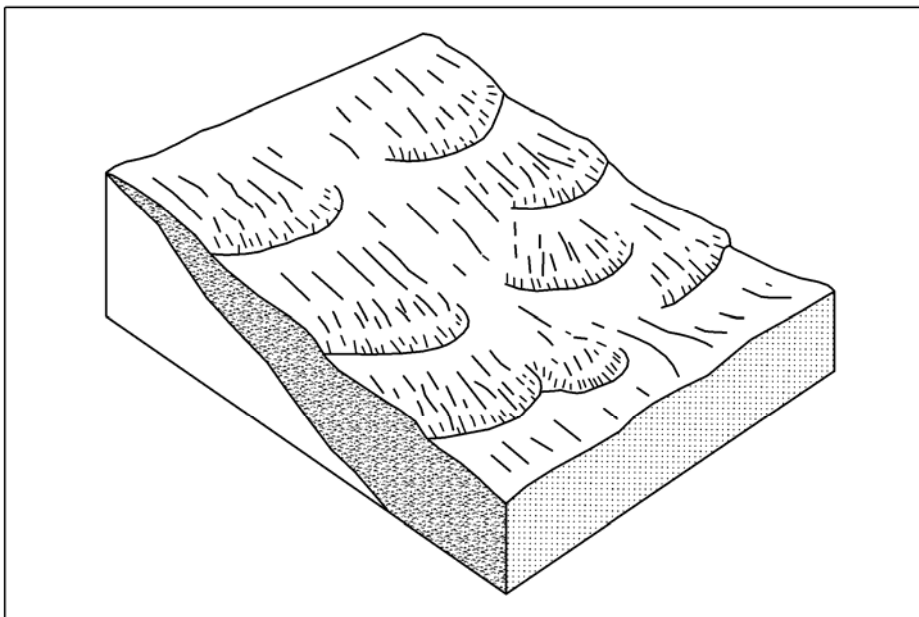


Fig. 8. 5. Solifluxiune (Summerfield, 2013, p. 171, adaptat după Varnes, 1978)

În acest context, al prezentării proceselor asociate permafrostului, trebuie amintit **termocarstul (cryocarstul)**. El mai este cunoscut și sub numele de termocarstificare și își face simțită prezența în teritoriile periglaciare, care au gheață în substrat. Topirea gheții conduce la formarea unor cavități sau goluri subterane, care prin prăbușire formează depresiuni negative, dintre care cele mai cunoscute sunt alas-urile.

Formele de relief generate de existența permafrostului și manifestarea îngheț-dezghețului sunt numeroase. Dintre acestea, în continuare se vor prezenta doar cele care pot fi influențate de dezghețul permafrostului, din cauze legate în special de prezența activităților antropice, cum sunt cele care conduc la modificări și schimbări climatice.

Cercurile de pietre au aspectul unei borduri de pietre, de formă circulară, cu diametru de la câțiva centimetri până la peste 25 m, ce înconjoară o suprafață centrală, alcătuită din materiale mai fine (Huggett, 2017); raportat la condițiile locale se poate forma un singur cerc de pietre sau mai multe (fig. 8. 6). Diferențierea dintre aliniamentele cu îngrămădiri de pietre și cele rămase libere este controlată de ritmul și intensitatea procesului de îngheț-dezgheț, cel care este responsabil de împingerea elementelor grosiere din adânc la suprafață și apoi lateral (Ielenicz, 2005). Existența lor în Munții Retezat, pe platoul de la sud de Vârful Valereasa, unde se observă un

cerc de pietre, de formă ovală, cu diametrul de 20,2 – 18 m (Urdea, 2000), confirmă prezența condițiilor periglaciare și în unitățile montane ale zonei temperate.

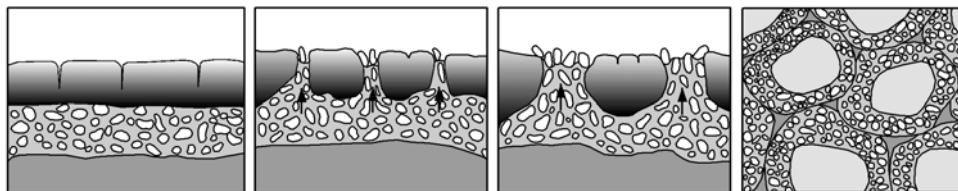


Fig. 8. 6. Formarea cercurilor de pietre criogene
(Van Vliet Lanoe, 1988, citată de Ielenicz, 2005, p. 186)

Mușuroaiele înierbate (*earth hummocks* - eng, *thufur* – islandeză, *marghilă* - română) sunt strâns legate de apa care îngheață progresiv, în substrat, mărindu-și volumul. În componența mușuroaiele înierbate intră materiale argiloase îmbibate cu apă și resturi organice. Referitor la dimensiunea lor, cele studiate de Urdea (2000) în Munții Retezat au 40 – 50 cm înălțime și 60 – 90 cm diametru. Urmărite în secțiune mușuroaiele înierbate se remarcă printr-o structură aproximativ zonar-concentrică, cu un contact cutiform și ridat al structurilor (Urdea, 2000). După autorul citat, sub învelișul vegetal există un strat turbos de 10 – 25 cm, sau chiar mai gros, de culoare închisă și cu aspect buretos, urmat de un orizont de 10 – 12 cm brun gălbui, uneori roșcat, cu aspect nisipos și cu fragmente colțuroase cuarțitice, care la bază au un orizont brun negricios, mai bogat în argilă.

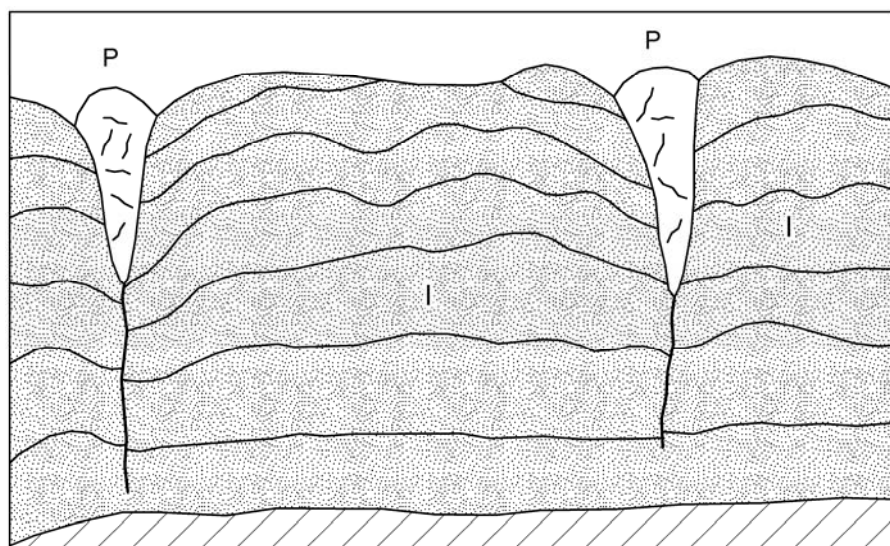


Fig. 8. 7. Pene de gheață (P) și involuții (I) (Ielenicz, 2005, p. 180)

Penele de gheață reprezintă efectul contracției termice a substratului, pe fondul înghețului care se produce la temperaturi de cel puțin -20°C . Apa care îngheață inițial provoacă fisuri (de 1 – 3 cm), pentru a-și face loc (din cauza creșterii

volumului), pentru ca apoi, la dezgheț, acestea să fie umplute cu apă. Repetarea procesului de îngheț-dezgheț determină lărgirea fisurilor inițiale (fig. 8. 7) și umplerea lor cu materiale minerale fine (ice-wedge casts), fiindcă apa din substrat interacționează cu roca și îi slăbește coeziunea. Condiții favorabile pentru geneza penelor de gheață se întrunesc când solul și substratul geologic sunt alcătuite din roci cu granulometrie fină.

Penele de gheață au dimensiuni care variază de la câțiva centimetri, până la peste 2 m; acestea se pot forma izolat sau în rețele de poligoane de pene de gheață (ice-wedge polygons), al căror diametru poate să ajungă până la 40 m, după cum este în cazul celor din Canada și Alaska (Rădoane et al., 2001).

Hidrolacoliții sunt movile cu înălțimi de până la 10 – 15 m și diametru de 20 m, care întrunesc condiții de formare în regiunile cu pergelisol, aflat în fază de degradare (Ielenicz, 2005). Geneza hidrolacoliților este favorizată de excesul de apă, din anumite sectoare și orizonturi ale molisolului, pe baza căruia se dezvoltă nuclee de gheață; dezvoltarea acestora exercită apoi o presiune sporită la adresa stratului apă și de argilă de la partea superioară (fig. 8. 2), fapt care conduce la despicarea acoperișului movilei și la o erupție de noroi (Ielenicz, 2005); din acest motiv, ei se mai numesc și hidrovulcani. De multe ori este dificilă deosebirea dintre hidrolacoliți propriu-ziși și pingo în sistem deschis, context în care se pune uneori semn de egalitate între cele două formațiuni. Cu toate acestea hidrolacoliții sunt de dimensiuni mult mai reduse decât pingo în sistem deschis.

Pingo reprezintă movile cu nucleu de gheață, care se formează pe terenurile cu pergelisol și molisol gros, alcătuit din elemente minerale, ce favorizează o circulație bună a apei (Ielenicz, 2005). Movilele astfel generate au o bază circulară sau ovală, cu diametru de mai multe sute de metri și înălțimi de până la 50 - 60 m (Rădoane et al., 2001).

Considerate sub aspectul genezei există două tipuri de pingo: în sistem închis sau de tip Mackenzie și în sistem deschis sau est-groenlandez.

Pingo în sistem închis este caracteristic regiunilor de agraare a permafrostului continuu, slab drenat și cu exces de umiditate (Rădoane et al., 2001). După autorii citați, un astfel de tip este localizat îndeosebi pe amplasamentul unor foste lacuri, sub care, atunci când permafrostul are o grosime destul de mare, se dezvoltă talik-uri (depozite neînghețate); geneza lor este pusă pe de o parte pe seama înghețului, din timpul iernii, care nu ajunge până la fundul lacului, iar pe de alta pe faptul că vara, razele Soarelui determină o încălzire mai puternică a apei, ceea ce face ca temperatura înregistrată la partea inferioară a cuvetei lacustre să fie mai ridicată decât a terenului din apropiere. Când adâncimea apei scade, din cauza colmatării lacului, depozitele de pe fundul acestuia încep să înghețe formând un talik închis, adică înconjurat din toate părțile de depozite înghețate (Rădoane et al., 2001). Prin înghețarea treptată a apei presiunea criostatică conduce la expulzarea acesteia spre suprafață, unde, prin îngheț,

va forma un sâmbure de gheață, care va deforma sedimentele existente la partea superioară, provocând apariția unei movile, de tip pingo (fig. 8. 8) (Yoshikava, 2013).

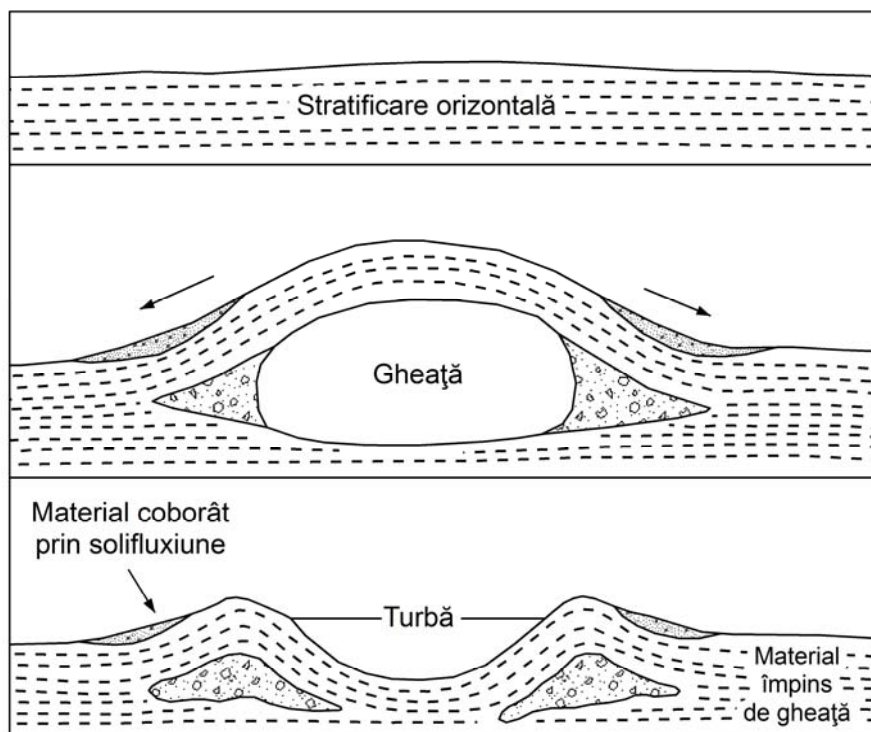


Fig. 8. 8. Evoluția unui pingo în sistem închis
(Pissart, 1963, citat de Posea et al., 1976, p. 431)

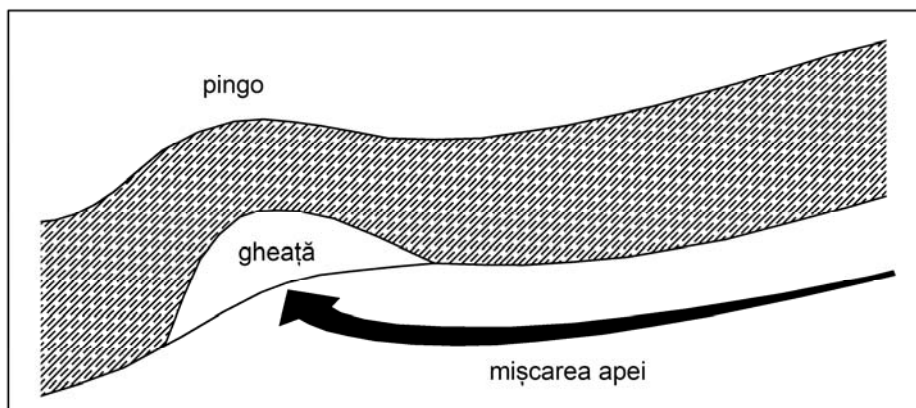


Fig. 8. 9. Pingo deschis (Sugden, 1982, citat de Chorley et al., 1984, p. 496)

Pingo în sistem deschis se întâlnește în teritoriile cu permafrost discontinuu, unde se formează din cauza degradării acestuia. Formarea lui are loc prin înghețul

apelor freatice (aflate sub presiune) sau a apelor libere, care intră în substrat și circulă sub permafrostul discontinuu subțire, spre baza versanților (fig. 8. 9), motiv pentru care acest tip se întâlnește la baza versanților și la contactul lor cu fundul văilor (Rădoane et al., 2001). Conform sursei citate, inițial, la baza versanților (prin înghețul apei freatice), se va dezvolta un sâmbure de gheață, care va migra spre suprafață, din cauza presiunii hidrostatice, ceea ce determină formarea unei movile de dimensiuni diferite, în funcție de condițiile locale. Ulterior, după topirea masei de gheață are loc transformarea movilei într-o depresiune, delimitată de un taluz format prin deplasarea laterală a substratului, din cauza creșterii inițiale a sâmburelui de gheață.

Palsas-urile sunt movile perene acoperite cu turbă, de formă circulară sau alungită, situate în zona de permafrost discontinuu și cauzate în principal de gheața de segregare (Van Everdingen, 1994). Cu toate că sunt caracteristice regiunilor cu permafrost discontinuu ele se deosebesc de pingo prin existența cuverturii organice și a gheții de segregatie din substrat (fig. 8. 10). Movilele asemănătoare cu palsas-urile, dar care nu sunt acoperite de turbă, se numesc lithalsa (Pissart, 2013).

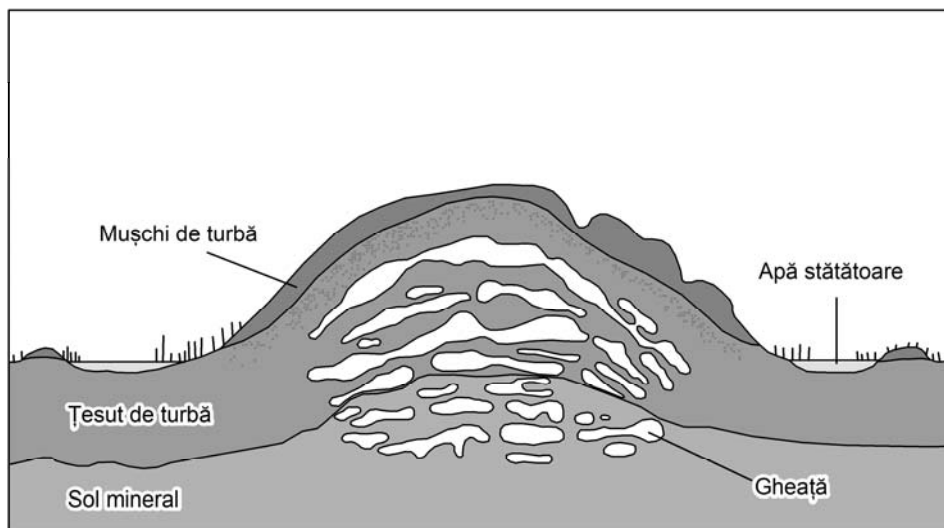


Fig. 8. 10. Structura unui palsas (după <http://polarpedia.eu/en/palsa/>)

Termocarstul este rezultatul dezghețului și degradării orizontului permanent înghețat al permafrostului. După Shur (1988) termocarstul constă în: propagarea dezghețului în straturile de permafrost bogate în gheață, topirea gheții din sol și substrat, și consolidarea materialului dezghețat. Termocarstul se manifestă prin colapsuri localizate sau răspândite, subsidențe, eroziuni și instabilitate a suprafeței terenului. Cele mai cunoscute și răspândite forme de relief generate de procesele termocarstice sunt depresiunile de tip alase sau alas-urile (Shiklomanov și Nelson, 2013).

Subsidența terenului, generată de procesele termocarstice, se corelează cu prezența lentilelor de gheață, care o dată cu deteriorarea și îndepărtarea molisolului, ajung în condiții subaeriene și se topesc; în locul lor rămân depresiuni concave, în care se adună apoi apa (Slaymaker and Kelly, 2007; French, 2007).

Depresiunile formate pe această cale se mai numesc *termodepresiuni*, iar lacurile din ele *termolacuri* (fig. 8. 11) sau lacuri de topire (thaw lakes), cu adâncimi de până la 5 m și lățimi care uneori depășesc 2 km (Rădoane et al., 2001).

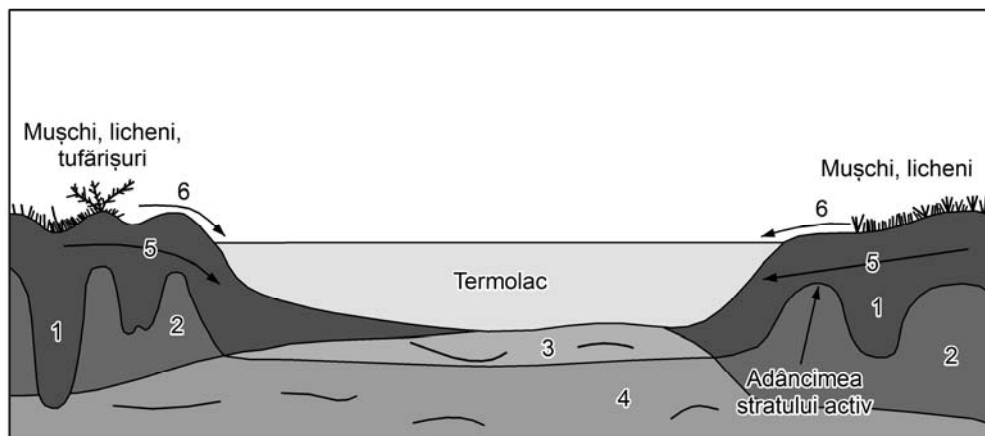


Fig. 8. 11. Termolac: 1 – Strat activ (decongelat sezonier) al depozitului de turbă; 2 – turbă permanent înghețată; 3 – strat din nisip și argilă care se dezgheață sezonier; 4 – strat de nisip și argilă permanent înghețate; 5 – fluxul de suprafață în timpul primăverii; 6 – fluxul în suprapermafrost în timpul verii (Manasypov et al., 2017, p. 246)

Formele de relief, rezultate în urmă proceselor termocarstice, fiind foarte diverse sub aspect morfologic și dimensional, pentru desemnarea lor se folosesc o serie de termeni: baydjarakh-uri (baydzharakh-uri sau baydzherakh-uri), termonișe, termocircuri, alas-uri, văi de tip alas etc.

În faza de început a degradării permafrostului se generează movile conice de termocarst, numite *baydjarakh-uri*, care nu reprezintă altceva, decât solul (materialul) rămas în centrul rețelelor de pene de gheață dezghețate (Jorgenson, 2013).

Termonișele sunt forme de relief rezultate în urma producerii alunecărilor de topire (thaw slumps), care afectează permafrostul bogat în gheață (Jorgenson, 2013). Se întâlnesc preponderent pe versanții cu declivități reduse și pe malurile râurilor, care prin eroziune laterală favorizează ajungerea la zi a permafrostului (fig. 8. 12). În timpul verii dezghețul conduce la o supraumectare a materialelor, fapt care favorizează deplasări de tipul curgerilor de noroi (Rădoane et al., 2001). Topirea sămburilor de gheață determină formarea de termonișe, cu aspect de perete semilunar, a căror înălțime este de obicei de 1 – 2 m (French, 2007).

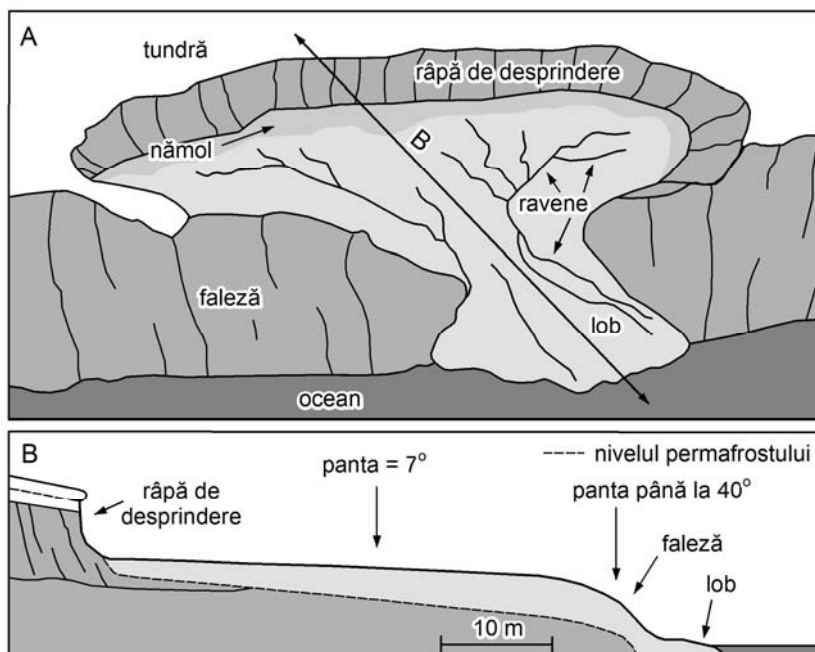


Fig. 8. 12. Schema conceptuală a formării unei termonise în plan (A) și în secțiune (B) (după Lantuit and Polard, 2005, p. 415)

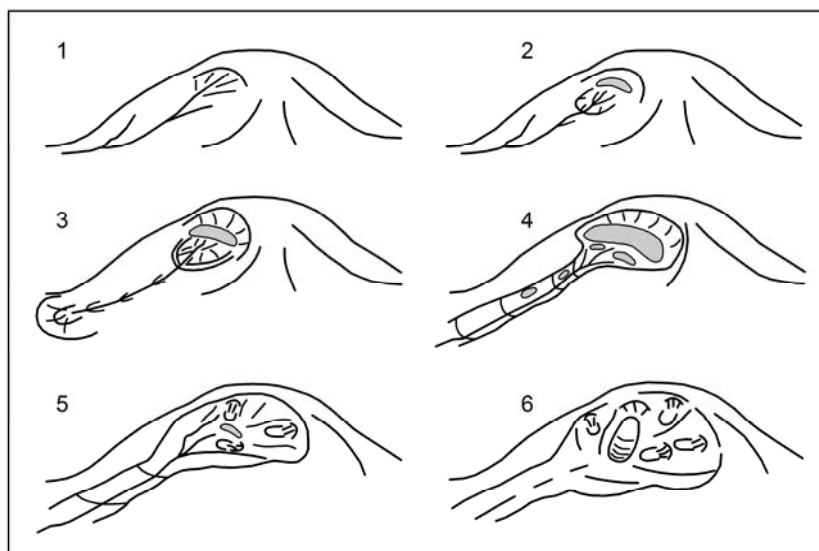


Fig. 8. 13. Evoluția termocircului într-un circ de alunecare: 1 – coborârea inițială a suprafeței; 2 – expunerea inițială a masivului de gheață din sol; 3 – expansiunea procesului de alunecare, creșterea suprafeței de gheață expusă; 4 – lărgirea și adâncirea concavităților; 5 – îngroparea concavităților cu materiale alunecate în timpul dezghețului masivului de gheață; 6 – stingerea termodenudației prin dezghețarea completă a masivului de gheață sau prin acoperirea lui de către masele alunecate (Leibman et al., 2014, p. 150)

Termocircurile (thermocirques) constituie termonişe de mari dimensiuni, care se formează când în procesul de retragere a versanţilor sunt intersectate pene de gheaţă (Rădoane et al., 2001). Conform autorilor citaţi, din cauza topirii poligoanelor intersectate de penele de gheaţă se formează o reţea de canale liniare sau poligonale (fig. 8. 13), asemănătoare văilor, ce înconjoară o înălţime centrală.

Alas-urile sunt depresiuni de dimensiuni mari formate în urma topirii permafrostului foarte gros şi extrem de bogat în gheaţă (Shiklomanov şi Nelson, 2013). Sub aspect dimensional pot ajunge la adâncimi de ordinul zecilor de metri şi lungimi de zeci de km. În majoritatea cazurilor aceste depresiuni găzduiesc lacuri. De asemenea, în cadrul acestor forme depresionare pot să existe şi formaţiuni de tip pingo (fig. 8. 14).

Văile de tip alas sunt rezultatul fuzionării alas-urilor individuale; în unele cazuri ele ajung până la lungimi de ordinul kilometrilor şi sunt tipice pentru Iakuţia centrală. Pe baza analizei morfologiei terenului se estimează că 40 – 50% din suprafaţa acestei regiuni a fost ocupată de astfel de forme de relief, în din timpul Pleistocenului, (Rădoane et al., 2001).

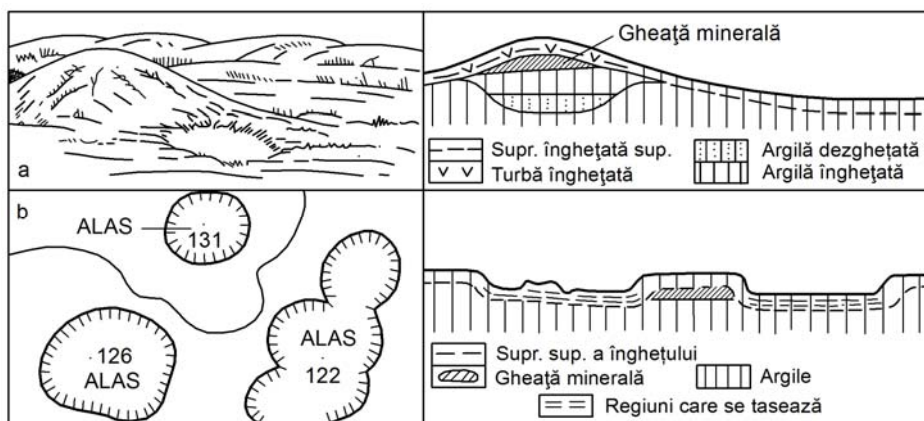


Fig. 8. 14. Forme de relief termo-carstic: a – hidrolacolit; b – alas; în dreapta profiluri transversale (Coteț, 1971, p. 316)

Pavajele periglaciare sunt specifice şi ele teritoriilor cu permafrost formându-se atunci când molisolul, datorită proprietăţilor sale tixotropice, determină aşezarea pe lat a lepezilor (Urdea, 2000). Un rol important în geneza lor îl au şi variaţiile de temperatură întrucât provoacă constituirea unor cupluri de forţe orizontale, care alături de elevaţia periglaciară, determinată de gheaţa interstiţială, contribuie la o astfel de aşezare a lepezilor (Bertouille, 1973, citat de Urdea, 2000).

Formele de relief generate de solifluxiune sunt următoarele (Rădoane et al., 2001):
 - *pânzele de solifluxiune* (gelifluctions sheets) au forma unor suprafeţe aproape netede şi o pantă mai mică de 10°; fruntea lor este asemănătoare unei trepte, mai slab evidenţiată comparativ cu situaţia teraselor de solifluxiune (fig. 8. 15);

- *terasele de solifluxiune* (gelifluction benches) rezultă din cauza dezghețului suprafeței versantului (sub formă de fâșii transversale) ceea ce justifică lungimile lor de zeci de metri și lățimile reduse de doar 1 – 2 m; se întâlnesc mai ales pe suprafețe cu declivități de 15° (fig. 8. 15);

- *lobii de solifluxiune* (gelifluction lobes) sunt de forma unor limbi alungite, formate pe versanți cu valori ale declivității cuprinse între 10 și 20°; sunt late de 30 – 50 m (fig. 8. 15);

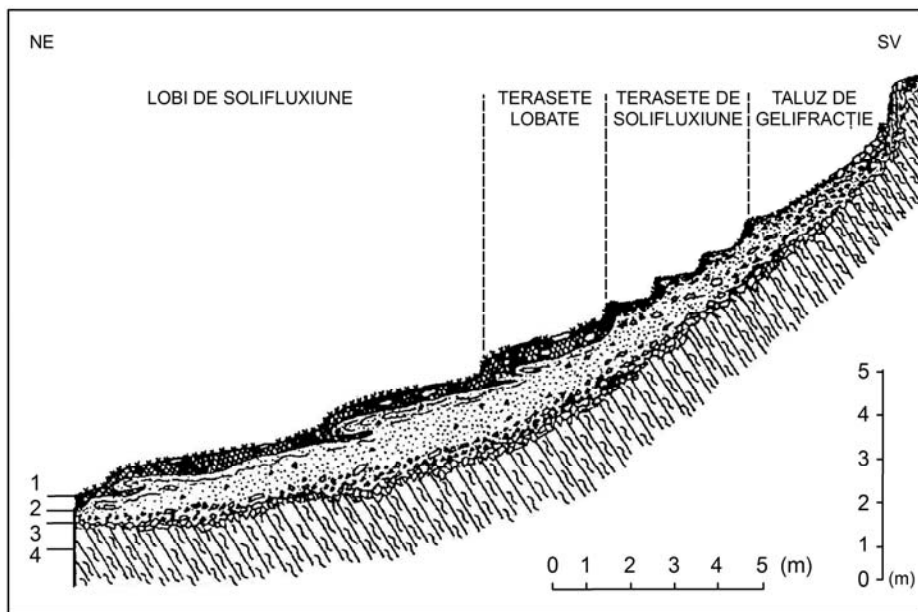


Fig. 8. 15. Microforme solifluxionale pe versantul nordic al Muntelui Drăgșanu: 1 – sol humico-sialitic; 2 – orizont nisipo-lutos cu sfărâmături; 3 – regolit; 4 – șisturi cloritoase (Urdea, 2000, p. 181)

- *râurile de solifluxiune* (gelifluction streams) reprezintă lobi de solifluxiune mai alungiți, caracterizați de o frunte cu înălțimea cuprinsă între 1 și 6 m.

Ghețarii de pietre sunt acumulări de gelifRACTE de mari dimensiuni (sub formă de lob, limbă sau spatulă), detașate clar de formele de relief înconjurătoare, și a căror dinamică este dictată de existența gheții interstițiale (Urdea, 2000; French, 2007). GelifRACTELE din componența ghețarilor de pietre sunt de obicei amestecate cu zăpadă și gheață.

Evoluția și dimensiunile ghețarilor de pietre sunt influențate de înălțimea și suprafața versanților ce domină zona de alimentare (Urdea, 2000). După sursa citată, morfologia de detaliu a ghețarilor de pietre se evidențiază prin existența valurilor și brazdelor longitudinale și transversale, dispuse arcuit în sensul deplasării și separate de microdepresiuni alungite, ovale sau arcuite.

Deplasarea ghețarilor de pietre este complexă, având la bază procese tipic periglaciare și chiar glaciare (Haeberli, 1985, citat de Urdea, 2000), ce implică curgerea fluidelor, curgerea granulară a maselor de roci, crăparea retrogradă a gelifractelor, lubrifierea prin strat de aer și apă (Johnson, 1984, citat de Urdea, 2000).

După aspectul în plan ei pot fi (Wahrhaftig și Cox, 1959, citați de Janke et al., 2013):

- *ghețari de pietre sub formă de limbă* - s-au format în văi glaciare după terminarea glaciațiunii și sunt localizați, de obicei, la limita cu circurile glaciare; au lungimi care pot depăși 1 km, în timp ce lățimea este de ordinul sutelor de metri. Partea frontală a unui astfel de ghețar de pietre poate depăși 100 m, pe fondul unei declivități de 35 – 45°;

- *ghețari de pietre sub formă de lob* – au dimensiuni mai mici și sunt localizați pe versanți cu secțiuni mai abrupte, care furnizează gelifRACTE de la partea lor superioară.

Dinamica ghețarilor de pietre este strâns legată de cea a gheții interstițiale (prezentă în golurile dintre gelifRACTE), de sămburii de gheață rămași de la un fost ghețar, de firn și de apele provenite din ploile care cad în sezonul cald, care infiltrându-se supraumectează depozitele (fig. 8. 16).

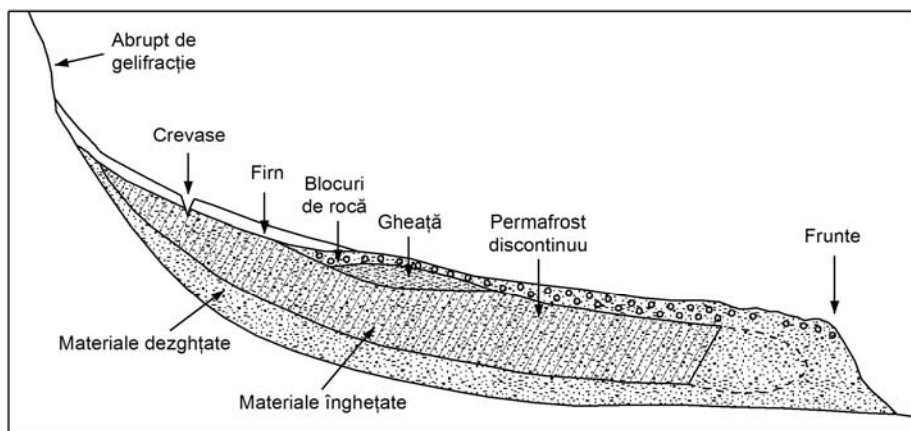


Fig. 8. 16. Profil longitudinal printr-un ghețar de pietre
(Campy și Macaire, 1989, citați de Rădoane et al., 2001, p. 245)

Există situații în care ghețarii de pietre sunt inactivi, așa cum este în cazul majorității celor din Munții Retezat. În cuprinsul acestora au fost observați 93 de ghețari de pietre, localizați între 1690 și 2200 m altitudine, în circuri și văi glaciare cu expoziție nordică (Urdea, 2000).

Toate aceste forme de relief, care sunt strâns legate de prezența permafrostului în substrat, pot suferii cu ușurință modificări, pe fondul degradării (topirii) acestuia din diverse cauze, între care se remarcă strâns legate de activitățile antropice. Prezența acestora se face de cele mai multe ori simțită indirect prin efectele produse de

Schimbările Climatice, care au la bază arderea combustibililor fosili și ai lemnului, la care se adaugă schimbarea modului de utilizare a terenurilor.

Din aceste motive se pune problema prevenirii efectelor dezghețului permafrostului, precum și combaterea efectelor asociate.

8.2. PREVENIREA EFECTELOR DEZGHEȚULUI PERMAFROSTULUI

Introducere. Și în cazul prevenirii efectelor dezghețului permafrostului situația este una cât se poate de complexă, deoarece pe lângă cauzele strict locale, o importanță deosebită o au cele din afara Domeniului Periglaciatic. Mă refer în acest caz la variațiile de temperatură și precipitații sub formă de zăpadă asociate Schimbărilor Climatice și Încălzirii Globale. Ca urmare, prevenirea și combaterea efectelor dezghețului și degradării permafrostului trebuie corelată și cu activitățile antropice, care contribuie la modificarea parametrilor climatici și meteorologici.

Încă de timpuriu modelele generale ale circulației atmosferei au prezis că efectele Încălzirii Globale vor fi cel mai evidente în regiunile polare (Slymaker și Kelly, 2007). Acest lucru este posibil deoarece acoperirea cu zăpadă, a terenurilor, va diminua (ca suprafață și durată), iar ghețarii și gheața mărilor își vor reduce suprafața. Considerate împreună acestea vor conduce la o încălzire suplimentară a substratului, din cauza scăderii albedoului (roca, solul și vegetația reflectă mai puțin din radiația solară primită comparativ cu stratul de zăpadă sau gheața). În același timp, prin topirea permafrostului se vor elimina în atmosferă gaze cu efect de seră, cum este metanul, care vor contribui în continuare la creșterea temperaturii (Slymaker și Kelly, 2007).

În Domeniul Periglaciatic, majoritatea impacturilor actuale și potențiale, ale Schimbărilor Climatice, sunt asociate cu dezghețarea permafrostului (Andre și Anisimov, 2009).

Din acest motiv solul înghețat a fost inclus, de Uniunea Internațională a Științelor Geologice (IUGS), pe lista de geoindicatori care trebuie să fie utilizați pentru a detecta și evalua schimbările de mediu pe perioade relativ scurte (Berger și Iams, 1996).

Practic, schimbarea morfologiei terenului și a peisajului, din cauza dezghețului permafrostului, devin probleme de maximă actualitate. Rezolvarea lor depinde de documentarea și înțelegerea modului în care starea permafrostului este influențată de Schimbările Climatice și de activitățile antropice, desfășurate la fața locului.

Raportat la Schimbările Climatice se pare că în Arctica temperaturile medii au crescut cu aproape dublul ratei medii globale în ultimii 100 de ani (McBean et al., 2005). Pe alocuri, în Alaska și Siberia se remarcă o tendință de încălzire de 5°C, pentru ultima sută de ani (Andre și Anisimov, 2009). Se pare că cea mai evidentă încălzire se înregistrează la Prudhoe Bay, în timpul iernilor (Lachenbruch și Marshall, 1986; Osterkamp și Romanovsky, 1999; Osterkamp, 2007).

La acestea se adaugă faptul că se așteaptă o încălzire suplimentară de 4–7°C, în următorii 100 de ani (ACIA, 2005), precum și o creștere a cantităților de precipitații sub formă lichidă, în detrimentul celor sub formă solidă, ceea ce înseamnă o scădere substanțială a duratei și grosimii stratului de zăpadă.

Astfel de creșteri, ale temperaturii aerului, au însemnat și o creștere a temperaturii permafrostului din Emisfera Nordică. Magnitudinea încălzirii a variat în funcție de locație, dar a fost, de obicei, între 0,5 și 2 °C la adâncimea amplitudinii anuale zero (Romanovsky et al., 2010; Smith et al., 2010; Christensen et al., 2010). Rezultate asemănătoare, adică o încălzire cu 1,5 °C, indică și studiile asupra permafrostului, realizate în apropiere de Mayo (din Teritoriul Yukon), la începutul anilor 1980, comparativ cu situația din 1970 (Burn, 1992). De asemenea, alte studii din Canada argumentează că, în ultimele două decenii ale secolului al XX-lea, permafrostul din vaste zone ale acestei țări s-a încălzit cu până la 2 °C (Brown et al., 2000; Nelson, 2003). În același timp, IPCC (2007) demonstrează de asemenea o încălzire pe scară largă a permafrostului cu până la 3 °C, începând de la mijlocul anilor 1980.

Alături de Schimbările Climatice, un al doilea factor principal, care contribuie la degradarea permafrostului, este schimbarea utilizării terenului, din cauza intervenției antropice în mediu.

Astfel de modificări intervin în bilanțul energetic local al suprafeței terestre, indiferent că este vorba de acoperirea terenului, de utilizarea lui în diverse scopuri (agricultură, transport, agrement etc.) sau despre decopertarea lui de stratul de sol și vegetație. Toate acestea vor duce inevitabil la încălzirea suplimentară a stratului activ (molisolul), ceea ce va determina dezghețul mai profund al stratului inactiv (pergelisolul), cu toate consecințele sale: termocarst, solifluxiune etc.

Dezvoltarea economică fără precedent, din zonele polare, a însemnat expansiunea infrastructurii, (necesară extracției și transportului combustibililor fosili și a resurselor minerale), extinderea ansamblurilor rezidențiale, precum și a facilităților necesare susținerii activităților turistice. De exemplu, majoritatea câmpurilor de exploatare a petrolului și a gazelor naturale, din nordul Alaskăi și vestul Siberiei, sunt situate în zona permafrostului. Pe fondul actualelor schimbări climatice, care implică dezghețul permafrostului, toată această infrastructură ar putea deveni instabilă, până la mijlocul secolului XXI (Nelson et al., 2001, 2002).

Dintre toate tipurile de permafrost cel discontinuu și sporadic este cel mai sensibil la Schimbările Climatice, pe motivul că cea mai mare parte a acestuia se află la 1 sau 2 °C de punctul de topire (Andre și Anisimov, 2009). În cazul în care permafrostul care se topește este bogat în gheață au loc subsidențe și mișcări de masă, ce provoacă daune infrastructurii și modificări ale morfologiei terenului.

De exemplu, pe câmpiile arctice din Alaska și Canada, retragerea liniei de coastă, sculptată în permafrost bogat în gheață, determină pierderea terenurilor și habitatelor, afectând ecosistemele și comunitățile umane (Rachold et al., 2005). În

consecință unele comunități și activități trebuie relocate, în timp ce altele, pentru a se menține, necesită costuri ridicate și expunerea la riscuri specifice.

În acest context, lucrurile nu sunt simple și nici nu se opresc aici, deoarece topirea permafrostului și schimbarea tipului de vegetației implică eliberarea de carbon suplimentar în atmosferă, ceea ce contribuie la Încălzirea Globală. De asemenea, topirea permafrostului subacvatic poate contribui la Încălzirea Globală, deoarece cantități mari de hidrat de metan sunt conținute în stratul de sedimente existente pe platformele continentale arctice; creșterea temperaturii provoacă instabilitatea hidraților ceea ce duce la eliberarea metanului în atmosferă (Sloan, 2003; Maslin, 2004).

Monitorizarea stării permafrostului are loc prin numeroase proiecte și programe care se derulează sub auspiciile IPA (International Permafrost Association). Dintre acestea pot fi menționate: Rețeaua Globală Terestră pentru Permafrost (Global Terrestrial Network for Permafrost - GTN-P), programul internațional Starea Termică a Permafrostului (Thermal State of Permafrost), Programul de Monitorizare a Stratului Activ Circumpolar (Circumpolar Active Layer Monitoring - CALM) etc.

De exemplu, monitorizarea stratului activ al permafrostului, prin intermediul programului CALM, care implică stații în peste 160 de locații, oferă informații pentru o mai bună înțelegere atât a variației interdecadale a regimului termic al permafrostului, cât și a legăturii dintre temperaturile solului și factorii de mediu, inclusiv zăpada, vegetația și acoperirea solului (Andre și Anisimov, 2009).

În urma unor astfel de cercetări s-a descoperit că movilele de tip pingo sunt printre cei mai sensibili geo-indicatori, deoarece reacționează rapid la Schimbările Climatice prin colaps. Ei permit astfel detectarea celor mai expuse locuri cu permafrost la Schimbările Climatice recente și la cele în curs de desfășurare. Prin monitorizarea geoecologică, a formelor de relief specifice permafrostului, se contribuie la o mai bună înțelegere a impactului topirii permafrostului asupra bugetului de carbon, ceea ce este util pentru punerea la punct a viitoarelor scenarii de emisie (Andre și Anisimov, 2009).

Conform autorilor citați, din cauza topirii permafrostului sporadic și discontinuu se estimează că până la mijlocul secolului XXI, suprafața totală ocupată de permafrost în emisfera nordică ar putea scădea cu 15–30%.

Observațiile efectuate în teren, în ultimele decenii, indică faptul că procesele geomorfologice, din regiunile cu permafrost au început să se schimbe sau să se intensifice, ca reacție la Schimbările Climatice (Rowland et al., 2010; Hinzman et al., 2005). Aceste schimbări sunt strâns legate de încălzirea permafrostului, de creșterea grosimii stratului activ și dezvoltarea termocarstului (colapsul terenului provocat de dezgheț).

Dezghețul permafrostului are efecte considerabile acolo unde acesta este continuu și bogat în gheață.

Dezghețul permafrostului conduce la schimbări ale morfologiei substratului, deoarece determină variații ale presiunii hidrostatice ale apei pe măsură ce trece din

stare solidă în stare lichidă. Cele mai afectate, de prezența unui substrat instabil, asociat dezghețului permafrostului, sunt căile de comunicații și clădirile, precum și majoritatea activităților care trebuie realizate pe astfel de terenuri instabile.

Alături de cauzele mai mult indirecte, ale dezghețului, datorate Încălzirii Globale, se remarcă cele directe, asociate intervenției antropice pe terenurile cu permafrost. Mă refer în acest sens la: decopertarea unei părți a stratului activ (molisol) de la partea superioară a permafrostului (pergelisolul), la defrișarea pădurii și a silvotundrei, la deșteleniri și la incendiile care afectează vegetația din regiunile polare sau ale munților înalți.

De exemplu, vegetația are un efect deosebit de important prin interceptarea radiației solare, creșterea mușchilor și acumularea de materie organică, precum și prin interceptarea zăpezii de către arbori și arbuști (Van Cleve și Viereck, 1983; Jorgenson et al., 2010). Zăpada încetinește rata de răcire în timpul iernii; astfel, sezonitatea (de exemplu, zăpada adâncă la începutul iernii) și grosimea stratului de zăpadă sunt factori importanți ai protecției permafrostului. În cazurile în care de la incendiile de vegetație se aprind depozitele de turbă se formează un termocarst complet (Yoshikawa et al., 2002).

Toate aceste activități nu fac altceva decât să înlăture stratul care izolează gheața din substrat și să conducă la creșterea temperaturii. Modificarea valorilor acesteia din urmă are loc așadar atât datorită căldurii suplimentare eliberate de incendii, cât și unei încălziri mai eficiente prin intermediul radiației solare directe, care ajunge mai ușor la partea superioară a substratului, în lipsa vegetației.

Dezghețul devine mai intens atunci când echilibrul natural al permafrostului este perturbat de către activități antropice, după cum se întâmplă, de exemplu, din cauza construcției căilor de comunicații sau a diverselor tipuri de construcții, civile și industriale. Indiferent despre ce tip de intervenție este vorba, îndepărtarea stratului protector (reprezentat de turbă, sol sau vegetație), precum și bățătorirea acestuia de către oameni sau turmele de animale domestice, favorizează expunerea permafrostului la temperaturi mai ridicate.

De asemenea, evacuarea apelor uzate, care au în componență apă caldă, cum sunt cele care provin din gospodării, conduc de cele mai multe ori la declanșarea dezghețului permafrostului și apariția termocarstului. Manifestarea acestui proces pune în pericol stabilitatea clădirilor.

Fără îndoială, dezghețul tot mai accentuat al permafrostului, de an la an, cu imposibilitatea revenirii la condițiile inițiale, conduce la degradarea lui.

În acest context, al dezghețului permafrostului, probleme de ordin geomorfologic apar și din cauza reînghețării anuale a substratului și a solului, existent la partea superioară a acestuia. Înghețul face ca apa, odată ajunsă în stare solidă, condiție în care își mărește volumul, să nu mai aibă nicio cale de evacuare, ceea ce determină umflarea și crăparea terenului de deasupra.

Degradarea permafrostului se referă la dispariția sau scăderea în grosime a acestuia într-un anumit loc, ca urmare a unui dezgheț progresiv, de la an la an. Dezghețul poate avea loc de la suprafață spre profunzime, de la baza sau din ambele sensuri; degradarea permafrostului este însoțită de creșterea conținutului de apă neînghețată, suficientă pentru a afecta stabilitatea substratului sau a solului (Jorgenson, 2013).

Analizată în detaliu, degradarea permafrostului este un proces extrem de dinamic, care implică schimbări continue în topografia suprafeței terenului, din cauza modificării ale balanței de energie și a procesele de transfer de căldură (Jorgenson et al., 2010). Producerea dezechilibrelor termice sunt cauzate fie de Schimbările Climatice, fie de modificările condițiilor de la suprafață (Huggett, 2017). Efectul principal este creșterea profunzimii stratului activ (molisolul), ceea ce provoacă subsidență și formarea termocarstului (în permafrostul bogat în gheață), dar și declanșarea altor procese geomorfologice cum sunt cele de solifluxiune, alunecare etc.

Cauzele principale, ale degradării permafrostului, sunt: căldura provenită de la Soare, căldura venită din interiorul Pământului, modificări geologice ale substratului, ajungerea în substrat a apelor de la suprafață (efectul de încălzire al apei subterane infiltrate), schimbarea modului de utilizare a terenurilor, realizarea de construcții (modifică regimul termic al terenului înghețat), executarea căilor de comunicații.

Indiferent de cauză degradarea permafrostului nu trebuie neglijată întrucât modificările ulterioare, ale configurației terenului, afectează construcțiile și alte obiective antropice.

Trebuie ținut cont de faptul că, odată cu creșterea temperaturii, deformarea gheții devine mai intensă, iar plasticitatea și curgerea acesteia devin mai pronunțate. Dacă gheața începe să se topească, proprietățile substratului și a solului se schimbă complet și deformarea acestuia este mult intensificată, chiar și în lipsa unei sarcini suplimentare.

Creșterea temperaturii, până la punctul de topire, are astfel un efect mai puternic asupra stabilității solului, decât aplicarea unei sarcini (realizarea unei construcții sau a unui drum) (Muller, 1945). În acest mod are loc degradarea permafrostului și formarea termocarstului fără participarea directă a omului, ci doar datorită Schimbărilor Climatice.

Degradarea permafrostului poate fi diferențiată în șase categorii structurale: (1) degradarea tranzitorie – implică topirea stratului tranzitoriu de permafrost doar în anii mai calzi; (2) degradarea suprafeței – este cauzată de topirea permafrostului superior fără dezvoltarea unui talik; (3) degradarea intermediară – presupune topirea permafrostului superior cu dezvoltarea unui talik închis; (4) degradarea completă – are loc atunci când tot permafrostul este topit, ducând la un talik deschis; (5) degradarea laterală – se produce prin eroziunea mecanică și prăbușire a malurilor; (6) degradarea internă – este cauzată de mișcarea apei prin subteran, pe trasee preferențiale (Jorgenson et al., 2010).

Revenind la semnificația termenului talik, acesta se referă la un strat sau un corp de teren sau sol neînghețat existent într-o zonă de permafrost, din cauza unei

anomalii locale de factură termică, hidrologică, hidrogeologică sau hidrochimică, a zonei neînghețate dintre stratul activ înghețat sezonier (Jorgenson, 2013). În timpul iernii, când orizontul activ îngheață, talik-ul rămâne între acesta și permafrost.

Raportat la timp, datările efectuate, pe sedimentele din lacurile termocarstice, au evidențiat că dezghețul permafrostului nu este doar de dată recentă, ci el a avut loc și în perioadele mai calde anterioare, cum ar fi optimul climatic al Holocenului și Perioada Medievală Caldă (Andre și Anisimov, 2009). Comparativ cu aceste perioade, ceea ce este ieșit din comun, după anul 1950, se referă la ritmul mult mai rapid de dezgheț al permafrostului și la inițierea pe scară largă a termocarstului (Edwards et al., 2007).

Degradarea permafrostului montan nu trebuie nici ea neglijată, întrucât efectele Încălzirii Globale și a schimbării modului de utilizare a terenurilor îl afectează și pe acesta.

Pentru înțelegerea situației din munți este necesară menționarea principalelor diferențe care există între permafrostul montan (altitudinal) și cel arctic și antarctic (latitudinal), așa cum sunt ele prezentate în literatura de specialitate (Marchenko și Etzelmuller, 2013):

- permafrostul montan este extrem de eterogen. Există posibilitatea ca pe un singur versant să existe atât permafrost continuu cât și discontinuu. Cauza principală a variației mari pe suprafețe restrânse este reprezentată de relief. Acesta moderează schimbul de energie la suprafață, prin regularizarea radiației solare potențiale, și influențele pe care le are asupra vitezei și direcției vântului. În același timp variația semnificativă a gradientilor climatologici influențează vegetația, care la rândul ei are efecte asupra condițiilor termice ale substratului;

- depozitele superficiale, existente pe suprafața terenului montan, sunt de obicei mai grosiere, din cauza valorilor mai mari ale pantei, spălării materialului mai fin, dominației proceselor de meteorizație mecanică și faptului că munții au fost mai frecvent supuși glaciațiunilor și acumulărilor de sedimente glacio-fluviale. Depozitele grosiere de pe versanți (morene bogate în blocuri, talus, depozite de alunecări de teren etc.) și câmpurile de blocuri din văile glaciare și fluviale sunt predominante în etajul alpin. Acestea favorizează permafrostul datorită spațiilor mari dintre pori, care permit circulația aerului rece (Haeberli et al., 1992; Goering, 2003; Gude et al., 2003; Gorbunov et al., 2004). Se pare că gelifracțele din etajul alpin au un rol similar cu depozitele de turbă din Arctica, izolând termic permafrostul. De exemplu, măsurătorile din Tian Shan-ul de Nord (Asia Centrală) efectuate între 1974 și 1987, arată că temperaturile din interiorul resturilor grosiere sunt de obicei cu 2,5 – 4,0°C mai reci decât temperatura medie anuală a aerului;

- majoritatea arealelor cu permafrost montan sunt caracterizate prin temperaturi calde ale substratului (adică temperaturi aproape de 0°C), făcând aceste zone extrem de sensibile la impactul Schimbărilor Climatice și la procesele geomorfologice cauzate de îngheț-dezgheț;

- datorită morfologiei eterogene și a modului de acoperire cu zăpadă, deasupra limitei superioare a pădurii, condițiile termice ale suprafeței terenului nu reflectă neapărat temperatura substratului, din cauza transportului lateral de căldură în sol.

În Europa, de exemplu, limita inferioară a permafrostului montan discontinuu crește de la 0 m (altitudine relativă) în permafrostul continuu de pe Insula Svalbard, până la 700–1500 m în Alpii Scandinaviei (Harris et al., 2009), până la 2500–2800 m în Munții Alpi și până la peste 3500 m în Munții Sierra Nevada, din sudul Spaniei (Harris et al., 2009). Comparativ cu aceste valori din zona temperată, în regiunile tropicale sunt necesare altitudini de peste 5.000 m, pentru menținerea permafrostului, în actualele condiții climatice (Marchenko și Etzelmuller, 2013).

În etajul montan, degradarea permafrostului are loc mai ales din cauza incendiilor și a defrișării pădurilor. Prin îndepărtarea vegetației se schimbă modul în care are loc interceptarea zăpezii și este influențat procesul de geneză a solului, de a cărui grosime depinde foarte mult starea permafrostului. Cele mai evidente efecte, ale trecerii unui incendiu, se observă pe suprafețele înclinate, din cauza creșterii grosimii stratului activ, care este apoi ușor afectat de alunecări de teren (Jorgenson, 2013).

La munte, cel mai dezvoltat termocarst se întâlnește când substratul este alcătuit din sedimente neconsolidate (argile, marne, nisipuri, pietrișuri etc.), care conțin multă gheață, comparativ cu situația în care este alcătuit din roci masive și dure (granit, șisturi cristaline etc.). Cu cât granulația rocilor este mai fină cu atât segregarea gheții este mai favorabilă (French, 2007).

Forajele realizate în permafrostul din Munții Alpi arată că permafrostul se încălzește în anumite locuri, dar nu peste tot (Haeberli et al. 2000).

În condițiile degradării permafrostului montan este de așteptat ca eroziunea pe versanți să se accentueze, iar cantitatea sedimentelor vehiculate de torenți și râuri să crească. De asemenea, cu cât teritoriul montan este mai antropizat, și aici mă refer la prezența căilor de comunicații, a pârtiilor de schi, a ansamblurilor rezidențiale, cu atât efectele degradării permafrostului vor fi mai evidente, așa cum este în cazul terenurilor amenajate din Munții Alpi.

A. Procese geomorfologice asociate degradării permafrostului

În urma dezghețului și degradării permafrostului au loc o serie de procese geomorfologice (termocarstul, solifluxiunea, alunecările de topire etc.), care prin manifestarea lor, conduc inevitabil la schimbarea morfologiei suprafeței terestre și a modului de utilizare a terenurilor.

Termocarstul este procesul care determină geneza formelor de relief specifice, din cauza topirii permafrostului bogat în gheață sau a topirii gheții masive

existente în substrat (Jorgenson, 2013). Din pricina acestui proces morfologia terenului este una neregulată, predominând formele cu aspect depresionar și golurile subterane (Muller, 1943).

Dezvoltarea termocarstului are loc prin colaps localizat sau răspândit, subsidență, eroziune și instabilitate a suprafeței terenului (Shiklomanov și Nelson, 2013). Apariția termocarstului constituie un răspuns la dereglarea echilibrului termic al permafrostului, ceea ce duce la creșterea temperaturii suprafeței terenului și la pătrunderea dezghețului anual în straturile superioare bogate în gheață ale acestuia.

Cel mai dezvoltat termocarst se întâlnește când substratul este alcătuit din sedimente neconsolidate (argile, marne, nisipuri, pietrișuri etc.), care conțin multă gheață, comparativ cu situația în care este alcătuit din roci masive și dure (granit, șisturi cristaline etc.); cu cât granulația rocilor este mai fină cu atât segregarea gheții este mai favorabilă (French, 2007). Ca urmare, cea mai mare dezvoltare a termocarstului, cu toate problemele asociate, se întâlnește în Siberia centrală și nordică, precum și partea vestică a Americii de Nord (French, 2007).

Apariția și dezvoltarea termocarstului este cauzată în principal de perturbarea echilibrului termic al permafrostului, ca urmare a creșterii temperaturii de la suprafață și a formării unui strat activ suficient de profund (French, 2007).

Principalii factori, de care depinde intensitatea proceselor termocarstice, sunt: roca, structura, relieful, climatul, circulația și regimul apelor de suprafață și subterane și relațiile lor reciproce, solul, activitățile antropice (Muller, 1945).

Controlul efectelor negative, ale proceselor termocarstice, necesită cunoașterea rolului fiecăruia dintre acești factori, atât luați în considerare la nivel individual, cât și sub aspectul relațiilor existente între ei. Pornind de la evaluarea manifestărilor termocarstice existente și de la cunoașterea aportului adus de factorii menționați se poate anticipa amploarea și direcția dezvoltării ulterioare.

Dintre activitățile care favorizează și accentuează dezvoltarea termocarstului se remarcă: incendiile forestiere și de vegetație, defrișările, deștelenirile, decopertarea substratului prin îndepărtarea și prelucrarea solului, transporturile etc.

Toate aceste activități nu fac altceva decât să înlesnească ajungerea radiației solare, prin intermediul aerului, la stratul de gheață. Creșterea temperaturii, chiar și la nivel local va determina inițial dezghețul permafrostului și creșterea grosimii stratului activ, iar apoi tasarea și spălarea substratului.

De exemplu, efectele incendiilor sunt foarte negative, deoarece distrugând stratul de vegetație și mușchi și îndepărtând o parte din turbă, conduc la reducerea albedoului (Randerson et al., 2006). Se pare că în regiunea boreală, din nordul Alaskăi, incendiile de vegetație sunt principala cauză a dezechilibrelor, care favorizează degradarea permafrostului (Jorgenson și Osterkamp, 2005).

Dezvoltarea termocarstului este intensă și pe terenurile a căror echilibru natural a fost deranjat din cauza construcției de clădiri, de drumurilor, a utilizării

agricole a solului, a deversărilor de apă caldă menajeră și a diverselor tipuri de deșeuri (care au temperatura mai mare decât cea a terenului pe care repauzează). De exemplu, decopertarea stratului protector de turbă, sol sau vegetație, la care se adaugă băătorirea terenului de către turmele de animale sau chiar de către oameni, modifică echilibrul fragil în care se află permafrostul multor regiuni.

O altă cauză specifică, a declanșării proceselor termocarstice, o reprezintă deplasarea vehiculelor, în sezonul estival, pe stratul activ. Aceste activități distrug vegetația și provoacă apariția de șanțuri de rulare. Spre exemplificare, astfel de activități au avut loc în Alaska, în fostul Rezervor Petrolier Naval al SUA nr. 4, la sfârșitul anilor 1940 și începutul anilor 1950; mișcarea necontrolată a vehiculelor cu șenile, în timpul verii, a condus la perturbarea pe scară largă a stratului organic de suprafață (French, 2007). În anii următori, subsidența din dezgheț și eroziunea termică, de-a lungul traseelor vehiculului au format șanțuri de până la 1 m adâncime și între 3 m și 5 m lățime.

La fel s-a întâmplat și în Canada, în Delta Mackenzie, la sfârșitul anilor 1960, în cadrul unui program de explorare seismică a resurselor, desfășurat vara. A fost necesară săparea a aproximativ 300 km de linii seismice, fapt care a determinat ca benzi lungi de vegetație și sol, de aproximativ 4,2 m lățime și 0,25 m grosime, să fie îndepărtate. Aceste linii s-au transformat apoi în șanțuri și canale proeminente pe cea mai mare parte din lungimea lor (Kerfoot, 1974, citat de French, 2007).

Trebuie reținut că chiar și cele mai mici perturbări, ale suprafeței terenului, pot fi suficiente pentru a determina degradarea permafrostului, prin intermediul termocarstului. De exemplu, Mackay (1970, citat de French, 2007) descrie, cum un câine din rasa Eskimo, fiind legat, de un țăruș (cu o frânghie de 1,5 m), timp de 10 zile (în Delta Mackenzie), a călcat și distrus vegetația tundrei, de o așa manieră încât, în următorii 2 ani, locul a început să se scufunde, luând forma unei farfurii, cu o adâncime de 18–23 cm; în același timp, grosimea stratului activ a crescut cu mai mult de 10 cm în interiorul depresiunii.

De asemenea, mineritul, dezvoltarea industriei petroliere, extinderea așezărilor umane, exploatarea forestieră și agricultura, care au devenit răspândite începând cu primul deceniu al secolului XX, constituie factori importanți ai degradării locale a permafrostului (Brown și Grave, 1979; în Shiklomanov și Nelson, 2013).

Efectele activităților umane nu se limitează doar la îndepărtarea acoperirii de la suprafață. De exemplu, Hinkel și Hurd (2006) au monitorizat dezvoltarea termocarstului după instalarea unui gard mare de zăpadă la Barrow (Alaska). Rezultatele studiului extins pe șase ani au arătat că prin formarea anuală a grămezilor de zăpadă temperatura medie a solului a crescut cu 2 – 5°C, ceea ce a determinat dezghețul permafrostul superior și tasarea terenului cu 10 – 20 cm în multe locuri.

Un alt motiv pentru apariția termocarstului este legat de eroziunea râurilor, care se manifestă preferențial de-a lungul penelor de gheață, fapt care determină

subminarea și deplasarea în masă a materialului de deasupra, formând inclusiv goluri în maluri (French, 2007). De asemenea, producerea termocarstului are loc și datorită eroziunii laterale a râurilor.

Principalele **proces termocarstice** sunt: subsidența termocarstică (degradarea prin scufundare) și eroziunea termică sau termoeroziunea (degradarea prin eroziune).

Subsidența termocarstică este asociată cu pierderea de apă (gheață în exces), din cauza topirii și îndepărtării acesteia prin evaporare sau drenaj. Topirea este influențată de conducția termică a căldurii, prin solul neînghețat sau prin apa unui lac, existent pe suprafața terenului. Ca urmare, subsidența termocarstică poate avea loc cu aceeași eficiență, atât pe terenuri plane și bine drenate, cât și lunci slab drenate (French, 2007). De exemplu, în cadrul unui experiment de 5 ani, efectuat lângă Mayo (din Yukon, Canada), subsidența simplă a termocarstului a fost de 35 cm; stratul activ s-a mărit de la 33 cm la 90 cm, iar degradarea totală a permafrostului a fost de 92 cm, dintre care 35 cm au rezultat din topirea gheții în exces și 57 cm au fost din dezvoltarea stratului activ (French, 2007).

În cazul dezghețului permafrostului, prevăzut cu poligoane de gheață, rezultă grupuri de coline numite baydzharakh (baydzherakh), după un termen yakutian folosit pentru a descrie movilele de lut sau turbă, uneori numite „movile de cimitir” (Andre și Anisimov, 2009). Movilele sunt separate de șanțuri, care urmăresc colapsul poligoanelor de gheață, ce se formează activ în Arctica canadiană, din cauza degradării permafrostului (Fortier et al., 2007); prezența lor pe suprafețe relativ extinse determină formarea unui relief termocarstic de tip badland (French, 2007). O astfel de morfologie este specifică și în Alaska arctică (Jorgenson et al., 2006).

Subsidența inițială, a suprafeței terenului, este asociată cu pierderea excesului de gheață, ca efect al pătrunderii dezghețului la orizontul de permafrost, eliminarea apei (fie prin drenaj, fie prin evaporare) și consolidarea substratului (sol și rocă), care primește aspect depresionar (Shiklomanov și Nelson, 2013).

Acest tip de subsidență conduce la formarea depresiunilor de topire, cum ar fi alasele din Yakutia (Czudek și Demek, 1970; Soloviev, 1973) și lacurile de topire, din în Alaska.

Formarea lacurilor de termocarst este un mod dominant de degradare a permafrostului și este legată de: perturbările care au loc la suprafața terenului, topirea ulterioară a gheții din sol, tasarea terenului, acumularea de apă și mecanisme de feedback pozitiv între creșterea lacului și dezghețarea permafrostului, în timp ce drenajul lacului duce în general la regenerarea permafrostului local (Grosse et al., 2013).

Forma și dimensiunea lacurilor de topire variază destul de mult. De exemplu, unele ating diametre de 1–2 km, dar majoritatea sunt mult mai mici, având un diametru de până la 300 m; majoritatea lacurilor de topire sunt superficiale și au margini curbe și netede (French, 2007). Adâncimea lor maximă se înregistrează în partea centrală,

unde poate ajunge la 2 – 4 m. De obicei în partea centrală a lacurilor mai mari este localizat un talik (strat neînghețat cu temperatură medie anuală de 3–4 °C), în timp de pe margini, pe țărm, este prezent permafrostul (–2 °C până la –3 °C temperatură medie anuală) (French, 2007). Prin dezghețul permafrostului, malurile acestor lacuri se retrag, pe fondul prezenței deplasărilor în masă specifice (alunecări de topire).

Prezența lacurilor rezultate din topirea actuală a permafrostului, precum și a celor rezultate în perioadele mai calde din Holocen, creează cea mai mare deviație termică naturală la suprafața solului, față de condițiile determinate de climat, din cauza capacității volumetrice mare de stocare a căldurii (Brewer, 1958; Lachenbruch, 1957; Mackay, 1962, citați de French, 2007).

Transmiterea fluxului de căldură de la apa la substrat permite dezghețul permafrostului și topirea gheții de sub lac, ceea ce duce la pierderea volumului, compactarea sedimentelor, subsidența fundului lacului și creșterea adâncimii și volumului bazinului (Grosse et al., 2013). Odată ce adâncimea lacului depășește grosimea maximă a stratului de gheață de iarnă, menținerea temperaturilor pozitive la fundul lacului (pe tot parcursul anului) accelerează dezghețarea și extinderea talik-ului. Apa din lacurile mici are temperaturi medii multianuale negative, în timp ce în lacurile mari, care îngheață doar la suprafață, temperaturile se mențin pozitive și iarna.

Remarcabil, fluxurile de căldură sunt întotdeauna direcționate din talik către permafrost, extinzând efectiv zona dezghețată pe tot parcursul anului, contribuind la încălzirea și degradarea permafrostului adiacent, la tasarea fundului lacului și la extinderea și adâncirea bazinului lacului (Grosse et al., 2013). Creșterea lacului, în condițiile în care există suficientă apă, provenită din gheața solului sau din precipitații, este un mecanism de feedback pozitiv în acest ciclu, deoarece crește capacitatea de stocare a căldurii în corpul de apă. Din acest motiv, cele care se încălzesc cel mai rapid, în regiunile cu permafrost, sunt lacurile (Schneider și Hook, 2010). De exemplu, Arp et al. (2011) au descoperit că lacurile termocarstice mai adânci (care nu îngheață complet) aveau momente de apariție a gheții și bilanțuri de apă foarte diferite, comparativ cu cele lacurile mai puțin adânci (care îngheață complet).

Odată inițiate, lacurile de termocarst tind să se extindă lateral, prin eroziune termică și mecanică, în depozitele de permafrost bogate în gheață și solurile adiacente (Grosse et al., 2013). Expansiunea laterală a lacurilor de termocarst este evidențiată prin malurile prăbușite, multe dintre acestea fiind legate de degradarea termică a substratului din interiorul căruia gheața se topește.

Originea termocarstică a acestor lacuri este trădată de copacii scufundați, de crăpăturile de pe fundul cuvetelor lacustre și de pe maluri, de absența aluviunilor etc.; cu timpul, dacă se drenează, astfel de lacuri ajung să fie complet acoperite cu mușchi și turbă, din care pe alocuri apar resturi ale trunchiurilor de copaci (Muller, 1945).

Eroziunea termică se referă la complexul de procese de eroziune, care sunt asociate cu apa curgătoare, ce acționează asupra permafrostului bogat în gheață

(Romanovskii, 1961; Shamanova, 1971, citați de French, 2007). Eroziunea termică este rezultatul scurgerii de suprafață a apei provenite din topirea zăpezii, precipitațiile de vară sau topirea permafrostului, care apoi se concentrează de-a lungul coeziunilor de gheață, determinând topiri preferențiale.

Acest tip de eroziune mai este cunoscut sub denumirea de eroziune fluvio-termică, iar profilul transversal al văilor, cu aspect de ravenă, care rezultă, este asemănător unui „T” inversat, deoarece apa erodează inițial vertical și apoi, pe măsură ce partea inferioară este acoperită cu sedimente transportate din amonte, erodează și lateral formând maluri în surplombă (French, 2007). În acest mod se drenează rapid multe lacuri din tundra arctică.

Un tip deosebit de eroziune termică, se manifestă îndeosebi pe depozitele litorale nesolidificate, dar cu multă gheață, fiind unul dintre procesele care provoacă retragerea coastelor. Ea este predominantă în sedimentele argiloase, de pe coastele mărilor Barents și Kara, unde se dezvoltă circuri termocarstice (Andre și Anisimov, 2009).

Alături de morfologia prezentată anterior, manifestarea proceselor termocarstice mai determină: fisuri ale terenului, crăpături (ele sunt asociate cu pregătirea terenului pentru solifluxiune), goluri subterane și pânii (pot fi uscate sau umplute cu apă; de obicei diametrul lor nu este mai mare de 10 m și pot avea formă conică, cilindrică sau destul de neregulată, iar laturile lor pot fi netede sau neuniforme și traversate de numeroase fisuri), microdepresiuni (au adâncimea de câțiva metri, iar lățimea poate ajunge la sute de metri; versanții lor au valori reduse ale pantei, sunt de formă concavă și converg spre partea centrală; cu toate că partea lor inferioară este uniformă, în cazul celor de mari dimensiuni poate să fie neregulată, din cauza prezenței unor movile de mici dimensiuni), rigole și râpe cu aspect de vale (lungimea lor poate fi de ordinul kilometrilor) etc. (Muller, 1945).

Prezența proceselor termocarstice, pe suprafețe extinse, determină de multe ori aspectul de badlands al terenurilor, pe care se manifestă (French, 2007). În același timp, termocarstul poate provoca schimbări profunde în ecosisteme și poate conduce la deteriorarea sau chiar prăbușirea infrastructurii antropice din regiunile cu permafrost.

Cu toate că descoperirile științifice au ajutat la înțelegerea obiectivă a proceselor termocarstice și în prezent termocarstul indus de activitățile antropice continuă să se extindă, motiv pentru care trebuie luate măsuri obiective de prevenire și combatere.

Solifluxiunea reprezintă unul dintre cele mai întâlnite procese geomorfologice din regiunile cu permafrost. Este vorba de un proces de deplasare în masă, din cauza dezghețului relativ complet al stratului activ, de la partea superioară a permafrostului. Procesul are loc mai ales la sfârșitul primăverii și începutul verii.

Procesul de solifluxiune este favorizat de concentrarea umidității, în sezonul cald, imediat deasupra permafrostului, care deoarece este înghețat se comportă ca un corp impermeabil, pentru apa rezultată din topirea stratului activ. O astfel de mișcare, a stratului activ (neînghețat), de-a lungul suprafeței superioare a permafrostului (înghețat), este cea mai comună formă de deplasare în masă în Domeniul Periglaciatic. Aceste deplasări sunt favorizate și de diverse activități antropice, între care se remarcă cele ce implică tăierea sau intersectarea suprafețelor înclinate, pentru realizarea de drumuri sau de săpături în diverse scopuri.

Producerea solifluxiunii demonstrează că, în teritoriile cu permafrost regimul termic al solului și al stratelor de pământ joacă un rol important în morfologia terenului, ceea ce influențează ulterior și modul de utilizare al acestuia.

Cu toate că nu este vorba de un proces care afectează substratul în profunzime, așa cum este în cazul termocarstului, solifluxiunea conduce la schimbarea morfologiei inițiale a terenului și la degradarea structurilor antropice, existente pe suprafețele pe care se produce.

Alunecările de topire (thaw slumps), cunoscute și sub numele de alunecări de topire retrogradă sau termocircuri, sunt cauzate de topirea retrogradă a permafrostului, bogat în gheață, existent pe terenurile înclinate (Jorgenson, 2013).

Acestea sunt frecvente în Alaska și în centrul Canadei, precum și în Siberia. Se întâlnesc atât pe versanți ușor înclinați cât și mai abrupti, precum și pe maluri de râuri, lacuri sau pe țărmuri, unde materialul o dată desprins este îndepărtat cu ușurință. În majoritatea cazurilor, ele sunt inițiate de o alunecare prevăzută cu o linie evidentă de desprindere, care îndepărtează solul din stratul activ și expune permafrostul la topirea rapidă (Jorgenson, 2013).

Cu toate că alunecările de topire retrogradă sunt efemere, ele se dezvoltă rapid și se stabilizează destul de greu, adică în decurs de 30–50 de ani de la inițiere (French, 2007). Fiind unul dintre cele mai rapide procese de degradare a permafrostului, ratele de retragere a pereților frontali ajung în medie la 6 - 8 m pe an. Sunt specifice permafrostului bogat în gheață, care se retrage sub forma unui perete frontal semilunar, cu o înălțime de 1–2 m, la partea inferioară a căruia terenul rămâne slab înclinat, dar cu o morfologie foarte neregulată. Aceasta din urmă este rezultatul redepozitării materialelor prin intermediul proceselor de cădere a sfărâmurilor (debris), pe fondul prezenței apelor de topire (French, 2007).

O dată inițiat procesul de topire a permafrostului, alunecările de topire se pot forma atât pe malul râurilor (declanșarea lor poate fi cauzată și de eroziunea laterală a curentului de apă), a lacurilor (pot fi declanșate de stresul provocat de valuri), cât și pe suprafețe înclinate de tipul versanților (pot fi inițiate de ploile de vară sau de surplusul de apă rezultat din topirea stratului mai gros de zăpadă, din unele ierni).

Cele mai cunoscute locuri cu astfel de alunecări, legat de prezența țărmurilor sau a malurilor, sunt coastele Arhipelagului Canadian de Nord (Lantuit și Pollard, 2005) și malurile râului Lena, pe sectorul din Siberia (Costard et al., 2007).

Deoarece astfel de alunecări sunt mai frecvente pe terenurile orientate spre sud, decât pe cele expuse spre nord, de acest aspect trebuie să se țină seama atunci când se alege un traseu rutier sau feroviar.

Se poate concluziona, că toate aceste procese, condiționate de degradarea permafrostului, au o serie de efecte negative, atât asupra morfologiei terenurilor aflate în stare naturală (acoperite cu vegetație de taiga, silvotundră sau tundră), cât și a celor utilizate în scopuri antropice (ansambluri rezidențiale, platforme industriale, câmpuri miniere, petroliere, drumuri, căi ferate etc.), motiv pentru care trebuie prevenite.

În paragrafele următoare vor fi prezentate câteva **studii de caz** referitoare la modul în care degradarea permafrostului a condus la schimbarea modului de utilizare a terenurilor și la degradarea structurilor antropice.

Din cauza Încălzirii Globale și a creșterii nivelului mărilor, **țărmurile arctice** cu permafrost sunt caracterizate de rate rapide de retragere, din cauza eroziunii costiere. Aceasta din urmă este investigată de cercetătorii implicați în programul Arctic Coastal Dynamics (ACD) al Comitetului Internațional pentru Știința Arcticului (IASC) și al Asociației Internaționale de Permafrost (IPA) (Rachold et al., 2005). De exemplu, în ultimele decenii, cea mai mare parte a țărmului Mării Beaufort, din Canada și Alaska, a fost erodat cu rate pe termen lung de până la aproximativ 20 m pe an (Reimnitz et al., 1988; Solomon, 2005). Ratele medii anuale de eroziune costieră de 1 până la 4 m pe an sunt comune și în mările Beaufort, Barents și Kara și sunt printre cele mai mari din lume (Andre și Anisimov, 2009).

Revenind la **Marea Beaufort**, eroziunea costieră a străpuns lacurile termocarstice, provocând drenarea lacurilor urmată de inundații marine, fapt care a făcut ca multe lacuri de apă dulce să devină golfuri cu apă sărată (Andre și Anisimov, 2009).

Și pe coastele canadiene ale **Câmpiei Yukon**, una dintre regiunile cele mai bogate în gheață și sensibile la dezgheț, din toată Arctica canadiană, alunecările de topire au devenit tot mai frecvente și extinse din cauza dezghețării accelerate a permafrostului masiv și a eroziunii costiere (Lantuit și Pollard, 2005).

În **Arctică Inferioară**, din cauza exploatării resurselor mineralelor, care au implicat și distrugerea turbei, topirea permafrostului s-a accentuat. În general, turba care acționează ca un bun izolator, ajută la prevenirea topirii permafrostului. Cu toate acestea nu s-a renunțat la utilizarea vehiculelor cu șenile, care îndepărtează și deteriorează stratul de turbă, favorizând astfel topirea permafrostului și apariția termocarstului. De exemplu, în Tanana Flats (Alaska), permafrostul bogat în gheață care susține păduri de mesteacăn se topește rapid,

transformând aceste păduri în fânețe inundate și cu vegetație plutitoare (Osterkamp et al. 2000).

Cu un secol în urmă, aproximativ 83%, din cele 260.000 de hectare din această regiune, erau cu permafrost. În ultimii 100-200 de ani, aproximativ 42% din acest permafrost a fost afectat de termocarst, cu adâncimi de topire variind de la 1 la 2 metri, și în unele cazuri până la 6 metri (Huggett, 2017).

În **Peninsula Yamal**, din nord-vestul Siberiei, schimbarea modului de utilizare a terenului, alături de schimbările climatice din anii 1960 (când au fost descoperite câmpuri uriașe de gaze naturale) au modificat peisajul tundrei (Forbes 1999).

Dezvoltarea economică, care a afectat mii de ha de teren, a contribuit la migrarea renilor, pe terenuri naturale din proximitate, unde datorită pășunatului excesiv și a călcării cu copitele a lichenilor și a vegetației, s-a declanșat procesul de formare a termocarstului, fapt care a dus în continuare la reducerea suprafețelor ocupate de pășuni (Huggett, 2017).

Pe terenurile defrișate pe mari suprafețe, în scopuri agricole, se pot forma depresiuni termocarstice extinse, denumite alas. De exemplu, în urma defrișărilor, realizate în ultimii 200 de ani, pentru extinderea terenurilor agricole, din satul Maya (**Yakuția Centrală**), s-a format o depresiune cu un diametru de 200 – 300 m și o adâncime de 5 – 8 m (Soloviev, 1973, citat de French, 2007).

La fel s-a întâmplat și în **Regiunea Fairbanks** (din centrul Alaskăi), unde au fost defrișate zone extinse în anii 1930 pentru scopuri agricole (Rockie, 1942, citat de French, 2007). În anii următori s-au depresiuni termocarstice și mobile (cu diametru cuprins între 3 și 15 m și înălțimi de 2-4 m) (Péwé, 1954, citat de French, 2007); ulterior, din cauza morfologiei specifice a permafrostului degradat, câmpurile au trebuit abandonate, deoarece era imposibilă efectuarea mecanizată a lucrărilor.

Degradarea permafrostului și manifestarea proceselor termocarstice afectează inclusiv pădurea boreală. De exemplu, în **Alaska**, subsidența terenurilor, datorată degradării permafrostului, poate ajunge până la 6 m, determinând apariția fenomenului de pădure beată, caracterizată de prezență trunchiurilor de molid negru înclinate în toate direcțiile (Andre și Anisimov, 2009). Prin repetarea și menținerea fenomenului, conform autorilor citați, ecosistemele forestiere pot fi complet distruse și înlocuite de pajiști umede, mlaștini, lacuri și bălți de termocarst.

Degradarea permafrostului din păduri are loc și din cauza incendiilor de vegetație. Dacă la căldura dată de incendii se adaugă și cea asociată Încălzirii Globale, atunci permafrostul discontinuu nu se va mai recupera după incendiile de vegetație (Shur și Jorgenson, 2007).

Prin intermediul acestor exemple se argumentează fără echivoc necesitatea aplicării unor măsuri de prevenire a efectelor degradării permafrostului.

B. Măsuri de prevenire a dezghețului permafrostului

Din cele prezentate anterior se evidențiază că acestea se rezumă, în general, la: reducerea efectelor Încălzirii Globale (care are loc pe fondul Schimbărilor Climatice) și interzicerea schimbării modului de utilizare a terenurilor.

Reducerea efectelor Încălzirii Globale și a Schimbărilor Climatice. Pentru a înțelege și mai obiectiv efectele Încălzirii Globale și a Schimbărilor Climatice, la adresa permafrostului, și necesitatea diminuării lor, alături de informațiile aduse în acest sens la începutul acestui subcapitol, în paragrafele următoare se vor adăuga noi argumente.

Importanța cunoașterii Schimbărilor Climatice. Simulările efectuate de Centrul Național pentru Cercetări Atmosferice (NCAR) din SUA, la adresa interacțiunilor dintre atmosferă, ocean, teren, gheață marină și înghețarea solului (Lawrence și Slater, 2005), au oferit date care ulterior au fost incluse în Modelul Comunitar de Sistem Climatic (CCSM). Rezultatele simulărilor efectuate, ținând seama și de creșterea gazelor cu efect de seră (în conformitate cu scenariile date de IPCC), sugerează că jumătate din zona acoperită de permafrostul superior de 3 – 4 m ar putea să se dezghețe până în 2050, iar până la 90% până în 2100, ceea ce ar schimba dramatic ecosistemele polare (French, 2007).

S-ar alege astfel, ca în nordul Canadei, Alaska, Groenlanda, Scandinavia de nord și Siberia, să se înregistreze daune la clădiri, drumuri (cele de iarnă, pe terenuri înghețate, nu ar mai putea fi folosite) și alte structuri, iar activitățile de minerit și alte industrii ar fi grav afectate (French, 2007).

Cu toate că aceste scenarii prevăd o degradare treptată a permafrostului, suprafețele afectate de termocarst vor fi tot mai extinse, fără posibilitatea de refacere a terenurilor afectate de subsidență, eroziune, modificarea regimului scurgerii apei în sezonul estival și o instabilitate generală, menținută de repetarea anuală a procesului de îngheț-dezgheț (Slymaker și Kelly, 2007).

Permafrostul reacționează la Schimbările Climatice prin modificarea temperaturii solului, a grosimii stratului activ și a extinderii sale areale. Se consideră că, din 1900, suprafața maximă acoperită de sol înghețat sezonier a scăzut cu aproximativ 7% în emisfera nordică (IPCC, 2007).

Creșterea temperaturii aerului se resimte și în permafrost, atât în Alaska și Canada, cât și Siberia sau Tibet (French, 2007). De exemplu, la stațiile de monitorizare a permafrostului din regiunile sub-arctice din Europa și Rusia (pentru perioada 1970-1990), temperatura permafrostului la o adâncime de 3,0 m a crescut cu 0,6–0,7 °C (Pavlov, 1994). Datele din Podișul Qinghai-Xizang (Tibet), semnalează faptul că temperaturile la 20 m adâncime au crescut cu 0,2–0,3 °C în ultimele două decenii (Wang, 1993, citat de French, 2007). Deoarece în Podișul Tibet este puțin populat și intervențiile antropice ale substratului sunt minime, devine

evident că degradarea permafrostului nu este cauzată de agricultură sau de alte activități antropice, ci de Schimbările Climatice.

La fel stau lucrurile și la Mayo (în Teritoriul Yukon din Canada), unde temperatura medie anuală a substratului, la adâncimea de amplitudine anuală zero (10 m) este de $-1,3^{\circ}\text{C}$, după ce anterior era de aproximativ $-2,0^{\circ}\text{C}$ (Burn, 1992). Cauza principală ar fi temperaturile mai mari din timpul iernii, care au determinat subțierea sau dispariția permafrostului discontinuu, în unele locuri din centrul Canadei.

În toate aceste regiuni, precum și în alte locuri, încălzirea este interpretată ca fiind rezultatul Schimbărilor Climatice sau al unei tendințe naturale de încălzire a climei (Gutierrez, 2005). Se preconizează că suprafața uscatului se va încălzi mai repede decât cea a oceanelor și că latitudinile înalte se vor încălzi mai mult decât media globală, în special iarna (French, 2007).

O variabilă importantă, de care depinde degradarea sau conservarea permafrostului, o reprezintă zăpada. Aceasta reflectă aproximativ 80% din radiația solară, în timp ce solul și apa mării absorb 80% sau mai mult (Slymaker și Kelly, 2007). Din acest motiv, cele mai mari schimbări, în bilanțul radiativ al terenurilor cu permafrost, apar așadar când cade prima zăpadă și când are loc topirea în întregime a stratului de zăpadă, acumulat în timpul iernii.

Pentru a înțelege complexitatea transformărilor trebuie reținut că zăpada și gheața funcționează ca bănci de energie: ele stochează și eliberează energie. Acestea stochează căldura latentă de fuziune, sublimare și forțele de legare a cristalelor.

Pentru a sublima 1 kg de zăpadă este nevoie de aceeași cantitate de energie ca pentru a ridica temperatura a 10 kg de apă lichidă cu 67°C ; în comparație, pentru a topi 1 kg de zăpadă (deja la 0°C) este nevoie de aceeași cantitate de energie cât pentru a ridica temperatura a 1 kg de apă cu 79°C (Slymaker și Kelly, 2007).

În același timp zăpada funcționează ca un scut, față de radiația solară, reflectând cu atât mai multe unde scurte cu cât este mai rece, de unde și rolul său de corp izolator; de exemplu, o undă de temperatură, de o magnitudine dată, ar pătrunde de 2,5 ori mai adânc în granit comparativ cu zăpada proaspătă (Slymaker și Kelly, 2007).

Zăpada, fiind un bun izolator, influențează degradarea permafrostului în diverse moduri, în funcție de grosime, de momentul în care apare primul strat stabil (toamna) și se topește primăvara. În mod concret, o ninsoare abundentă căzută toamna sau la începutul iernii împiedică pătrunderea frigului în substrat, în timp ce o iarnă cu ninsori reduse face exact invers; la fel, dacă zăpada persistă până târziu în primăvara, topirea la nivelul orizontului activ va fi întârziată (French, 2007).

Există așadar suficiente argumente pentru a susține că încălzirea pronunțată a verilor, cel puțin din Alaska continentală, se poate corela cu prelungirea sezonului fără zăpadă (Chapin et al., 2005). La acest fapt se adaugă creșterea cantităților de precipitații sub formă de ploaie, care cad direct pe stratul de zăpadă.

Pe baza acestor informații se estimează că Schimbările Climatice vor determina cel mai probabil o reducere a extinderii globale a permafrostului, a zăpezii sezoniere și a gheții marine (French, 2007). Ca efect al acestor schimbări se asistă la o creștere a grosimii stratului activ al permafrostului, ceea ce a creat condiții favorabile pentru extinderea proceselor de termocarst, cu toate consecințele menționate anterior.

Contribuția gazelor cu efect de seră la Încălzirea Globală. Dezghețul permafrostului are implicații și în bilanțul carbonului existent în solurile Terrei. Datele existente arată faptul că întreaga regiune a permafrostului circumpolar nordic ar putea conține 1.024 Gt de carbon, în stratul de suprafață de 0 – 3 m adâncime (277 Gt din acestea în turbării), la care se adaugă încă 648 Gt de carbon blocat în straturi adânci (de aproximativ 25 m grosime) de sedimente eoliene și aluvionare (407 Gt) și depozitele deltaice (241 Gt) ale râurilor mari arctice (Zimov et al., 2006; Schuur et al., 2008).

Cea mai mare problemă în acest context este cea legată de creșterea ratei de descompunere a carbonului din sol, care ar putea ajunge în atmosferă sub formă de CO_2 și CH_4 .

De exemplu, metanul are un efect de seră de peste 20 de ori mai puternic decât o cantitate similară de CO_2 . Unele ecosisteme din Arctica, inclusiv mlaștinile, transformă parțial carbonul (capturat fotosintetic din atmosferă sub formă de CO_2) în metan, care este ulterior eliberat ca produs al descompunerii solului organic. Din acest motiv, chiar și ecosistemele care au statut de rezervor net de carbon, cum ar fi tundra, pot determina creșterea radiativă globală, dacă o fracțiune semnificativă de carbon este emisă sub formă de CH_4 (Friborg et al., 2003; Callaghan, 2004).

Un studiu detaliat al unei mlaștini (din nordul Suediei) arată că dezghețul mai adânc al permafrostului și schimbările ulterioare ale vegetației au fost asociate cu creșteri ale emisiilor de metan cuprinse între 22 și 66%, pe parcursul perioadei 1970–2000 (Christensen et al., 2004).

Turbăriile care acoperă permafrostul reprezintă un mare rezervor de carbon terestru, ce joacă un rol important în ciclul de carbon al Pământului (Schuur et al., 2009; McGuire et al., 2010; Buta et al., 2013). O altă cantitate considerabilă de carbon se află în permafrost și este biogeochimic relativ inertă; această stare s-ar putea modifica ca rezultat al Schimbărilor Climatice prezente.

Prelungirea sezonului fără îngheț în turbării, creșterea temperaturii substratului și adâncirea stratului activ, ca efect al creșterii temperaturilor aerului și schimbărilor în dinamica stratului de zăpadă, vor avea implicații în ciclul carbonului din turbării și pentru fluxurile de carbon către atmosferă și hidrosferă, deoarece procesele biogeochimice în turbă sunt parțial controlate de starea de îngheț-dezgheț (Marchenko și Etzelmueller, 2013).

O altă sursă de gaze, cu efect de seră, cum sunt dioxidul de carbon și metanul, o reprezintă lacurile formate în urma proceselor termocarstice (Grosse et al., 2013).

Mediile anaerobe, de pe fundul lacurilor de termocarst și sedimentele dezghețate de sub lacuri, provoacă descompunerea microbiană a materiei organice și producerea de metan, devenind astfel o sursă de metan, care contribuie la bugetul actual de carbon atmosferic al regiunilor nordice (Walter et al., 2006).

Cu aproximativ 25 ani în urmă, în 1990, Panelul Interguvernamental pentru Schimbări Climaterice (IPCC) a prezis o creștere a temperaturii medii globale de aproximativ 0,3 °C pe deceniu, în următorul secol (Houghton et al., 1990). Această prognoză s-a bazat pe ipoteze referitoare la emisiile curente și viitoare de gaze cu efect de seră, în special dioxid de carbon (CO₂) și metan (CH₄). Mai multe modele de circulație generală a atmosferei (GCM), bazate pe o dublare a concentrației de CO₂, au sugerat că schimbările pentru lunile decembrie-ianuarie-februarie ar putea fi de aproximativ 8-12 °C (Houghton et al., 1992), iar temperatura medie a suprafeței ar putea crește cu 1,5 °C până la 4,5 °C până la mijlocul secolului XXI (French, 2007).

Ulterior, în 2001, a treia evaluare a IPCC (Anisimov et al., 2001) a confirmat aceste tendințe. Este acceptat, în general, că activitatea umană este principala cauză a creșterii gazelor cu efect de seră. Indiferent însă de cauza exactă, este clar că temperaturile globale au crescut în secolul XX cu o rată fără precedent, în ultima mie de ani (Bradley, 2000).

La rândul său, raportul din 2006, al Administrației Naționale Oceanice și Atmosferice (NOAA), a indicat o creștere a CO₂ din atmosferă, pentru ultimii 40 de ani, de la 315 ppm la 381 ppm.

Este așadar cât se poate de evident că regiunile cu permafrost vor fi afectate de aceste schimbări. Ce nu se cunoaște cu exactitate este viteza schimbărilor și diferențele de la un teritoriu la altul.

Schimbările, care vor avea loc la nivelul permafrostului și al stratului de zăpadă (grosime și extensiune anuală), vor influența inclusiv limitele nordice ale pădurii boreale și a silvotundrei, care vor putea migra spre nord cu câteva sute de kilometri. Pe baza unui astfel de scenariu vor avea loc o serie de mecanisme de reacție, cum sunt: creșterea fluxului de metan (din cauza descompunerii materiei organice înghețate în permafrost și a descompunerii hidraților de metan), creșterea producției de biomasă și a descompunerii vegetației (în regiunile de tundră și taiga) și scăderea albedoului o dată cu scăderea intervalului de acoperire cu zăpadă a terenului (French, 2007).

Principalele programe internaționale care studiază aceste probleme sunt: Proiectul Cadru 4 al Uniunii Europene intitulat „Permafrost și Climă în Europa” (PACE), Sistemul Global de Observare Terestră (GTOS) al Sistemului Global de Observare a Climei (GCOS) și mai multe studii de impact sponsorizate de Comitetul Internațional pentru Știința Arctică și Asociația Internațională de Permafrost (Studiul de Impact al Mării Bering – BESIS; Studiul de Impact al Mării Barents – BASIS; Dinamicile Coastei Arctice – ACD) etc.

Informațiile furnizate de aceste programe și proiecte atestă creșterea procentului gazelor cu efect de seră din atmosferă și impactul negativ al acestora asupra permafrostului, starului de zăpadă și a vegetației.

Efectele Încălzirii Globale asupra populației. Degradarea permafrostului v-a afecta cele aproximativ 8 milioane de oameni, care trăiesc în regiunile cu permafrost (French, 2007). Alături de grupările mai mici, alcătuite din populații indigene, așa cum sunt cele din Alaska, nordul Canadei, Groenlanda, nordul Scandinaviei și nordul Siberiei, există și orașe cu populații de peste 20.000–50.000 de locuitori. De exemplu, în America de Nord, aceste orașe includ centre administrative precum Fairbanks, Iqaluit și Yellowknife, iar în Siberia, sunt multe orașe miniere, precum Norilsk și Vorkuta, cu populații de peste 50.000–100.000 de locuitori, precum și centre administrative (Yakutsk și Tyumen), care depășesc 300.000 de locuitori.

În cazul celor 370 de așezări situate pe țărmurile Arcticii, pentru a deservii facilități industriale legate de extracția petrolului, a gazelor naturale și a diverselor substanțe minerale utile, susceptibilitatea de degradarea permafrostului este crescută și din cauza creșterii nivelului mării și a retragerii gheții marine, începând cu luna aprilie (Andre și Anisimov, 2009).

De exemplu, nivelul mediu global al mării a crescut cu o rată medie de 1,8 mm pe an în perioada 1961–2003, cea mai rapidă rată din acest interval fiind în perioada 1993–2003, când s-au înregistrat aproximativ 3,1 mm pe an (IPCC, 2007).

Extinderea gheții în mările arctice, în aprilie, a scăzut cu aproximativ 33%, începând din anii 1860 (www.arctic.noaa.gov/reportcard/seaice.html), iar extinderea medie anuală a gheții marine arctice a scăzut cu 2,7% pe deceniu din 1978, cu scăderi mai mari în timpul verii de 7,4% pe deceniu (IPCC, 2007). În aceste condiții, din cauza unei perioade mai extinse de apă liberă (Belchansky et al., 2004), impactul eroziunii provocate de furtuni este mai puțin atenuat de acoperirea cu gheață marină, iar acțiunea valurilor la țărmurile cu permafrost (bogat în gheață), conduce la rate extrem de ridicate de eroziune costieră (Andre și Anisimov, 2009).

Pornind de la astfel de scenarii, unele sate aflate pe linia țărmului, cum este **Shishmaref** (600 de locuitori), de pe Insula Sarichef (din apropiere de Strâmtoarea Bering, din Alaska), a trebuit relocat. Motivul care a stat la baza acestei decizii a fost o eroziune costieră accelerată, datorată reducerii gheții marine, dezghețării permafrostului, asociat cu încălzirea climatică (+4 °C în 30 de ani) și creșterii nivelului mării (Andre și Anisimov, 2009). De exemplu, în 1997, o furtună severă a provocat o retragere dramatică a liniei de coastă (–38 m), mai multe case au fost distruse și 12 au fost nevoite să fie relocalate. În 2001, valuri uriașe au amenințat cea mai mare parte a satului, iar în 2002, locuitorii au decis să mute satul pe uscat; conform sursei citate, alte douăzeci de sate din Alaska vor trebui probabil strămutate, în următorii ani, din aceleași motive.

Degradarea insulelor barieră, de pe țărmul Alaskăi, determină ca eroziunea să se mute de-a lungul țărmului uscatului, care este mult mai bogat în permafrost. Prin subminarea acestuia de către valuri se ajunge la colapsul blocurilor din falezele de permafrost (Mars și Houseknecht, 2007). Pe măsură ce blocurile de permafrost se prăbușesc, acestea se topesc rapid în apa mării, iar acțiunea valurilor transportă sedimentele din componența lor în larg.

Se poate concluziona că toate modificările suprafeței terenului din cauza degradării permafrostului reprezintă procese geomorfologice de risc pentru locuitorii din regiunile cu permafrost.

Măsuri pentru reducerea efectelor Încălzirii Globale și a Schimbărilor Climatice. Și în acest caz, la fel ca în situația degradării reliefului din Domeniul Litoral se impun o serie de măsuri în scopul diminuării efectelor Încălzirii Globale și a Schimbărilor Climatice. În mod sintetic cele mai importante dintre acestea sunt: diminuarea arderii combustibililor fosili și a lemnului, interzicerea defrișării pădurii și a deștelenirii pajiștilor din tundră și silvotundră, reducerea activităților antropice, care produc gaze cu efect de seră, dezvoltarea tehnologiilor de producție a energiei electrice din surse regenerabile (energie solară, eoliană, hidroelectrică, oceanică și geotermală) etc.

Interzicerea schimbării modului de utilizare a terenurilor. În mod natural regiunile cu permafrost dispun de un înveliș vegetal reprezentat de pădure (taiga), silvotundră și tundră. Vegetația, atât singură, dar mai ales împreună cu solul și turba, este cel mai complex factor de pe teren, care influențează caracteristicile permafrostului (French, 2007).

Vegetația afectează permafrostul în diverse moduri și este semnificativă în toate zonele de permafrost discontinu, precum și în permafrostul continuu, cu excepția deșerturilor polare fără vegetație (French, 2007). Rolul fundamental al vegetației este cel de a proteja permafrostul de căldura provenită de la Soare. Din cauza proprietăților izolatoare a vegetației, dar și a turbei, care o însoțește, ea contribuie la controlul magnitudinii decalajului termic și a grosimii stratului activ (French, 2007). Conform autorului citat, stratul activ este cel mai subțire sub zonele slab drenate și bine vegetate, și cel mai gros sub soluri sau roci expuse, bine drenate.

Aceste realități se verifică în pădurile boreale și taiga din America de Nord și Eurasia. În aceste regiuni, copacii sunt controlori importanți ai condițiilor locale de permafrost, deoarece umbresc solul de radiația solară directă și interceptează ninsoarea în timpul iernii. În aceste condiții, frigul din timpul iernii penetrează mai adânc sub copaci decât sub zonele cu acoperite cu strat gros de zăpadă, iar cantitatea de radiație solară primită la suprafață este redusă (French, 2007). Dintre speciile de taiga molidul, comparativ cu pinul, laricele sau mesteacănul protejează cel mai bine permafrostul, inclusiv prin faptul că oferă cele mai favorabile condiții pentru dezvoltarea unui covor dens de mușchi.

Incendiile care afectează pădurile, în regiunile cu permafrost, sunt foarte frecvente, ele fiind cauzate îndeosebi de fulgere sau de diverse activități antropice (Filip et al., 2020). Majoritatea acestor păduri au fost arse cel puțin o dată (French, 2007). De exemplu, în Alaska, peste 400.000 hectare au ars între 1940 și 1969 (Viereck, 1973a, b, citați de French, 2007), iar în nord-vestul Canadei, aproximativ un milion hectare au ars între 1962 și 1971 (Brown și Grave, 1979, citați de French, 2007).

Consecințele incendiilor, asupra permafrostului, depind de natura și umiditatea vegetației, precum și de viteza cu care focul trece prin zonă sau de timpul de staționare a acestuia. Când focul trece rapid, iar la suprafață există turbă, mușchi sau licheni, doar copacii pot arde, în timp ce solul de la adâncimi de doar 2–3 cm poate rămâne neafectat (French, 2007). În astfel de situații, permafrostul va fi foarte puțin afectat. În alte cazuri, dacă vegetația de suprafață este excepțional de uscată și dacă focul se mișcă lent, apar schimbări considerabile la nivelul permafrostului.

De exemplu, la Inuvik (Canada) efectele unui incendiu de pădure, din 1968, au dus la: distrugerea unei mari părți a vegetației, topirea sedimentelor bogate în gheață, formarea rapidă a văilor și eroziune termică, precum și la numeroase curgeri de pământ (Heginbottom, 1973, citat de French, 2007). Efectul pe termen lung a fost o creștere a grosimii stratului activ în zona arsă (Mackay, 1977, 1995, citat de French, 2007); în consecință, așa cum s-a întâmplat în Valea Mackenzie, incendiile de pădure, pe lângă degradarea permafrostului, au condus și la creșterea instabilității versanților (Harry și McInnes, 1988, citați de French, 2007).

Prin îndepărtarea vegetației, atât din cauza incendiilor, cât și în urma amenajării teritoriului în scopuri antropice, are loc o schimbare radicală a bilanțului termic a suprafeței terenurilor cu permafrost.

În lipsa utilizării unor tehnologii adecvate, pentru protecția permafrostului de căldura provenită de la atmosferă, chiar și o simplă decopertare a terenului, pentru realizarea de construcții, provoacă dezvoltarea termocarstului. De exemplu, pe Insula Banks (din Canada) stabilizarea terenului a început la abia 10 – 15 ani de la perturbarea inițială, și nu devenit completă nici după 30 – 50 de ani (French, 2007).

Din exemplele prezentate în acest capitol și din cele care vor urma în cel următor reiese cât se poate de clar că schimbarea modului de utilizare a terenului trebuie interzisă, dacă se dorește prevenirea dezghețului permafrostului. În caz contrar, pentru viabilitatea structurilor antropice, edificate pe terenurile cu permafrost, sunt necesare intervenții costisitoare, care să nu permită dezghețul permafrostului.

Concluzii. Punerea în aplicare a măsurilor de prevenire a dezghețului permafrostului reprezintă așadar un demers mai mult decât necesar.

De exemplu, în lipsa unor măsuri care să oprească efectele Încălzirii Globale, chiar și o ușoară ridicare a temperaturilor medii va determina creșterea grosimii stratului activ, în timpul verii, și scăderea grosimii permafrostului continuu sau

dispariția permafrostului discontinuu (French, 2007), pe termen lung. Astfel de măsuri, de prevenire a efectelor dezghețului permafrostului, care au mai degrabă un caracter general, trebuie însoțite și de măsuri de combatere, care cu toate că sunt mai punctuale sunt mult mai concrete și eficiente.

8.3. COMBATEREA EFECTELOR DEZGHEȚULUI PERMAFROSTULUI

Introducere. În condițiile în care suprafețe extinse din Arctica sunt degradate, din cauza dezghețării permafrostului, trebuie luate o serie de măsuri și acțiuni pentru a face posibilă, în continuare, utilizarea terenurilor, care au fost amenajate în diverse scopuri antropice. Dintre elementele care trebuie protejate în acest sens se remarcă: clădirile rezidențiale, instalațiile care asigură serviciile urbane, infrastructura de transport, structurile industriale, amplasamentele și instalațiile pentru transportul hidrocarburilor etc.

Lucrările necesare pentru combaterea efectelor dezghețului permafrostului fac parte, prin specificul lor, din categoria celor ingineresti. Ele trebuie să rezolve probleme legate de subsidența terenului din cauza dezghețului, ridicarea suprafeței terenului din cauza înghețului (frost heave), precum și cele referitoare la prezența apei în stare lichidă, într-un mediu care este sustenabil, doar dacă apa este menținută înghețată.

Date fiind condițiile de mediu din Domeniul Periglaciatic, nu se poate nega importanța permafrostului, în influențarea activităților umane. Încă de la mijlocul secolului al XX-lea Muller (1943), afirmă următoarele: acțiunea distructivă a fenomenelor asociate permafrostului a împiedicat în mod semnificativ colonizarea și dezvoltarea unor zone extinse și potențial bogate din Arctica; drumurile, căile ferate, podurile, casele și fabricile au suferit deformări, uneori ireparabile, deoarece condiția terenului de permafrost nu a fost examinată anterior, iar comportamentul terenului înghețat a fost puțin sau chiar de loc înțeles.

Cele dintâi interacțiuni, dintre om și permafrost, au avut loc atunci când popoarele indigene săpau beciuri în gheața din teren, pentru depozitarea alimentelor. Ulterior, pe măsura industrializării și exploatării resurselor naturale intervențiile antropice au devenit mult mai radicale; pot fi amintite în acest sens: realizarea Căii Ferate Transsiberiene, care a avut loc în secolul al XIX-lea, a Autostrăzii Alcan, în secolul XX, (care face legătura între nordul SUA și Alaska) și a Sistemului de conducte Trans-Alaska (tot în secolul XX).

Presiunea antropică, la adresa regiunilor cu permafrost și necesitatea intervenției antropice, se leagă în prezent de existența substanțelor minerale utile (zinc, cupru, fier, uraniu, tungsten, diamante etc.) și a hidrocarburilor (petrol și gaz metan).

Dăinuirea obiectivelor antropice, în regiunile cu permafrost, este strâns legată de proiectarea lor într-o manieră care minimizează semnificativ sau neutralizează complet efectul distructiv al acțiunii înghețului (Muller, 1945). Conform autorului citat, adaptarea cu succes a principiilor ingineriei, la condițiilor unice de permafrost, se poate realiza doar dacă procesele naturale ale terenului înghețat sunt investigate și înțelese în profunzime, iar forțele acestora sunt evaluate corect. Ca urmare, pentru planificarea utilizării terenurilor și proiectarea structurilor antropice sau a diverselor tipuri de activități, necesită studii cuprinzătoare și sistematice a permafrostului. În cadrul acestora trebuie urmărită: starea permafrostului, tipul acestuia (continuu, discontinuu etc.), existența suprafețelor fără permafrost, prezența arealelor cu talik, prezența lacurilor (cu îngheț complet sau incomplet) etc. Pentru cunoașterea stării permafrostului se recomandă utilizarea forajelor și a gropilor de testare.

Spre exemplificare, se poate menționa situația satului Atlavik, din Delta râului Mackenzie, care după ce a fost înființat în 1912 și a ajuns la 400 de persoane în timpul iernii, respectiv 1.500 în timpul verii, a trebuit abandonat și strămutat, în 1955, la 48 de km, unde a primit denumirea de Inuvik (care a ajuns la 1.500 de persoane) (Gutierrez, 2005). Dacă la alegerea vechiului amplasament nu au fost realizate studii, pentru noul amplasament s-au făcut cercetări detaliate, pentru a nu se ajunge la probleme de instabilitate, generate de prezența gheții interstițiale și a sedimentelor deltaice cu granulație fină și drenaj slab. Un astfel de exemplu demonstrează necesitatea unor informații precise, despre starea și dinamica permafrostului, pentru a evita daunele clădirilor și a infrastructurii.

Reglementări privind intervenția antropică. Pentru reducerea daunelor cauzate de activitatea antropică au fost necesare proceduri de reglementare și utilizarea unor metode geotehnice menite să minimizeze perturbarea suprafeței și să conserve echilibrul termic al permafrostului. Primele teritorii în care s-au implementat astfel de măsuri au fost cele din Canada de Nord și Alaska.

Astfel, una din primele țări care au implementat proceduri pentru gestionarea termocarstului indus de activitatea umană, a fost Canada. Este vorba de Legea și Regulamentele de Utilizare a Terenurilor Arctice, stabilită de Guvernul Federal în 1971.

Procedurile menționate fac referire la: utilizarea anvelopelor cu presiune mică; introducerea vehiculelor concepute pentru a minimiza presiunea pe sol; restricții sezoniere de deplasare; limitarea mișcării echipamentului greu la lunile de iarnă, când terenul este mai stabil; cartografierea terenurilor, evaluarea impactului antropic asupra mediului; gestionarea drumurilor de iarnă; programarea utilizării drumurilor de iarnă, a forajului de explorare, a lucrărilor seismice și a extragerii agregatelor pentru a reduce deranjul etc. (French, 2007). Prin impunerea unor astfel de practici și reglementări stricte s-a reușit minimizarea proceselor termocarstice și, precum și a problemele de mediu asociate.

Ulterior aplicării acestor măsuri, utilizarea unor platforme de pietriș și a altor practici, de inginerie prietenoase cu mediul, au devenit un standard pentru

fundarea tuturor structurilor, construcțiile, drumurile și aerodromurilor (Allmand, 1976, Crory, 1991, citați de French, 2007). De asemenea, datorită succesului din Canada și Alaska, astfel de proceduri au devenit standarde internaționale, pentru regiunile nordice.

Realizarea și întreținerea clădirilor pe terenurile cu permafrost. Încă din primele decenii ale secolului trecut, se recomandă, înainte de realizarea unor construcții sau amenajarea terenurilor în diverse scopuri, executarea foraje până la adâncimi de 5 – 10 m, deoarece masa de permafrost este întâlnită, de obicei, la o adâncime de 5 m (Muller, 1945).

În aceeași ordine de idei, conținutul de gheață din teren este de o importanță capitală; deformarea (ridicarea) (fig. 8. 17) sau topirea masei de gheață (fig. 8. 18) conduce la umezire excesivă și plasticitate nedorită a solului și substratului, ceea ce provoacă instabilitatea clădirilor, care devin susceptibile la deformare și mișcare (Muller, 1943). Din astfel de motive este important ca toate datele referitoare la punctul de saturație cu gheață sau apă al terenului să fie verificate înainte de începerea oricărei construcții.

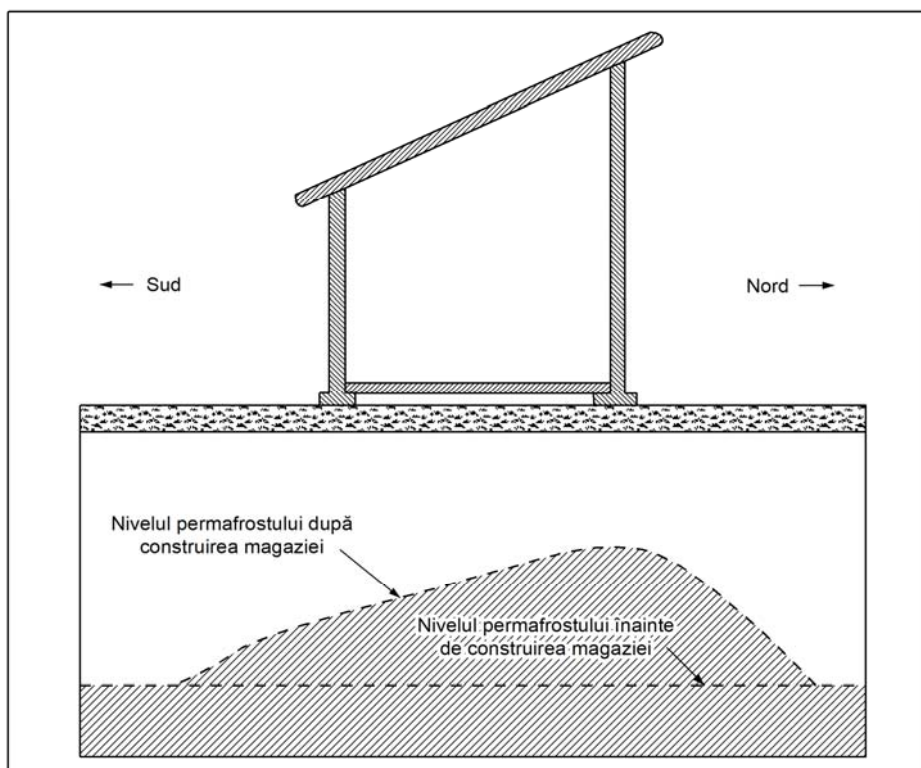


Fig. 8. 17. Efectul unei clădiri nelocuite (neîncălzite) asupra stratului de permafrost (Tsytoich și Sumgin, 1937, citați de Muller, 1945, p. 16)

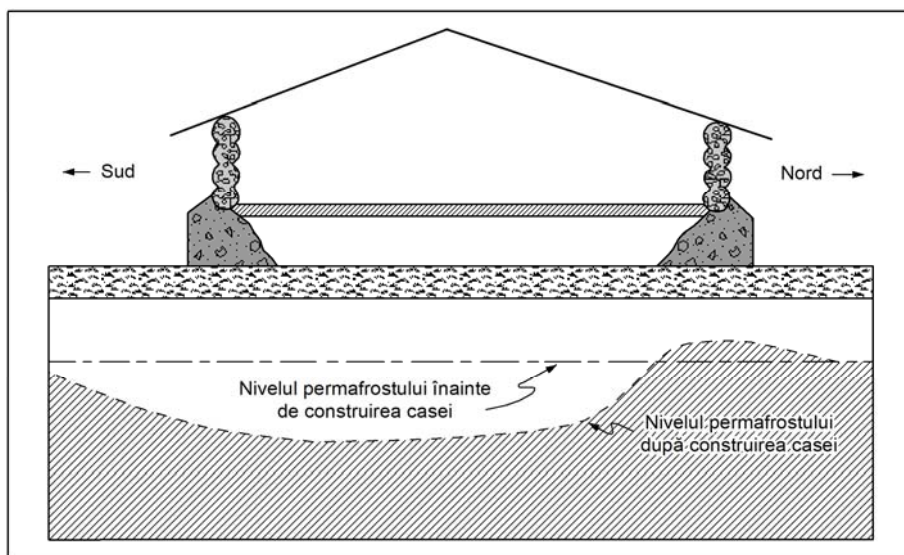


Fig. 8. 18. Efectul unei case locuite (încălzite) asupra stratului de permafrost (Tsytovich și Sumgin, 1937, citați de Muller, 1945, p. 16)

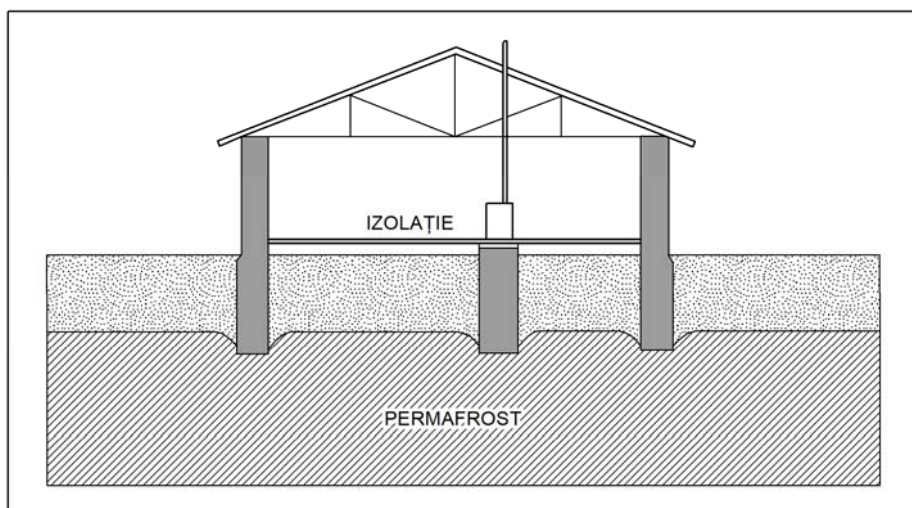


Fig. 8. 19. Reducerea maximă permisă a nivelului permafrostului sub o fundație (Muller, 1945, p. 73)

Problemele înghețării sezoniere a apei sunt strâns legate de mărirea volumului acesteia, cu aproximativ 9%, iar ca efect direct are loc deformarea rocilor și a solului.

Totuși, pentru a fi vizibilă umflarea terenului gheața trebuie mai întâi să depășească rezistența la expansiune, cauzată de ceea ce există deasupra (French, 2007), și anume clădiri, terasamente de drum, diverse materiale depozitate etc. În acest context clădirile și structurile antropice trebuie dimensionate ținând cont și de aceste aspecte.

La realizarea construcțiilor, pe terenuri cu permafrost, este la fel de important să se ia în considerare proprietățile solului neînghețat sau dezghețat. În cazul unei clădiri realizată pe un teren permanent înghețat, ea trebuie proiectată astfel încât să rămână nedeteriorată în condițiile începerii dezghețului permafrostului de sub ea (fig. 8. 19 și 8. 20).

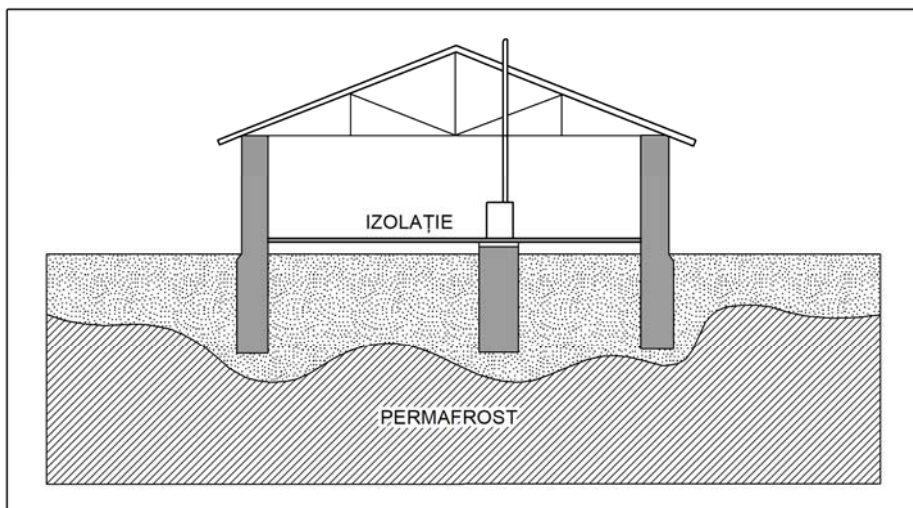


Fig. 8. 20. Izolația insuficientă sau transferul excesiv de căldură a cauzat topirea permafrostului; dacă substratul cu permafrost topit are o rezistență portantă scăzută, clădirea este susceptibilă să se lase și să fie avariata (Muller, 1945, p. 73)

Pornind de la caracteristicile permafrostului este cât se poate de evident că în regiunile în care el este prezent metodele și practicile ingineriei obișnuite nu pot fi aplicate cu succes și că ele trebuie adaptate la procesele de îngheț-dezgheț (Muller, 1945).

Există în acest sens două metode de a construi pe terenurile cu permafrost, și anume: **metoda pasivă** și **metoda activă** (Muller, 1945). După autorul citat, în aplicarea acestor metode trebuie ținut cont că factorii principali, care influențează stabilitatea unei clădiri, în regiunile cu permafrost sunt: textura și structura solului, temperatura solului și a aerului, precum și hidrologia solului.

În cazul aplicării **metodei pasive** caracteristicile solului și substratul înghețat nu se modifică. Pentru respectarea acestei cerințe construcțiile fie sunt amplasate pe piloni încastrați corespunzător în permafrost, fie fundația clădirii primește rol de izolator, pentru a împiedica ajungerea căldurii generate de structura nou construită la permafrost, căruia să îi provoace topirea și scăderea nivelului. Dacă dezghețul pătrunde sub baza fundației, solul va tinde să acumuleze umiditate, ceea ce poate determina scurgeri și înghețul apei direct sub clădire sau foarte aproape de ea (Muller, 1945). Surplusul de apă se poate remedia prin drenaj.

Pentru o amplasare corespunzătoare a pilonilor de susținere temperatura permafrostului nu trebuie să fie mai mare de -5°C (Tsytovich și Sumgin, 1937, citat de Muller, 1945).

Utilizarea pilonilor, la realizarea construcțiilor, implică respectarea următoarelor cerințe: diametrul pilonilor trebuie să fie cât mai mic posibil, tocmai pentru a reduce din valoarea forței de ridicare pe verticală; pilonii trebuie să ajungă în permafrost la o adâncime de cel puțin două ori grosimea stratului activ; înainte de coborârea pilonului în gaură se recomandă ca aceasta să fie umplută cu nămol gros, care prin îngheț, la contactul cu permafrostul, asigură o aderență foarte bună (pentru o aderență sporită pilonii pot fi prevăzuți cu striții); pilonii de lemn trebuie înveliți în hârtie bituminoasă, pentru a rezista cât mai mult timp (fig. 8. 21); fundarea pilonilor, în Emisfera Nordică, trebuie realizată în intervalul februarie – iunie, când stratul activ este minim sau lipsește etc. (Muller, 1945).

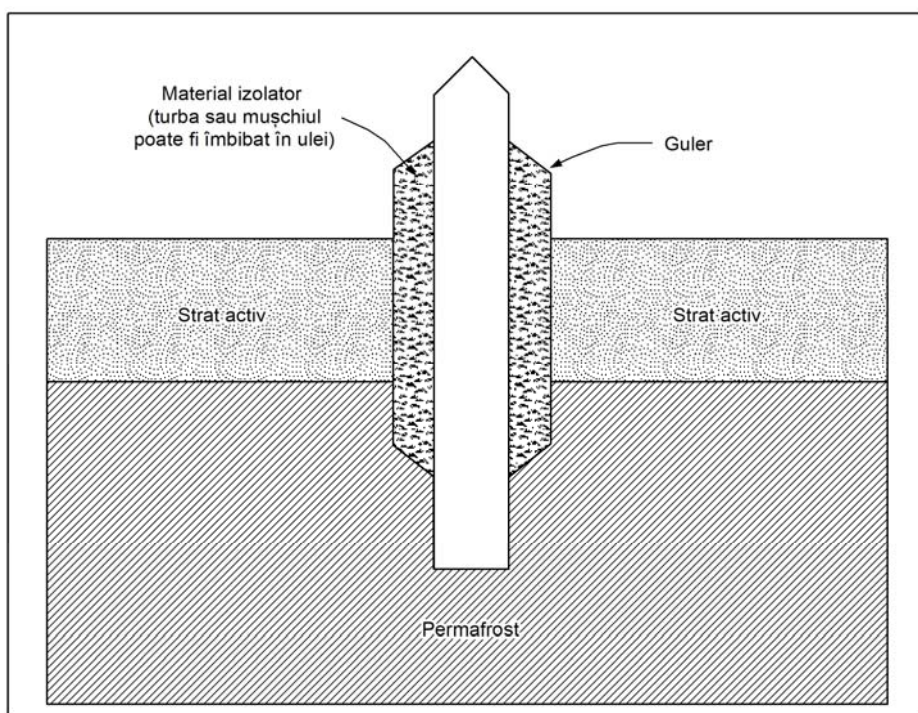


Fig. 8. 21. Fundarea pilonilor folosind metoda mufei sau a gulerului pentru a preveni ridicarea lor datorită înghețului (Muller, 1945, p. 102)

Folosirea pilonilor implică lăsarea unui spațiu liber între suprafața terenului și clădire (sau altă structură antropică), ceea ce permite circulația liberă a aerului, care poate astfel disipa căldura emanată de structură (French, 2007), fapt care face posibilă evitarea dezghețului permafrostului. Pentru o bună protecție a permafrostului de

căldura suplimentară, provenită de la cădiri, acestea trebuie construite la cel puțin 60 cm deasupra terenului (Gutierrez, 2005).

Dacă este necesar pilonii pe care este dispusă construcția pot fi răciți prin intermediul unei instalații de înghețare artificială.

Primele construcții moderne, din regiunile periglaciare, au fost realizate pe piloni de lemn, fapt care le-a asigurat o bună stabilitate pe termen lung. Ulterior în locul lemnului s-a utilizat betonul, fapt care a determinat ca structurile de susținere, a numeroase clădiri, să fie afectate de fisuri și așezări diferențiale (Harris, 1986).

Nici construcțiile realizate pe piloni nu sunt întotdeauna sigure, deoarece odată cu înghețarea terenului, aceștia sunt prinși ferm de stratul activ și sunt ridicați (fig. 8. 22), dacă sarcina structurii nu depășește această forță (Muller, 1945). Cu totul altcumva stau lucrurile, dacă pilonii sunt introduși adânc, până la permafrost, condiții în care rezistența de aderare la permafrost este mai mare decât cea de aderare la stratul activ.

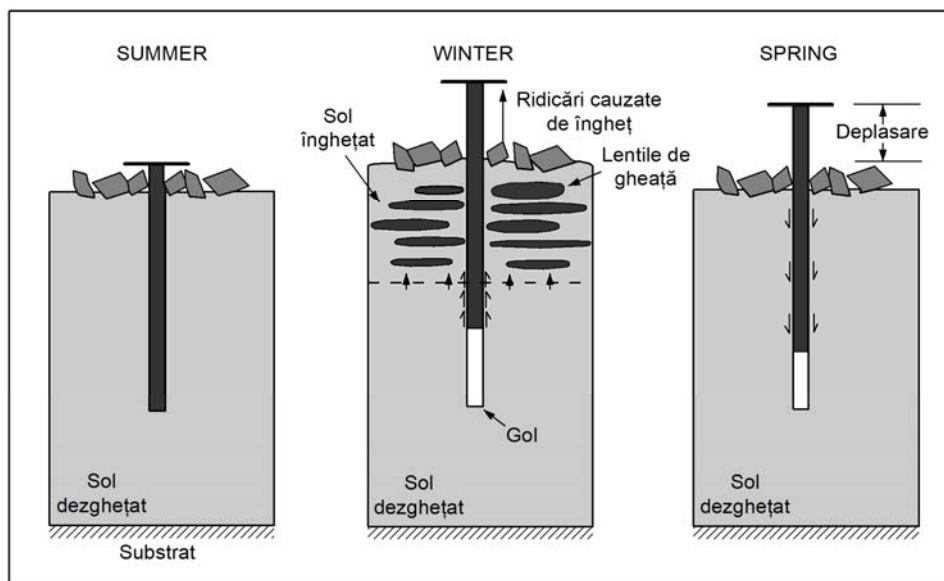


Fig. 8. 22. Ridicarea pilonilor din cauza înghețului sezonier; înghețul din timpul iernii determină ridicarea fundațiilor pe piloni; primăvara și vara următoare pilonii nu revin la poziția lor inițială (Wolfe, 1998, citat de French, 2007, p. 352).

De asemenea, pe fondul Încălzirii Globale, calculele făcute acum câteva zeci de ani, referitor la adâncimea de fundare a pilonilor și la tipul acestora, s-ar putea să devină eronate cu timpul, determinând deteriorarea construcțiilor.

Utilizarea *metodei active* implică dezghețul substratului înainte de realizarea construcțiilor. Pentru a fi de succes această metodă se aplică doar acolo unde permafrostul este subțire (nu depășește 1 m), iar solul, o dată dezghețat, prezintă o bună rezistență la forța imprimată de clădiri. Pentru a fi posibilă aplicarea acestei

metode temperatura părții superioare a terenului trebuie să fie de cel puțin $-1,5^{\circ}\text{C}$ (Tsytovich și Sumgin, 1937, citat de Muller, 1945).

În funcție de condițiile locale, dacă temperatura solului este între -5°C și $-1,5^{\circ}\text{C}$, ambele metode, atât cea pasivă, cât și cea activă, pot fi utilizate (alegerea uneia sau alteia va depinde de saturarea solului cu gheață, regimul de temperatură al structurii, tipul de structură planificat etc. (Muller, 1945).

Dacă se alege varianta construcțiilor cu fundație se recomandă ca aceasta să fie amplasată pe un substrat de rocă, indiferent dacă regimul de permafrost este menținut sau eliminat (Muller, 1943). Conform autorului citat, fundațiile nu trebuie să fie continue, întrucât nu rezistă la tensiunile mecanice provocate de îngheț-dezghet. În același timp, din cauza suprafeței de contact mare, cu terenul, crește și coeficientul de conductivitate, motiv pentru care regimul termic al substratului înghețat este perturbat, ajungându-se la topirea lui și la tasarea diferențiată. Un substrat, care ajunge complet dezghet, nu mai are posibilitatea să mențină o clădire intactă.

Utilizarea sub fundații a unui pat de rocă termoizolantă (fig. 8. 23) are rol de a evita topirea permafrostului și apariția termocarstului. O grosime adecvată a patului izolator face posibilă menținerea înghețată a permafrostului, din cauză că este protejat de căldura provenită din clădire. Dacă roca termoizolantă este reprezentată de pietriș sau altă rocă asemănătoare, pe lângă rolul de strat izolator, se favorizează drenajul, se previn acumularea apei și eroziunea termică (Gutierrez, 2005).

Grosimea patului de rocă se calculează pornind de la conductivitatea termică a materialelor utilizate și de la temperaturile medii ale aerului și solului. Dacă umplutura se dovedește insuficientă, permafrostul se va dezgheta și se va ajunge la subsidență (fig. 8. 23 A). În caz contrar, dacă umplutura este prea groasă sau prea izolantă permafrostul se va extinde spre suprafața terenului, din cauza amplitudinii reduse a fluctuațiilor de temperatură sezoniere (fig. 8. 23 B). De exemplu, în nordul Canadei și Alaska, piatra concasată este cel mai utilizat agregat, deoarece este disponibilă într-o măsură rezonabilă și nu este la fel de sensibilă la îngheț ca sedimentele cu granulație mai fină (French, 2007).

În unele cazuri, patul de rocă termoizolantă, de sub clădiri, este prevăzut cu tuburi, cu capete deschise, denumite și țevi de ventilație, tocmai pentru menținerea regimului termic al permafrostului (French, 2007). Este vorba de o răcire pasivă și de o valorificare a convecției sezoniere, care se produce în umpluturile de sub fundațiile clădirilor rezidențiale și a diverselor structuri antropice.

Dacă agregatele de înaltă calitate lipsesc, dar costurile sunt justificate se pot utiliza tehnologii mai sofisticate. De exemplu, autoritățile din Yukon (Canada) au construit două clădiri municipale multifuncționale, de 350 m^2 , în comunitățile Ross River și Old Crow, utilizând fundații răcite cu pompe de căldură (Goodrich și Plunkett, 1990), tocmai pentru a preveni dezghetul permafrostului.

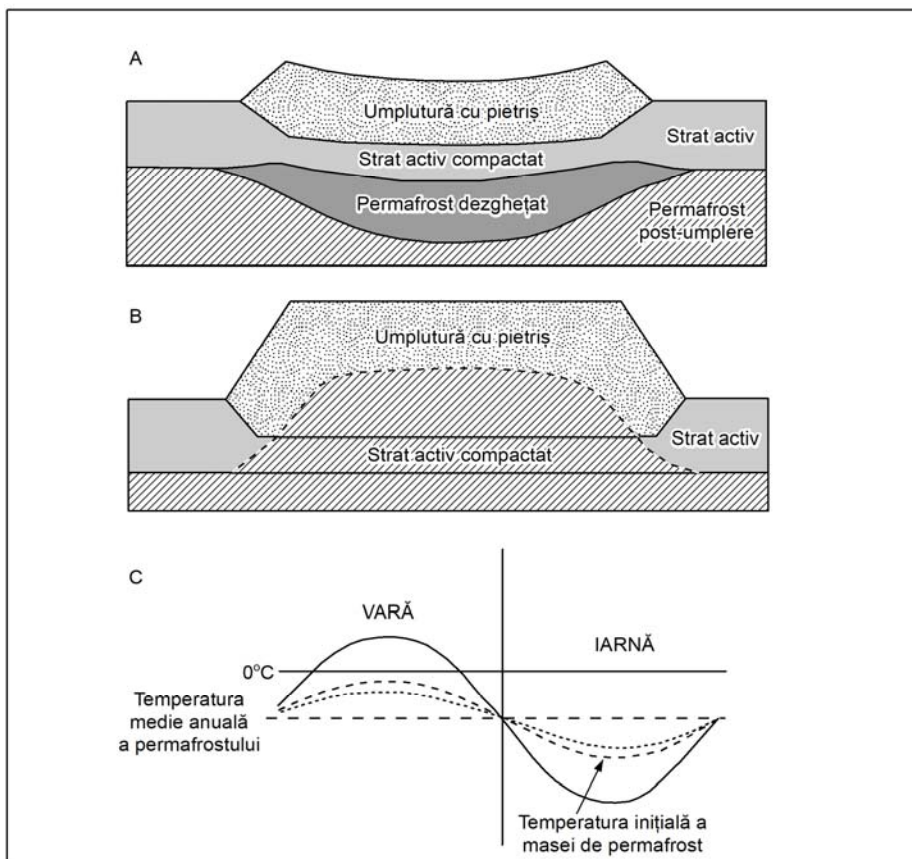


Fig. 8. 23. Diagramă care ilustrează efectele stratului de pietriș asupra regimului termic al substratului și a grosimii stratului activ; A - umplură insuficientă; B - umplură excesivă; C - efectele variantelor (A) și (B) asupra regimului termic al solului (Ferrians et al., 1969, citat de French, 2007, p. 354)

La Ross River, situat în zona de permafrost discontinuu (de tip marginal), caracterizat de o temperatură medie anuală a solului este între 0 °C și -0,5 °C, în scopul prevenirii dezghețului, într-un strat de nisip, din umplutura granulară au fost amplasate schimbătoare de căldură (fig. 8. 24). Când căldura se deplasează în jos, prin podea și fundație, este captată de schimbătoarele de căldură și pompată înapoi în clădire. Prin această modalitate, în timp ce clădirea este încălzită, substratul este răcit (French, 2007).

Pentru protecția fundațiilor, împotriva lăsării, se mai recomandă: menținerea învelișului natural gros de iarbă, mușchi, turbă și arbuști existent între piloni; vopsirea în alb a structurilor; așezarea fundației pe o platformă de bușteni, asemănătoare cu o plută; centrul de greutate al clădirii trebuie să corespundă cu cel al fundației etc. (Muller, 1945).

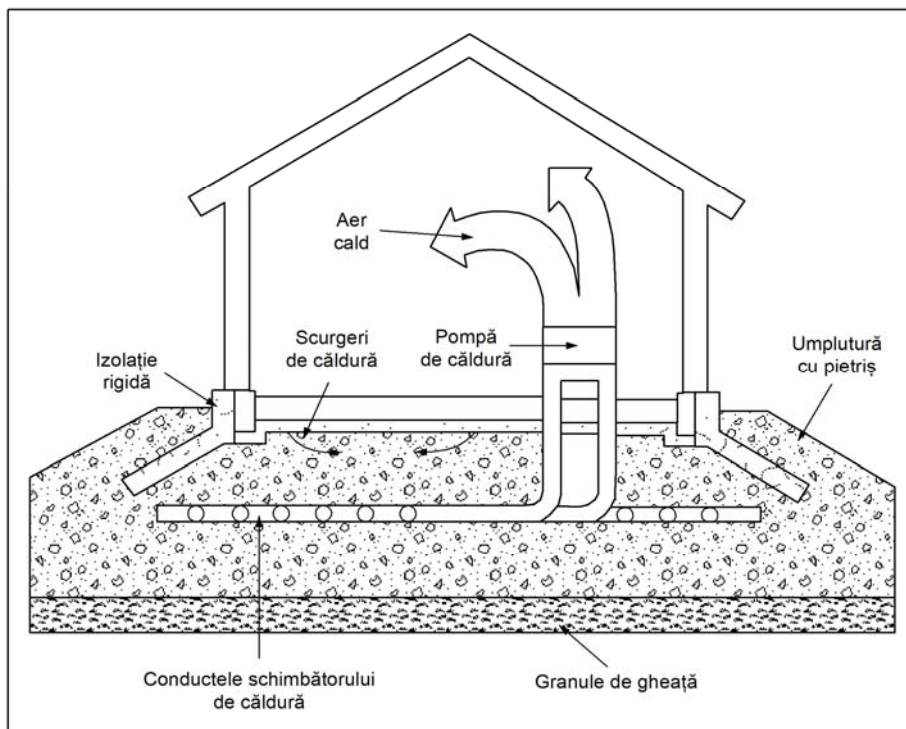


Fig. 8. 24. Ilustrează grafică a ingineriei geotehnice integrate în structura Școlii Ross River, Teritoriul Yukon, Canada; clădirea izolată utilizează fundații răcite cu pompă de căldură (Baker și Goodrich, 1990, citați de French, 2007, p. 355)

Alte indicații tehnice privind amplasarea și realizarea clădirilor. Dezghețul cel mai pronunțat are loc pe partea sudică a clădirilor, din cauza unei cantități mai mari de radiație solară. Pentru a diminua acest efect se recomandă amplasarea clădirilor cu latura mai lungă pe direcția nord-sud (Muller, 1943). De asemenea, în timpul verii, dezghețarea permafrostului este mai redusă acolo unde clădirile fac umbră.

Partea superioară a permafrostului poate să se ridice sau să își schimbe poziția și sub clădirile neocupate (neîncălzite) (fig. 8. 17), deoarece acestea produc un efect de umbră, care izolează solul de radiația solară (Muller, 1945).

În cazul realizării de structuri antropice, chiar dacă este de așteptat ca regimul termic să se echilibreze în aproximativ un an, lucrurile nu stau deloc așa. De pildă, o umplutură mare construită rapid, dar alcătuită din pământ neînghețat, care conține o anumită cantitate de căldură stocată, provocă o coborâre temporară a mesei de permafrost de sub umplutură, tocmai datorită surplusului de căldură.

După câțiva ani, scăderea va dispărea, iar masa de permafrost se va stabili la un nivel superior, invadând de obicei partea inferioară a umpluturii

de pământ (Muller, 1945). O situație asemănătoare se întâmplă și în cazul platformelor căilor de comunicații (fig. 8. 25).

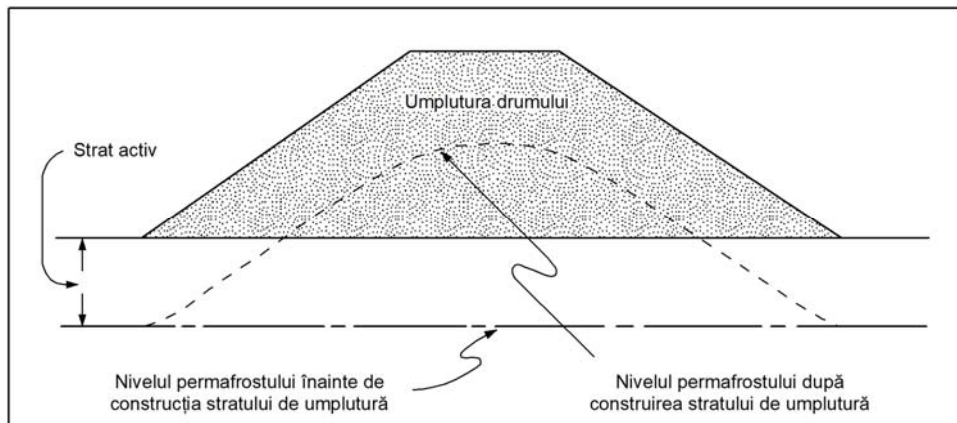


Fig. 8. 25. Invadarea umpluturii de pământ, de către permafrost, în cazul structurilor antropice (Muller, 1945, p. 17)

În situația în care căldura emisă de clădiri, ajunge la permafrost, are loc dezghețul acestuia. Procesul are loc inegal, în funcție de diferențele de radiație solară, existente între laturile însorite și cele umbrite ale casei. Variațiile dezghețului conduc la mișcări inegale pe verticală ale clădirii, fapt ce se observă cel mai bine la poziția colțurilor acestora. Așezarea construcțiilor, din cauza dezghețului permafrostului, durează uneori zeci de ani, până la atingerea unui echilibru termic (Gutierrez, 2005). De exemplu, în Fairbanks (Alaska), multe construcții rezidențiale au fost sever deteriorate de subsidența terenului, din cauza topirii gheții din substrat, care a avut loc în a doua parte a secolului XX (Shiklomanov și Nelson, 2013).

De asemenea, în regiunea Yakutsk, o creștere de 2 °C a temperaturii substratului a provocat o scădere de 50% a capacității de suport a terenului înghețat sub clădiri.

Deteriorarea provocată de așezarea diferențială a afectat sute de clădiri rezidențiale, aeroportul din Yakutsk și o stație de producere a energiei electrice, motiv pentru care în 1998, orașul a fost declarat zonă de dezastre naturale (Andre și Anisimov, 2009). Conform autorilor citați, cele mai afectate orașe și porturi, din cauza degradării permafrostului sunt în Rusia, țară în care s-a construit cel mai mult pe terenuri cu permafrost, fără a fi luate măsuri de protecția a acestuia, contra dezghețului. Spre exemplificare pot fi menționate următoarele așezări: Yakutsk, Norilsk, Tiksi, Dudinka, Pevek, Amderma, Vorkuta etc.

O importanță deosebită o reprezintă momentul în care se construiește pe terenurile cu permafrost. De exemplu, o construcție edificată la sfârșitul verii sau începutul toamnei va conține o cantitate considerabilă de căldură stocată, fapt care va întârzia stabilizarea regimului termic (Muller, 1945). Cu toate că aceste lucruri

sunt cunoscute de aproape un secol, totuși problemele actuale legate de fundația construcțiilor sunt dificil de surmontat.

Cele mai predispuse la daune sunt construcțiile edificate pe un substrat alcătuit din argile și nămoluri, care rețin cea mai mare parte din apele de topire (Gutierrez, 2005). În același timp, din cauza prezenței permafrostului, apa rezultată din topirea stratului activ, nu poate percola în profunzime, ceea ce face ca rocile menționate să devină foarte plastice, determinând așezarea diferențiată a clădirilor.

Comparativ cu acestea, sedimentele cu granulație grosieră sunt mai stabile, deoarece drenează ușor apa interstițială.

Se poate concluziona că, o dată cu degradarea permafrostului, capacitatea acestuia de a susține fundațiile clădirilor sau pilonilor de susținere, precum și a conductelor și căilor de comunicații va diminua. Din acest motiv dezvoltarea economică va trebui adaptată schimbărilor referitoare la noua distribuție a zăpezii și a permafrostului. Vor fi necesare noi standarde de construcție a drumurilor, căilor ferate și clădirilor, tocmai pentru a face față efectelor dezghețării permafrostului (Slymaker și Kelly, 2007).

Cu toate că pentru realizarea construcțiilor noi se ține cont de caracteristicile permafrostului, cea mai costisitoare provocare rămâne adaptarea infrastructurii mai vechi, a cărei criterii de proiectare vor fi depășite de realitățile climatice ale viitorului apropiat (Shiklomanov și Nelson, 2013).

Asigurarea serviciilor urbane, cum sunt cele de *furnizarea apei potabile* și de *evacuarea apelor uzate*, se dovedește foarte dificilă în regiunile cu permafrost.

Acest lucru este cauzat de faptul că sistemele de conducte vor îngheța, dacă sunt lăsate neprotejate deasupra solului, iar săparea de șanțuri, fie pentru a ajunge la adâncimi sub nivelul înghețului sezonier, fie în permafrost, sunt costisitoare și dificile (French, 2007). Practic, țevile de apă nu pot fi îngropate în mod simplu, așa cum se întâmplă în regiunile fără permafrost, deoarece căldura asociată acestora v-a provoca dezghețul permafrostului, iar apoi subsidența și ruperea lor.

Indiferent de tehnologiile alese sunt necesare studii geologice și pedologice detaliate, înainte de instalarea conductelor, tocmai pentru a evita riscurile asociate degradării permafrostului.

Conductele de apă potabilă și cele de canalizare, pentru a nu îngheța, se realizează suspendat, deasupra terenului. În Alaska, unde aceste sisteme se numesc utilitori (utilidors), conductele sunt înfășurate în materiale izolante, încapsulate într-o cutie din lemn și oțel (Shiklomanov și Nelson, 2013). În unele cazuri, în marile orașe aceste sisteme sunt puse în tuneluri subterane, săpate în permafrost, față de care sunt izolate, pentru a nu îngheța și pentru a nu îl topi pe acesta.

De exemplu, construcția orașului Inuvik (în Delta Mackenzie, din Canada), la începutul anilor 1960, pe un teren cu permafrost, s-a făcut planificat. Aceasta a însemnat realizarea unei fundații din pietriș fluvio-glaciar, sub întreaga zonă a

viitorului oraș. În același timp, la Inuvik, alimentarea cu apă și canalizarea se bazează pe utilizarea unor cutii de aluminiu izolate continuu, care sunt amplasate deasupra solului, pe suporturi, legând fiecare clădire de un sistem central. Costul acestor sisteme este unul ridicat și se justifică doar pentru așezări mari.

Anterior apariției unor astfel de posibilități tehnice, conductele de apă erau instalate în canale sau tuneluri, care erau încălzite fie prin abur, fie prin apă caldă, însă aceste canale erau adesea deteriorate și greu de reparat (Muller, 1945). Conform autorului citat, acolo unde condițiile termice ale terenului permiteau conductele erau izolate cu argilă, turbă, mușchi sau alte materiale tehnice, care prezentau o conductivitate termică scăzută; cu toate acestea ele trebuiau îngropate la 2 – 3 m, adică fie în partea inferioară a stratului activ, fie în stratul superior al permafrostului, pentru a fi cât mai mult ferite de extremele de temperatură din timpul iernii.

Indiferent de metodele alese, pentru transportul apei prin conducte, acestea trebuie să fie supuse unei mentenanțe regulate.

În mediile periglaciare urbane **depozitarea deșeurilor** constituie și ea o problemă, fiindcă sunt mai calde decât terenul în care sunt stocate. Până la reglarea temperaturii lor și ajungerea acestora la valori similare cu cele ale substratului îl pot încălzi, fapt care creează condiții favorabile degradării prin apariția termocarstului.

De asemenea, nivelul permafrostului se ridică apoi în interiorul masei de deșeuri, deoarece ele pot acționa ca un izolator, față de căldura provenită de la soare.

Realizarea și întreținerea căilor de comunicații, din regiunile cu permafrost, reprezintă o altă problemă a intervenției antropice pe terenurile afectate de îngheț-dezgheț.

Drumurile din regiunile cu permafrost au nevoie de o fundație, alcătuită din piatră spartă sau pietriș, care să nu fie susceptibilă la îngheț. Costul ridicat al realizării drumurilor se datorează lipsei materialului necesar pentru fundație, la fața locului. Pe drumurile realizate în acest fel, în Canada, Alaska, Scandinavia de Nord, Siberia etc., nu se pune asphalt, cu excepția orașelor, tocmai pentru a nu crește cantitatea de căldură absorbită de la Soare. Totuși, dacă sunt asfaltate, aceste drumuri tind să devină denivelate foarte repede, din cauza înghețului din timpul iernii, motiv pentru care sunt necesare reparații la fiecare trei până la cinci ani (Huggett, 2017).

În condițiile în care drenajul subteran este împiedicat, de prezența permafrostului, fundațiile din pietriș și nisip au și rolul de a menține nivelul drumului deasupra secțiunilor slab drenate ale terenului, din timpul sezonului estival, când orizontul activ devine umed și mlăștinos (fig. 8. 26).

Pornind de la condițiile oferite de terenurile cu permafrost, alegerea traseului drumurilor nu ar trebui dictată de evaluarea obișnuită a topografiei sau de premisa că cel mai scurt și direct traseu este cel mai satisfăcător (Muller, 1943). După sursa citată, succesul construcției și, în special, al întreținerii unui drum depinde în mare măsură de amplasarea drumului în raport cu pantele reliefului, unghiul acestor pante,

regimurile lor termice și hidraulice, precum și natura solului. Pentru a evita sectoarele nesatisfăcătoare, raportat la dinamica permafrostului, traseul trebuie modificat, chiar dacă aceasta înseamnă creșterea lungimii drumului.

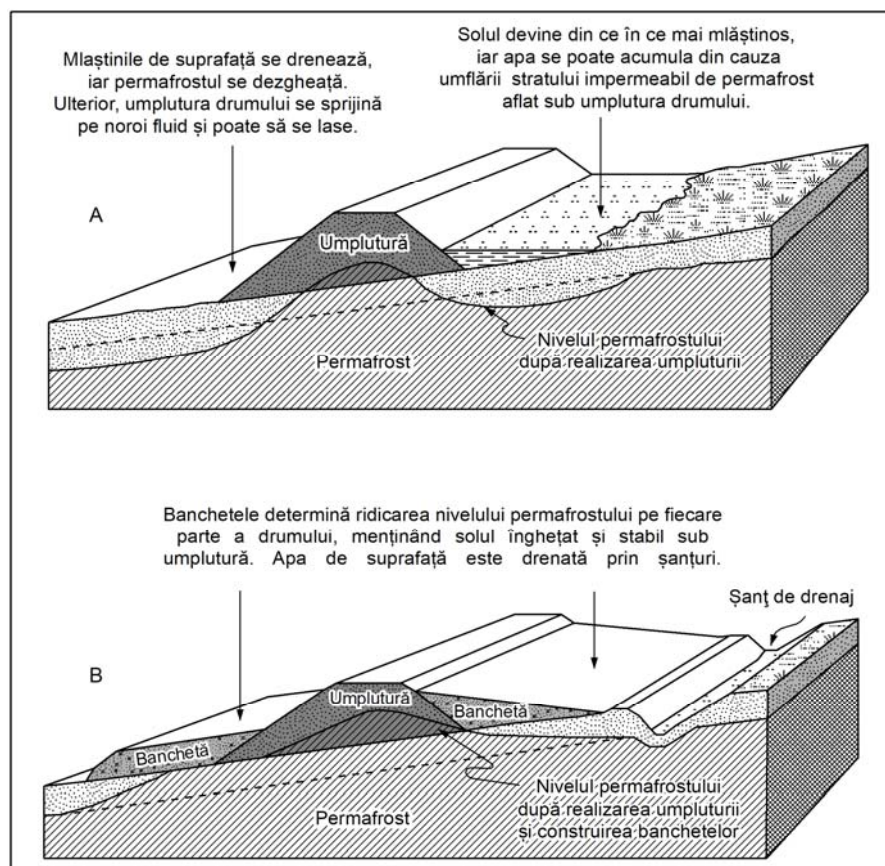


Fig. 8. 26. Modalități de realizarea a drumurilor pe terenurile cu permafrost; A – fără umplură; B – cu umplură de nisip sau pietriș (bermă) (Muller, 1945, p. 111)

Cu toate acestea, principala problemă a drumurilor, chiar dacă sunt cu fundație de pietriș, este cea legată de scurgerea apei de-a lungul lor. Prin eroziune hidraulică și termică se creează condiții favorabile pentru degradarea permafrostului, prin geneza termocarstului (Huggett, 2017).

Într-o situație similară s-au aflat drumurile a căror fundație au fost realizate din materiale luate de la mică distanță de acestea. De exemplu, pe câmpia costieră din Alaska, drumurile au fost construite prin îndepărtarea materiei organice de pe ambele părți ale carosabilului și stivuirea acestor straturi pentru a forma o bermă (Nelson și Outcalt, 1982). După aproximativ cinci decenii, s-a dezvoltat termocarst, pe terenurile de pe care a fost îndepărtată materia organică protectoare, iar

permafrostul bogat în gheață s-a topit. De-a lungul drumurilor abandonate s-au format numeroase lacuri, a căror adâncime ajunge la 2 m (Shiklomanov și Nelson, 2013). De asemenea, nivelul permafrostului va crește sub terasamentul artificial al unui drum, dacă acesta este mai gros decât stratul activ.

Indiferent de cauze, degradarea accelerată a permafrostului conduce la creșterea costurilor de întreținere a drumurilor. Înlocuirea unui kilometru de drum, în Alaska costă 1,5 milioane USD (Weller și Lange, 1999).

Pentru soluționarea unor astfel de probleme, răcirea pasivă și valorificarea convecției sezoniere se aplică și la terasamentele și umpluturile drumurilor. De exemplu, în figura 8. 27 A este prezentată situația tipică pentru drumuri, în care terasamentul este construit dintr-un strat de rocă foarte poros, cu o permeabilitate ridicată a aerului în pori (French, 2007). Săgețile indică modelul de circulație a aerului în pori pe timpul iernii. Întrucât suprafața este acoperită cu un strat impermeabil de asfalt, are loc o convecție internă sub centrul drumului. Conform autorului citat, rezultatul net este o scădere a temperaturilor medii ale solului și o ridicare a nivelului permafrostului. Tehnica este aplicabilă în special la terasamente de drumuri, căi ferate sau aeroporturi situate în regiuni cu permafrost cald. Tehnica menționată poate fi aplicată și la diguri de containere pentru substanțe periculoase, cum ar fi cele din jurul facilităților de stocare a petrolului, și pentru menținerea stabilității deșeurilor de rocă, rezultate din operațiuni miniere la suprafață (fig. 8. 27 B).

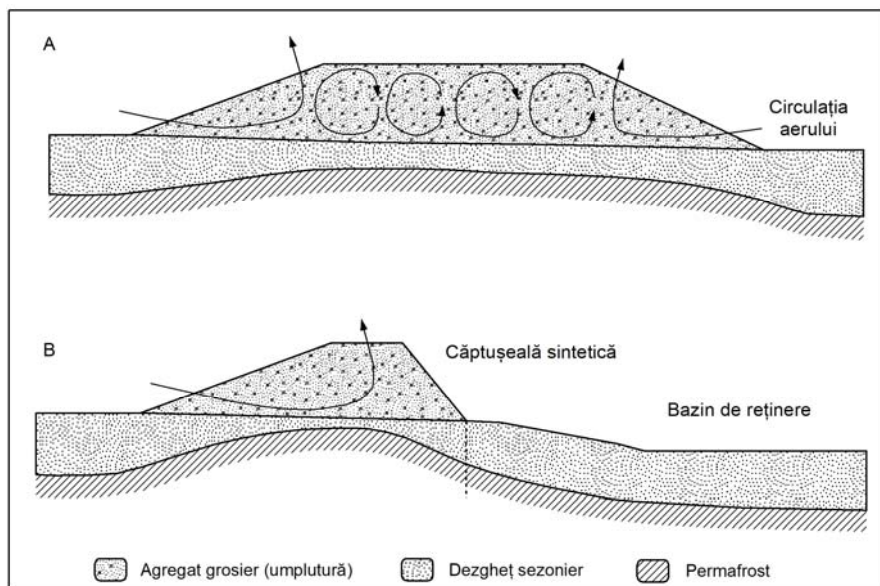


Fig. 8. 27. Diagrame schematice care ilustrează tehnicile de răcire pasivă ce utilizează convecția liberă a aerului; A - terasament convectiv utilizat pentru drumuri și căi ferate; B - dig de izolare răcit prin convecție, utilizat pentru baraje și iazuri de decantare (French, 2007, p. 357)

Căile ferate întâmpină și ele probleme similare cu cele întâlnite la realizarea drumurilor. În alegerea traseului unei căi ferate trebuie evitate sectoarele cu mari variații ale masei de permafrost (fig. 8. 28). Realizarea unei căi ferate pe terenuri cu grosimi variabile ale permafrostului, o face susceptibilă la alunecări de teren și deformări, din cauza ridicării diferențiate a substratului.

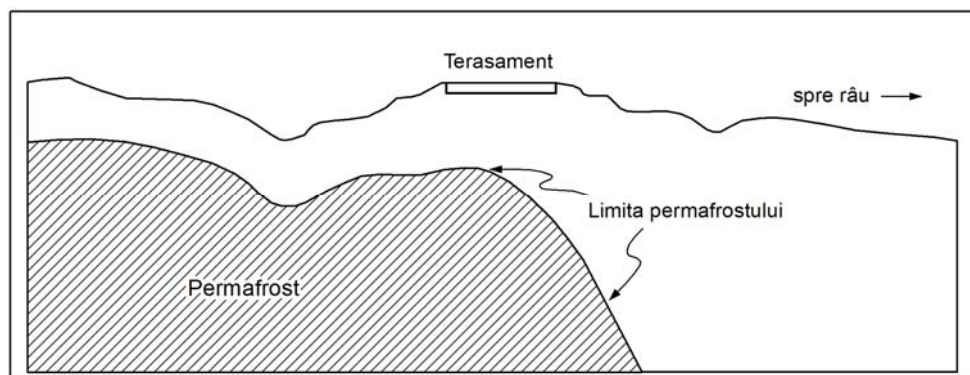


Fig. 8. 28. Profilul stratului de permafrost în apropierea unui râu (Datsky, 1935, citat de Muller, 1945, p. 75)

Întrucât la realizarea căilor ferate sunt necesare cantități apreciabile de piatră spartă, carierele pentru obținerea acesteia trebuie să fie amplasate cât mai departe de terasamentul acestora. Motivul este reprezentat de faptul că prin extragerea pietrei are loc coborârea nivelului permafrostului, ceea ce poate crea condiții favorabile pentru alunecarea patului căii ferate în direcția excavației carierei (Muller, 1945).

Pentru o bună izolare a terasamentului căii ferate, de permafrost, se recomandă executarea de fundații din pietriș. Acestea, pentru a fi eficiente, în preluarea vibrațiilor și a nu fi afectate de dezvoltarea permafrostului, la partea lor inferioară, trebuie să aibă o grosime care variază de la 0,6 până la 1,5 m (Linell și Johnston, 1973, citat de Gutierrez, 2005).

În funcție de posibilitățile economice și de importanța unei căi ferate, la realizarea și menținerea ei în stare perfectă de funcționare se pot utiliza tehnologii mai costisitoare. De exemplu, calea ferată construită în Podișul Tibet, pentru a ajunge în Lhasa, traversează pe alocuri terenuri cu permafrost relativ cald și discontinuu. Din acest motiv, darea în folosință a căii ferate a avut loc abia în 2006, după punerea la punct a instalațiilor de răcire, care fac posibilă menținerea terasamentelor înghețate tot timpul anului, deasupra sectoarelor cu permafrost (French, 2007).

Construcția podurilor întâmpină și ea dificultăți în regiunile cu permafrost. Cea mai mare problemă este cea referitoare la menținerea pilonilor în substrat, deoarece acțiunea înghețului tinde să îi ridice (French, 2007). O dată cu înghețul stratului activ, cu cât acesta este mai gros, cu atât forța de ridicare

devine mai mare, iar stabilitatea pilonilor de pod este periclitată; probleme mai serioase se înregistrează când stratul activ depășește 2 m. Cele mai mari decalaje se înregistrează între pilonii puși în albie (unde de obicei permafrostul lipsește și sedimentele nu îngheață iarna) și cei situați la o anumită distanță de mal (unde permafrostul este bine dezvoltat); într-o situație și mai delicată se află pilonii puși pe mal, care sunt afectați de o mișcare repetată, cauzată de înghețul sezonier (French, 2007).

În regiunile cu permafrost realizarea stâlpilor pentru poduri este similară cu cea a fundațiilor specifice structurilor mari. Dacă totuși trebuie utilizați piloni de susținere, se recomandă ca ei să fie amplasați acolo unde râul este relativ adânc, iar apa nu îngheață până la patul aluvial, care astfel rămâne și el dezghețat, chiar și pe timpul iernii. Când condițiile locale permit, adică râul nu este foarte lat, de preferat sunt podurile suspendate, fără piloni de susținere.

Construcția pistelor de aterizare, pentru aerodromuri și aeroporturi, iar apoi întreținerea lor se dovedesc și ele costisitoare (Filip et al., 2020), fiindcă orice mică ridicare sau subsidență din dezgheț afectează înclinarea pistei.

În nordul Alaskăi și al Canadei, majoritatea aeroporturilor cu utilizare sezonieră sunt realizate pe o fundație din pietriș sau alt tip de rocă, pe post de umplutură (Crory, 1988, citat de French, 2007). Pentru o durabilitate mai mare a pistelor suprafața lor trebuie acoperită cu un strat de conductivitate termică scăzută, cum ar fi: piatră ponce, zgură, rocă vulcanică poroasă, ciment poros etc., iar apoi betonată (Muller, 1945).

Totuși, pentru rezolvarea problemelor legate de siguranța suprafeței de rulare, în cazul marilor aeroporturi, pistele au fost asfaltate, așa cum este în situația celor de la Barrow (Alaska), Inuvik, Yellowknife, Iqaluit (Canada) și Longyearbyen (Svalbard). Dezavantajul în aceste cazuri este cel legat de creșterea posibilității subsidenței din pricina dezghețului, care are loc sub asfaltul sau betonul de pe pistă; pentru a nu se ajunge la astfel de probleme este necesar ca substratul pistei să fie de calitate adecvată (adică să fie compus din agregate care nu sunt sensibile la îngheț) și în cantitate suficientă (French, 2007).

Pe termen lung, indiferent de soluția tehnică aleasă, deteriorarea pistelor asfaltate are loc și din cauza eterogenității materialelor din fundație sau de sub aceasta. De exemplu, în Alaska, pista de aterizare, care deservește câmpurile petroliere de la Prudhoe Bay, a trebuit reconstruită din cauza denivelărilor cauzate de topirea permafrostului (Hinzman et al., 2005). În mod similar, la Nunavik (Canada), degradarea permafrostului amenință integritatea drumurilor și a aerodromurilor din 13 comunități inuit (Doré și Beaulac, 2007).

Ameliorarea degradării permafrostului, de sub pistele de aterizare, se poate face prin utilizarea materialelor de pavare cu albedo înalt sau chiar prin vopsirea pistei în alb (Shiklomanov și Nelson, 2013). Astfel de măsuri au rolul de a reduce

fluxul de căldură spre adâncime. Există și soluția echipării aeronavelor cu schiuri iarna și cu flotori în timpul verii.

Exploatarea și transportul hidrocarburilor au debutat în regiunile cu permafrost începând cu anul 1940. Astfel de activități sunt legate de extracția petrolului în diferite locuri din Alaska, activitate care a condus încă de la început, în absența unor studii, la degradarea permafrostului.

Practic, pe fondul lipsei înțelegerii echilibrului, în care se află terenurile cu tundră, pe lângă că s-au realizat foraje atât în lunile de vară, cât și în cele de iarnă, utilajele de lucru au fost deplasate aleatoriu pe suprafața terenului, iar nămolul cald, rezultat din foraj, a fost aruncat la fața locului (French, 2007), cu toate consecințele specifice asupra echilibrului termic al suprafeței terenului. Aceleași probleme au fost întâmpinate începând cu 1970, an în care au debutat exploatarea în câmpul petrolier Prudhoe Bay (Alaska). De asemenea, în Yukon (Canada), pentru realizarea de sondaje seismice, drumuri de acces și locații pentru foraje, în vederea exploatării hidrocarburilor, a fost necesară defrișarea pădurii boreale.

Cele care au determinat cel mai mult degradarea terenurilor și apoi a permafrostului au fost vehiculele cu șenile. Folosirea acestora în câmpurile de extracție au condus la geneza termocarstului, de-a lungul traseelor. Chiar și la mai bine de 50 - 60 de ani, de la abandonarea perimetrelor de exploatare, urmele respective sunt încă evidente în peisajul locurilor (Shiklomanov și Nelson, 2013).

Ulterior, pe măsură ce au fost aplicate reglementările specifice utilizării terenurilor cu permafrost, drumurile din câmpurile petroliere, cum sunt cele de la Prudhoe Bay (Alaska), au început să fie construite pe fundații alcătuite din umplutură de pietriș și piatră spartă, adusă din carierele locale.

Problemele care apar la **transportul petrolului** prin conducte sunt cauzate de faptul că petrolul este mai cald decât substratul geologic și aerul din atmosferă. Îngroparea conductelor nu este astfel posibilă, deoarece căldura emanată de petrol ar conduce la topirea permafrostului, la degradarea terenului (prin termocarst) și la deteriorarea acestora.

De exemplu, în cazul Sistemului de Conducte Trans-Alaska (TAPS), care pleacă din Prudhoe Bay (țărmlul Oceanului Arctic) și ajung până la Valdez (pe Coasta Pacificului), pentru a nu se ajunge la dezghețul permafrostului, s-a optat ca pe jumătate din traseu, magistrala petrolieră să fie suspendată pe o structură cu piloni, care pătrund în teren la adâncimi cuprinse între 8 și 20 m (Harris, 1986). Lungimea Magistralei TAPS este de 1.285 km (Huggett, 2017).

Pe sectoare cu permafrost pilonii sunt echipați cu dispozitive de răcire (tuburi de răcire de tip termosifon), care au rolul de a limita transportul de căldură de la conductă la substrat (French, 2007), tocmai pentru a evita topirea permafrostului. Astfel de dispozitive sunt necesare deoarece temperatura petrolului la intrarea în magistrala Trans-Alaska este de 58 °C (Gutierrez, 2005).

Revenind la caracteristicile Magistralei TAPS ea are un diametru de 1,2 m și este înconjurată de un strat de izolație din fibră de sticlă impregnată cu rășină, cu grosimea de 10 cm, care este protejată de învelitoare de oțel galvanizat (Shiklomanov și Nelson, 2013). Văzută de sus magistrala are o configurație zigzag. Ea este compusă din secțiuni montate pe o structură în formă de „H”, alcătuită din doi membri de suport verticali (VSM) conectați printr-o brățară orizontală (fig. 8. 29).

VSM-urile, în număr de aproximativ 120.000 (Huggett, 2017), reprezintă conducte de oțel cu diametrul de 45 cm, care sunt introduse adânc în permafrost. Conducta este fixată într-un ansamblu de tip șa și așezată în partea superioară a „H”-ului, deasupra brățării orizontale. Suprafața de contact, cunoscută sub numele de talpă, este acoperită cu o substanță antiaderentă. Deoarece conducta este supusă la variații mari de temperatură, aceasta se dilată și se contractă. Dacă ar fi fost dreaptă, o astfel de mișcare nu ar putea fi posibilă, fără deteriorarea ei. În schimb, porțiunile flexibile ale conductei pot aluneca pe suprafața brățării orizontale. Astfel, aranjamentul zigzag convertește mișcarea de expansiune/contractare în mișcare laterală. Construită în acest mod ea poate face față și activităților seismice (Shiklomanov și Nelson, 2013).



Fig. 8. 29. Elementele componente ale Magistralei Trans-Alaska
(<https://www.outsideonline.com/>)

TAPS a fost construit în perioada 1975-1977, după 6 ani studii de mediu și de planificare tehnică. Una dintre principalele preocupări existente înainte și în timpul construcției conductei a fost îndepărtarea căldurii pentru a preveni astfel topirea, subsidența și, în cele din urmă, ruperea conductei. Pentru a nu se ajunge la probleme de acest gen pe VSM-uri au fost montate termosifoane (Sorensen et al., 2003). Aceste

dispozitive sunt umplute cu amoniac, iar deasupra lor sunt radiatoare din aluminiu cu lungimea de 1,2-1,8 m și suprafață mare. În timpul iernii, permafrostul este mai cald decât aerul. Amoniacul din interiorul conductei se vaporizează și urcă din adâncime spre partea de sus a VSM-ului, unde prin condensare contribuie la eliberarea căldurii (fig. 8. 29). Aceasta este apoi condusă către radiator, unde este disipată în atmosferă. Amoniacul condensat se așază apoi la baza conductei verticale. Cu toate că este vorba de un sistem închis el acționează ca o conductă de căldură unidirecțională, canalizând energia departe de pilonul de suport. Sistemul este atât de eficient încât temperaturile din permafrostul din apropiere sunt reduse, ceea ce stabilizează și mai mult VSM-urile (Shiklomanov și Nelson, 2013).

În cazul transportului de gaz metan, având în vedere densitatea mai scăzută, una dintre soluții o reprezintă răcirea lui. Cu toate acestea apar probleme la trecerea de la sectoare de teren neînghețat la sectoare cu permafrost, unde pot să apară subsidențe de topire.

Activități care trebuie interzise pentru combaterea degradării terenurilor din regiunile cu permafrost.

Mineritul la zi este restricționat de slaba rezistență mecanică a fronturilor de excavație, cauzată de topirea gheții, care ajunge la zi.

Mineritul în subteran este și el afectat de prezența permafrostului. Cele mai predispuse la prăbușire sunt intrările în mine. Majoritatea minelor din regiunile cu permafrost sunt ventilate cu aer la 5 până la 10°C, ceea ce provoacă topirea tavanului și pereților, afectându-le stabilitatea. Apele de topire generează un flux hidrologic continuu care trebuie extras cu pompe (Harris, 1986). În unele cazuri, apa poate pătrunde brusc în galeriile miniere, provocând inundații care pot avea efecte tragice (Gutierrez, 2005).

Exploatarea lemnului conduce la apariția proceselor termocarstice, cu toate efectelor lor negative, din cauza schimbării modului de utilizare a terenului, motiv pentru care trebuie interzisă.

Practicarea agriculturii implică, de obicei, defrișarea pădurii sau desțelenirea tundrei. În sedimentele bogate în gheață, acest lucru poate duce la topirea gheții din sol, rezultând o subsidență severă (Shiklomanov și Nelson, 2013).

De exemplu, în Fairbanks, un teren a fost curățat, în 1908, la Ferma Experimentală a Universității din Alaska. În decurs de 20 de ani, subsidența diferențială a creat movile de 0,9 - 2,5 m înălțime și 6 - 15 m diametru (Pewé, 1983).

În lipsa unor măsuri și restricții, de genul celor anterior prezentate se va ajunge la costuri considerabile, pentru remedierea daunelor provocate de înghețul și dezghețul sezonier, la adresa fundațiilor de utilități și clădiri, drumurilor etc., din regiunile cu permafrost, cum sunt cele din Canada, Alaska, Suedia și nordul Japoniei. De asemenea, cheltuielile de întreținere și modernizare, a unor infrastructuri mai vechi și mai primitive, din nordul Rusiei și al Chinei sunt și mai mari (French, 2007).

Concluzii. Dintre mediile de viață ale Terrei se pare că cel periglaciari este cel mai mult afectat de Încălzirea Globală. Acest lucru este posibil din cauza unor feedback-uri pozitive asociate cu eliberarea gazelor cu efect de seră (pe măsură ce permafrostul se degradează) și din cauza efectelor de albedo asociate cu reducerea stratului de zăpadă și a acoperirii cu gheață marină (French, 2007).

Problema degradării permafrostului este una cât se poate de complexă și prin raportare la lipsa informațiilor detaliate, pentru suprafețe extinse de teren, cum sunt cele existente în afara așezărilor. În aceste teritorii observațiile directe sunt limitate, iar rețelele și punctele de observație nu surprind atât de cuprinzător, pe cât ar fi necesar, modul în care are loc dezghețul permafrostului. Din astfel de motive, de cele mai multe ori se recurge la modele matematice pentru a estima starea actuală, dar și cea din viitor, a permafrostului existent pe suprafețe extinse de talia continentelor.

Degradarea permafrostului are loc și în lipsa activităților umane directe, așa cum este de exemplu în cazul deplasărilor în masă din jurul poligoanelor de gheață din tundră și al prăbușirilor aferente câmpurilor de palsas din regiunile subarctice.

Toate aceste procese sunt puse pe seama Schimbărilor Climatice, care de altfel stau și la baza eroziunii accelerate a coastelor litorale din Arctica (Andre și Anisimov, 2009). Conform autorilor citați, creșterea nivelului mării, retragerea gheții marine și eroziunea termocarstică este asociată cu încălzirea.

Chiar dacă în ultimul secol progresul tehnologic a contribuit la o mai bună utilizare a terenurilor din zona rece, înțelegerea deplină a proceselor specifice permafrostului este încă destul de limitată, fapt care afectează sever capacitatea noastră de a modela semnificativ răspunsurile geomorfologice, la Schimbările Climatice în medii periglaciare (Dixon, 2013).

Permafrostul și acțiunea intensă a îngheț-dezghețului afectează practic toate aspectele activității economice în mediile periglaciare. Așa cum am mai notat, problemele geotehnice și de inginerie sunt provocate îndeosebi de ridicarea cauzată de îngheț și de subsidența datorată dezghețului (French, 2007). Din astfel de motive, asigurarea locuințelor, a serviciilor urbane, a aprovizionării cu apă, a drumurilor, podurilor, căilor ferate și pistelor de aterizare necesită luarea în considerare a caracteristicilor terenurilor cu permafrost. În aceste condiții, explorarea, dezvoltarea și gestionarea resurselor naturale prezintă probleme speciale, iar costurile atât pentru măsurile preventive, cât și pentru cele remediere a pagubelor sunt adesea semnificative (French, 2007; Filip et al., 2020).

Toate acestea demonstrează că tehnologiile și strategiile utilizate în regiunile temperate, referitor la schimbarea modului de utilizare a terenului, nu pot fi aplicate cu succes în regiunile cu permafrost.

Se recomandă, ca anterior intervenției antropice, să fie cheltuită o anumită sumă (de ordinul zecilor sau sutelor de mii de dolari), pentru o cercetare preliminară a terenului cu permafrost, decât să se plătească ulterior milioane de dolari pentru

reparațiile și întreținerea proiectelor prost planificate, care sunt sortite unui colaps sau eșec inevitabil (Muller, 1945).

Dezvoltarea economică modernă este posibilă doar pe seama unei înțelegeri profunde a relației dintre substratul înghețat, orizontul activ, vegetație și modul posibil (sustenabil) de utilizare a terenurilor.

Deoarece sustenabilitatea, în sensul Brundtland, este imposibil de realizat, s-a recomandat ca în regiunile cu permafrost, raportat la intervențiile umane nesustenabile, să fie aplicat principiul precauției, care împreună cu acceptarea inevitabilității schimbării, se dovedește o abordare mai realistă (Slymaker și Kelly, 2007).

Fiind vorba de o relație dintre un mediu rece (văzut ca un sistem deschis și fragil influențat de globalizare) și o societate care are multiple sisteme de valori, dar care consumă resursele în mod excesiv, ideea de mai sus a fost dusă mai departe, recomandându-se ca foarte importantă identificarea elementelor de nesustenabilitate din cadrul acestei relații (Slymaker și Kelly, 2007).

Conform autorilor citați, practicile nesustenabile pot fi, în principiu, legiferate; practicile sustenabile în sensul de sustenabilitate de mediu, economică, socială, culturală și politică sunt imposibil de definit adecvat în scopuri legislative. Un sistem social în continuă transformare, interacționând cu un mediu criosferic în continuă schimbare, face ca definirea sustenabilității să fie și mai dificilă (Slymaker și Kelly, 2007). Dinamica terenurilor cu permafrost, dacă este abordată sub aspect sustenabil, poate să devină astfel o problemă aproape auto-contradictorie (Slymaker și Kelly, 2007).

Principiul de bază de la care s-a pornit a fost „așteaptă-ne la neașteptat și învață din asta”. În lipsa unei instituționalizări obiective, a principiilor utilizării terenurilor cu permafrost, și în lipsa comunicării dintre specialiști și cei care dețin terenurile (ceea ce a însemnat un management adaptativ și de reorganizare creative), s-a ajuns la situații de colaps ecologic (Slymaker și Kelly, 2007). Conform autorilor citați, prin management adaptativ planificatorii și cei care amenajează teritoriul au fost încurajați să adapteze intervenția lor cu posibilitățile terenului și să ia în calcul posibilitatea unor erori.

Pornind de la suprafețele imense de terenuri afectate de termocarst și eroziune prin mecanisme specifice, se pare că erorile comise au depășit echilibrul fragil al terenurilor cu permafrost, fapt care a condus la degradarea lor datorită dezghețului sezonier, care având la bază mecanisme de feedback pozitiv nu au mai revenit la morfologia anterioară.

CAPITOLUL 9

PREVENIREA ȘI COMBATEREA PROCESELOR EOLIENE

9.1. PROCESELE EOLIENE CARE DEGRADEAZĂ TERENURILE

Agentul eolian este reprezentat de către vânt, ca rezultat al prezenței atmosferei terestre și a dinamicii ce o caracterizează. Interacțiunea vântului cu scoarța terestră este influențată de dinamica lui și de particularitățile suprafeței, pe care el își consumă energia.

Se consideră că agentul eolian este unul dintre cei mai puternici agenți geomorfologici (Huggett, 2017), fapt dovedit de viteza și direcția sa de bătaie, care are mari variații, de unde și caracterul pulsatoriu a dinamicii vântului. Se poate menționa că, forța de lovire a vântului variază de la câteva kg/m^2 , dacă viteza este redusă, la 95 kg/m^2 , atunci când viteza vântului este de 28 m/s sau chiar 400 kg/m^2 , la o viteză de 45 m/s (Josan et al., 1996).

Principalele trăsături ale vântului sunt următoarele (Mac, 1976; Grecu și Palmentola, 2003):

- vântul are o manifestare universală, de la nivelul mării până pe cei mai înalți munți; el se manifestă și pe suprafața mărilor și oceanelor, unde chiar dacă nu creează forme de relief, conferă apelor o dinamică specifică;

- acționează ritmic și pulsatoriu, începând de la adieri ușoare și până la rafale foarte puternice, dar cu intensități diferite, de unde și caracterul de agent selectiv în timp și spațiu;

- vântul nu acționează ca un curent îngust, așa cum o face de pildă un râu, ci pe suprafețe extinse, de unde și atributul agent denudator cu acțiune areală;

- se manifestă în funcție de condițiile locale și generale ale distribuției presiunii atmosferice, de condițiile locale și regionale condiționate de relief, precum și de raporturile dintre uscat și apă;

- are un comportament selectiv, din cauza densității reduse a aerului, care, atunci când condițiile energetice îi permit, transportă doar particule mici și numai dacă ele se desprind ușor de pe suprafața terenului;

- vântul este definit de multidirecționalitate, ea exprimând faptul că aerul se mișcă în toate direcțiile, inclusiv de jos în sus, fapt atât de neobișnuit pentru suprafața terestră, unde aproape toate procesele și agenții sunt supuși gravitației.

Un rol fundamental, în manifestarea vântului, ca agent eolian, îl au caracteristicile suprafeței terestre cu care acesta interacționează. Acestea contribuie atât la stimularea acțiunii vântului, cât și la frânarea ori anihilarea

acțiunii eoliene. Se ajunge astfel ca acțiunea vântului să fie mai eficientă în regiunile cu asperități, în cele cu un substrat geologic și sol lipsit de vegetație, precum și degradat de alte procese geomorfologice (Roșian, 2023).

Luând în considerare particularitățile morfogenetice ale Domeniului Eolian s-a putut formula următoarea lege de bază a modelării prin intermediul vântului: „*relieful eolian este cu atât mai bine dezvoltat cu cât direcția și intensitatea vânturilor sunt mai constante și mai îndelungate, și cu cât lipsa de precipitații este mai mare*” (Coteș, 1971, p. 296).

Procesele geomorfologice eoliene sunt cele de eroziune, transport și acumulare, de unde caracterul integrat al agentului eolian.

Eroziunea eoliană se manifestă prin intermediul deflației și coraziunii eoliene, două procese sau mai corect spus subprocesse geomorfologice complementare (Roșian, 2023).

Deflația constituie acțiunea de spulberare selectivă a materialelor fine, de la nivelul substratului geologic și al solului, de către vânt.

Mișcarea particulelor de nisip începe atunci când forța aerului (portanță, rezistență etc.) depășește greutatea acestora și coeziunea dintre ele (Lancaster, 2005).

Cele două proprietăți menționate sunt strâns legate de caracteristicile fizice ale granulelor de nisip, dintre care se evidențiază: dimensiunea, densitatea, mineralogia, forma, împachetarea, conținutul de umiditate și prezența sau absența agenților de legătură, cum ar fi sărurile solubile (Lancaster, 2005).

O dată ce mișcarea și antrenarea particulei este pe cale să aibă loc se atinge viteza critică de forfecare a pragului fluidului (Bagnold, 1941), reprezentat de către vânt. Abia când aceasta se atinge granulele staționare încep să se rostogolească sau să alunece pe suprafața terenului, din cauza presiunii directe a vântului; pe măsură ce viteza lor crește încep să sară în fluxul de aer, inițiindu-se saltația (Lancaster, 2005).

S-a demonstrat, încă de timpuriu, că viteza prag, necesară mișcării particulelor, crește atât cu sporirea dimensiunii granulelor (din pricina gravitației), cât și cu descreșterea acesteia, sub anumite valori (datorită coeziunii particulelor) (Bagnold, 1941). Echilibrul acestor două efecte conduce către o dimensiune optimă a particulei ($\sim 60 - 80 \mu\text{m}$), pentru care viteza de frecare de prag este la minim (Goudie, 2013).

O altă variabilă importantă este reprezentată de rugozitatea suprafeței terenului. Viteza de prag necesară pentru inițierea procesului de antrenare a particulelor este crescută pe suprafețele cu rugozitate mare, la care se adaugă faptul că și coeficientul de rezistență este crescut, ceea ce provoacă o frecare mai mare a vântului și, astfel este posibilă antrenarea unor cantități mai mari de praf (Prigent et al., 2005).

Prin urmare deflația se manifestă pe suprafețe extinse atunci când ele sunt uscate și presărate cu particule fine, libere, provenite din meteorizația rocilor sau

depuse de către alți agenți geomorfologici (râuri, ghețari, valuri etc.), indiferent de condițiile climatice (Roșian, 2023).

Manifestarea deflației conduce la geneza depresiunilor de eroziune eoliană, cum sunt de exemplu cele de tip pan și blowouts, la formarea pavajului deșertic și a hamadelor, precum și la furtuni de praf (Sharma, 2010).

Coraziunea reprezintă procesul de lovire și șlefuire, realizată de către vântul încărcat cu materialele pe care le transportă, asupra obstacolelor pe care le întâlnește (forme de relief, clădiri etc.). Coraziunea mai este cunoscută și sub denumirea de abraziune eoliană.

Manifestarea coraziunii se limitează la un orizont redus, localizat deasupra terenului, întrucât ridicarea particulelor de nisip devine dificilă, o dată cu creșterea înălțimii (Bagnold, 1941). Eficacitatea geomorfologică a coraziunii este dependentă de viteza vântului, de unghiul sub care particulele de nisip lovesc substratul și de duritatea particulelor minerale care interacționează cu acesta (Sharma, 2010). Înseamnă că, randamentul coraziunii sporește când particulele transportate de vânt sunt dure și alcătuite preponderent din cuarț.

Coraziunea se manifestă, în general, până la înălțimea de 2 m, orizont la nivelul căruia încărcătura de nisip este maximă; la înălțimi mai mari de 2 m ea devine aproape nulă (Rădoane et al., 2001).

Cele mai întâlnite forme de relief generate în urma deflației și coraziunii sunt:

- *pavajul de deflație* (este alcătuit din fragmentele grosiere de rocă rămase pe suprafața terenului după spulberarea celor mai fine) și *hamadele* (suprafețe extinse, acoperite cu sfărâmături de rocă de mari dimensiuni) (fig. 9. 1);

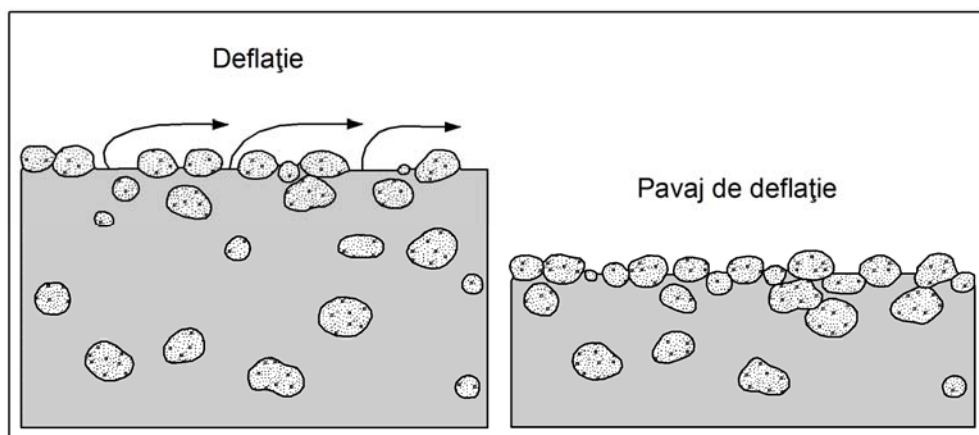


Fig. 9. 1. Formarea pavajului de deflație (Rădoane et al., 2001, p. 260)

- *ventifactele* (sunt fragmente de rocă cu suprafața fațetată și șlefuită, care în Sahara se numesc dreikantere) (fig. 9. 2);

- *yardang-urile* (reprezintă creste alungite rezultate în urma eroziunii substratului de către vânt) (fig. 9. 3);

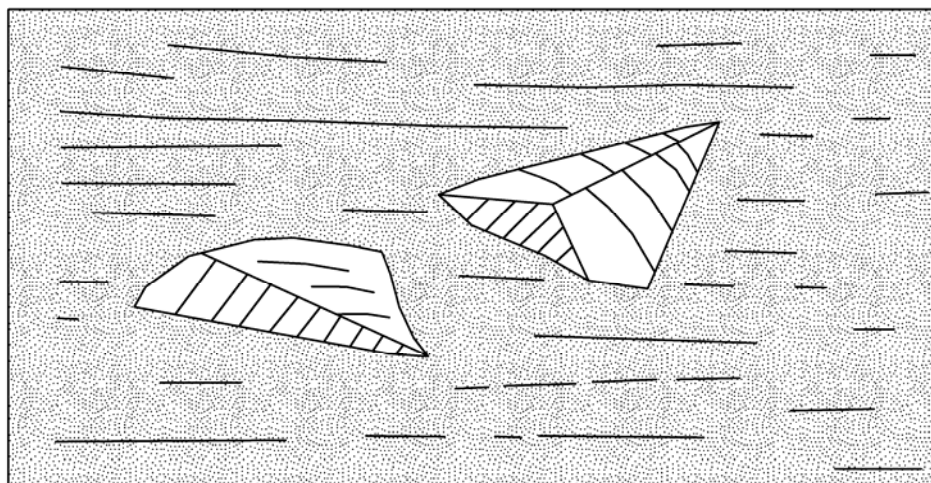


Fig. 9. 2. Dreikantere (Ielenicz, 2005, p. 221)

- *scobiturile eoliene* (se prezintă sub forma unor alveole și nișe, care se formează pe suprafața versanților și a taluzurilor din cauza coraziunii și deflației);

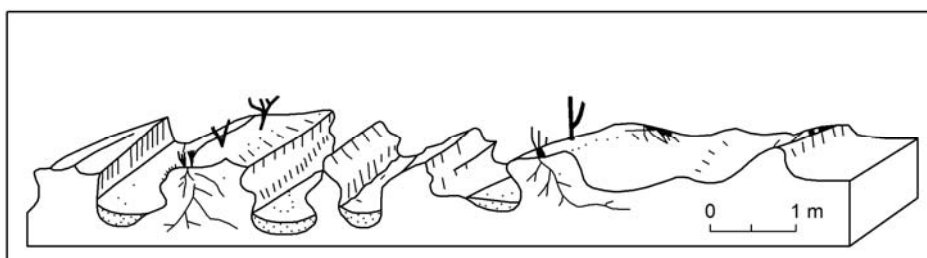


Fig. 9. 3. Yardang-uri (Derruau, 1965, citat de Posea et al., 1976, p. 443)

- *depresiunile de deflație și coraziune* (sunt denumite și depresiuni de deflație și coraziune au rezultat în urma spulberării nisipului; ele pot fi atât de formă ovală, când se numesc fuldji, cât și de formă alungită, context în care poartă denumirea de vadi; dacă depresiunile eoliene sunt localizate la partea superioară a unor acumulări de nisip, cum ar fi o dună, ele se numesc blowouts; în cuprinsul depresiunilor eoline extinse se pot forma câmpii de nisipuri și prafuri fine, numite playa, pe suprafața cărora apa stagnează sub forma unor lacuri mici denumite sebkhas)

- alături de formele menționate mai pot fi amintite și *forme de eroziune eoliană de detaliu*, cum sunt: ciupercile eoliene (zeugen), pietrele oscilante (pedestal rocks), mesele eoliene, stâlpii eolieni, crestele, calelurile (grooves) etc.; geneza acestor

forme este favorizată de prezența unui substrat geologic alcătuit din roci friabile (argile, marne, nisipuri slab cimentate etc.), dispuse în alternanță cu roci mai dure (gresii, conglomerante, granite, andezite etc.).

Transportul eolian intervine după ce particulele de praf și nisip au fost puse în mișcare prin intermediul deflației. Agentul eolian transportă nisipul pe distanțe apreciabile, uneori de ordinul miilor de kilometri; de pildă, în unii ani (2021, 2022, 2024 etc.) praful fin din Sahara a ajuns până pe teritoriul României.

Raportat la caracteristicile suprafeței pe care acționează, alături de nisip și praf, vântul antrenează și pulberi organice, zăpadă, aciculi de gheață etc.

Transportul nisipului prin intermediul vântului este asemănător unui nor de particule, care saltă de-a lungul unei suprafețe sau pat cu nisip, particulele recâștigând din vânt impulsul pierdut prin revenirea spre suprafața terenului (Lancaster, 2005). Revenirea particulelor de nisip, în câmpul de acțiune a vântului, se face în cadrul a ceea ce se numește săltare succesivă (Rumpel, 1985). Prin impactul cu granulele existente pe suprafața terestră, acestea din urmă se deplasează și ele pe o distanță scurtă, sub formă de reptăție (Ungar și Haff, 1987).

În decursul procesului de transport nisipul spulberat este sortat în funcție de competența și capacitatea vântului. Cu toate că competența de transport este limitată, la granule de mici dimensiuni, vântul poate transporta cantități considerabile de praf și nisip (Cioacă, 2006). Dimensiunea maximă a granulelor, care pot fi transportate, depinde de tăria și persistența vântului (Bagnold, 1941). În același timp, cu cât particulele sunt mai fine cu atât sunt menținute mai mult timp în aer. De asemenea, transportul eolian se poate realiza și prin rostogolirea fragmentelor de rocă.

Referitor la dimensiunea particulelor transportate s-au deosebit trei tipuri de transport: în suspensie (sub 0,06 mm), prin saltație (0,06 – 0,5 mm) și prin târâre, reptăție sau creep (adică fără a pierde contactul cu suprafața terenului) (peste 0,5 mm) (Huddart și Stott, 2010).

Dintre acestea saltația reprezintă mecanismul principal al transportului eolian. Cercetările experimentale au arătat că particulele de nisip se rostogolesc inițial 30 - 40 cm, înainte de a fi ridicate de către vânt (Bagnold, 1941), proces care durează câteva secunde (Greeley și Iversen, 1985). Raportat la suprafața terenului, unghiul de antrenare a particulelor de nisip este cuprins între 30 și 40° (Sharma, 2010).

După ce au fost înălțate în aer, datorită saltației, particulele de nisip ajung în orizonturi cu viteză mai mare de deplasare a aerului și efectuează apoi o deplasare lungă în direcția vântului (Rădoane et al., 2001). Conform sursei citate, revenirea la suprafața terenului are loc de-a lungul unei traiectorii caracterizate de un unghi cuprins între 6 și 12°, valoare determinată de raportul dintre gravitație și viteza de dragare. Traiectoria particulelor este una de tip parabolic asimetric, având partea ascendentă, de antrenare, definită de o valoare mare a unghiului, iar cea descendentă, de impact, de una redusă (Lancaster, 2005) (fig. 9. 4).

Pentru ca nisipul să fie antrenat, transportat și apoi folosit pentru a eroda, viteza vântului trebuie să depășească, ceea ce este cunoscut sub denumirea de viteza de forfecare a pragului (threshold shear velocity) (Goudie, 2013). Ulterior antrenării de către vânt particulele de nisip și praf se mențin în curentul eolian și la viteze mai mici decât cea de antrenare.

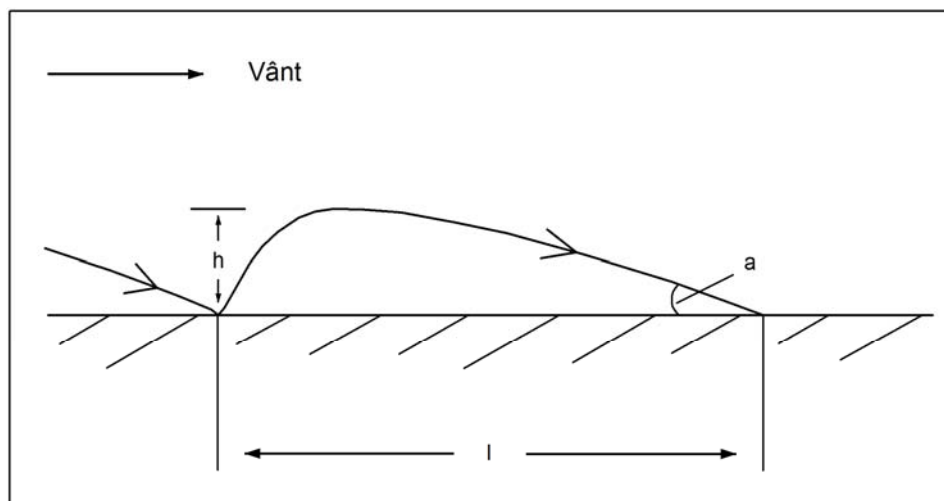


Fig. 9. 4. Ilustrare schematică a traiectoriei tipice unei particule de nisip aflată în saltăție; H – înălțimea; a – unghiul de impact; l – lungimea parcursă (Lancaster, 2005, p. 19)

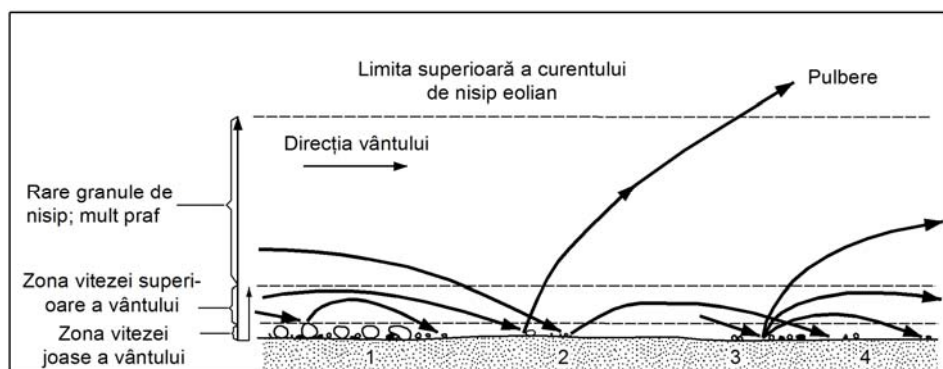


Fig. 9. 5. Formele mișcării nisipurilor: 1 – particule groasere imobile; 2 – particulă saltată; 3 – particulă antrenată prin șoc de impact; 4 – granulă care se deplasează pe suprafața terenului (Bagnold, 1941, citat de Mac, 1986, p. 192)

Dacă o particulă de nisip devine necompatibilă, ca mărime și greutate, forței de transport, ea cade pe teren (Mac, 1986). Prin șocul de impact, care se produce, vântul se descarcă de particulele transportate și câștigă energie liberă (fig. 9. 5), prin intermediul căreia vor fi apoi antrenate particule din în vecinătatea celor care s-a produs șocul de impact (Mac, 1986).

Datorită impactului un bob de nisip, aflat în saltație, se poate deplasa unul de până la 200 de ori mai greu decât el sau cu un diametru de șase ori mai mare decât al lui, realizându-se în acest fel 25% din transportul total (Huddart și Stott, 2010). În acest mod are loc formarea unui nor de particule, aflate în saltație, care se menține la câțiva centimetri deasupra terenului; cea mai mare parte a granulelor de nisip se deplasează prin saltație la înălțimi de 10 mm (de la suprafață) și cu pași de cca. 0,5 – 1,5 m (Rădoane et al., 2001).

Energia dobândită, în urma contactului dintre particulele de nisip, care se depun și cele care repauzează, contribuie la deplasarea acestora din urmă prin reptăție, fapt care ușurează ulterior antrenarea lor de către vânt (fig. 9. 6).

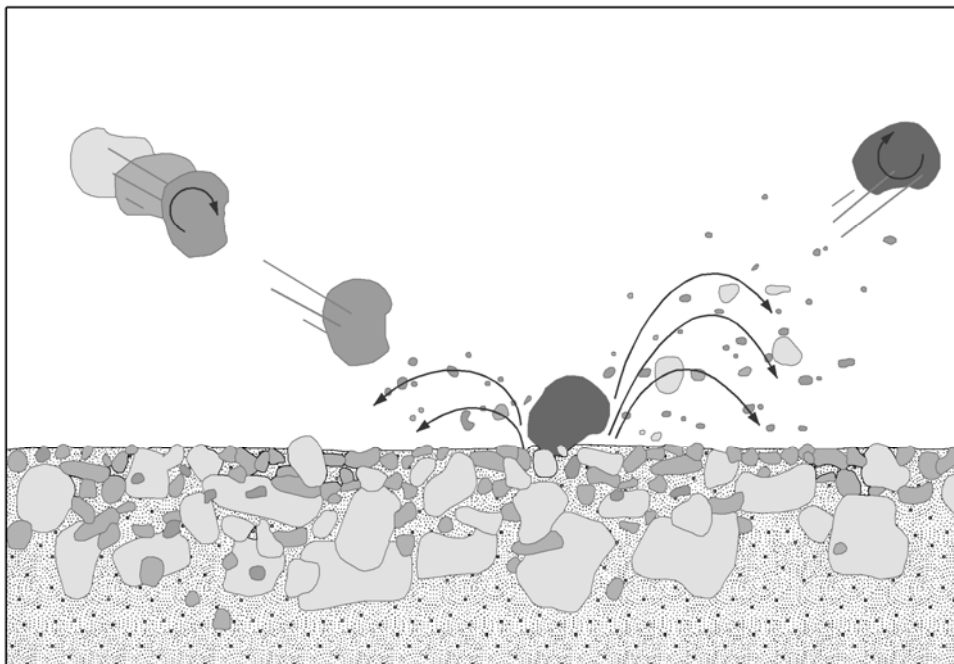


Fig. 9. 6. Diagrama schematică care evidențiază impactul unui bob de nisip, de dimensiune relativ mare, aflat în saltație, care ulterior pune în mișcare numeroase particule de dimensiuni mai mici, ce se deplasează pe distanțe scurte (Nickling și McKenna Neuman, 2009, p. 534)

Acumularea eoliană este rezultatul depunerii sedimentului eolian, atunci când viteza de decantare a particulelor depășește forțele de ridicare, furnizate de fluxul turbulent (Bierman și Montgomery, 2013).

După legea lui Stokes (1), viteza de depunere depinde de pătratul razei particulei, ceea ce determină ca particulele mai mari să ajungă mai repede pe suprafața terenului, comparativ cu cele de dimensiuni mai reduse, care rămân mai

mult în suspensie și sunt deplasate pe distanțe mai mari, față de locul de proveniență (Bierman și Montgomery, 2013).

$$S_s = 2r^2 (\rho_p - \rho_f) g / 9\mu_f \quad (1)$$

- unde: S_s – viteza de decantare; r – raza particulei; ρ_p – densitatea particulei; ρ_f – densitatea aerului; g – accelerația gravitațională; μ_f – vâscozitatea dinamică.

Un rol semnificativ, în depunerea particulelor transportate, îl are rugozitatea suprafeței terestre. Suprafețele aspre încetinesc mișcarea aerului, reducând forțele de ridicare, ceea ce provoacă depunerea sedimentelor. Acest efect este obiectiv demonstrat de depozitele de nisip care se formează în apropierea arbuștilor (elemente de rugozitate) din deșerturi; prin faptul că arbuștii perturbă fluxul de aer particulele se depun în porțiunea cu viteză scăzută a vântului, din avalul plantei (Bierman și Montgomery, 2013). După sursa citată, chiar și dunele formate deja de vânt, participă la creșterea rugozității suprafeței terestre.

Acumularea eoliană se derulează prin intermediul a trei mecanisme: sedimentare, acumulare și încărcare sau invadare (Bagnold, 1941; Huggett, 2017).

- *sedimentarea* se produce atunci când granulele de nisip cad din aer sau încetează să se târască înainte; acest fapt este posibil dacă aerul se mișcă cu o forță insuficientă pentru a transporta boabele înainte prin saltare sau creep;

- *acumularea* are loc dacă granulele (mutate prin saltație) lovesc suprafața cu o astfel de forță încât, unele boabe de nisip continuă să se deplaseze înainte pe măsură ce se mișcă, dar majoritatea ajung să se oprească acolo unde lovesc;

- *încărcarea* sau invadarea se poate realiza dacă acumularea are loc pe o suprafață rugoasă sau în fața unui obstacol; în astfel de condiții, granulele care se mișcă pe suprafață sunt reținute, în timp ce granulele aflate în saltație se pot deplasa mai departe. Depunerea prin încărcare are loc pe partea din față a unei dune, atunci când boabele de nisip se rostogolesc pe suprafață și se opresc; particulele grosiere sunt de cele mai multe ori asociate cu suprafețele de eroziune, fiindcă particulele fine sunt vânturate. Granulele fine tind să apară pe suprafețele de depunere.

În urma acumulării nisipului și a prafului, transportat de către vânt, se generează numeroase forme de relief, dintre care se evidențiază următoarele:

- *ridurile eoliene* (simple ondulații generate de către vânt, pe suprafața terenurilor cu nisip; ele mai sunt denumite wind ripples sau sand ripples) (fig. 9. 7);

- *dunele* (constituie acumulări de nisipuri de mari dimensiuni, cu aspect de valuri asimetrice, caracteristice regiunilor ocupate de nisipuri libere, afectate de dinamica maselor de aer; în funcție de caracteristicile morfologice și direcția vântului dominant dunele sunt de mai multe tipuri: barcan, dune liniare, dune seif,

sub formă de stea, în W, parabolice, nebkha, dune de tip crater, de tip ecou, de tip dom etc.) (fig. 9. 8, 9. 9 și 9. 10);

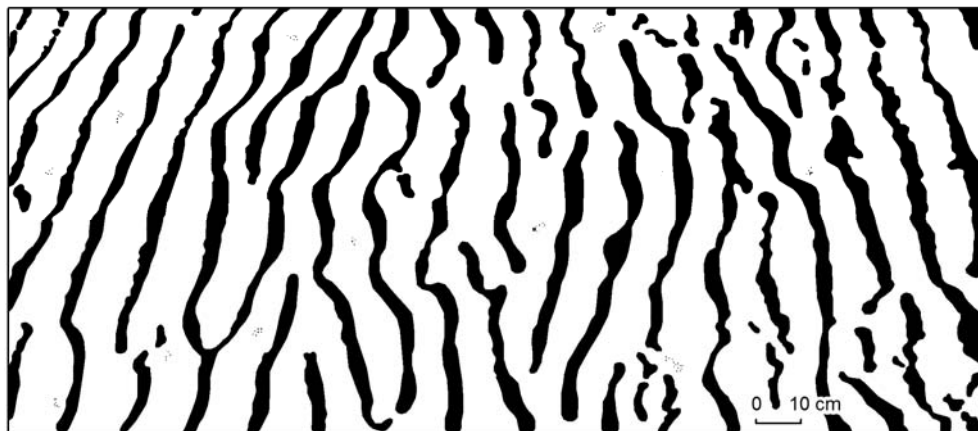


Fig. 9. 7. Riduri eoliene (Roșian, 2017, p. 483)

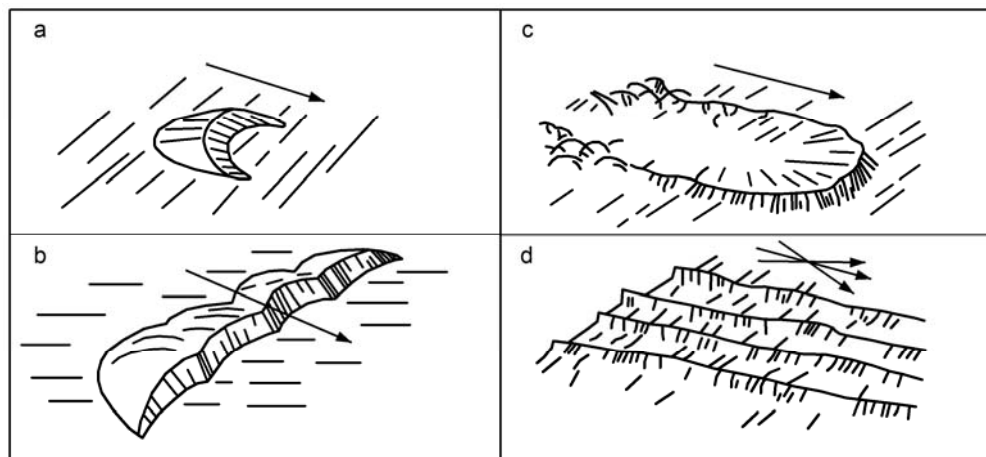


Fig. 9. 8. Principalele tipuri de dune; a. barcane; b. dune în W; c. dune parabolice; d. dune longitudinale (Longwell et al., 1969, citat de Posea et al., 1976, p. 450)

- *plăcile de nisip* (se dezvoltă când lipsesc condițiile favorabile formării dunelor, din cauza prezenței pânzelor freatice, a umidității, a cimentării nisipului, a granulometriei superioare a nisipului și a prezenței vegetației, care limitează furnizarea de nisip suficient);

- *mările de nisip* (sunt denumite și câmpuri de dune și reprezintă acumulări majore de nisip eolian; în Sahara acestea se numesc erg, în Asia centrală kun, iar în țările arabe nefud).

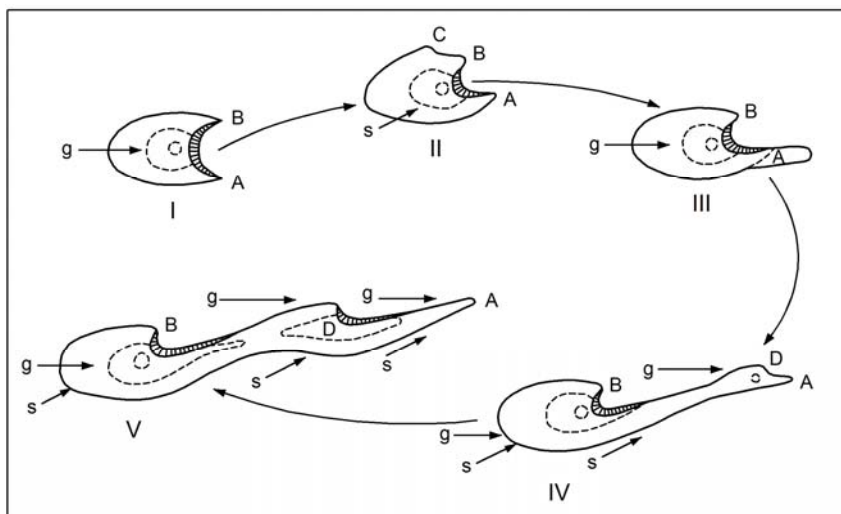


Fig. 9. 9. Modelul dezvoltării dunelor liniare pornind de la barcane; g – direcția vântului slab; s – direcția vântului puternic; I, II, III, IV și V – stadii evolutive; (Bagnold, 1941, citat de Gutierrez 2005, p. 442)

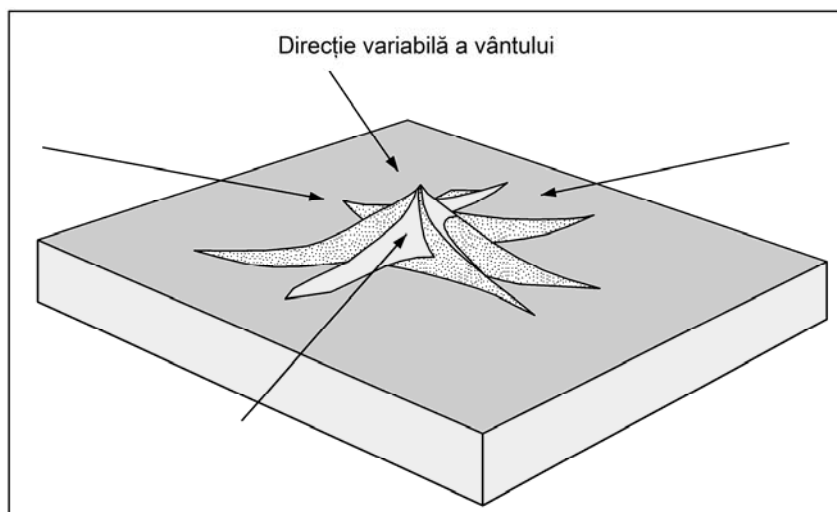


Fig. 9. 10. Formarea dunelor stea (Nelson, 2001, citat de Rădoane et al., 2001, p. 267)

În contextul acestei lucrări o importanță deosebită o prezintă spulberarea și avansarea nisipului și prafului eolian peste terenurile aflate în proximitatea regiunilor unde modelarea eoliană este dominantă. Un interes deosebit în acest sens îl prezintă și terenurile acoperite de nisip sau cu nisipuri mobile, existente în zona temperată, așa cum sunt de exemplu cele din România. Pentru fixarea lor sunt astfel necesare o serie de acțiuni și măsuri specifice.

În strânsă legătură cu prezența prafului și al nisipului, care poate fi antrenat ușor de către vânt, este și calitatea aerului, din zonele unde predominantă este activitatea eoliană, cât și din regiuni mai îndepărtate unde ajung cu ușurință particule mobilizate de către marile furtuni de praf (Roșian, 2023). În același timp, acumularea nisipului adus de vânt pe terenuri agricole sau utilizate în diverse scopuri și pe suprafața căilor de comunicații, se apreciază ca un hazard asociat modelării eoliene.

9.2. PREVENIREA PROCESELOR EOLIENE

Chiar dacă procesele eoliene și nisipurile mobile ocupă peste 30% din suprafața uscatului Terrei (în cadrul deșerturilor calde și reci, pe țărmurile mărilor, în luncile râurilor etc.), referirile se vor face pentru început la situația prevenirii proceselor eoliene din **România**, iar ulterior se vor adăuga exemple și din **alte țări** (Ungaria, Franța, Italia, Spania și Danemarca), care întâmpină probleme similare sub acest aspect.

Și în cazul Domeniului Eolian de modelare, la fel ca și în situația altor domenii, prevenirea proceselor geomorfologice trebuie făcută doar acolo unde sunt afectate obiective și activități antropice, fără a avea pretenția unor intervenții pe întreaga suprafața a marilor deșerturi ale Terrei.

Prevenirea proceselor eoliene este astfel necesară doar acolo unde nisipurile erodate și apoi transportate de vânt ajung să se acumuleze pe terenuri folosite în scopuri agricole, pe căi de comunicații sau în intravilanul localităților. Se asistă astfel la existența a două categorii de terenuri degradate: cele de pe care este erodat și spulberat nisipul, împreună cu solul (format pe terenurile nisipoase) și cele pe care are loc acumularea materialelor transportate.

Cu toate că periodic, așa cum am mai menționat, praful spulberat din Deșertul Sahara ajunge până pe teritoriul României și altor țări din Europa, nu se pune problema prevenirii proceselor eoliene pe întreaga suprafața a acestui deșert african; sub aspect economic nici măcar nu este posibil așa ceva, iar Deșertul Sahara, așa cum există el are un rol important în echilibrul Mediului Terrei. Pe scurt, în situații ca cele din România, trebuie intervenit doar acolo unde nisipurile spulberate de vânt creează probleme, adică pe terenurile cu nisipuri și pe cele din proximitate, unde acestea poate ajunge și se poate acumula.

Revenind la **situația din România**, printre terenurile ocupate de nisipuri, aflate în anumite stadii de stabilizare, se evidențiază cele din: Câmpia de Vest (nisipurile de la Valea lui Mihai - de forma unei fâșii late de 18 km, între râurile Someș și Barcău), Câmpia Olteniei (fâșia din lungul Dunării, dintre Ostrovul Corbului și Corabia - cu lățimi între 3 și 30 km; fâșia din stânga Jiului, dintre Craiova și Dunăre); Câmpia Bărăganului (nisipurile de pe partea dreaptă a râurilor Ialomița, Călmățui și Buzău), Câmpia Siretului inferior (nisipurile de la Hanu Conachi de pe stânga Bârladului și a Siretului), Delta Dunării (nisipurile localizate pe grindurile fluviale și fluvio-maritime

dintre care se remarcă Letea, Caraoman, Sărăturile etc.), Depresiunea Brașov (nisipurile de la Reci, de pe stânga Râului Negru) etc. (Posea et al., 1974). În aceste teritorii eroziunea eoliană afectează peste 340.000 ha (Lulea et al., 2002) sau conform datelor mai recente, se estimează că circa 600.000 ha de terenuri nisipoase necesită lucrări de apărare contra eroziunii eoliene și de ameliorare a calității lor, ca terenuri agricole (Hâncu et al., 2008).

Dintre efectele negative, ale spulberării nisipului și a prafului de către vânt, se pot menționa: apariția unui relief specific (caracterizat de prezența dunelor și zonelor interdunare), înnisiparea terenurilor, a culturilor agricole, a localităților, a căilor de comunicație, a canalelor de irigație, descoperirea semințelor, dezrădăcinarea plantelor, distrugerea vegetației tinere (Savu și Bucur, 2002).

În urma spulberării nisipului și a particulelor de sol, formate pe terenuri nisipoase, rezultă terenuri erodate eolian, precum și terenuri cu orizonturi de sol parțial sau total îndepărtate. Prin clasificarea solurilor erodate de vânt au fost deosebite trei grade de intensitate (Traci, 1985):

- eo₁ - eroziune eoliană de gradul 1 (moderată), în condițiile în care a fost spulberat până la 50% din orizontul cu humus;
- eo₂ - eroziunea eoliană de gradul 2 (puternică), când s-a spulberat întregul orizont de humus, la suprafață apărând orizontul A/C;
- eo₃ - eroziune eoliană de gradul 3 (foarte puternică și excesivă), când întregul strat de sol a fost spulberat, eroziunea ajungând până la roca mamă.

Eroziune eoliană a solurilor din România, care de obicei nu depășește gradul 1, are loc primăvara și toamna, când terenurile sunt proaspăt arate, uscate și lipsite de vegetație. Pentru a prevenii o astfel de eroziune se recomandă folosirea perdelelor forestiere, cu rol de atenuare a vitezei vântului și a diminuării deflației.

Depunerile de nisipuri, mobilizate de către vânt, se pot clasifica în funcție de gradul lor de stabilizare (Traci, 1985):

- *nisipuri mobile* - sunt în general lipsite sau foarte sărace în humus (sub 0,5%), fără sau cu un procent foarte redus de argilă (sub 5%) și necoezive; din cauza mobilității lor sunt lipsite de vegetație sau acoperite de o vegetație foarte rară;
- *nisipuri semimobile* - sunt spulberate doar de către vânturile puternice; prezintă o slabă coeziune deoarece este prezentă argila (5 – 10%) și humusul (0,5 – 1%); vegetația care crește pe astfel de soluri este rară;
- *nisipurile imobile* sau fixe – sunt acoperite de un covor vegetal mai consistent, deoarece au fost consolidate cu vegetației (de obicei lemnoasă) sau dețin un procent mai mare de argilă (10 – 15%) și de humus (1 – 1,5%); acestea sunt incluse în categoria solurilor nisipoase, iar dacă se cultivă, pentru a preveni procesele eoliene se recomandă amenajarea de perdelele forestiere.

În România, terenurile afectate de eroziune eoliană dețin o suprafață de aproximativ 300.000 ha, din care cele cu o eroziune moderată și foarte puternică

reprezintă 130.000 ha; dintre acestea 100.000 ha sunt nisipuri mobile și semimobile; ele se întâlnesc mai ales în Delta Dunării (peste 25.000 ha), sudul Olteniei (peste 30.000 ha), nord-vestul țării (aproape 10.000 ha), Câmpia Tecuciului, Constanța (zona litoralului), Câmpia Bărăganului, Câmpia Banatului etc. (Traci, 1985). Pentru prevenirea degradării terenurilor, datorită manifestării proceselor eoliene este recomandată plantarea lor cu vegetație forestieră.

De exemplu, nisipurile din Oltenia au devenit mobile din cauza defrișării pădurilor de stejar brumăriu, începând cu prima parte a secolului al XVIII-lea (Josan, 2014). Ulterior, după ce nisipul a fost antrenat de către vânt, parazitând terenuri agricole fertile și vetre de așezări, terenurile nisipoase și dunele de nisip au fost împădurite cu salcâm, care a fost și tăiat în timpul celor două războaie mondiale (Josan, 2014). Defrișări au mai avut loc și după anul 1990, cum a fost de exemplu în cazul localității Apele Vii (Jud. Dolj). Conform Agerpres.ro, pe nisipurile din perimetrul acestei localități au început, în anul 2023, lucrările de înființare a unei plantații de 70 ha. De asemenea, defrișările necontrolate, care au avut loc după anul 1990, au afectat și terenurile cu nisipuri din Câmpia Jiana (subunitate a Câmpiei Olteniei), terenuri care anterior, în intervalul 1970-1990 au fost împădurite și amenajate pentru o utilizare specifică (Răducă et al., 2022). Prin dispariția pădurilor s-a ajuns la intensificarea deflației și la reactivarea mobilității dunelor din arealul Jiana – Pătulele, ceea ce a avut ca efect ulterior extinderea suprafeței ocupată de dunele de nisip cu aproape 50%, de la 98 ha în 1981 la 196 ha în 2021 (Răducă et al., 2022).

Când procesele eoliene se manifestă pe terenuri care au la suprafață orizont de sol, asupra acestuia se exercită în mod direct eroziunea eoliană. Intensitatea deflației depinde în primul rând de proprietățile fizice ale solului. Printre acestea, textura, structura și coeziunea sunt cele care influențează cel mai mult eroziunea eoliană. De exemplu, solurile care au în componență peste 90% nisip, fiind sărace în humus, sunt cele mai supuse deflației, din cauza coeziunii reduse (Traci, 1985). Conform autorului citat, mărimea coeziunii și prin urmare a rezistenței la deflație este direct proporțională cu sporirea proporției de argilă și de humus, precum și cu gradul de structurare a solului; din acest motiv cel mai ușor sunt afectate de deflație nisipurile fine, lipsite de coeziune.

Deoarece au o textură grosieră (nisipoasă, nisipo-lutoasă sau cel mult luto-nisipoasă) solurile nisipoase (psamosolurile) prezintă două însușiri negative (Miclăuș, 1991):

- rezistență slabă la eroziunea vântului, motiv pentru care sunt supuse deflației eoliene, reprezentând chiar un adevărat pericol pentru solurile fertile din proximitate și pentru căile de comunicații, pe care le acoperă cu nisip;
- fertilitate scăzută, din care cauză dau producții mici și nesigure ca efect a unui conținut redus de substanțe coloidale (argilă și humus) și substanțe nutritive.

Unul dintre principalii factori care favorizează eroziunea eoliană, de pe suprafețele utilizate în diverse scopuri, este omul. La baza acestei afirmații stă faptul că prin schimbarea modului de utilizare a terenurilor se distruge vegetația naturală și treptat, prin luarea terenurilor în cultură sau folosite în diverse scopuri, se ajunge la slăbirea coeziunii dintre elementele componente ale solului.

Ca urmare, din astfel de motive, cele mai dificil de stabilizat sunt depozitele recente de nisipuri, formate pe suprafața terenurilor afectate de deflație sau aflate în apropiere de acestea.

Alături de prezența ei pe terenurile cu nisipuri mobile, eroziunea eoliană se manifestă și pe haldele formate prin depozitarea cenușii de la termocentrale. Efectul eroziunii eoliene se face simțit pe majoritatea iazurilor de decantare, care au material uscat; acesta din urmă ajunge să fie spulberat chiar și la vânturi cu viteze reduse. Pe astfel de amplasamente, mai ales dacă sunt amplasate în regiuni afectate de vânturi puternice (teritorii montane, văi de râuri, câmpii etc.), eroziunea eoliană se accentuează îndeosebi în perioadele calde și secetoase (Rădoane și Rădoane, 2007a).

În unele cazuri, în doar câteva ore de pe suprafața haldelor pot fi erodate și transportate zeci sau sute de tone de cenușă și pulberi de diverse tipuri. De exemplu, în ziua de 27 mai 2006, de pe halda termocentralei din Arad, au fost spulberat sute de tone de cenușă (Rădoane și Rădoane, 2007a). După autorii citați, vântul puternic a determinat încărcarea atmosferei cu praf, astfel încât vizibilitatea a scăzut la doar câteva zeci de metri, afectând circulația, sănătatea publică și calitatea aerului din Arad, precum și localitățile din proximitate. În același timp, cenușa spulberată de vânt este dăunătoare și pentru culturile agricole. De pildă, cenușa provenită de la termocentralele care folosesc lignit are un conținut ridicat de sulf, care, odată ajuns pe sol, conduce la acidifierea acestuia (Rădoane și Rădoane, 2007a).

Deosebit de periculoase sunt pulberile transportate de vânt de pe iazurile de decantare de la uzinele de preparare, care folosesc cianuri, așa cum este în cazul arealelor de exploatare și preparare a minereurilor neferoase din Maramureș și din Munții Apuseni (Rădoane și Rădoane, 2007a). De exemplu, în cuprinsul iazului Valea Devei se înregistrează uneori conținuturi în pulberi de $4,23 \text{ mg/m}^3$, în timp ce în perioadele de vânt puternic, de pe suprafața iazului Lunca Mureșului, au fost antrenate mari cantități de pulberi și nisip, inclusiv peste cartierul Viile Noi din Municipiul Deva (Duma, 1998).

Prevenirea proceselor eoliene, pentru nisipurile din România, dar și pentru cele din alte țări, care au condiții climatice asemănătoare, se rezumă, în general, la păstrarea vegetației naturale (de pajiște, arbuști sau pădure), care crește pe solurile formate pe aceste depozite nisipoase, sau dacă aceasta a fost îndepărtată (prin defrișare sau deștelenire) să se creeze cele mai favorabile condiții pentru reinstalarea ei (sub formă de plantații forestiere sau ierboase). Dintre tipurile de vegetație, care

se pot dezvolta pe astfel terenuri cu nisipuri și soluri nisipoase, se recomandă utilizarea celor forestiere.

Alegerea speciilor de plante prin intermediul cărora se dorește combaterea proceselor eoliene, trebuie să țină cont și de proprietățile solurilor, care se formează pe depozitele nisipoase. De exemplu, în România solurile formate pe nisipuri aparțin Clasei Protisolurilor (soluri în stadiu incipient de formare), în cadrul căreia se individualizează Tipul Psamosol (sol nisipos). Acesta este caracterizat de prezența unui orizont A (Am, Au, Ao) urmat de materialul parental, reprezentat prin depozite nisipoase transportate și depuse de vânturi sau ape, cu o grosime de cel puțin 50 cm (Blaga et al., 2005). Psamosolul are un conținut scăzut în fracțiuni fine (sub 12 %), fapt care îi imprimă textură grosieră sau mijlociu-grosieră.

Din cauza texturii grosiere, psamosolurile se lucrează foarte ușor, în orice condiții de umiditate; în același timp sunt soluri cu o permeabilitate foarte mare pentru apă, sunt puternic aerate, sunt foarte slab aprovizionate cu humus (0,5 %), iar reacția este diferită, de la acidă la slab alcalină (Blaga et al., 2005).

Toate aceste proprietăți ne oferă informații prețioase, despre modul în care psamosolurile pot fi stabilizate cu anumite specii de vegetație, după ce anterior sunt ameliorate prin: irigați, fertilizarea organică, fertilizarea chimică, prevenirea și combaterea proceselor eoliene etc.

Folosirea vegetației forestiere la prevenirea proceselor eoliene reprezintă principalul mijloc de fixare, ameliorare și punere în valoare a terenurilor cu nisipuri și soluri nisipoase. Pentru succesul plantațiilor, care urmează să fie înființate, procesele eoliene, care se pot manifesta (de deflație, coraziune, transport de nisip, acumulare etc.), trebuie studiate la fața locului.

Eficiența vegetației în controlul eroziunii vântului a fost demonstrată de consecințele dezastruoase ale îndepărtării acesteia (Morgan, 2005b). Dintre numeroasele exemple probabil cel mai cunoscut este „Dust Bowl”-ul din anii 1930, când extinderea agriculturii în Marea Câmpie, din Statele Unite ale Americii, a dus la pierderea a 350×10^6 tone de sol fertil și transformarea a 2×10^6 ha de terenuri de pășunat și terenuri agricole în dune de nisip (Morgan, 2005b).

În urma acțiunilor de împădurire, din România sau din alte țări cu climat temperat, cele mai bune rezultate în prevenirea proceselor eoliene, s-au obținut atunci când s-au folosit următoarele specii și tipuri de culturi (Traci, 1985):

- plop în amestec cu anin negru în depresiuni medii, pe terenuri plane și dune joase; aninul negru are în astfel de cazuri rol de specie amelioratoare a solului (un astfel de amestec s-a folosit pentru nisipurile de la C. A. Rosetti, în Delta Dunării);

- pin negru în amestec cu cătină s-a folosit cu succes în Delta Dunării, pe suprafața Grindului Letea; reușita plantațiilor de pin negru în deltă se datorează înrădăcinării pivotante-trasante a acestei specii; rădăcinile au ajuns în acest caz până la adâncimi de 1,2 – 1,5 m, unde substratul este umezit de apa freatică;

- plop amestecat cu salcâm, folosit pe aceleași categorii de terenuri, dar și pe dune medii; salcâmul deține în acest caz rol de specie amelioratoare a solului (un amestec de acest gen s-a folosit pentru nisipurile de la Sf. Gheorghe);

- salcâm în proporție de 90% s-a folosit pe nisipurile din sudul Olteniei, unde în anii '70 ai secolului al XX-lea acesta a înregistrat creșteri excepționale (luxuriante), îndeosebi pe terenurile mai puțin înclinate existente între dune;

- plop cu cătină albă se recomandă pe terenuri plane, precum și dune joase, unde există psamosoluri tipice;

- plop alb cu cătină albă sau sălcioară, pe dune și interdune cu nisipuri nesolificate ori cu psamosoluri tipice;

- culturi pure de plop pe terenuri plane, dune joase și interdune medii, unde sunt psamosoluri molice și lăcoviști nisipoase bogate în humus;

- culturi pure de anin negru s-au folosit pe dune joase, terenuri plane și interdune, cu psamosoluri tipice și molice și lăcoviști nisipoase;

- culturi pure de sălcioară, cătină albă sau cătină roșie în condiții anevoioase de stabilitate (dune înalte și medii sau interdune cu nisipuri slab până la puternic salinizate);

- culturi de pin în amestec cu foioase (mălin american, anin, cătină albă și alți arbuști), în benzi pure de pin, cu lățimi de 16 – 20 m (4 – 10 rânduri), dispuse alternant cu benzi pure de foioase, de 8 – 10 m (2 – 5 rânduri) sau buchete de pin de 100 – 150 m², în alternanță cu buchete de foioase de 50 – 75 m². Culturi de pin silvestru s-au realizat pe nisipurile de la Valea lui Mihai, din Câmpia de Vest.

Rezultate deosebite s-au obținut și prin înființarea de plantații pure de salcâm, specie care din pricina înălțimii arborilor, ramificației și profunzimii rădăcinilor acestora, reprezintă o soluție eficientă și de durată pentru fixarea și punerea în valoare a nisipurilor mobile (Bădescu, 1972). Suprafața împădurită, în secolul al XX-lea, în cadrul ocoalele silvice Tulcea, Constanța, Sadova, Calafat, Hanul Conachi, Carei etc. a depășit 100.000 ha. Prin întreținerea corespunzătoare a plantațiilor obținute se previne cu succes spulberarea nisipurilor mobile în vatra localităților și pe terenurile agricole din proximitate.

Dintre factorii care influențează creșterea vegetației forestiere, pe terenurile cu nisipuri, se evidențiază: microrelieful (dune înalte, medii și joase, interdune, japșe etc.), gradul de stabilitate a dunelor; nivelul apei freatice; condițiile de sol (tipul genetic, conținutul de humus etc.); compoziția mineralogică; gradul de salinizare; flora indicatoare (Traci, 1985).

Un rol important, în înființarea plantațiilor forestiere, îl are nivelul apei freatice din terenurile nisipoase afectate de deflație.

Un parametru important, al plantațiilor înființate pentru prevenirea proceselor eoliene, îl reprezintă **desimea culturilor**. Ea variază însă în funcție de condițiile locale, de speciile utilizate și de felul în care acestea se dezvoltă și sunt apoi întreținute.

În cazul dunelor înalte și medii, pe suprafața cărora de obicei nu se execută lucrări mecanizate de instalare și întreținere a plantațiilor, desimea recomandată a culturilor este de 2x2 m sau 2x1 m (în situația culturilor de cătină albă și cătină roșie) și de 2x2 m (în cazul culturilor de salcâm, plop alb, plop cenușiu, plop negru pure ori în amestec cu mălin american ori arbuști) (Traci, 1985).

Pe terenurile cu valori reduse ale pantei, pe dunele cu înălțimi reduse, precum și în spațiul dintre dune, unde majoritatea lucrărilor se face mecanizat, desimea propusă a culturilor este de 4x1 m (în situația culturilor de plop în amestec cu anin și arbuști) și de 4x2 m (în cazul culturilor de plop cu anin, plop cu salcâm, anin pur, salcie pură, plop ori salcie în amestec cu frasin) (Traci, 1985). Conform autorului citat, intervalul de 4 m între rânduri face posibilă mecanizarea multor categorii de lucrări, dintre care se remarcă cele referitoare la întreținerea plantațiilor.

Vegetația influențează eroziunea eoliană nu doar prin intermediul rădăcinilor, cele care fixează nisipul ci și prin intermediul ramurilor și a frunzelor, cele care contribuie la reducerea vitezei vântului și la captarea nisipului spulberat (Morgan, 2005b).

Vegetația forestieră se poate folosi pentru prevenirea proceselor eoliene și sub formă de **perdele de protecție** (perdele forestiere). Cele mai utilizate specii în acest sens sunt reprezentate de: salcâm (*Robinia pseudoacacia*), dud (*Morus alba*), pinul negru (*Pinus nigra*), plop american (*Populus sp.*), sălcioară (*Elaeagnus angustifolia*), cătină (*Tamarix ramosissima*), arin (*Alns glutinosa*), plop alb (*Populus alba*), mălin (*Padis serotina*) etc. (Călinovici, 2008). Lățimea perdelelor forestiere este cuprinsă, în general, între 5 - 10 m, fiind alcătuită din 5 – 11 rânduri; distanța între perdele este de 200 – 400 m și se stabilește în funcție de intensitatea vântului, înălțimea copacilor și utilizarea terenului (Lulea et al., 2002).

Prezența perdelelor de protecție poate influența în mod favorabil microclimatul dintre dune, ceea ce permite o utilizare variată a terenurilor (plantații de viță de vie, livezi, culturi de câmp etc.) (Loghin, 1996).

Perdelele forestiere de protecție pot fi principale și secundare; cele principale se amplasează perpendicular pe direcția vântului (la distanța de 200 – 300 m una de alta), iar cele secundare se amplasează perpendicular pe cele principale (la distanțe de 1.000 – 1.500 m) (Oncia, 2009). Perdele forestiere principale au în componență 5 – 7 rânduri de arbori (dispuși pe o lățime de 8 – 10 m), iar cele secundare 3 - 5 rânduri de arbori (aranjați pe o lățime de 5 - 8 m) (Bratu, 2022).

Perdele de protecție trebuie amplasate astfel încât să delimiteze forme dreptunghiulare de 1.000 – 1.500 x 200 – 500 m, orientate cu latura lungă, alcătuită din perdele principale, perpendiculară pe direcția vântului dominant (Savu și Bucur, 2002); în acest mod se atenuază considerabil viteza vântului și se asigură condiții optime pentru o utilizare corespunzătoare a terenurilor respective.

Perdele de vânt ajută la reducerea vitezei vântului și protejează solul din spatele lor. Având rolul unor bariere, perdelele de vânt perturbă fluxul de aer, determinând o

reducere a vitezei acestuia și favorizând particulele să se așeze, în loc să fie transportate (Jafari et al., 2022). Perdelele de vânt oferă o protecție semnificativă și pe terenurile cu soluri nisipoase, care sunt utilizate agricol, prin limitarea deflației.

După înființarea lor, plantațiile de pe terenurile cu nisipuri mobile, trebuie exploatate corect, în caz contrar, o densitate redusă a arborilor sau lipsa lor pe alocuri, poate conduce la uscarea excesivă a substratului și a solului aflat în plin proces de formare, ceea ce va permite reluarea proceselor de spulberare și acumulare a nisipului. Întreținerea corespunzătoare a plantațiilor, realizate pe astfel de suprafețe, este pe de o parte în măsură să ferească terenurile agricole și localitățile din proximitate de nisipurile mobile, iar pe de altă parte reprezintă garanția că nisipul nu va mai putea fi spulberat de vânt.

Folosirea vegetației erbacee la prevenirea proceselor eoliene se utilizează atunci când condițiile climatice nu permit realizarea plantațiilor forestiere. În România vegetația erbacee este utilizată pentru stabilizarea nisipurilor din Dobrogea și de pe litoral. Vegetația erbacee contribuie la fixarea nisipurilor și a solurilor nisipoase prin: intermediul unui sistem radicular dens (care penetrând nisipul îl stabilizează), reducerea vitezei vântului de la suprafața terenului (frunzele și tulpinile acționează ca o barieră, împiedicând spulberarea particulelor de nisip), menținerea umidității la nivelul suprafeței terenului (prin diminuarea evapotranspirației) etc.

Cele mai utilizate specii ierboase, în condițiile de mediu din Dobrogea și de pe litoral sunt: iarba de nisip (*Leymus arenarius*), pirul de nisip (*Elymus elongatus*), pirul crestat (*Agropyron cristatum*), iarba de plajă (*Ammophila arenaria*), păiușul de nisip (*Festuca vaginata*) etc.; aceste specii contribuie la o bună fixare a nisipurilor prin intermediul rădăcinilor lungi și răsfirate. Pentru realizarea culturilor alcătuite din aceste specii se poate recurge atât la însămânțare directă, cât și la folosirea de răsaduri aduse din pepiniere.

Când se optează pentru folosirea vegetației ierboase, se recomandă ca acoperirea suprafeței terenului să fie cât mai uniformă și în proporție de cel puțin 70%, pentru a se putea obține o biomasă de cel puțin 0,65 kg/m³ (Morgan, 2005b). Prin atingerea acestor cerințe se va asigura o umiditate sporită a substratului și suficientă materie organică, care prin descompunere să asigure formarea solului.

Indiferent de tipul vegetației utilizate, în demersul de stabilizare a nisipurilor și a solurilor nisipoase, comparativ cu alte modalități de intervenție (cum sunt cele referitoare la combaterea proceselor eoliene), realizarea plantațiilor prezintă câteva avantaje: se realizează cu costuri reduse, contribuie la creșterea biodiversității, nu implică utilizarea de materiale artificiale, contribuie la menținerea unor peisaje naturale etc.

Dintre terenurile cu nisipuri și soluri nisipoase, stabilizate cu vegetație forestieră, se remarcă cele din Oltenia, de la Dăbuleni. În cadrul Stațiunii de Cercetări de la Dăbuleni, solurile nisipoase au fost amenajate și pentru culturi agricole. Dintre speciile cultivate se remarcă: cartoful dulce, ardeiul, pepenele,

roșiile, fasolea, arahidele, măslinul, kiwi etc.; la acestea se pot adăuga culturile de cereale, de pomi fructiferi și de viță de vie.

În categoria modalităților de prevenire a spulberării nisipurilor se includ și următoarele: reducerea prelucrării terenurilor prin arat, interzicerea pășunatului, dacă totuși se cultivă plante, acestea trebuie să fie din categoria celor care acoperă bine solul, cultivarea plantelor să se facă în fâșii perpendiculare pe direcția vântului, păstrarea resturilor vegetale de la culturi să se facă pe suprafața terenului etc. (Sarkar, 2021).

Comparativ cu situația din România și în **alte țări**, care nu se află neapărat în conții climatice aride și semiaride, terenurile cu nisipuri și soluri nisipoase sunt afectate de procesele eoliene.

Spre exemplificare se pot menționa dunele din sudul Regiunii Nyírség (**Ungaria**), care după ce au fost defrișate, în repetate rânduri, au început să fie afectate de procese eoliene contemporane (Kiss și Lóki, 2015), dunele din Estuarul Golfului Arcachon (**Franța**), care fiind cele mai mari dune costiere din Europe sunt afectate de procese eoliene actuale, chiar dacă s-a încercat stabilizarea nisipurilor prin plantarea de pini (Bertrand, 2014), dunele de pe coasta vestică a Sardiniei (**Italia**), pe motiv că sunt foarte dinamice, din cauza proceselor eoliene active, provoacă daune pe terenurile agricole și de-a lungul căilor de comunicații; pentru combaterea proceselor eoliene, unele dune, cum sunt cele din nord-vestul Sardiniei au fost împădurite (Melis et al., 2017), dunele din Parcul Național Doñana și de la nord de acesta – Regiunea El Abelario (**Spania**), reprezintă cel mai mare câmp de dune active din Europa (Rodriguez-Vidal et al., 2014), dunele din nordul **Danemarcei** (Regiunea Râbjerg Mile), care chiar dacă au fost în mare parte împădurite sunt încă afectate de procese eoliene (Doody, 2005) etc.

Indiferent de metodele utilizate există situații în care nu este posibilă nici prevenirea spulberării nisipului, dar nici combaterea depunerii lui. Mă refer în acest caz la furtunile de nisip, care se declanșează uneori la sute sau mii de km, de teritoriile pe care urmează să se acumuleze nisipul spulberat de vânt, uneori în strate cu grosimi de ordinul milimetrilor sau centimetrilor. Depășirea acestor neajunsuri ar însemna amenajarea unor suprafețe considerabile de teren, aferentele marilor deșerturi ale lumii, pentru stabilizarea nisipurilor. Dar, așa cum spuneam la începutul acestui subcapitol astfel de demersuri nu sunt nici economice și nici posibile, având în vedere importanța suprafețelor deșertice în echilibrul Mediului Terrei.

Rămâne astfel ca multe țări din Africa, Asia, America de Nord și Australia să se confrunte cu praful și nisipul adus de furtunile inițiate în regiunile aride și semiaride. Ceea ce este însă important, în această privință, se referă la posibilitatea limitării sau în cel mai bun caz al diminuării intensității furtunilor de nisip, prin acțiuni și activități referitoare la reducerea efectelor Încălzirii Globale și a Schimbărilor Climatice. O atmosferă mai caldă înseamnă o circulație generală a aerului mai dinamică, ceea ce va conduce inevitabil la mai multă energie liberă

pentru antrenarea și spulberarea prafului și a nisipului, de către procesele geomorfologice eoliene.

9.3. COMBATEREA PROCESELOR EOLIENE

În cazul terenurilor din diverse regiuni, dar și din România, care au în componență nisipuri susceptibile la procese eoliene, s-a ajuns la degradarea acestora din cauza unei utilizări necorespunzătoare. Cu alte cuvinte, prin schimbarea modului de utilizare a terenurilor și prin îndepărtarea vegetației naturale (care le protejau), pe fondul aridizării, nisipurile au devenit mobile, din cauza eroziunii și a transportului eolian.

Procese de acest fel au fost posibile și pe fondul lipsei unor măsuri minimale de prevenire a degradării terenului, din cauza proceselor eoliene. S-a ajuns astfel în situația ca terenurile respective să mai poate fi stabilizate și utilizate corespunzător, doar prin intermediul unor lucrări complexe, de combatere a proceselor eoliene. Acestea se rezumă la fixarea nisipurilor cu ajutorul vegetației sau prin diverse metode tehnice.

Pentru terenurile degradate de procesele eoliene, se recomandă **înființarea de plantații forestiere**, cel puțin acolo unde condițiile climatice asigură suficientă umiditate pentru creșterea și dezvoltarea speciilor de arbori. În lipsa condițiilor pentru înființarea de plantații forestiere sau pentru utilizarea arbuștilor sau a diverselor specii erbacee, pentru fixarea nisipurilor se utilizează diverse elemente (paranisipuri, gărdulețe etc.), din categoria celor utilizate în cadrul etapei de fixare a nisipurilor, în vederea înființării de plantații forestiere.

Speciile recomandate sunt cele care au fost menționate în subcapitolul anterior, referitor la prevenirea procese eoliene: salcâmul (*Robinia pseudoacacia*), dudul (*Morus alba*), plopul alb (*Populus alba*), pinul (*Pinus sylvestris*), pinul negru (*Pinus nigra*), călinul (*Viburnum opulus*), cătina albă (*Hippophae rhamnoides*), animul negru (*Alnus glutinosa*), sălcioara (*Elaeagnus angustifolia*), cătina (*Tamarix ramosissima*), arinul (*Alns glutinosa*), mălinul (*Padis serotina*) etc. (Călinovici, 2008). Toate aceste specii, precum și altele asemănătoare, fixează eficient solul, prin intermediul unui sistem de rădăcini bine dezvoltat atât în profunzime, cât și pe orizontală; în același timp majoritatea speciilor menționate sunt rezistente la secetă, contribuind inclusiv la fixarea azotului în sol.

Dunele înalte și abrupte, prevăzute cu nisipuri mobile și semimobile, care nu se pot nivela se vor planta cu specii forestiere, cum sunt salcâmul, sălcioara și pinul negru (Miclăuș, 1991).

Combaterea proceselor eoliene cu ajutorul vegetației forestiere sau de alt tip (arbustivă ori erbacee), nu se poate face fără executarea în prealabil a unor **lucrări de fixare a nisipurilor și a solului nisipos**. Dacă se trece la înființarea plantației fără executarea unor astfel de lucrări procesele eoliene vor continua, ceea ce face ca în

primii ani după plantare, puieții tineri să fie dezrădăcinați sau împotmoliți de nisip (Traci, 1985). Acestea sunt apoi continuate cu **lucrările ajutătoare instalării vegetației forestiere**, care la rândul său sunt urmate de **lucrări de întreținere a culturilor forestiere** de pe nisipuri. Fixarea nisipurilor cu vegetație forestieră se poate face atât prin înființarea unor plantații compacte (modalitatea ce mai des întâlnită și mai eficientă), cât și prin realizarea de perdele forestiere, la adăpostul cărora, pe o lățime de circa 20 de ori înălțimea perdelei, terenurile să poată fi utilizate în diverse alte scopuri (îndeosebi pentru cultura plantelor, în cadrul stațiunilor de cercetare specifice).

Lucrările de fixare a nisipurilor, așa cum reiese și din denumirea lor, au rolul de a fixa nisipul din substrat, tocmai pentru a împiedica deflația; dintre acestea, în continuare vor fi prezentate cele mai utilizate.

Fixarea nisipurilor cu gârdulețe sau alte obstacole de tip paranisipuri are la bază elemente realizate din trestie sau lemn, sub formă de șipci și nuiele, care se îngroapă în nisip 15 cm, pentru ca la suprafață să aibă o înălțime cuprinsă între 0,4 și 1,5 m (Traci, 1985). La realizarea paranisipurilor se mai poate folosi plasa metalică, pânza textilă sau plasticul perforat. Se recomandă utilizarea paranisipurilor atunci când nisipul spulberat nu se poate stabiliza doar prin intermediul vegetației (Oncia, 2009). Paranisipurile se dispun perpendicular pe direcția vântului, în șiruri continue sau întrerupte, amplasate în șah, la o distanță dependentă de înălțimea fâșiei care poate fi protejată ($8 - 10 H$ – înălțimea gardului) (Călinovici, 2008).

Paranisipurile au aspectul unor panouri verticale sau garduri, amplasate la distanțe de 5 – 10 m și orientate perpendicular pe direcția vânturilor dominante. Prin bariera creată acestea reduc viteza vântului pe o distanță de 10-20 de ori mai mare decât înălțimea lor. Prin modul de amplasare paranisipurile au și rolul de a înconjura terenurile cu nisipuri, pentru a limita accesul animalelor și a oamenilor (Morgan, 2005b).

Raportat la gradul de permeabilitate a unui gârduleț, nisipul se acumulează în fața, în spatele lui sau pe ambele părți, tocmai datorită reducerii vitezei vântului, fără a mai fi transportat pe distanțe considerabile (Traci, 1985). Conform autorului citat, cele mai bune rezultate, prin folosirea gârdulețelor, s-au obținut la Letea, în Delta Dunării (fig. 9. 11). Ulterior depunerii nisipului în perimetrul gârdulețelor, el trebuie fixat, tocmai pentru a nu fi spulberat iarăși.

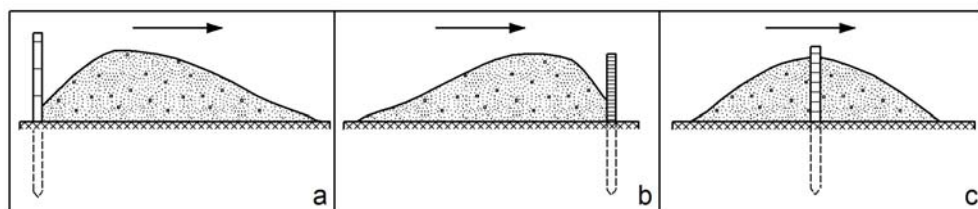


Fig. 9. 11. Paranisipuri; a. penetrabile; b. impenetrabile; c. semipenetrabile (Traci, 1985, p. 106)

Fixarea nisipurilor se recomandă în condițiile în care nivelarea dunelor este foarte costisitoare, sub aspect economic. Pentru fixarea nisipurilor, alături de gârdulețe și alte tipuri de obstacole se pot înființa plantații forestiere, în componența cărora intră salcâmul, sălcioara și pinul negru (Miclăuș, 1991).

În vederea diminuării sau chiar a anulării, pe cât posibil, a vitezei vântului paranisipurile (dispuse perpendicular pe direcția vântului) se pot utiliza împreună cu perdele forestiere de protecție (care se instalează pe vârful dunelor) (fig. 9. 12).

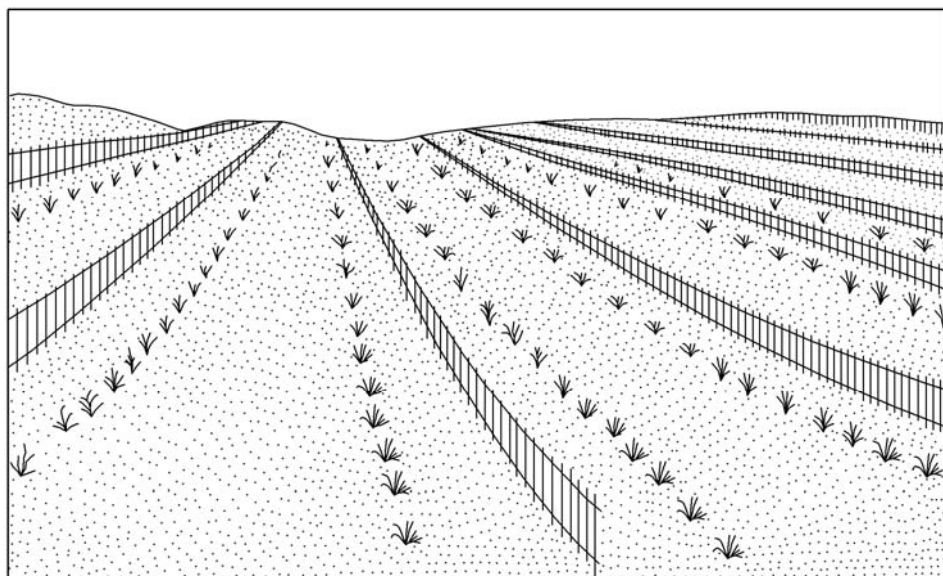


Fig. 9. 12. Folosirea paranisipurilor în alternanță cu vegetație (Mureșan et al., 1992, p. 391)

Acoperirea nisipurilor cu ramuri așezate în rânduri perpendiculare pe direcția vânturilor, se face fie pe toată suprafață, fie numai în jurul puieților, pentru a împiedica spulberarea; metoda s-a pus în practică cu rezultate bune pe nisipurile de la Hanul Conachi, prin folosirea ramurilor de *Salix rosmarinifolia* (salcia târătoare), care au fost fixate prin intermediul țărășilor cu cârlig (Traci, 1985).

Mulcirea nisipului se referă la acoperirea lui cu materiale vegetale (paie, stuf, așchii de lemn, scoarță de copac, fibre de celuloză pe bază de lemn sau bumbac ș.a.), pe toată suprafață, în fâșii late de 1 – 2 m, în alternanță cu fâșii nemulcite sau numai în jurul puieților (Traci, 1985; Rickson, 2005b); prin mulcire s-au obținut rezultate bune în majoritatea situațiilor cu nisipuri mobile din România, dar și din alte țări, cu nisipuri și soluri nisipoase asemănătoare. Rolul elementelor acoperitoare este acela de a apăra nisipul de spulberare, de încălzire și de îmburuienare, la care se adaugă faptul că împiedică evaporarea apei din sol, în timpul secetelor de vară, îmbunătățind umiditatea în jurul plantelor cultivate (Traci, 1985; Coppin și Stiles, 2005). De

asemenea, prin reducerea vitezei vântului, mulciurile contribuie la reținerea nisipului spulberat, ceea ce contribuie la depunerea acestuia, pe suprafața terenului.

Acoperirea solului cu glijă sau cu brazde, care se așază cu rădăcinile ierburilor în sus, tocmai pentru a asigura o bună fixare a nisipului; procedeul este foarte puțin folosit, deoarece este costisitor (Traci, 1985).

Acoperirea terenului cu geotextile are și ea rolul de a proteja solul și substratul geologic de eroziunea provocată de vânt. Geotextilele pot întrerupe fluxul de aer, de la suprafața terenului, mai ales dacă sunt utilizate produse grosiere, cu fibre mari, deoarece acestea vor crește rugozitatea, reducând efectiv viteza vântului (Rickson, 2005); rezultate bune, utilizând geotextile de iută, s-au obținut la stabilizarea dunelor de nisip din Peninsula Gower, din Țara Galilor (Rickson, 2005). Prin aplicarea geotextilelor pe suprafața terenului se contribuie și la creșterea umidității nisipului, fapt care va conduce la diminuarea antrenării particulelor de nisip de către vânt. Geotextilele, alături de geomembrane, geogridurile, georețele și geocompozite, fac parte din categoria materialelor geosintetice, utilizate în lucrările de îmbunătățiri funciare (Blenesi-Dima, 2007).

Acoperirea nisipului cu paranisipuri orizontale implică utilizarea de panouri de scândură sau nuiele late de 1 m, așezate sub formă de fâșii orizontale, perpendicular pe direcția vântului, între rândurile de puieți, la distanță de aproximativ 2 – 6 m (Traci, 1985).

Argilizarea reprezintă un procedeu de mărire a coeziunii nisipurilor, dar din cauza cantităților mari de argilă necesare (500 – 700 t la ha), se dovedește unul foarte costisitor și dificil de aplicat pe suprafețe mari (Traci, 1985).

Lucrările ajutătoare instalării vegetației forestiere, urmează în completarea celor de fixare a nisipurilor; în categoria lor se înscriu următoarele: lucrări de nivelare a dunelor, procedee speciale de împădurire, fertilizarea nisipurilor, irigarea, desecarea, desalinizarea nisipurilor etc.

Lucrările de nivelare a dunelor constau din împingerea nisipului din partea mai înaltă, denumită creastă sau coamă, cu ajutorul buldozerului, în zona interdunelor, rezultând terenuri aproape plane (Lulea et al., 2002; Călinovici, 2008). Modificarea morfologiei inițiale este necesară, întrucât o alternanță de dune și interdune nu permite mecanizarea lucrărilor și nici posibilitatea irigării terenurilor, în vederea înființării de plantații sau de culturi agricole. În majoritatea cazurilor, referitor la dunele din România, diferența între dune și interdune, variază între 4 și 20 m (Lulea et al., 2002).

De asemenea, nivelarea reliefului de dune este necesară și pentru combaterea deflației eoliene, deoarece prin micșorarea diferențelor de nivel dintre dune și interdune, se oferă condiții favorabile inclusiv pentru irigarea culturilor (Miclăuș, 1991). Această metodă a fost pusă în practică pe scară largă în Delta Dunării, la Sf. Gheorghe (Traci, 1985), precum și în cazul nisipurilor de la Bechet și de la Valea lui Mihai (Miclăuș, 1991).

Procedeele speciale de împădurire sunt necesare din cauza sensibilității puieților la condițiile de uscăciune, caracteristice terenurilor cu nisipuri mobile; pentru depășirea acestor dificultăți este indicată folosirea la plantare a puieților crescuți în pungi de polietilenă (Traci, 1985).

Fertilizarea nisipurilor se recomandă în condițiile în care terenurile cu nisipuri mobile și semimobile sunt foarte sărace în elemente nutritive. Cele mai indicate sunt îngrășămintele naturale sau organice, cum este gunoiul de grajd (20-30 t/ha), humusul sau îngrășămintele verzi (lupin, mazăre, soia etc.) (Miclăuș, 1991). Prin utilizarea acestora are loc sporirea rezervei de substanțe nutritive, creșterea coeziunii particulelor de nisip și a capacității de reținere a apei. Îngrășămintele verzi s-au utilizat în cazul nisipurilor din sudul Olteniei (prin folosirea lupinului alb) sau pe nisipurile din Câmpia de Vest unde s-a utilizat lupinul galben și mazăricea (Traci, 1985). Cu toate că determină poluarea mediului, în funcție de tipul de cultură ales se pot utiliza și îngrășăminte chimice, cu azot, fosfor și potasiu, la care se adaugă amendamentele cu fosfogips (PG); spre exemplificare, pe nisipurile de la Sf. Gheorghe s-au obținut sporuri de creștere în diametru și în înălțime de 10 – 15%, în urma fertilizării cu N, P și PG (Traci, 1985).

Lucrările de irigare a culturilor forestiere înființate pe nisipuri, determină creșterea substanțială a reușitei acestora. Irigarea solurilor nisipoase reprezintă o metodă rațională de ameliorare a proprietăților acestora, mai ales în perioadele cu deflație. De asemenea, spulberarea nisipurilor și fertilitatea lor depinde foarte mult prezența umidității, care în același timp, conduce și la creșterea coeziunii particulelor de nisip și asigură apa necesară, creșterii puieților. Utilizarea irigațiilor pe suprafețe extinse și intervale mari de timp este, în majoritatea cazurilor, greu de implementat deoarece: în regiunile cu nisipuri lipsesc sursele sigure de apă, iar costurile unei rețele de irigație, prin conducte sub presiune, este ridicat, din cauză că terenul trebuie cât mai bine nivelat înainte de instalarea sistemului de irigații (Miclăuș, 1991). Conform autorului citat, metoda de irigație cea mai benefică este cea prin aspersiune, utilizând o rețea de conducte îngropate la 0,8 – 1,0 m adâncime, la care se adaugă norme mici și dese de apă. De exemplu, în România, irigarea s-a efectuat în situația nisipurilor de la Sf. Gheorghe, norma optimă de udare fiind de 3.000 m³/ha/lună, aplicate în patru reprize săptămânale; s-au asigurat astfel sporuri de creștere de 20 - 25% la plopii euramerici (Traci, 1985).

Lucrările de desecare urmăresc eliminarea excesului de apă, condiție obligatorie pentru instalarea vegetației forestiere; astfel de lucrări s-au efectuat în Delta Dunării la Sfântu Gheorghe, ceea ce a permis combaterea deflației prin înființarea plantațiilor de plop, salcie și anini (Traci, 1985).

Lucrările de desalinizare a nisipurilor sunt indicate mai ales pe nisipurile litorale, context în care trebuie eliminate sau diminuate sărurile solubile; spre exemplificare, la Sf. Gheorghe s-au efectuat spălări cu apă dulce, care au condus la reducerea conținutului

de săruri în primii 40 – 50 cm, procedeu la care s-a adăugat fertilizarea cu fosfogips, aspect care a permis instalarea unor specii cum sunt plopul și salcâmul (Traci, 1985).

Lucrările de întreținere a culturilor forestiere pe nisipuri sunt indispensabile din cauza pierderilor de puieți, înregistrate în primii ani după înființarea plantațiilor. De pildă, pe dune înalte și medii, cu nisipuri mobile și semimobile, pierderile ajung la 40 – 70%, pe dune joase, terenuri plane și depresiuni medii sunt de 20 – 40%, iar în terenurile depresionare dintre dune ajung la 30 – 50% (Traci, 1985).

La valori ridicate ale pierderilor se ajunge din cauza concurenței mare pentru apă, pe care o exercită flora erbacee asupra speciilor forestiere, în primii ani după plantare. Studiile realizate în Delta Dunării au evidențiat că sunt necesare 2 – 3 lucrări de întreținere pe an, în primii trei ani și 1 – 2 lucrări pe an în următorii 2 ani (Traci, 1985). Pentru început nivelul completărilor trebuie să se ridice la cel al pierderilor, iar ulterior sunt necesare lucrări de distrugere a ierburilor prin prașile manuale, lucrări de reacoperire a rădăcinilor puieților, descoperite prin spulberarea nisipului, lucrări de degajare a puieților împotmoliți cu nisip.

Utilizarea vegetației forestiere prezintă următoarele avantaje: fixează substratul prin intermediul rădăcinilor profunde și ramificate, pe măsură ce ajung la maturitate arborii acționează ca o barieră împotriva vântului (diminuând astfel spulberarea nisipului și a solului), creează condiții pentru creșterea speciilor erbacee, accelerează procesul de pedogenează, creează un microclimat local, asigură menținerea umidității în sol, contribuie la creșterea biodiversității etc.

Toate aceste lucrări se pot aplica pe majoritatea terenurilor cu nisipuri și soluri nisipoase, în condiții climatice temperate, asemănătoare cu cele din România.

În condițiile în care combaterea proceselor eoliene nu este posibilă, iar dezechilibrele datorate de procesele geomorfologice eoliene se mențin, se creează premisele aridizării și deșertificării terenurilor de pe care este spulberat nisipul. Într-o situație similară se află și terenurile pe suprafața cărora se acumulează nisipurile transportate de către vânt. Dacă stratul de nisip depus este de ordinul milimetrilor, are loc doar modificarea proprietăților solului, existând posibilitatea unei utilizări specifice. Problemele apar atunci când stratul de nisip depus pe suprafața terenului este de câțiva centimetri, ceea ce face imposibilă utilizarea lui în scopuri agricole.

După cum îi spune și numele **deșertificarea** se referă la instalarea unor condiții similare cu cele din regiunile semideșertice și deșertice, din cauza: scăderii cantităților de precipitații, a intervenției omului în utilizarea terenurilor, a eroziunii solului, a sărăturării solului (din cauza irigațiilor), a distrugerii învelișului vegetal (inclusiv prin suprapășunat și incendiere), practicarea monoculturilor, reducerea cantității de precipitații și a modificării regimului acestora, schimbarea direcției și intensității vântului, extinderii suprafețelor pe care se acumulează nisipul spulberat și transportat de vânt etc.

Deșertificarea este influențată și de Schimbările Climatice, care la rândul lor sunt datorate unor cauze naturale amplificate de diverse activități antropice cum sunt:

arderea combustibilului fosil, schimbarea modului de utilizare a terenurilor, ajungerea în atmosferă a gazelor cu efect de seră etc. Toate aceste activități trebuie diminuate, tocmai pentru a reduce din efecte.

Principalele consecințe ale deșertificării sunt: schimbarea modului de utilizare a terenurilor, eroziunea solului, îndepărtarea vegetației, reducerea cantității de hrană, foamete, sărăcie, tensiuni sociale, economice și politice (care de cele mai multe ori sunt soldate cu conflicte), presiune în creștere asupra ecosistemelor din proximitate, avansarea deșertului prin intermediul dunelor mobile etc. Dintre regiunile care se confruntă cu fenomenul de deșertificare se remarcă: Africa (în Sahel, Kalahari și nordul Saharei), America de Nord (extinderea deșertului în S.U.A. și Mexic), America de Sud, Asia, Australia, Europa (în țările mediteraneene cum sunt Spania, Italia și Grecia) etc. În cazul României cele mai susceptibile la deșertificare sunt terenurile din Podișul Dobrogei și Câmpia Română (Ontel et al., 2023).

Înseamnă că deșertificarea nu se referă doar la extinderea deșerturilor actuale ci și la degradarea condițiilor de mediu din teritoriile aflate la limită, cum sunt cele de stepă și stepă aridă, unde cantitatea medie anuală precipitației este sub 400 mm, iar regimul acestora este neregulat (Josan, 2014). Practic, din cauza deșertificării în aceste regiuni se reduce capacitatea solului de a primi, stoca și recircula apa, energia și nutrienții (Hugget, 2017). Astfel caracterizată, deșertificarea afectează direct peste 250 de mil. de oameni și pune în pericol aproximativ 1 miliard de locuitori, din peste o sută de țări (Hugget, 2017).

Din aceste considerente, cel puțin pentru comunitățile locale, dacă nu chiar la nivel global deșertificarea poate fi considerată un hazard ecologic complex, care la rândul lui trebuie prevenit și combătut.

Concluzii. Eroziunea eoliană trebuie prevenită și combătută deoarece prezintă efecte negative la adresa substratului în general și a solului, respectiv a vegetației, în mod particular. Prin spulberarea particulelor fine, de la suprafața terenului, se pierd cantități mari de substanțe nutritive.

Rolul principal al măsurilor de prevenire și combatere a proceselor eoliene este de a stopa procesele de deflație prin reducerea vitezei vântului, de a intensifica procesul de pedogeneză și de a ameliora indicatorii fizico-chimici ai solului (Călinovici, 2008). Toate aceste măsuri și intervenții se rezumă la reducerea vitezei vântului și la mărirea rezistenței substratului și solului la deflație (Micu, 2004).

În lipsa unor acțiuni menite să oprească efectul distructiv al deflației se ajunge la dezgolirea rădăcinilor plantelor, fapt care provoacă uscarea și răirea lor (Loghin, 1996). În același timp, distrugerea vegetației se produce și prin acțiunea mecanică a granulelor de nisip (coraziune), care acționează asupra tulpinilor și a frunzelor. Prin distrugerea învelișului vegetal și îndepărtarea solului, terenurile afectate de eroziune eoliană sunt apoi expuse degradării prin intermediul altor

processe geomorfologice, cum sunt cele de pluviodenudare, denudare peliculară, eroziune prin rigole, ogașe și ravene etc.

Nu trebuie neglijat transportul și apoi depunerea nisipului erodat pe terenurile mult mai fertile existente la anumite distanțe de cele erodate eolian.

În cele din urmă, prin eroziunea eoliană a substratului geologic și al solului, precum și prin acoperirea unor terenuri fertile cu nisip și alte materiale transportate pe cale eoliană, se poate contribui la instalarea mai rapidă a secetei, la aridizarea teritoriilor respective, mergându-se chiar până la deșertificare și extinderea deșertului în detrimentul terenurilor care puteau fi utilizate în diverse scopuri.

Din astfel de motive terenurile cu nisipuri și soluri nisipoase, susceptibile la procese eoliene și deșertificare, trebuie stabilizate, prin intermediul vegetației forestiere sau erbacee. Prezența vegetației contribuie la stabilizarea terenurilor și la menținerea unor valori mai ridicate ale umidității, cea care favorizează apoi creșterea altor tipuri de plante și menținerea activă a pedogenezei.

CAPITOLUL 10

PREVENIREA ȘI COMBATerea DEGRADĂRII RELIEFULUI ANTROPIC

10.1. RELIEFUL ANTROPIC

Dintre agenții geomorfologice, care acționează asupra scoarței terestre, se remarcă cel antropic. Prezența lui, la nivelul suprafeței Terrei, s-a făcut simțită treptat, și sub aspect morfogenetic, dovadă stând geneza unei game variate de forme de relief.

Omul agent geomorfologic. Pe măsură ce s-au intensificat activitățile antropice omul a început să interacționeze tot mai evident cu rocile și structurile, existente în scoarța terestră, devenind astfel un agent a cărui prezență, sub aspect geomorfologic, nu poate fi trecută cu vederea, (Roșian, 2023).

Interacțiunea dintre om și scoarța terestră, cu toate că s-a realizat într-un timp destul de redus, a fost condiționată în mod direct de caracteristicile de favorabilitate ale reliefului, la care au contribuit indirect cele de restrictivitate, manifestate prin intermediul caracteristicilor statice (de poziție) sau dinamice (Filip, 2008a).

În urma acțiunilor conștiente și desfășurate în mod organizat de către om, dar mai ales prin amploarea activităților la care s-a ajuns, pe fondul exploziei demografice, acesta trebuie privit ca o forță esențială de modificare a substratului geologic, motiv pentru care se vorbește de un impact antropic asupra reliefului (Muntean, 2005).

Examinat sub aspect geomorfologic, omul a devenit un agent capabil să genereze nu numai forme de relief izolate, ci chiar ansambluri cu o fizionomie și o dinamică proprie (Mac, 1980). Deopotrivă, s-a ajuns la posibilitatea influențării nu doar a proceselor exogene, ci și a celor endogene (James et al., 2013).

Chiar dacă omul este prezent pe suprafața terestră de mii de ani, primirea rolului de agent geomorfologic se leagă de ultimele patru milenii, din care, în sensul cel mai apropiat al noțiunii, se remarcă ultimele două secole (Ielenicz, 2005).

Caracterizat în acest mod, omul intervine în modificarea substratului în cel puțin trei moduri: acționează direct sau indirect asupra proceselor geomorfologice (influențând dinamica acestora), creează involuntar (întâmplător) diferite forme de relief și generează intenționat forme de relief artificial (Mac, 1980).

Prezența omului, ca agent geomorfologic, se evidențiază, față de manifestarea celorlalți agenți, astfel: activitățile antropice nu sunt guvernate de legi naturale, ci de interese economice, fiind strâns legate de dezvoltarea tehnico-științifică a societății; în majoritatea situațiilor, acțiunile antropice se desfășoară în mod dirijat, iar ritmul proceselor generate este mult mai rapid; se dovedește discontinuă în timp, spațiu și

ca intensitate; se manifestă mai mult punctual (pe spații restrânse) sau liniar; ritmul proceselor geomorfologice antropice este dictat de structura socială, nivelul științific și tehnologic (de cultura societății); poate fi întreținută sau abandonată după o perioadă de timp; are efecte pozitive sau negative asupra mediului; nu tinde spre realizarea unui echilibru, iar dacă acesta se realizează este forțat și nesigur; se realizează cu un anumit scop (Josan, 2014).

Între activitatea antropică și celelalte procese geomorfologice se manifestă relații de reciprocitate; de exemplu, o alunecare de teren poate afecta infrastructura rutieră, dar în același timp și infrastructura poate să favorizeze declanșarea unei alunecări de teren, prin crearea unei pante artificiale a versantului sau prin trepidații (Blaga et al., 2014).

În mod similar cu ceilalți agenți geomorfologici, omul acționează prin intermediul proceselor de eroziune, transport și acumulare, dar nuanțate în conformitate cu particularitățile sale.

Pe lângă procesele și formele de relief antropice propriu-zise, se evidențiază și cele care sunt rezultatul influențelor cauzate de către om, la adresa proceselor inițiate de către alți agenți geomorfologici (Roșian, 2023). Practic, de-a lungul timpului omul a acționat asupra scoarței terestre atât în mod direct, prin crearea unor noi forme de relief (tumuli, diguri, baraje, terase etc.), cât și indirect, prin stimularea sau inhibarea unor procese geomorfologice (Blaga et al., 2014).

Procesele geomorfologice antropice au rezultat în urma activităților prin care omul a intervenit direct asupra scoarței terestre. În categoria acțiunilor directe pot fi încadrate: schimbarea traseului cursurilor de apă, bararea văilor și realizarea lacurilor de acumulare, realizarea căilor de comunicații (feroviare, rutiere etc.), exploatarea substanțelor minerale utile, amenajarea terenurilor pentru agricultură, construcții civile, industriale etc. (Roșian, 2023).

Principalele procese geomorfologice antropice sunt cele de: excavare, transport, depunere, nivelare și compactare.

Excavările reprezintă procese de eroziune antropică, necesare pentru edificarea spațiilor de locuit (fundații, bazine, pivnițe subsoluri, gropi etc.), pentru realizarea carierelor (abrupturi de exploatare, trepte etc.), în agricultură (canale de drenaj și de irigații), în navigație (amenajarea porturilor și canalelor de navigație), în industrie (șanțuri, excavări pentru instalații și utilaje), în amenajări hidrotehnice (secționarea versanților, canalizarea albiilor, săparea tunelurilor pentru aducțiuni etc.); aceste acțiuni mai implică derocare de material, modificări ale valorii pantei, concepute și executate în baza unor norme tehnice (Ielenicz, 2005). Excavările se efectuează atât prin intermediul unor mijloace manuale (sapă, hârleț, târnăcop etc.), cât și tehnice (excavatoare, buldozere, cârțițe pentru săpat galerii subterane, discuri tăietoare rotative acționate cu aer comprimat etc.) (Josan, 2014).

Transportul este și în acest caz verigă de legătură, între excavare (eroziune) și depunere (acumulare). Materialele rezultate de la excavări sunt transportate, atât

pentru a fi depuse în alte locuri, cât și pentru a fi folosite ca materie primă în diferite domenii de activitate (industrie, construcții, agricultură etc.) (Josan, 2014). Conform autorului citat, pe măsura dezvoltării societății mijlocele de transport s-au diversificat și modernizat și ele, trecându-se cu timpul de la transportul cu roaba și coșuri purtate în spate, la tracțiunea animală și apoi la cea mecanizată (autocamioane, trenuri, vapoare, benzi transportoare, transport pe cablu etc.).

Depunerea este procesul de acumulare a rocilor, a solului și a altor tipuri de materiale (de exemplu betonul și asfaltul), atât în scopul nivelării unor microdepresiuni (bălți, crovuri, pâlnii de sufoziune etc.), cât și pentru construirea unor forme pozitive de tipul haldelor, barajelor, digurilor, movilelor (Ielenicz, 2005). Ele sunt caracterizate de o formă geometrică precisă, de tipul trunchiului de piramidă, și dimensiuni de ordinul zecilor de metri. În grupa acestora se cuprind și barajele de beton și anrocamente (Ielenicz, 2005). Depunerea materialelor poate fi definitivă (deșeuri, cenuși de la termocentrale, halde de steril etc.) sau temporară (depozite de balast) (Josan, 2014).

Nivelarea reprezintă procesul mixt, de eroziune și acumulare concomitentă, efectuată în scopul pregătirii terenurilor pentru diverse tipuri de construcții (locuințe, ansambluri social-culturale, sportive, platforme industriale, nivelarea unor terenuri afectate de alunecări și tasări ce urmează a fi utilizate agricol); nivelarea presupune atât secționarea formelor pozitive, cât și umplerea cu materiale a celor negative (Ielenicz, 2005).

Compactarea este procesul prin intermediul căruia elementele solide, existente pe suprafața terenului (sol, rocă, umpluturi etc.), sunt apropiate între ele, sub acțiunea unei forțe exterioare (Josan, 2014); ea se poate realiza prin: presiune statică, acțiuni dinamice, vibrații etc.

Procesele geomorfologice condiționate antropice sau indirecte sunt numeroase și se manifestă în condițiile în care activitățile antropice devin favorabile modificării dinamicii proceselor caracteristice altor agenți geomorfologici.

Acțiunea procesuală indirectă a omului include: defrișarea pădurilor, destelenirea pajiștilor, aratul terenurilor perpendicular pe curbele de nivel, extinderea culturilor agricole, regularizarea cursurilor de apă și amenajările hidrotehnice, exploatarea balastului, mineritul la zi, activitățile industriale, apariția și extinderea așezărilor, dezvoltarea căilor de comunicații etc., activități care implică de cele mai multe ori secționarea versanților sau a altor suprafețe înclinate (Roșian, 2023).

Astfel de activități, în cazul în care nu au și o componentă preventivă, nu fac altceva, așa cum am notat în capitolele anterioare, decât să contribuie la declanșarea și perpetuarea degradării terenurilor. Nu trebuie trecut cu vederea că, în majoritatea cazurilor activitățile antropice se desfășoară pe terenuri susceptibile la declanșarea diverselor procese geomorfologice.

Dincolo de enumerarea și detalierea tuturor proceselor geomorfologice și formelor de relief generate de către ceilalți agenți, pe fondul influențelor antropice,

trebuie conștientizat că de multe ori acestea se manifestă și se formează din cauza activităților întreprinse de om. De pildă, este cât se poate de adevărat că nu omul este cel care împinge solul și roca, pentru a declanșa o alunecare de teren, dar el prin defrișare, deștelenire, suprapășunat etc., creează toate condițiile pentru ca aceasta să se declanșeze (Roșian, 2023). Rezultă astfel dificultatea de a încadra anumite procese și forme în categoria celor naturale sau antropice, motiv pentru care pot fi considerate ca induse (condiționate) antropice.

Alături de influențele antropice nefavorabile se remarcă și cele cu rol de a împiedica manifestarea unor procese geomorfologice, care degradează terenurile. Spre exemplificare, pot fi menționate următoarele: acțiunile de împădurire, de plantare a pomilor fructiferi și a vitei de vie pe terenuri înclinate (după ce anterior au fost terasate); realizarea de perdele de protecție împotriva spulberării solului și a nisipului; amenajarea ravenelor și torenților pentru stoparea evoluției și dezvoltării lor, conform unor scheme care implică măsuri și acțiuni antieroziionale; amenajarea hidrotehnică a râurilor (realizarea de baraje și canalizarea albiilor); consolidarea malurilor unor plaje pentru a frâna acțiunea distructivă a valurilor; reabilitarea ecologică a haldelor de steril și a terenurilor decopertate pe care s-au desfășurat activităților miniere la zi etc. (Roșian, 2023).

Activitățile antropice, de genul celor enumerate, indiferent că sunt de semn pozitiv sau negativ, modifică relieful existent, așa cum se va exemplifica în continuare.

Relieful antropic. Cu toate că omul interacționează de mii de ani cu scoarța terestră, peisajele geomorfologice antropice au început să își facă simțită prezența abia în ultimii 200 de ani, când, din cauza exploziei demografice, a început prelucrarea agricolă pe suprafețe extinse a terenurilor, exploatarea resurselor minerale, realizarea căilor de comunicații moderne, extinderea vetrelor de așezări etc. (Roșian, 2017). Dintre procesele geomorfologice antropice, care au generat forme de relief specifice, se remarcă cele de excavare și de depunere.

Formele de relief generate de excavare sunt variate și exprimă diversitatea modalităților de a intervenii asupra scoarței terestre. Din categoria acestora, cele mai cunoscute sunt: catacombele, golurile miniere, tunelurile, carierele, balastierele, debleurile, canalele de navigație, canalele de irigație, canalele de desecare etc.

Formele de relief generate de depunere sunt rezultatul finalizării acțiunii de transport a materialelor excavate (rocă, sol etc.) de către om. În gama lor se includ următoarele: aterisamentele, tumulii, valurile de pământ, rambleurile, digurile, haldele de steril, iazurile de decantare, batalurile, depozitele de deșeuri, insulele artificiale, terasamentele etc.

Marea diversitate a formelor de relief antropic se explică și prin faptul că în demersul de organizare și amenajare a teritoriului, cel asupra căruia se intervine întâi este relieful preexistent. Chiar dacă este un paradox, intervenția și modelarea antropică a reliefului constituie o necesitate de bază pentru societate, cu toate că

adeseori se dovedește în detrimentul ei, prin apariția unor forme de relief tipice – abrupturi, halde, canale etc. (Filip, 2008a).

În situația în care utilizarea terenurilor nu ține seama de parametri morfometrici și morfologici ai reliefului (altitudine, declivitate, expoziție, fragmentare, curbura etc.), se poate ajunge la ruperea echilibrului natural și la declanșarea sau accentuarea unor procese geomorfologice soldate cu degradarea terenurilor.

Prin varietatea de care dă dovadă, relieful antropic atrage atenția că omul a devenit un agent demn de luat în considerare, care acționează la nivelul scoarței terestre. Aportul lui în acest sens a crescut din cauza accelerării dezvoltării societății.

S-a trecut astfel de la intervenții modeste, din timpul când omul era mai degrabă vânător și culegător, la intervenții radicale asupra reliefului, pe măsură ce acesta a devenit războinic, agricultor și industriaș. În același timp, conștientizând cele întâmplate la adresa reliefului, pentru limitarea lor, omul a devenit cercetător, propunând soluții sub forma prevenirii și combaterii proceselor geomorfologice antropice sau condiționate antropice (Roșian, 2017).

10.2. PREVENIREA DEGRADĂRII RELIEFUL ANTROPIC

Formele de relief antropic, la fel ca cele generate de ceilalți agenți geomorfologici, sunt destul de ușor de degradat, prin manifestarea diverselor procese geomorfologice. Dintre formele de relief, susceptibile la degradare, se pot menționa: haldele, terenuri decopertate de stratul de sol, terenuri cu solul deranjat sau desfundat, taluzurile artificiale etc. După cum se va expune în continuare, la degradarea reliefului edificat de către om, contribuie atât procesele geomorfologice naturale, cât și cele condiționate antropice.

Haldele de steril sunt forme de relief generate în urma depozitării sterilului și a deșeurilor inutilizabile, provenite din lucrări de minerit, de la prepararea minereurilor, precum și de la uzinele metalurgice (Josan, 2014). Haldele se pot forma și prin depozitarea unor materiale solide, cu structură heterogenă (sol, fragmente de rocă), granulometrie diversă și proprietăți fizice variate.

Haldele de steril sunt localizate în apropierea exploataților miniere sau a tunelurilor recent construite pentru căi de comunicație, aducțiuni de ape etc., ocupând uneori suprafețe de ordinul zecilor de ha.

Raportat la proveniență și caracteristicile materialelor din care sunt constituite se deosebesc halde miniere, industriale, menajere etc.; după formă haldele pot fi sub formă de valuri, movile, trunchi de piramidă, cu înălțimi de la câțiva metri până la zeci de metri (Traci, 1985).

Dintre haldele existente în România se remarcă cele de la: Turceni, Ișalnița, Mintia, Galați, Copșa Mică, Târnăveni, Câmpia Turzii, Ocna Mureș, Aghireșu-Fabrici etc.

Depozitele din componența haldelor, cu deosebire în situația celor mai recente, au o stabilitate redusă, ceea ce face ca ele să fie ușor antrenate, de către agenții geomorfologici. În momentul în care materialele sunt îndepărtate, din componența haldelor, pe lângă aspectul dezagreabil, de teren degradat, care rămâne, mai trebuie reținut că ele nu sunt transportate, de fiecare dată, pe distanțe apreciabile, ci prin depunerea lor acoperă soluri fertile, colmatează albiile râurilor și lacurile de acumulare. Se mai pot menționa în acest sens și depozitele de cenușă sau cele rezultate din flotarea minereurilor, care, fiind ușor de spulberat, sunt duse pe distanțe apreciabile, pentru a se depune pe terenuri fertile (grădini, livezi, vii etc.).

De obicei haldele sunt poziționate la distanțe nu prea mari față de așezări, fapt care le constituie, pe lângă aspectul peisagistic dezagreabil, în surse de praf (mai ales în zile cu vânt predominant dinspre ele). Așa cum am mai precizat și în capitoul aferent prevenirii proceselor eoliene, efectul negativ al prezenței haldelor crește atunci când conțin substanțe nocive, care sunt spulberate și depuse peste terenurile și obiectivele din apropiere. De asemenea, haldele sunt și surse de poluare a apelor și de distrugere a faunei specifice.

Există așadar numeroase motive care să susțină **prevenirea proceselor geomorfologice care degradează haldele**. Una dintre cele mai eficiente soluții în acest sens este reprezentată de acoperirea lor cu vegetației ierboasă sau forestieră; în acest fel se pot prevenii procesele geomorfologice care degradează terenurile, se reface aspectul peisagistic al locurilor și se pot pune în valoare terenuri sterile (Traci, 1985). Spre exemplificare, se poate menționa în acest sens situația haldei de la Valea Mănăstirii, din Bazinul Minier Motru. Ea a rezultat în urma exploatării cărbunelui (lignit) la zi, din cariera Lupoiaia, în intervalul 1976-2000 și ocupă o suprafață de 6,5 km² (Anghel, 2009). Ulterior, în anii 2002 și 2003 a avut loc nivelarea generală a haldei, în vederea pregătirii acesteia pentru împădurirea taluzurilor (cu salcâm) și a cultivării platformei haldei cu plante tehnice și cereale (secară, porumb, grâu de toamnă etc.) (Anghel, 2009). Împăduriri ale haldelor de steril, tot cu salcâm, au avut loc și la Aghireșu-Fabrici, unde se exploatează nisipuri cuarțo-caolinoase (Măcicășan, 2016).

Rezultatele împăduririlor au evidențiat că utilizarea vegetației pe halde contribuie la: îmbunătățirea calității solului (prin stabilizarea acestuia), la controlul poluării, la îmbunătățirea esteticii și la creșterea fertilității (Buta et al., 2019a).

În demersul de prevenire a degradării haldelor, înființarea plantațiilor forestiere trebuie realizată la scurt timp după edificarea lor și încetarea depunerii de material steril. În caz contrar pluviodenudarea, eroziunea prin intermediul curenților concentrați (rigole, ogașe, ravene etc.) și deplasările în masă (surpări, tasări, alunecări de teren etc.), contribuie la degradarea lor.

În lipsa unor măsuri de prevenire astfel de terenuri sunt degradate și transformate badlands-uri. Degradarea terenurilor are loc încă din faza edificării unor astfel de forme de relief antropic, deoarece materialele depuse, cum ar fi zgura, cenușa,

sterilul etc., nu sunt consolidate și au o granulometrie care favorizează antrenarea elementelor constituente de către apa care se scurge pe suprafața lor. Măsurile de acest tip se recomandă și pentru taluzul iazurilor de decantare.

Terenurile decopertate de stratul de sol (se întâlnesc în apropierea exploatărilor la zi a minereurilor feroase și neferoase, precum și în proximitatea exploatărilor carbonifere de suprafață) și **terenurile cu soluri desfundate și deranjate** (cu toate că au întinderi mai reduse sunt și ele caracteristice exploatărilor miniere de suprafață, celor forestiere, carierelor de piatră, balast, nisip etc.), reprezintă o altă categorie de suprafețe cu forme de relief antropic, care sunt foarte repede degradate de către procesele geomorfologice.

Cea mai mare parte a terenurilor decopertate de stratul de sol și cu soluri deranjate se întâlnesc în regiuni cu exploatare miniere. În urma unor astfel de activități rezultă terenuri cu roca la suprafață și terenuri cu solul deranjat, mai ales pe marginile exploatărilor (Traci, 1985). Dacă decopertarea se face corespunzător, solul îndepărtat poate fi stocat și apoi după terminarea exploatare el se așterne uniform pe suprafețele care trebuie reabilite.

Sub aspectul protecției mediului, activitățile de minerit la zi degradează substanțial terenurile, perturbând atât estetica peisajului, cât și orizonturile și structura solului, microflora și ciclurile de nutrienți care sunt cruciale pentru menținerea unui ecosistem sănătos și productiv (Buta et al., 2019a).

Terenuri decopertate de stratul de sol și terenuri deranjate există și în situația carierelor de piatră, balast sau nisip, în locurile unde se execută diverse săpături, pe suprafața exploatărilor forestiere neraționale, în condițiile în care, pe căile de scoatere a materialului lemnos solul este puternic deranjat și tasat (Traci, 1985).

Prevenirea proceselor geomorfologice, care degradează terenurile decopertate de stratul de sol sau cu soluri deranjate, nu trebuie amânată, deoarece suprafața lor constituie importante surse de aluviuni.

Una din posibilitățile de utilizare a acestor terenuri o reprezintă împădurirea lor, după ce anterior au fost pregătite corespunzător în acest sens. Este de preferat înființarea plantațiilor forestiere, deoarece condițiile staționale a terenurilor respective nu permit utilizarea lor în scopuri agricole.

La fel ca în situația haldelor și terenurile din această categorie trebuie rapid protejate contra diverselor procese geomorfologice, deoarece fiind lipsite de vegetație și cu solul decopertat sau deranjat ajung să fie afectate de eroziune.

Taluzurile artificiale sunt prezente de-a lungul majorității căilor de comunicații prevăzute cu rambleuri și debleuri (drumuri, căi ferate, canale navigabile etc.), precum și pe malurile râurilor regularizate și îndiguite. Acestea se prezintă sub forma unor suprafețe înclinate prezente la partea exterioară a rambleurilor (obținute prin realizarea de umpluturi de pământ și rocă) sau la cea interioară de debleurilor

(realizate prin săpare în sol și substrat). Conform acestui criteriu există două tipuri de taluzuri: de rambleu și debleu.

Procesele geomorfologice, care le degradează, depind și ele, la rândul lor, de modul de realizare a taluzurilor. În situația celor aferente debleurilor la suprafața terenului apar orizonturi ale solului sau ale rocilor în dispunerea lor naturală, pe când la ramblee se evidențiază un amestec relativ afânat (uneori compactat) de sol, de sol și rocă sau numai de rocă, care nu este compactă (Traci, 1985). În același timp, dacă se ia în calcul **prevenirea proceselor geomorfologice, de pe taluzuri artificiale**, prin împădurire sau prin înierbare, reușita plantațiilor va depinde de caracteristicile solului și a rocilor de la partea inferioară a acestuia.

În cercetările de teren, care vizează împădurirea sau înierbarea taluzurilor artificiale, alături de cunoașterea rocilor, structurii, tipului de sol, a materialelor din care este făcută umplutura, a gradului de stabilitatea substratului, trebuie caracterizați și alți factori cu rol în prevenirea degradării terenului, cum sunt: bogăția în substanțe nutritive, gradul de afânare a solului, rocii sau depozitului, pH-ul, prezența substanțelor nocive, gradul de umiditate etc. (Traci, 1985).

În același timp mai trebuie cunoscută subzona de vegetație (stepă, silvostepă, pădure de foioase, pădure de conifere etc.), în care sunt localizate taluzurile, în funcție de care se aleg și speciile utilizate la împădurirea terenurilor (stejar, gorun, fag, molid etc.).

Și în cazul taluzurilor artificiale trebuie intervenit rapid după edificarea lor, în caz contrar ele sunt degradate destul de repede de către scurgerea torențială a apei provenite din precipitații. Alături de apa din precipitații la degradarea taluzurilor artificiale contribuie apa din subteran, care prin infiltrație favorizează declanșarea alunecărilor de teren. Cele mai susceptibile la degradare sunt taluzurile artificiale cu valori mari ale pantei și formate pe roci friabile, de tipul marnelor, argilelor, nisipurilor slab consolidate etc.

Protejarea taluzurilor artificiale contra degradării este un demers obiectiv, din cauză că ele sunt surse importante de aluviuni, prin intermediul cărora se colmatează căi de comunicații, suprafețe de teren utilizate în diverse scopuri și chiar lacuri.

Alături de formele de relief antropic, pentru care s-a detaliat anterior problematica prevenirii degradării lor, mai există și altele care trebuie protejate contra degradării; pot fi amintite în acest sens: carierele, partea inferioară a debleurilor de orice fel, canalele (de navigație, irigație și desecare), aterisamentele, partea superioară a rambleurilor, valurile de pământ, digurile, insulele artificiale etc.

Cert este că dintre elementele componente, ale acestor forme de relief antropic, cele mai expuse degradării sunt cele cu înclinare, aspect și formă de taluz.

În concluzie, prevenirea proceselor geomorfologice, care degradează formele de relief antropic, este indicat să se facă prin împădurire și înierbare. Asigurarea unui înveliș vegetal, protector al substratului, este în măsură să asigure pe de o parte

stabilitatea terenului, iar pe de altă parte continuarea procesului de pedogeneză. Existența unui sol fertil pe astfel de terenuri este necesar în asigurarea substanțelor nutritive necesare dezvoltării vegetației cu rol protector.

Există și excepții, în sensul că folosirea vegetației nu se poate sau este insuficientă, pentru protecția contra eroziunii a unor forme de relief antropic care prezintă un regim cu totul special. De exemplu, în cazul insulelor artificiale din Golful Persic (Emiratele Arabe Unite), folosite pentru realizarea de așezări, a pistei Aeroportului Kansai (situată pe o insulă artificială în Golful Osaka) sau a digurilor de protecție contra eroziunii litorale, prevenirea proceselor geomorfologice nu se poate rezuma doar la utilizarea vegetației, fiind necesare și măsuri structurale complexe, cum sunt zidurile de sprijin din anrocamente sau beton, digurile sparge val din stabilopozi etc. În mod similar, pentru protecția fiecărei forme de relief antropic, trebuie alese cele mai obiective metode.

10.3. COMBATEREA DEGRADĂRII RELIEFULUI ANTROPIC

În situația în care procesele geomorfologice, care au potențialul de a degrada formele de relief antropic, nu sunt prevenite corespunzător, se impun măsuri și lucrări de combatere a lor.

Astfel de intervenții sunt cu atât mai necesare cu cât formele de relief antropic sunt mai lipsite de un înveliș edafic și vegetal viguros, care să poată face față eroziunii. Și în acest caz, demersul de combatere a degradării reliefului antropic îl continuă pe cel de prevenire, prin găsirea și aplicarea celor mai eficiente posibilități de intervenție. Pentru stoparea degradării acestor forme de relief este necesară împădurirea și înierbarea lor. Cu timpul, vegetația și solul, care se formează pe seama ei, vor funcționa ca o membrană, între materialele din componența formelor de relief antropic și agenții geomorfologici.

Împădurirea haldelor necesită anterior ameliorarea condițiilor staționale, iar în funcție de rezultatele obținute și de caracteristicile meteo-climatice, se vor alege speciile care se vor intra în componența plantațiilor.

Ameliorarea condițiilor staționale includ lucrări de: consolidare, de pregătire a terenului și de ameliorare a condițiilor de sol. Toate acestea sunt necesare deoarece condițiile staționale de pe halte sunt foarte dificile pentru instalarea vegetației.

Lucrările de consolidare sunt necesare în situația haldelor a căror versanți au valori ale pantei de peste 10-15° și stabilitate redusă. Cele mai bune rezultate se obțin prin consolidări cu gărdulețe rombice sau liniare, așezate la distanțe de 2 – 3 m. În cazul haldelor care au în componență fragmente mari de rocă dură, consolidarea se face cu banchete de zidărie uscată, amplasate la distanța de 2 – 4 m; la execuția lor trebuie folosită piatra existentă în depozitul din haldă (Traci, 1985).

Lucrările de pregătire a terenului se execută cu scopul afânării terenului de la partea superioară a haldelor, în condițiile în care acesta este destul de tasat. Spre

exemplificare, pe haldele cu înclinare redusă, cum sunt cele rămase în urma flotării materialelor de la spălarea minereurilor, terenul se afânează prin arătură (la 30 – 40 cm) și discuire sau prin scarificare; lucrările pot fi realizate pe toată suprafața haldei sau în fâșii late de 1 – 1,5 m, în alternanță cu fâșii neafânate, cu lățimi de 0,75 – 1 m (Traci, 1985).

Lucrările de ameliorare a condițiilor de sol se impun din cauza carenței în substanțe nutritive, dintre care se evidențiază azotul. În categoria acestor lucrări se includ: așternerea pe toată suprafața a unui strat de sol fertil, cu grosimea de 20 – 50 cm (mai ales pe haldele carbonifere, haldele industriale din zgură, cenușă, haldele menajere și cele care conțin substanțe nocive pentru plante), folosirea pământului humifer pentru plantarea puieților în gropi pe haldele miniere, folosirea puieților crescuți în recipiente cu sol fertil sau diverse amestecuri nutritive (nisip, sol, turbă și fertilizanți), folosirea îngrășămintelor organice și a fertilizanților minerali (în special azot), reducerea acidității depozitelor prin aplicarea amendamentelor cu calcar, diminuarea sau eliminarea substanțelor nocive prin spălare, amendamente cu ghips și fosfogips, udarea puieților în primii 2 – 3 ani în cazul depozitelor uscate, care nu rețin apa din precipitații sau o pierd prin infiltrare (1-3 udări în timpul sezonului de vegetație, care să asigure 10 l apă/puiet, la fiecare udare) (Traci, 1985).

Dintre toate tipurile de halde, cel mai dificil de împădurit sunt cele industriale (din cauza mobilității materialelor componente și a conținutului ridicat de substanțe nocive) și cele menajere (au în componență mase plastice, fragmente de sticlă, obiecte metalice, hârtie, resturi alimentare, care prin descompunere se încălzesc eliminând gaze toxice). Cu toate acestea, prin efectuarea unor ameliorări specifice și aceste halde pot fi împădurite sau înierbate.

În primii 2 – 3 ani, după ameliorarea condițiilor de sol, se recomandă plantarea unor specii amelioratoare, cum sunt gramineele și leguminoasele perene (Micu, 2004), care nu trebuie recoltate, ci încorporate în stratul de sol.

După realizarea lucrărilor menționate trebuie ales ***sortimentul de specii forestiere***, care dă cele mai bune rezultate pe halde. Dintre speciile de arbori, care se pliază pe condițiile locale, cele mai bune rezultate se obțin prin utilizarea celor care fixează azotul: salcâmul, aninul, sălcioara, cătina albă etc. Aceștia li se adaugă celelalte specii forestiere, care dau rezultate satisfăcătoare până la bune: pinul silvestru, molidul (pe halde miniere și industriale, cu depozite grosiere și nisipoase, cu $\text{pH} < 7$), pinul negru (pe halde cu depozite calcaroase sau argiloase, cu $\text{pH} > 7$), plopul alb, plopul tremurător și sălciile (pe halde din depozite nisipoase, din teritorii mai umede sau cu posibilități de irigare), mesteacănul și mojdreanul (pe halde cu condiții staționale mai dificile, acide, respectiv secetoase), frasinul, paltinul, cireșul și ulmul (pe halde cu condiții staționare mai favorabile sau cu strat de pământ fertil așternut), stejarul, fagul, (pe halde cu bune condiții de sol), carpenul, scorușul,

scumpia, lemnul câinesc, sângerul și alți arbuști se folosesc în amestec cu speciile menționate (Traci, 1985; Certan, 2018 și 2020; Goci et al., 2023).

În funcție de condițiile de pe suprafața fiecărei halde, la împădurire se va ține cont de următoarele recomandări cu caracter tehnic: dintre speciile indicate pentru fiecare caz în parte se alege două sau trei, dintre care cel puțin una să fie amelioratoare (anin, salcâm sau cătină albă); cel mai indicat amestec este cel în buchete de 50 – 100 m² sau în benzi pure alterne, cu lățimi de 5 – 10 m; desimea culturilor trebuie să fie 5.000 – 6.700 puieți la ha (distanța de 0,8 – 1 pe rând și 1,5 – 2,5, chiar 3 m între rânduri); în condiții de secetă plantațiile de pe haldele miniere trebuie irigate prin aspersiune (de 1 – 3 ori, aproximativ 10 litri de apă/m² sau la puiet, la fiecare udare), mai ales în primii trei ani de vegetație; plantarea puieților se va realiza în gropi de 30 x 30 x 30 cm până la 40 x 40 x 30 cm (Traci, 1985).

Refacerea vegetației forestiere, pe terenurile degradate de tipul haldelor de steril, s-a dovedit în majoritatea cazurilor cel mai bun demers pentru îmbunătățirea condițiilor pedologice și staționale. După instalarea vegetației forestiere și ajungerea la stadiul de maturitate, cu ajutorul mecanismelor de autoreglare și autocontrol, aproape că nu se mai pot evidenția deosebiri în capacitatea de funcționare a plantației comparativ cu tipul natural de pădure (Goci et al., 2023). Conform autorilor citați, cele menționate se confirmă pentru plantațiile înființate, pe haldele de steril aferente Exploatării Miniere Șuor (Maramureș); speciile folosite au fost cele de molid, mestecăn și pin.

Intervenții similare sunt specifice și pe taluzurile și digurile iazurilor de decantare. Dintre iazurile de decantare din România, pe elementele cărora s-au efectuat împăduriri și înierbări se remarcă: Iazul Șeliște (de lângă Abrud), Gura Roșia (de la Roșia Montană), Iazul Băiuț (lângă Târgu Lăpuș), Iazul de la Baia Borșa, Iazul de la Anieș, Iazul de la Rodna Veche etc. Tot în acest context merită amintite amenajările complexe din cadrul perimetrului minier de la Golden Cross, din Noua Zeelandă; în acest caz au fost înierbate și împădurite atât carierele și haldele de steril, precum și iazurile de decantare.

Chiar dacă împădurirea și înierbarea haldelor este un proces costisitor și de durată rezultatele, pe termen lung, s-au dovedit de fiecare dată esențiale, sub aspectul refacerii ecologice și a utilizării sustenabile a terenurilor respective.

Împădurirea terenurilor decopertate de stratul de sol și a celor terenurilor cu soluri desfundate sau deranjate necesită și în acest caz executarea de lucrări de ameliorare a condițiilor staționale, care trebuie realizate înainte de înființarea plantațiilor.

Ameliorarea condițiilor staționale implică în cazul acestor terenuri următoarele lucrări: depunerea unui strat de sol fertil (gros de 10 – 30 cm) peste rocile ajunse la zi (provenit din fostul sol rezultat din decopertare); consolidarea cu gardulețe sau banchete a terenurilor decopertate ajunse în stare de instabilitate (din cauza rocilor friabile sau moderat consolidate ajunse la suprafață și situate pe pante

de peste 10 – 15°); afânarea unor terenuri îndesate sau compacte, prin desfundare cu plugul sau prin scarificare, pe toată suprafața ori în fâșii (pe terase); utilizarea pământului humifer de împrumut la plantarea puieților în gropi sau a puieților crescuți în recipiente umplute cu amestecuri nutritive, pe terenurile lipsite de stratul de sol, scheletice etc.; modelarea microreliefului cu buldozerul (în cazul solurilor deranjate sau desfundate); utilizarea fertilizanților minerali și a amendamentelor pe terenuri care au nevoie de aceștia (Traci, 1985).

Lucrările menționate contribuie atât la refacerea funcțiilor ecologice ale terenurilor, cât și la prevenirea degradării lor de către procesele geomorfologice. Abia după realizarea acestor lucrări se poate trece la fixarea substratului cu specii forestiere, de arbuști sau în unele cazuri, chiar erbacee.

Speciile care dau rezultate pe aceste terenuri, după ce anterior au fost realizate lucrări de ameliorare a condițiilor staționale, de pregătire și consolidare a terenului, sunt: aninul alb, aninul negru, cățina albă și sălcioara (specii fixatoare de azot) în majoritatea condițiilor staționale, exceptând stațiunile din stepă și silvostepă, în cazul aninilor și cele montane pentru aninul negru și sălcioară; salcâmul pe terenuri cu soluri sau substraturi litologice cu textură ușoară și mijlocie, din stepă până în etajul fagului; pinul negru și pinul silvestru, îndeosebi pe soluri scheletice sau cu substrat litologic din roci dure (pinul negru este indicat pe terenuri mai uscate și cu substrat calcaros); stejarul, gorunul, paltinul, frasinul, pe soluri deranjate sau desfundate, în condițiile păstrării orizonturilor bogate în humus la suprafața terenului (se urmărește astfel reinstalarea tipurilor naturale de pădure); mojdreanul, vișinul turcesc, cireșul și diverși arbuști (ca specii de amestec în arboretele de pin sau de cvercinee); plopii euramerici, plopul alb, plopul tremurător și sălciile, pe soluri deranjate sau desfundate, cu umiditate mai mare, din apropierea cursurilor de apă sau din albiile majore ale râurilor (Traci, 1985). Condițiile staționale, pentru care sunt indicate speciile menționate, sunt tipice terenurilor din România. Recomandările cu caracter tehnic, referitoare la înființarea plantațiilor forestiere pe halde, sunt valabile și în cazul terenurilor decopertate de sol și cu sol desfundat și deranjat.

În demersul de împădurire a acestor tipuri de terenuri o atenție deosebită trebuie acordată stratului de solului rezultat din decopertare. Acesta trebuie depozitat corespunzător, iar apoi folosit la înființarea plantațiilor forestiere.

Lucrările de combatere a degradării taluzurilor artificiale, de către procesele de scurgere a apei și alunecări de teren, sunt imperios necesare, întrucât prin degradare determină scoaterea din uz a obiectivelor pentru protecția cărora au fost realizate. Se pot executa în acest sens lucrările de construcție, precum și cele care implică utilizarea vegetației.

Lucrările de construcție cele mai utile în acest sens vor fi prezentate în continuare conform literaturii de specialitate (Traci, 1985):

- *zidurile de sprijin* au rol fundamental pentru consolidarea taluzurilor în debleu (mai rar a celor în rambleu), când acestea prezintă înălțimi de peste 2 – 3 m,

sunt formate pe roci friabile și moderat consolidate, motiv pentru care sunt susceptibile la procese de surpare și alunecare; zidurile de sprijin se realizează din zidărie de piatră uscată, din piatră uscată în gabioane, din zidărie cu mortar de ciment sau beton, în funcție de rezistența pe care trebuie să o opună la împingere; de obicei zidurile de sprijin se folosesc pentru consolidarea părții inferioare a taluzurilor, în timp ce pentru partea mijlocie și superioară se recomandă alte tipuri de lucruri;

- *gărdulețele* se recomandă pe taluzurile formate din roci friabile, în care se pot bate pari; se folosesc la partea superioară a zidurilor de sprijin; taluzurile pe care se pun gărdulețe au valori ale pantei cuprinse între 15 și 45°;

- *banchetele de zidărie uscată* se utilizează în locul gărdulețelor când pe taluzuri există piatră, din care pot fi realizate;

- *elementele prefabricate din beton* se întrebuințează la combaterea proceselor geomorfologice pe taluzurile căilor de comunicație (drumuri, autostrăzi, căi ferate etc.); ele se dispun în romburi, pătrate sau dreptunghiuri, care se umplu cu brazde sau cu pământ fertil, semănat cu ierburi sau plantat cu arbuști;

- *geotextilele*, sub formă de plase cu modele (triunghiulare, de fagure etc.) sau sub formă de pătură, sunt materiale versatile utilizate în ingineria geotehnică, cu rol de a îmbunătăți stabilitatea solului și substratului; principalele funcții caracteristice ale acestora sunt: separă diverse orizonturi de sol sau materiale împiedicând amestecarea acestora, filtrează apa îmbunătățind drenajul apei, controlează eroziunea cauzată de pluviudenudație și denudație peliculară, asigură stabilitatea terenului stimulând și creșterea vegetației etc. (Rickson, 2005).

Lucrările de ameliorare a condițiilor staționale ale taluzurilor se realizează înainte de punerea în practică a lucrărilor de combatere a proceselor geomorfologice, prin intermediul vegetației. În categoria lor se includ: depunerea unui strat de sol fertil (10 – 30 cm grosime) pe toată suprafața taluzului (cu excepția gărdulețelor și a banchetelor), folosirea fertilizanților și a amendamentelor, aplicarea îngrășămintelor verzi (semănături cu lupin, sulfină etc.), folosirea pământului vegetal, în gropile de plantare a puieților, utilizarea puieților crescuți în recipiente cu amestecuri nutritive etc. (Traci, 1985).

Combaterea degradării taluzurilor artificiale prin folosirea vegetației (erbacee sau forestiere) constituie unul din cele mai eficiente mijloace pentru stabilizarea și consolidarea acestora, pe timp îndelungat.

Vegetația erbacee se recomandă în cazul unor taluzuri înguste sau alături de gărdulețe liniare sau rombice, pe alte tipuri de taluzuri; în același timp ea se poate folosi împreună cu cea forestieră.

Vegetația forestieră s-a dovedit în timp mijlocul cel mai sigur, eficient, rapid și de durată la fixarea taluzurilor artificiale, iar dintre speciile care au obținut rezultate bune pe taluzurile artificiale se pot menționa: salcâmul, cătina albă, aninul, sălcioara, liliacul, lemnul câinesc, vișinul turcesc, mojdreanul, pinul negru, pinul

silvestru; în funcție de specii și condițiile locale desimea culturilor variază între 5.000 și 15.000 puieti la ha. În sezoanele secetoase se recomandă udarea culturilor, prin stropire cu apă, de 1 – 3 ori pe zi, în primul an de vegetație, câte 5 – 10 litri la m² sau la fiecare puiet, la fiecare udare (Traci, 1985). Conform autorului citat, plantarea speciilor lemnoase de talie mare nu este recomandată pe taluzurile din lungul căilor de comunicație, din cauză că pot fi rupte de vânt, provocând accidente și perturbații ale circulației.

Pentru o mai bună rezistență, contra daunelor cauzate de animalele rozătoare, puietii pot fi prevăzuți cu protecții, din material plastic sau cauciuc (Chau et al., 2021), protecții care îi feresc în același timp de condițiile atmosferice neprielnice, prin crearea unui microclimat local benefic (Arnold și Alston, 2012). Elementele de protecție prezintă pe termen lung dezavantajul că ajung deșeuri (ceea ce crește amprenta de carbon a intervenției) sau dacă are loc colectarea lor cu personal specializat implică costuri suplimentare, care ar putea depăși beneficiile inițiale, legate de protecția contra diverselor daune (Chau et al., 2021). Cu toate acestea autorii citați concluzionează că un arbore ajuns la vârsta de 25 de ani, prin carbonul fixat, anulează amprenta de carbon asociată folosirii unei protecții din plastic sau cauciuc în primii cinci ani de viață, dar care nu a fost colectată apoi.

Raportat la condițiile de pe suprafața fiecărui taluz, la împădurire se vor lua în considerare următoarele indicații cu caracter tehnic: dintre speciile recomandate se alege una singură (trebuie să crească repede, să drajoneze, să lăstărească și să consolideze bine terenul), deoarece lățimea taluzurilor este redusă; desimea culturilor va fi de 5.000 – 15.000 puietilor la hectar, plantați la distanțe de 0,3 – 1,0 x 2,3 m; desimea cea mai mică va fi în cazul plantațiilor de salcâm și anin negru sau alb (0,8 – 1,2 x 2 – 2,5 m), iar cea mai mare în cazul plantațiilor în cordon (0,3 – 0,5 x 2 – 2,5 m); în perioadele uscate culturile trebuie irigate, prin stropire cu furtunul de 1 – 3 ori (în primul an de vegetație), câte 5 – 10 litri la m² sau la fiecare puiet, la fiecare udare (mai ales în perioadele secetoase din intervalul iunie-august) (Traci, 1985).

Deoarece pe astfel de terenuri plantațiile de salcâm se dezvoltă foarte bine, normele tehnice stabilesc că, densitatea optimă de plantare este de 5.000 de puieti la hectar; distanța între rânduri trebuie să fie de 2,0 m, între răsaduri de 1,0 m, iar groapa de plantare are 40 cm lățime și 40 cm adâncime (Ciuvăț et al., 2022). Cu toate că salcâmul este considerat o specie invazivă, în România este permisă utilizarea lui, pentru formare de plantații, doar pe terenurile degradate, care din cauza condițiilor severe nu permit utilizarea speciilor autohtone (Ciuvăț et al., 2022).

Prin folosirea vegetației la consolidarea taluzurilor, alături de ameliorarea condițiilor staționale, se contribuie și la sporirea caracterului natural al peisajului, cu toate că ne aflăm în plin domeniu de utilizare antropică a terenului și a resurselor mediului.

Chiar dacă vegetația reprezintă unul dintre cele mai bune mijloace de prevenire și combatere a proceselor geomorfologice, care degradează relieful

antropic, în multe cazuri unele forme de relief sau doar părți componente ale lor, cum este în cazul canalelor, rambleurilor, digurilor (taluzul, coronamentul, berma etc.), iazurilor de decantare (digul de amorsare, digurile de contur, digurile de înălțare, taluzul exterior, berma, coronamentul etc.), depozitele de deșeuri (radierul, digurile de compartimentare, acoperișul etc.), insulele artificiale etc., sunt betonate, asfaltate sau acoperite cu diferite elemente prefabricate din piatră, beton, membrane de cauciuc, material plastic etc.

Concluzii. Pentru punerea în practică a lucrărilor de combatere a degradării terenurilor sunt necesare o serie de studii, pe baza cărora să fie fundamentate schemele și soluțiile de amenajare, să fie dimensionate lucrările, să fie stabilite tehnologiile de execuție și alese speciile de iarbă, arbuști și arbori, care se vor folosi la stabilizarea terenurilor. În categoria studiilor specifice se remarcă cele topografice și fotogrammetrice, geotehnice și hidrogeologice, climatice, geomorfologice, pedologice, biologice, geologice, hidrologice, agronomice, de planificare teritorială, economice etc.; conținutul și detaliul studiilor depinde de stadiul degradării terenurilor, de complexitatea problemelor ce trebuie rezolvate și diferă de la o fază de proiectare la alta (Mihaiu et al. 1985).

Lucrările de combatere a degradării terenurilor fiind din categoria celor complexe, trebuie realizate pe baza unor studii științifice, singurele în măsură să ofere informații obiective, necesare la proiectare și execuție.

Studiile menționate sunt necesare deoarece lucrările de combatere a degradării terenurilor se aplică în condiții geografice foarte diverse. Astfel, pentru alegerea celor mai bune soluții, fiecare tip de lucrare trebuie să se bazeze pe studii preliminare complexe, pe cercetări și măsurători în teren.

Lucrările de combatere a degradării terenurilor trebuie armonios integrate cu celelalte activități de planificare a teritoriului, pentru a nu se ajunge la constrângeri în ceea ce privește utilizarea terenurilor.

CAPITOLUL 11

ÎNTREȚINEREA, PROTECȚIA ȘI PAZA LUCRĂRILOR DE PREVENIRE ȘI COMBATERE A DEGRADĂRII TERENURILOR

Ulterior realizării, pentru îndeplinirea funcțiilor pentru care au fost executate, lucrările de prevenire și combatere a proceselor geomorfologice, trebuie întreținute, protejate și păzite. Astfel de intervenții sunt indispensabile mai ales în primii ani după ce au fost puse la punct, când substratul este încă susceptibil la procese geomorfologice. Fără aceste acțiuni rezultatele obținute în urma unor investiții costisitoare diminuează cu trecerea timpului.

Toate tipurile de lucrări, care vor fi prezentate în continuare, trebuie executate corect, de către personal pregătit ca atare, deoarece rezultate bune sau foarte bune se obțin destul de greu, atunci când vine vorba de prevenirea și combaterea proceselor geomorfologice, care degradează terenurile. Experiența din teren a demonstrat că oricât de corect ar fi realizate lucrările, oricât de bune ar fi materialele folosite, oricât de bine ar fi reușit plantarea puieților, a sadelor și a butașilor de salcie, oricât de puternice ar fi cleionajele, pragurile și barajele din piatră, astfel de lucrări fiind executate pe terenuri susceptibile la procese geomorfologice, bătute de vânt, arse de soare, poziționate în văi accidentate și cu regim de scurgere torențial etc., sunt expuse degradărilor dacă nu sunt atent întreținute, dacă nu sunt protejate împotriva dăunătorilor și dacă nu sunt corespunzător păzite (Bădescu, 1972). Iată așadar suficiente motive ca după executare lucrările de prevenire și combatere a degradării terenurilor să nu fie date uitării.

11.1. ÎNTREȚINEREA LUCRĂRILOR

Funcționarea lucrărilor, de prevenire și combatere a degradării terenurilor, la parametri pentru care au fost proiectate, depinde atât de calitatea execuției, cât și de modul în care sunt întreținute și exploatate (Mihaiu et al., 1985). Exploatarea acestora are drept scop folosirea rațională a fiecărei amenajări în parte, astfel încât să funcționeze cu maximum de eficacitate tehnică și economică și să dureze un număr cât mai mare de ani (Bechet și Neagu, 1975).

Întreținerea lucrărilor de împădurire este necesară întrucât substratul se dovedește în majoritatea cazurilor deficitar în substanțe nutritive. Din acest motiv lucrările specifice trebuie făcute încă din prima lună după plantarea puieților. Lucrările de întreținere a plantațiilor forestiere sunt cunoscute și sub denumirea de întreținerea arboretelor. Raportat la stadiile de dezvoltare în care se aplică, acestea sunt de mai

multe tipuri: îngrijirea plantațiilor și semănăturilor tinere, îngrijirea arboretelor propriu-zise (tăieri de ameliorare și igienă) și substituirea arboretelor (Bădescu, 1972).

După cum reiese și din denumirea lucrărilor, scopul lor principal se rezumă la creșterea ratei de supraviețuire a puieților și la asigurarea unei dezvoltări optime a plantațiilor forestiere.

Îngrijirea plantațiilor și semănăturilor tinere este necesară în condițiile în care la suprafața terenului, în urma evaporării apei provenite din precipitații, se formează o crustă, care provoacă uscarea puieților. La rândul lor, buruienile care cresc consumă în sezonul estival o parte din nutrienți, pentru ca în anotimpul rece să cadă peste puieți, sub greutatea zăpezii. În același timp, puieții de la partea inferioară a versanților sunt împotmoliți sau colmatați, de către apa încărcată cu aluviuni, care se scurge de la partea superioară. Pentru a înlătura astfel de efecte negative se impun următoarele lucrări de întreținere: mobilizarea solului prin prașile (făcute cu sapa, de 2 – 3 ori pe an, iar uneori de 5 ori pe an, în jurul puieților de foioase), îndepărtarea buruienilor, revizuire (puieții împotmoliți, aplecați sau cu rădăcinile dezvelite sunt despotmoliți, îndreptați și beneficiază de completare cu sol în jurul lor; puieții uscați se înlocuiesc), retezări (se aplică doar pentru foioase, în primul an de la plantare), recepări (puieții crescuți strâmbi sau roși de iepuri se taie de la partea inferioară, în anotimpul de primăvară, cu scopul reactivării creșterii lor) (Bădescu, 1972; Traci, 1985; Dîrja, 2000).

Alături de lucrările menționate, pornind de la caracteristicile solului și de la necesitățile de elemente nutritive ale speciilor plantate, este indicată aplicarea de îngrășăminte naturale, îndeosebi în primii ani după înființarea plantației. De asemenea, în primele luni de la înființarea plantațiilor, dacă există perioade secetoase, se recomandă udarea puieților, fie individual, fie prin irigații pe suprafețe mari.

Îngrijirea arboretelor este cerută de faptul că după definativarea masivului forestier, între arboretele aparținând diverselor specii apar relații de concurență. Din acest motiv trebuie intervenit pentru îmbunătățirea compoziției și structurii verticale a arboretelor, pentru ca ele să își poată îndeplini și dezvolta cât mai bine funcțiile lor de protecție (Bădescu, 1972). După autorul citat, astfel de intervenții constau din: degajări (speciile care cresc repede în tinerețe, dar care nu asigură o protecție foarte bună sunt înlăturate, pentru a face loc pinului silvestru, stejarului, gorunului, paltinului, frasinului, teiului, aninului etc.), curățiri (arborii care cresc încet sau au trunchiul strâmb sunt eliminați prin tăiere), rărituri (se păstrează arborii care îndeplinesc cel mai bine funcțiile de protecție antierozională) și lucrări de îngrijire cu caracter special. Mai trebuie adăugat că în primii ani după înființarea plantațiilor sunt necesare 4 – 5 prașile, precum și necesitatea menținerii solului afănat și lipsit de buruieni (Bechet și Neagu, 1975).

În cazul culturilor de pin (în amestec cu foioase) pierderile pot merge până la 30 – 50%, pe terenurile puternic erodate (din subzonele stejarului și gorunului) sau până la 20 – 40 %, pe aceleași terenuri puternic erodate, dar din subzonele fagului și

molidului (Traci, 1985). La fel, după autorul citat, în cazul culturilor de salcâm, pe terenuri puternic erodate, pierderile pot fi de 25 – 35% (în stepă și silvostepă) și de 10 – 20% (în etajul stejarului și gorunului).

Prin îngrijirea corespunzătoare a arboretelor, chiar dacă vorbim de plantații forestiere, acestea pot contribui la obținerea de masă lemnoasă sustenabilă și la sporirea biodiversității locale. O pădure sănătoasă devine mai rezistentă în fața influențelor negative asociate diversilor factori biotici, abiotici și antropici.

Substituirea arboretelor este necesară în cazul celor provizorii, alcătuite îndeosebi din arbuști (cătină albă, cătină roșie, păducel, măceș, porumbar etc.) și arbori cu valoarea economică redusă (cătină albă, cătină roșie, păducel, măceș, porumbar etc.), care au fost plantați într-o primă fază pentru reducerea eroziunii, iar ulterior devin necorespunzători pe termen lung (Bădescu, 1972). Principalul motiv al substituirii arboretelor constă în lipsa unei mase mari de frunze, a acestor specii, care să diminueze energia picăturilor de ploaie și să sporească formarea solului. În astfel de condiții, după autorul citat, se impune substituirea lor cu arborete definitive, alcătuite din specii de arbori mai corespunzătoare scopului urmărit (fag, gorun, ulm, frasin, jugastru, cireș, pin silvestru, stejar, anin alb, anin negru etc.). Defrișarea arboretelor provizorii se realizează în benzi de 6 – 8 m lățime, pe direcția curbelor de nivel, în locul cărora se plantează, în funcție de condițiile climatice și de relief, specii de genul celor anterior menționate. De exemplu, arboretele de salcâm formate pe soluri grele lutoase, luto-argiloase, pietroase sau cu mult calcar, impropriei acestei specii, trebuie substituite cu arborete tinere alcătuite din următoarele specii: stejar, plop negru, plop alb, anin alb, anin negru etc.

Realizarea acestor lucrări este obligatorie, dacă se dorește ca plantațiile înființate să fie de succes, pe termen mediu și lung. Devine astfel evident că întreținerea lucrărilor de împădurire este un proces continuu, care implică o monitorizare constantă a plantației, tocmai pentru a se preveni apariția unor efecte nedorite (Coppin și Stiles, 2005).

Întreținerea lucrărilor de construcție cu toate că au caracter comun se pot împărți în două categorii: întrețineri și reparații curente, respectiv reparații capitale. În lipsa unor reparații curente, făcute la timp, se ajunge la degradări importante ale obiectivelor, ceea ce atrage după sine necesitatea reparațiilor capitale, mult mai complicate și mai costisitoare (Bădescu, 1972). Amploarea efectelor ameliorative și fiabilitatea lucrărilor de prevenire și combatere a degradării terenurilor sunt astfel condiționate de calitatea întreținerii amenajărilor; o întreținere corespunzătoare a lucrărilor asigură atât funcționarea amenajărilor la valorile parametrilor ameliorativi și tehnico-economici proiectați, precum și durata mai mare de exploatare alor (Savu și Bucur, 2002).

Întreținerile și reparațiile curente se pot realiza de către personalul de pază sau pădurarul de perimetru. Aceștia au posibilitatea să observe zilnic lucrările și să

intervină pentru repararea deteriorărilor incipiente, eliminându-se astfel avariile de amploare. Întreținerile și reparațiile curente constau așadar din intervenții de amploare redusă, care includ: repararea gardurilor deteriorate și revizuirea fixării stâlpilor de susținere în pământ (după dezghețul din primăvară), redresarea gardulețelor aplecate, îngroparea fascinelor dezvelite de apă, consolidarea lor cu țărugi și cu sâde de salcie, repararea împletiturilor de la cleionaje, reșezarea pietrelor dislocate din pragurile de zidărie din radiere și căptușiri, astuparea barbacanelor la timpul potrivit (pentru ca în spatele barajelor să se formeze colmatări favorabile instalării vegetației), înlăturarea diverselor materiale (bolovani, răgălii, arbori etc.) din albiile amenajate; în cadrul acestor lucrări sunt cuprinse și cele referitoare la întreținerea drumurilor și potecilor, a semnelor de hotar care indică limitele perimetrelor amenajate, întreținerea valurilor de pământ (menținerea profilului inițial și a unui covor vegetal bine încheiat), întreținerea canalelor de coastă orizontale (refacerea taluzurilor și a covorului vegetal), întreținerea canalelor de coastă înclinate (menținerea pantei longitudinale pe tronsoane, refacerea căderilor, repararea racordurilor și menținerea secțiunii pe tronsoane), întreținerea teraselor cu taluzuri înierbate (rectificarea platformelor, refacerea taluzurilor erodate, reconstituirea racordurilor dintre terase etc.), întreținerea debușeelor (repararea căderilor, refacerea covorului vegetal din apropierea lor etc.), întreținerea benzilor înierbate (însămânțare periodică și îndepărtarea buruienilor) etc. (Bădescu, 1972; Bechet și Neagu, 1975). Majoritatea lucrărilor menționate se execută la intervale de 2 – 5 ani (Dîrja, 2000).

O atenție deosebită trebuie acordată drenurilor, care trebuie curățate periodic de particulele fine de măr și nisip, resturi de vegetale sau compuși minerali (Fe, Mn, Ca etc.), care prin depunerea pe pereții tuburilor obturează secțiunea prin care se scurge apa (Lulea et al., 2002). Dintre metodele utilizate se remarcă cea hidraulică (se bazează pe jet puternic de apă, introdus cu ajutorul unui furtun) și chimică (în dren se introduc substanțe chimice, care dizolvă depunerile de fier și mangan). În acest context, o atenție deosebită trebuie acordată și căminelor de control și gurilor de evacuare, care trebuie să ele decolmatate și curățate de vegetație (Lulea et al., 2002).

Lucrări de întreținere trebuie efectuate și în cazul amenajării ravenelor și torenților. De exemplu, în cazul lucrărilor transversale după fiecare dezgheț sau ploaie torențială se vor verifica încastrările, barbacanele și disipatoarele de energie (Pleșa și Câmpeanu, 2001).

Cu toate că este vorba de intervenții cu amploare redusă, scopul acestora este de a păstra eficiența lucrărilor, de a preveni deteriorarea completă, precum și de a menține funcțiile inițiale ale lucrărilor, așa cum au fost ele prevăzute în cadrul activităților de proiectare.

Prin realizarea la timp, astfel de activități au pe de o parte costuri reduse, iar pe de alta limitează apariția deteriorărilor de proporții. Cu alte cuvinte, intervențiile

premergătoare degradărilor iminente sau imediat după acestea s-au produs sunt mult mai economice decât întreținerea lucrărilor prin reparații periodice (Savu și Bucur, 2002).

Reparațiile capitale constituie lucrări de amploare, care se impun la anumite intervale de timp, în funcție de natura elementului de protecție avut în vedere. De pildă, la lucrările din zidărie necesitatea acestor întrețineri apare o dată la 5 – 6 ani, pentru ca la cele din lemn să fie mai timpurie (Bădescu, 1972). În majoritatea cazurilor reparațiile capitale se realizează primăvara sau vara, când sunt perioadele cu ape mici.

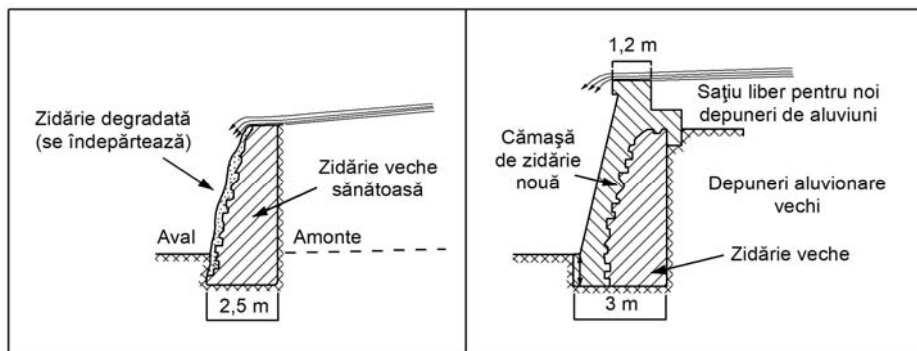


Fig. 11. 1. Cămășuirea barajelor de zidărie cu mortar (Bădescu, 1972, p. 417)

În categoria reparațiilor capitale se includ: despotmoliri ale canalelor de coastă, refacerea cleionajelor, a barajelor din lemn, completarea umpluturilor cu piatră, revizuirea radierelor, repararea părților deteriorate ale lucrărilor din piatră prin reasezarea pietrelor, refacerea pereurilor de piatră sau din beton care au fost deteriorate, refacerea încastrărilor, eliminarea subminărilor de la fundații, refacerea barajelor și digurilor de zidărie cu mortar prin recondiționarea zidăriei, cămășuirea barajelor (fig. 11. 1) și supraînălțarea lor cu cel puțin 1 m (se creează posibilități pentru reținerea de noi aluviuni), subzidirea părților afuiate (fig. 11. 2) și realizarea de noi radieri și trepte de cădere a apelor, refacerea încastrărilor lucrărilor hidrotehnice transversale (pentru ca ele să nu fie ocolite de apele cu caracter torențial), decolmatarea și curățarea căminelor de vizită de la drenuri, curățarea camerelor de liniștire și a podețelor de crengile antrenate de apă, decolmatarea canalelor de coastă, întreținerea canalelor de pământ, lemn, zidărie uscată, zidărie cu mortar prin despotmoliri, înlocuirea pieselor deteriorate și înlăturarea vegetației instalate în cuprinsul lor (Bădescu, 1972; Băloiu, 1980; Mihailescu et al., 1985).

Lucrările menționate, făcând parte din categoria celor de reabilitare și modernizare, au drept scop principal recăpătarea calităților inițiale a obiectivelor (Dobrescu, 2001), prin intermediul cărora are loc prevenirea și combaterea degradării terenurilor de către procesele geomorfologice.

Toate aceste intervenții, în scopul întreținerii lucrărilor, se pot face planificat (situația cea mai convenabilă) sau neplanificat (atunci când ele sunt cerute de existența unor calamități, care s-au manifestat brusc și au deteriorat serios

amenajările efectuate, cu scopul prevenirii și combaterii proceselor geomorfologice care degradează terenurile).

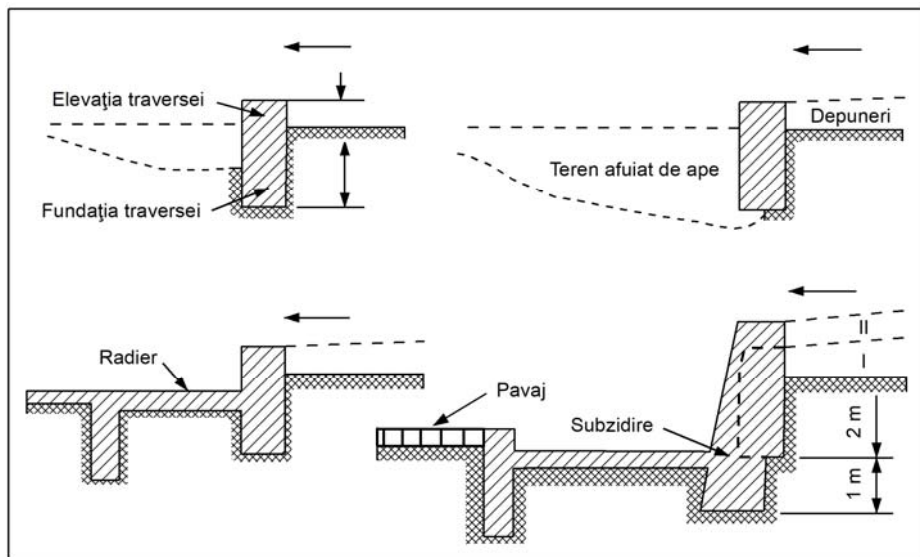


Fig. 11. 2. Subzidirea traverselor afuiate (Bădescu, 1972, p. 414)

Efectuarea controlului periodic, al modului în care au fost întreținute și exploatate lucrările de amenajare, se realizează de către factorii direct interesați, respectiv beneficiarul terenului și de cel al investiției lucrărilor de amenajare, în cazul în care nu este vorba de aceeași persoană sau instituție (Mihaiu et al., 1985).

În scopul întreținerii corespunzătoare a lucrărilor de amenajare, documentațiile tehnice trebuie să fie însoțite de un regulament de întreținere și exploatare, iar personalul care își desfășoară activitatea în acest domeniu, trebuie să fie pregătit profesional, operativ și dotat corespunzător, pentru rezolvarea problemelor care pot apărea în timpul manifestării proceselor geomorfologice și hidrologice (Mihaiu et al., 1985).

Personalul care se ocupă de întreținerea și exploatarea lucrărilor, are următoarele atribuții: întocmește evidența lucrărilor de întreținere, a măsurilor de exploatare, urmărește eficiența tehnică a amenajărilor, verifică modul de comportare a lucrărilor, iar dacă este necesar ia măsuri imediate de reparare a degradărilor observate, efectuează reparația lucrărilor periodice, informează conducerea unității de care aparține asupra stadiului lucrărilor de întreținere și exploatare și face propuneri concrete pentru îmbunătățirea și desfășurarea normală a activității (Savu și Bucur, 2002).

Și în acest caz, alături de monitorizarea continuă a lucrărilor, este necesară îmbunătățirea tehnologiilor și materialelor utilizate, tocmai pentru a face față provocărilor contemporane, legate de influența Schimbărilor Climatice asupra dinamicii procese geomorfologice.

11.2. PROTECȚIA LUCRĂRILOR

Deoarece lucrările de prevenire și combatere a degradării terenurilor suportă din partea diverșilor **factori**, proveniți din mediu, vătămări, care pot merge până la distrugerea lor în totalitate, ele trebuie protejate. Factorii împotriva cărora se face protejarea lucrărilor pot fi împărțiți în trei categorii: **abiotici** (lumina, arșița, gerul, apa, ploile torențiale, grindina, chiciura, poleiul, zăpada, vântul, incendiile, fumul, praful etc.), **biotici** (animalele domestice, animalele sălbatice, vântul, rozătoarele, insectele, ciupercile, mușchii, lichenii etc.) (Bădescu, 1972) și **antropici**. Majoritatea măsurilor de protecție contra acestor factori au caracter preventiv, fiindcă și în acest caz este mai eficient să previi decât să combați.

Protecția lucrărilor de împădurire este necesară mai ales în stadiul de tinerete al plantațiilor, când vegetația, care se dezvoltă pe terenuri erodate și deficitare în elemente nutritive, nu are capacitatea necesară să se refacă rapid, în condițiile interacțiunii cu numeroși factori restrictivi.

Protecția lucrărilor de împădurire contra factorilor abiotici se face față de: lumina naturală (când este în exces determină creșterea vegetației ierboase și a buruienilor, fapt ce atrage animalele, care prin pășunat distrug puieții; protecția contra luminii se face prin păstrarea stării închise a arboretelor), arșița (provoacă uscarea puieților din plantațiile și semănăturile tinere, motiv pentru care trebuie plantate de timpuriu), de înghețuri timpurii și geruri (care determină degerarea puieților), lipsa și excesul apei, prezența apei sub formă de grindină, chiciură, polei și zăpadă (care provoacă ruperea crengilor), protecția față de vânt (care la viteze mai mari de 17 m/s conduce la dezrădăcinarea ale arboretelor) și față de incendii, fum și praf (Bădescu, 1972). Conform autorului citat, pentru protecția plantațiilor tinere, față de factorii abiotici, se recomandă, folii de polietilenă și P.V.C., cu grosimi de 0,05 și 0,1 mm, care se pun sub forma unui manșon cu circumferința de 0,70 m. În urma așezării lor în jurul puietului se formează un microclimat, care îl protejează de vânt, arșiță, ger etc. și în același timp îi garantează o creștere mai viguroasă.

Pentru a ne asigura că intervențiile specifice se fac la timp este necesară efectuarea de inspecții regulate la fața locului, tocmai pentru a identifica manifestarea factorilor abiotici și efectele lor: crăpături în trunchiurile copacilor, crengi rupte, frunze îngălbenite, prezența secetei pedologice etc.

Protecția lucrărilor de împădurire contra factorilor biotici are multiple fațete, motiv pentru care trebuie adaptată la specificul factorului dăunător. În categoria acestora se evidențiază pășunatul, practicat de către animalele domestice și cele sălbatice (care este principalul dușman al lucrărilor de împădurire), apoi se adaugă diverși dăunători de tipul rozătoarelor (șoareci), insectelor, ciupercilor, mușchilor, lichenilor. Protecția contra animalelor domestice se poate îndeplini prin

împrejmuirea plantațiilor din vecinătatea pășunilor și drumurilor de acces, iar contra animalelor sălbatice (iepure, căprioare, cerbi, mistreți etc.), prin realizarea unor amestecuri, care să includă și specii ce pot să le asigure hrana (castanul porcesc, mărul, părul, iar în liziere napul porcesc, drobul, lucerna etc.) (Bădescu, 1972).

Referitor la protecția contra insectelor se recomandă ca structura plantațiilor să nu fie foarte simplă, deoarece acestea atacă selectiv doar anumite specii. De exemplu, pădurile și plantațiile de conifere (mai ales cele de molid, dar și de pin) sunt afectate de prezența unor insecte, dintre care se remarcă *Lymantria monacha* (Omida păroasă a molidului) și *Hylobius abietis* (Trombarul mare brun) (Olenici, 1996). Combaterea acestor insecte trebuie să fie una integrată, care să cuprindă atât pesticide, cât și capcane cu feromoni (Olenici, 1996).

Protecția contra factorilor biotici include și eliminarea speciilor invazive, din categoria celor ruderales (buruieni), care trebuie plivite sau prășite (săpate), deoarece concurează puietii pentru apă, lumină și nutrienți.

Protecția lucrărilor de împădurire contra factorilor abiotici și biotici este un proces esențial al managementului forestier, care are rolul de a asigura dezvoltarea plantației, pe termen lung, și succesul acesteia în fața condițiilor meteorologice, hidrologice și geomorfologice extreme.

Protecția lucrărilor de împădurire contra factorilor antropici are în vedere protejarea plantațiilor față de persoane rău intenționate, care urmăresc extragerea masei lemnoase, pe care să o utilizeze apoi în diverse scopuri.

Protecția lucrărilor de construcție se face împotriva factorilor abiotici, biotici și antropici, care se dovedesc dăunători și în acest caz.

Protecția lucrărilor de construcție contra factorilor abiotici are loc față de: arșiță (care usucă lucrările din lemn, determinând crăparea lor, provoacă dilatații în corpul lucrărilor din zidărie), ger (determină degradarea nuielelor, butașilor și sadelor de salcie din cadrul cleionajelor și fascinelor; se adaugă contracții în masa zidărilor), apă (produce alterarea cimentului, decalcificarea mortarelor, meteorizația materialelor de construcție, subminarea fundațiilor etc.), incendii (provoacă pagube în deosebi lucrărilor executate din material lemnos sau construcțiilor în care acesta este depozitat) (Bădescu, 1972). În astfel de condiții, conform autorului citat, pentru înlăturarea efectelor arșiței și a gerului, materialul lemnos trebuie recoltat iarna, când nu are sevă și se usucă treptat fără să fie afectat de crăpături; tot în acest context, apa infiltrată în corpul lucrărilor de piatră și zidărie trebuie drenată.

Chiar și cele mai rezistente lucrări, cum ar fi cele de combatere a avalanșelor, care sunt realizate din elemente prefabricate din oțel sunt afectate de prezența factorilor abiotici. Fiind localizate la altitudini mari, ele trebuie protejate de pericole cum sunt: căderi de pietre, condiții meteorologice extreme (fulgere, furtuni, grindina etc.), îngheț-dezghet al substratului (care le deteriorează elementele de prindere), expunere la radiații UV, alunecarea severă a zăpezii (se produc daune, de exemplu,

la nivelul structurilor de susținere a elementelor din componența podurilor de zăpadă) etc. (Rudolf-Miklau et al., 2015).

Prin protecția contra factorilor abiotici se asigură durabilitatea și eficiența lucrărilor, se reduc costurile reparațiilor capitale și se asigură o protecție sporită a terenurilor contra degradării de către procesele geomorfologice.

Protecția lucrărilor de construcție contra factorilor biotici s-a dovedit deosebit de necesară, întrucât animalele domestice, prin pășunat, provoacă ruperea lăstarilor, distrugerea gardulețelor, taluzurilor, bermelor etc., iar rozătoarele, la rândul lor, produc stricăciuni terasamentelor, prin galeriile pe care le sapă, fiindcă prin intermediul lor se facilitează circulația apei (Bădescu, 1972). Pentru protecția contra rozătoarelor se recomandă amplasarea de capcane sau folosirea diverselor metode de control a numărului acestora. Chiar și animalele sălbatice mari, prin deplasarea preferențială, pe anumite trasee, pot contribui la declanșarea eroziunii, care la rândul ei poate afecta stabilitatea lucrărilor sau poate deteriora vegetația protectoare. Insectele xylofage (croitorul lemnului de rășinoase, croitorul stejarului, viespile etc.) atacă lemnul din depozite (dacă a fost tăiat în perioada de circulație a sevei), motiv pentru care se recomandă cojirea și tratarea lui cu insecticide (Bădescu, 1972). După autorul citat, și ciupercile contribuie la degradarea lucrărilor din lemn, prin sporirea procesului de putrezire, mai ales în condiții de umezeală, pretext pentru care se recomandă folosirea materialului lemnos uscat, uns cu fungicide, carbolineum sau catran. La rândul lor, speciile de plante invazive și ruderales, contribuie prin intermediul rădăcinilor la destabilizarea structurilor și la deteriorarea materialelor folosite; aceleași tipuri de vegetație prin ocuparea terenului din jurul lucrărilor, împiedică buna funcționare a lor.

Un contra exemplu, în acest sens, este reprezentat de modul în care au fost întreținute lucrările, de combatere a degradării terenurilor, de pe versantul drept al Văii Gădălin, unde (în amonte de Bonțida, Județul Cluj), au fost realizate plantații de salcâm și amenajarea unor ravene și torenți existente pe suprafețe afectate și de alunecări de teren (Roșian, 2020). În privința acestui ultim exemplu, cu toate că în primii zece ani (2007 - 2017), de la realizarea lucrărilor, ele au avut efectul scontat, ulterior, prin neîntreținerea corespunzătoare și permiterea pășunatului excesiv, ele s-au deteriorat și și-au pierdut rolul pentru care au fost executate (Roșian, 2020).

Protecția lucrărilor de construcție contra factorilor antropici este necesară deoarece din corpul sau de pe suprafața lucrărilor pot fi extrase diverse elemente componente, care ulterior se utilizează pe post de materiale de construcții în gospodării sau în alte locuri.

Și în acest caz este necesară o monitorizare atentă a lucrărilor, prin intermediul inspecțiilor periodice, care trebuie făcute pe amplasamente. Scopul este acela de a crește durabilitatea și eficiența lucrărilor, fapt care se va reflecta în costurile mai reduse ale lucrărilor de reparații curente și radicale.

Împrejmuirea lucrărilor reprezintă o măsură importantă de protecție, atât pentru lucrările de împădurire cât și pentru cele construcție. Se disting în acest sens două tipuri de împrejmuiți: obișnuite și din mijloace biologice.

Împrejmuirile obișnuite sunt realizate din sârma ghimpată (cu patru sau cinci rânduri și două diagonale), întinsă pe pari de stejar cu diametrul de 16 cm, dispuși la distanță de 2,5 m (Bădescu, 1972). Partea inferioară a parilor, care este îngropată în pământ (30 – 40 cm) și cea până la 10 – 15 cm deasupra solului se tratează prin ardere la flacăra sau prin impregnare cu catran ori păcură.

Tot în acest scop se pot executa garduri de măracini, care sunt recomandate mai ales în apropierea satelor, pentru a proteja lucrările de păsările de curte și de alte animale domestice.

Împrejmuirile realizate din mijloace biologice sunt necesare întrucât cele făcute din sârmă ghimpată nu au o durată de utilizare prea îndelungată, motiv pentru care trebuie înlocuite. Împrejmuirile utilizând mijloace biologice se prezintă sub forma unui gard viu compus din specii ghimpoase (fig. 11. 3): păducel, măceș, porumbar, mur și maclura (Bădescu, 1972); comparativ cu gardurile vii, astfel liziere nu se tund. Gardurile vii pot însoți gardurile de sârmă ghimpată, față de care speciile recomandate se plantează la interior, la o distanță de 50 – 80 cm. Cea mai potrivită distanță între puieți și rânduri este de 50 cm, cu dispunerea în chinconz a rândurilor succesive. Cele mai reușite liziere sunt cele care au în componență patru rânduri, iar speciile componente au de la interior spre exterior următoarea succesiune: măr, păducel, măceș, porumbar sau păr, păducel, maclura, porumbar etc., dispuse ca în figura 11. 3.

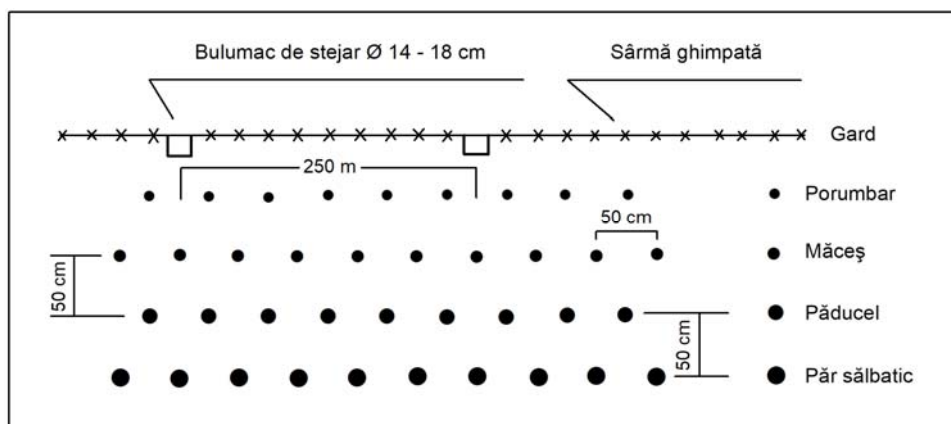


Fig. 11. 3. Schema unei liziere artificiale creată în jurul lucrărilor de împădurire (Bădescu, 1972, p. 433)

Împrejmuirea lucrărilor este așadar o măsură esențială de protecție, care are rolul de a preveni deteriorarea acestora și de a le asigura o bună funcționare. Lucrările

de împrejmuire sunt necesare mai ales pe terenurile vulnerabile față de diverși factori naturali (de exemplu, animale sălbatice pot distruge vegetația sau pot săpa galerii, care destabilizează lucrările) și antropici, care distrug lucrările și extrag din masa lemnoasă.

Lucrările de împrejmuire trebuie și ele întreținute corespunzător, iar dacă se constată că sunt degradate se fac reparații și se înlocuiesc elementele deteriorate.

Toate aceste posibilități de intervenție asupra lor, demonstrează că lucrările de prevenire și combatere a proceselor geomorfologice nu rămân intacte cu trecerea timpului. Doar printr-o bună întreținere ele ajung să îndeplinească funcțiile pentru care au fost realizate.

Lucrările de prevenire și combatere a degradării terenurilor trebuie să fie însoțite și de indicații referitoare la tehnica securității muncii, atât pe parcursul amenajărilor, cât și ulterior, după intrarea lor în exploatare.

În scopul prevenirii accidentelor se vor marca toate locurile care prezintă pericol. Marcarea se va realiza prin intermediul unui spalier din beton, vopsit în alb-roșu, pe care se vor monta plăci de avertizare inscripționate sau prin simple plăci de avertizare pentru drumuri, canale, lacuri de acumulare, microbaraje etc., folosind astfel indicații: ATENȚIE!; PERICOL DE ÎNEC; SCĂLDATUL INTERZIS; DRUM INTERZIS; NU INTRAȚI; PERICOL DE MOARTE etc. (Mureșan et al., 1992). Avertizările se vor scrie pe fond galben cu litere negre. Golurile, surpările etc. vor fi marcate vizibil cu panouri și garduri, iar pe timpul nopții vor fi marcate cu semnalizatoare luminoase.

11.3. PAZA LUCRĂRILOR

Reușita lucrărilor, de prevenire și combatere a degradării terenurilor, este în totalitate asigurată dacă acestea sunt păzite. În acest context paza lucrărilor devine un demers cu caracter organizatoric și administrativ, prin intermediul căruia acestea sunt protejate, contra factorilor antropici, care acționând conștient sau inconștient, le distrug sau le diminuează funcțiile.

Demersul în cauză este cu atât mai necesar, dacă ne gândim că alături de dăunătorii deja prezentați se adaugă și oameni, care din neștiință, din nepăsare sau din rea voință față de lucrări, pentru un nesemnificativ folos personal produc pagube mari acestora. Spre exemplificare, dacă în primii ani peste o plantație reușită trece o turmă de capre, plantația este distrusă fără posibilitatea de a se reface, iar valoarea hranei culeasă de turmă este nesemnificativă, raportat la paguba produsă (Bădescu, 1972). De asemenea, paza și protecția lucrărilor silvice se face și împotriva tăierilor abuzive și a incendiilor (Dîrja, 2000).

Lucrările care trebuie asigurate cu pază sunt cele localizate în vecinătatea satelor, a pășunilor și a căilor de comunicație, deoarece ele sunt cele mai expuse; la

distrugerea lor se ajunge din „lipsa unei juste înțelegeri a maselor largi a populației față de rostul lucrărilor și în special lipsa conștiinței forestiere sunt în directă legătură cu aceste vătămări.” (Bădescu, 1972, p. 434).

Păzirea lucrărilor trebuie efectuată de personal de pază, reprezentat de paznici instruiți și calificați în acest scop, cunoscuți și sub numele de pădurari de perimetru de ameliorare (Bădescu, 1972).

Pădurarul de perimetru are misiunea de a supraveghea funcționarea lucrărilor și de a efectua micile întrețineri necesare. Pentru îndeplinirea acestor sarcini el trebuie să fie pregătit după cum urmează: să cunoască rostul lucrărilor, funcțiile acestora, modul de întreținere, posibili dăunători, să fie capabil să facă citiri la aparatele și instrumentele care facilitează cunoașterea științifică (a diverselor date referitoare la modul de comportare a lucrărilor, în timpul ploilor și a viiturilor, a gerurilor și a arșiței) etc.

Fiind vorba de protecția unor obiective, paza și se va realiza conform legislației în vigoare (Legea 289 din 2002). De exemplu, în cazul perdelelor forestiere pășunatul și trecerea animalelor domestice pe suprafața acestora, precum și reducerea suprafeței lor este interzisă (Ionescu-Lupeanu, 2022).

Prin modul în care este organizată paza trebuie să aibă mai degrabă un caracter preventiv. Pentru simplificarea procesului de pază trebuie ca populația să fie lămurită și atenționată, pentru a nu aduce stricăciuni lucrărilor, care să conducă la măsuri represive, ce întrețin o atmosferă mai puțin favorabilă, adesea de necolaborare (Bădescu, 1972).

Se poate concluziona că printr-o pază bine organizată se asigură protejarea investițiilor și protecția lor contra degradării, fapt care în cele din urmă va conduce la protejarea terenurilor și a siguranței publice.

De asemenea, doar printr-o bună întreținere și protecție, lucrările de prevenire și combatere a degradării terenurilor, își pot păstra funcțiile pentru care au fost realizate. Aceasta înseamnă că pentru a fi eficiente și durabile au nevoie de o întreținere periodică și de reparații curente și capitale. Chiar dacă aceste intervenții implică costuri, ele sunt esențiale pentru eficiența pe termen lung a lucrărilor de prevenire și combatere a degradării terenurilor. În lipsa lucrărilor de întreținere, protecție și pază costurile refacerii integrale a construcțiilor de combatere a degradării terenurilor și a plantațiilor forestiere sau erbacee, vor fi mult mai mari, comparativ cu situațiile în care se intervine la timp.

Această afirmație, referitoare la costuri, este la fel de valabilă, așa cum am mai menționat, de câte ori am avut ocazia, și atunci când vine vorba despre costurile mult mai reduse ale prevenirii degradării terenurilor, comparativ cu cele ale combaterii, care se dovedesc de fiecare dată mult mai mari.

CONCLUZII

Consider că informațiile prezentate, în capitolele anterioare, constituie suficiente argumente că, prevenirea și combaterea proceselor geomorfologice, care degradează terenurile, nu trebuie amânată. Cu toate că este vorba de un demers dificil, el trebuie pus în practică fără ezitare, tocmai pentru a reduce pagubele și a integra în circuitul utilizării terenurilor, suprafețele afectate de diverse procese geomorfologice.

Problema degradării terenurilor este de actualitate atât la nivel mondial, cât și în România. Fiecare națiune acordă atenție diferită acestei problematici, în funcție de resursele financiare avute la dispoziție și de interesele dezvoltării economice ulterioare.

Evaluarea integrală a pagubelor, determinate de procesele geomorfologice, este dificil de realizat, întrucât multe dintre ele nu sunt luate în calcul, pentru a avea o imagine națională, continentală sau globală.

Totuși din urmărirea proceselor geomorfologice în teren sau pe imagini satelitare se poate observa că, degradarea realizată de către acestea a condus la pagube considerabile. Cele mai afectate terenuri sunt cele agricole, la care se adaugă cele aferente căilor de comunicații rutiere și feroviare.

Referitor la pagubele din agricultură ele sunt strâns legate de scăderea fertilității solului, din cauza eroziunii orizonturilor superioare ale acestuia sau a colmatării cu aluviuni. Din astfel de cauze scăderea producției agricole, pe terenurile degradate din România, poate ajunge până la 45% la porumb (Traci, 1985) sau 43% în cazul viței de vie (Moțoc, 1963).

Aluviunile o dată mobilizate, de către scurgerea torențială a apei prin rigole, ogașe, ravene și torenți, ajung în râuri, unde colmatează periodic albiile sau pentru totdeauna lacurile de acumulare. Dintre acestea din urmă cele mai afectate, de procesul de colmatare, sunt cele de dimensiuni mai reduse, în care se varsă afluenți ce drenează terenuri care au în componență roci friabile. De exemplu, lacurile de acumulare de la Bâscov și Pitești (de pe râul Argeș), au fost colmate în perioada 1972-1976 în proporție de 90%, respectiv 98% (Traci, 1985).

Alături de scoaterea din uz a unor importante suprafețe de teren, a căror valoare s-ar putea calcula, degradarea realizată de către procesele geomorfologice conduce la schimbări topoclimatice, la degradarea vizuală a peisajului, precum și la poluarea mediului.

La degradarea terenului, prin intermediul proceselor geomorfologice, s-a ajuns pe fondul dezvoltării societății, fapt care a necesitat tot mai multe resurse alimentare, materii prime pentru industrie (obținute în urma exploatărilor miniere, a tăierii pădurilor, a extinderii suprafețelor ocupate cu terenuri arabile etc.), căi de comunicații (drumuri, căi ferate, linii pentru transportul energiei și informației), noi

ansambluri rezidențiale, lacuri de acumulare pentru aprovizionarea populației și a economiei etc. Toate aceste activități au însemnat folosirea și diminuarea resurselor din mediu, în categoria cărora se includ și suprafețele de teren degradate de către procesele geomorfologice. Intervenția omului a fost cea care a făcut ca modelarea reliefului în regim natural, să fie înlocuită cu una în regim antropizat, guvernată de legi proprii (Posea și Cioacă, 2003). S-a ajuns în acest mod, ca intervenția antropică să fie în discordanță cu potențialul și pretabilitatea mediului natural (Loghin, 1996).

Iată așadar, suficiente motive pentru care intervenția antropică nu se mai poate realiza la voia întâmplării, sau mai direct spus să se facă cu cheltuieli minime pentru randamente maxime. Devine astfel obligatoriu ca intervenția antropică să fie permisă și reglementată astfel încât să nu producă dezechilibre, care să favorizeze declanșarea proceselor geomorfologice, ce au potențial de a degrada terenurile.

Cu alte cuvinte, terenurile degradate rezultă în majoritatea cazurilor în urma intensificării dinamicii proceselor geomorfologice, care modelează scoarța terestră, din cauza intervenției antropice în morfogeneză. Se ajunge pe această cale la existența unor procese geomorfologice care primesc atributul de degradare a terenurilor. Cunoașterea lor este strâns legată, pe de o parte de înțelegerea specificului manifestării lor, iar pe de altă parte de modul în care omul prin acțiunile și activitățile sale intervine în morfogeneză. În același timp este necesară integrarea lor în cadrul complexului teritorial pe suprafața căruia se manifestă, cu scopul depistării interdependențelor pe care le au cu alți agenți și procese (Loghin, 1996).

În **România**, marea extensiune a suprafețelor de teren degradate, de către procesele geomorfologice, este datorată atât unor condiții naturale favorabile (declivitate, roci friabile, regim torențial al precipitațiilor etc.), cât și modului de utilizarea nerațională a terenurilor (Ioniță, 2000). De exemplu, din suprafața agricolă a României, care este de 14.932.300 ha, 6.982.700 ha sunt localizate pe forme de relief cu declivitate mai mare de 5% (Băloiu, 1980; Dîrja, 2000). În același timp, din totalul terenurilor agricole din România, aproximativ 9.650.000 ha sunt arabile (aproximativ 41%), iar 3.047.000 sunt pășuni (Micu, 2004).

Încă din a doua parte a secolului XX a început să fie urmărită problematica eroziunii de pe suprafața agricolă a României. Din suprafața totală a României, care este de 23,8 mil. ha aproximativ 7,3 mil. ha (30,8%) sunt amenințate de eroziune, aproximativ 3 mil. ha fiind afectate de eroziune moderată până la severă, iar 840.000 ha fiind amenințate de eroziune foarte severă (Zachar, 1982). La aceste suprafețe se adaugă aproximativ 200.000 ha de fond forestier care sunt și ele afectate de eroziune. De asemenea, terenurile cu soluri nisipoase, care sunt susceptibile de a fi degradate de către procesele eoliene, dețin o suprafață de 266.000 ha; dintre acestea 90.000 ha sunt intens afectate de deflație (Loghin, 1996).

Datele mai noi arată însă că, există aproximativ 8,7 mil. ha de terenuri susceptibile la degradare, prin intermediul diverselor procese geomorfologice (Loghin, 1996).

Referitor la situația terenurilor agricole, calculele au arătat următoarea distribuție a celor afectate de eroziune: fără eroziune apreciabilă (50%), cu eroziune slabă (23%), cu eroziune moderată și puternică (21%) și cu eroziune foarte puternică și excesivă (6%) (Băloiu, 1980). Datele mai noi relevă aproximativ aceeași situație, pentru terenurile agricole: 46% sunt afectate de eroziune slabă, 42% de eroziune slabă și puternică, iar 12% de eroziune foarte puternică și excesivă (Rădoane și Rădoane, 2007a). Pornind de la aceste date, media națională a terenurilor agricole afectate de eroziune prin intermediul apei este de 43% (Ioniță et al., 2006).

Tot în cazul României, dintre terenurile agricole 9.738.200 ha sunt arabile (aproximativ 0,4 ha/locuitor), iar dintre aceste 3.364.800 (35%) sunt localizate pe pante mai mari de 5% (Băloiu, 1980).

Sub aspect regional, cele mai mari suprafețe, afectate de eroziune aflată în diverse stadii, se înregistrează în: Podișul Transilvaniei (29-30%), Subcarpații Meridionali (27%) și Podișul Moldovei; referitor la eroziunea foarte puternică și excesivă ponderile sunt următoarele: 45% în Podișul Transilvaniei, 45% în Podișul Moldovei și 50% în Subcarpații Meridionali (Rădoane și Rădoane, 2007a).

Urmărite cantitativ, cele mai mari rate ale eroziunii din România, care ajung la 30 – 45 t/ha/an, se înregistrează în Subcarpații de Curbură (Ioniță et al., 2006). Rate mai reduse ale eroziunii se înregistrează în Depresiunea Transilvaniei, Podișul Moldovei, Subcarpații Getici și Podișul Getic, regiuni în care valorile se mențin în jur de 9 – 10 t/ha/an (Moțoc, 1983).

De asemenea, eroziunea totală a solului din România este estimată la 126,6 milioane de tone pe an (t/an), din care 84% (106,6 milioane t/an) provin de pe terenurile agricole (Ioniță et al., 2006).

Pornind de la astfel de valori, lucrările de prevenire și combatere a degradării terenurilor, din România, sunt necesare pentru aproximativ 4 mil. ha de teren (Zachar, 1982).

Alături de pantă, un rol important în favorizarea degradării terenurilor din România l-a avut substratul litologic, care pe suprafețe extinse este alcătuit din roci friabile (marne, argile, nisipuri loess etc.) și depozite superficiale, susceptibile la eroziune și degradare, de către procesele geomorfologice. În acest context nici climatul nu este unul favorabil, deoarece este în plin proces de schimbare, și nici vegetația, care a fost degradată prin defrișare și deștelenire. S-a ajuns astfel ca aproximativ 1 milion de ha de terenuri utilizate agricol și forestier să fie degradate, de către manifestarea diverselor procese geomorfologice (Surdeanu, 1998). Cea mai mare problemă legată de aceste procese geomorfologice este rapiditatea cu care se manifestă, îndeosebi pe terenuri care nu au mai fost afectate în trecut. În același timp, complexitatea geografică a teritoriului României determină ca între procesele geomorfologice, ce degradează terenurile, să existe o strânsă interdependență (Surdeanu, 1998).

Chiar dacă în România s-a intervenit pentru combaterea degradării terenurilor, suprafața afectată a rămas relativ constantă, deoarece acțiunile au vizat areale mai restrânse și discontinue, fără ca problema să fie abordată global, la nivelul întregului teritoriu național; din rațiuni economice, mare parte din soluțiile alese au avut un efect paleativ și nu de eradicare totală (Surdeanu, 1998).

Din cauza extinderii suprafețelor de teren degradate, specialiștii români (geografi, agronomi, silvicultori, pedologi, geologi etc.), din diverse domenii, au început să colaboreze, pentru găsirea celor mai optime soluții de contracarare a acestei probleme. Informații prețioase, despre metodele de prevenire și combatere a degradării terenurilor, se găsesc în numeroasele lucrări publicate, așa cum se poate observa și în lista bibliografică de la finalul acestei lucrări. Intervenții similare s-au realizat și în **alte țări**, dintre care se remarcă: Franța, Italia, Elveția, Germania, Polonia, Cehia, Slovacia, Spania, Portugalia, Serbia, Bulgaria, Grecia, S.U.A., Japonia, China, Australia, Noua Zeelandă, Maroc, Tunisia, Brazilia, Argentina etc.

De exemplu, în Marea Britanie, valoarea anuală a pierderilor de producție cauzate de eroziunea solului este estimată la 700 milioane de lire sterline (Evans, 1996). Tot pentru Marea Britanie, se estimează că eroziunea afectează 40% din terenurile arabile, fapt care determină ca solurile respective să piardă mai mult de 25% din productivitatea lor agricolă (Evans, 1996). În unele țări, așa cum sunt: China, Etiopia, Leshoto, India, Vietnam, Mexic, Brazilia, Rwanda, Burundi, Nigeria, Madagascar etc., există regiuni unde se înregistrează valori ale eroziunii solului, care ajung până la 50 t/ha/an (Boardman, 2006; Borrelli et al., 2017). Comparativ cu aceste valori, în condiții naturale (pajiște și pădure), ratele anuale sunt de ordinul a 0,0045 t/ha pentru zonele cu relief moderat și 0,45 t/ha pentru relief abrupt (Young, 1969). Din calculele făcute de Pimentel et al., (1995) a reieșit că eroziunea globală medie anuală a solului este de 75 de miliarde de tone. Sub aspectul costurilor, se estimează că eroziunea solului conduce la pierderi de peste 400 mld de dolari pe an, la nivel mondial (Lal, 1998).

La nivelul Terrei se estimează că există doar 15 miliarde de hectare de teren arabil, ceea ce reprezintă mai puțin de 22% din totalul terenurilor (Morgan, 2005a), în timp ce acestea asigură hrană pentru 97% din populația globului (Blanco și Lal, 2010). De asemenea, 30% din terenurile agricole ale Terrei sunt afectate de eroziune (Brown și Young, 1990).

Se estimează că pe întreaga suprafață a Terrei, procesele geomorfologice și hidrologice degradează anual 6 mil. ha de teren agricol (Pimentel, 1993). Datele mai noi spun însă că aproximativ 10 milioane de hectare de teren sunt pierdute anual din cauza eroziunii solului (Blanco-Canqui et al., 2005; Blanco și Lal, 2010). Pentru a compensa dispariția acestor terenuri 80% din terenurile rezultate în urma defrișării pădurilor din întreaga lume sunt folosite pentru agricultură (Pimentel, 1993).

Revenind la România, cele mai ample lucrări de combatere a degradării terenurilor s-au efectuat în regiunile: Buzău, Dealul Mare, Miniș, Bârlad, Vaslui, Râmnicul Sărat, Oltețul Mijlociu, Chineja etc.

Chiar dacă au trecut peste 75 de ani, de la intensificarea lucrărilor de prevenire și combatere a terenurilor, din România, cu toate rezultatele notabile obținute, problema este încă departe de a fi complet rezolvată. De exemplu, în Depresiunea Transilvaniei se înregistrează peste 15.000 de alunecări de teren (vizibile pe imagini satelitare), care în lipsa unor măsuri de combatere scot din uz, în mod direct, 4% din suprafața acesteia. Se mai adaugă faptul că nu întotdeauna terenul din apropierea lor poate fi folosit corespunzător, iar utilajele agricole trebuie să ocolească suprafețele afectate de alunecări de teren, ceea ce înseamnă consum suplimentar de carburant.

Din momentul în care procesele geomorfologice degradează suprafața terestră, cel mai afectat component al mediului este **solul**. Sărăcirea în elemente nutritive a solului sau chiar îndepărtarea parțială ori totală a orizonturilor de sol determină scăderea fertilității acestuia, cu toate consecințele de rigoare.

La degradarea solului a contribuit și utilizarea în scopuri agricole a terenurilor. De exemplu, prin intermediul unor tehnologii inadecvate, s-a ajuns la compactarea solului, la salinizarea lui, la exces de umiditate, precum și la eroziune etc.

În lipsa măsurilor de prevenire și combatere a eroziunii orizontul de sol cu humus devine tot mai subțire și mai neuniform, obligându-ne să lucrăm și să cultivăm: orizonturile AB sau Bt (argiloase, structurate poliedri- prismatic, compacte și puțin permeabile); orizontul Cca (bogat în carbonați, alcalin, lipsit de humus) și orizontul C sau material parental (alcătuit din argile, argile marnoase sau marne, fie din gresii sau nisipuri, astructurate, cimentate, foarte sărace în elemente nutritive) (Miclăuș, 1991).

Solul are un rol foarte important în stabilizarea terenurilor afectate de procesele geomorfologice. Nu de puține ori solul este considerat un organism viu, aflat în echilibru biologic. Spre exemplificare, un hectar de teren cuprinde în orizontul bioacumulativ aproximativ 1.000 kg organisme; un hectar de pășune poate avea până la 35 kg bacterii, 1.100 kg ciuperci microscopice, 345 kg protozoare, 100 km viermi (îndeosebi râme) precum și insecte, miriapode etc. (Miclăuș, 1991). Toate aceste organisme constituie sistemul complex care formează humusul, care mineralizează substanțe organice, pentru a-i conferii solului principala caracteristică, și anume fertilitatea.

Tocmai din astfel de motive problema pesticidelor (insecticide, erbicide, fungicide etc.) trebuie abordată cu maximă seriozitate, deoarece este vorba de un spectru de toxicitate foarte larg. Chiar și utilizarea unor doze corecte contribuie, cu timpul, la declanșarea fenomenului de poluare persistentă, din cauza efectului reziduurilor acestor substanțe (partea care rămâne din cantitatea depusă) asupra solului, dar și a organismelor vii (Miclăuș, 1991). Chiar dacă pe termen scurt poluarea solului

cu pesticide și îngrășăminte chimice relevă o eficiență economică, în timp prin poluarea care se înregistrează fertilitatea începe să diminueze, cu toate consecințele de rigoare.

Cu toată efervescența lucrărilor de combatere a degradării terenurilor, realizate în țările dezvoltate economic, care dispun de resurse financiare în acest sens, suprafețele de teren reintroduse în circuitul productiv se situează cu mult sub nivelul celor care părăsesc această folosință (Surdeanu, 1998). Astfel de afirmații au la bază faptul că eroziunea solului (din cauza scurgerii torențiale a apei) determină pierderi anuale de 3,8 – 58 miliarde tone de sol din suprafața agricolă și silvică, ceea ce înseamnă o eroziune specifică 134 tone/km² la nivelul Terrei și 70 tone/km² pentru Europa (Surdeanu, 1998). Pentru a conștientiza dimensiunea degradării terenurilor, mai trebuie reținut că îndepărtarea unui orizont de sol cu grosimea de 1 cm, de pe un hectar, este echivalentul a 130 tone, din care 3 tone sunt humus (Surdeanu, 1998).

Conform estimărilor făcute de F.A.O. (pentru deceniului al IX-lea, din secolul XX), anual au fost scoase din sfera productivă 5 – 7 milioane ha teren agricol prin procese de degradare, prin creșterea toxicității chimice, a salinizării și urbanizării. Aceeași organizație estimează că în mileniul al treilea pierderile pot crește la 100 – 140 milioane ha, ceea ce reprezintă aproape toată suprafața ce poate fi redată agriculturii mondiale.

Pentru România se estimează că eroziunea totală cauzată de degradarea terenurilor reprezintă 126 milioane tone, din care 35% sunt transportate spre Marea Neagră (Surdeanu, 1998). Conform autorului citat, dintre procesele geomorfologice, care contribuie semnificativ în acest sens, se evidențiază eroziunea torențială (realizată de scurgerea apei prin rigole, ogașe, ravene, torenți și râuri) și deplasările în masă (dintre care reprezentative sunt alunecările de teren).

La această situație contribuie din plin prezența Orogenului Carpat, care ocupând 65% din suprafața României, determină ca 2/3 din terenuri să fie în pantă (Surdeanu, 1998). Practic în urma exploatării iraționale a terenurilor agricole, dar și a celor forestiere suprafața terenurilor degradate s-a extins rapid atât în spațiul montan și cel subcarpat, dar mai ales în podișuri (Surdeanu, 1998).

Cu toate că era de așteptat ca degradarea terenurilor din România să diminueze după anul 1990, nu s-a întâmplat acest lucru deoarece începând cu 1991, prin punerea în aplicare a Legii 18, din 19 februarie 1991 (Legea fondului funciar, prin care s-a reconstituit dreptul de proprietate asupra terenurilor), a crescut foarte mult numărul parcelelor și s-a schimbat modul de practicare a agriculturii. Prin reducerea mecanizării lucrărilor agricole, prin extinderea monoculturilor și prin renunțarea la lucrările antierozionale, procesele de degradare a terenurilor s-au intensificat.

Degradarea terenurilor, de către procesele geomorfologice, reprezintă așadar o problemă de importanță mondială, prin impactul pe care-l au asupra producției agricole și a conservării mediului (Ioniță, 2000). Încă din 1988, Brown aprecia că epuizarea resurselor de sol, prin eroziune, poate reprezenta amenințarea cea mai

serioasă pentru omenire, pe termen lung. Cu toate că eroziunea solului este un proces fizic și geomorfologic ea are consecințe numeroase, care afectează viața oamenilor; dacă solul ajunge să fie secătuit, iar culturile nu mai dispun de elementele nutritive necesare, se ajunge, adesea, ca și oamenii să fie subnutriți (Brown, 1988).

Eroziunea conduce la modificarea unor proprietăți ale solului, care determină pe de o parte reducerea fertilității și implicit a producției agricole, iar pe de altă parte provoacă dificultăți în exploatarea terenurilor și poluarea mediului, prin antrenarea îngrășămintelor chimice și a pesticidelor de către debitele solide și lichide (Ioniță, 2000; Buta, 2017).

De exemplu, eroziunea solului frânează procesul de bioacumulare, conducând la înrăutățirea proprietăților fizice, chimice și biologice. Prin eroziune se ajunge ca orizonturile medii și inferioare ale solului să ajungă la suprafață. Dezavantajul este dat de faptul că aceste orizonturi au proprietăți fizice mai puțin favorabile, decât cele superioare, caracterizate de prezența humusului (Ioniță, 2000). Conform autorului citat, în cazul majorității solurilor erodate, din România, densitatea aparentă prezintă valori mai ridicate, ceea ce semnalează o tasare mai puternică, comparativ cu cele neerodate. Ca o consecință a acestui fapt, în cazul solurilor erodate, se înregistrează și o înrăutățire a regimului hidrologic. Valoarea capacității de apă utilă, pe solurile erodate, se poate reduce cu 10 – 30% (Luca, 1971) sau chiar cu 20 – 90% (Miclăuș, 1991), din cauza reducerii infiltrației și creșterii valorii coeficientului de scurgere (Ioniță, 2000). Efectul conjugat al acestor modificări are drept consecință reducerea fertilității solurilor erodate, iar corelat cu aceasta nesiguranța producției de la un an la altul, care ajunge să depindă tot mai mult de repartiția și cantitatea de precipitații din cursul unui an (Ioniță, 2000).

Problemele cauzate de eroziunea solului nu se opresc aici, întrucât un înveliș edafic erodat este mai greu de lucrat de către mașinile agricole. Concret, eroziunea aduce la zi orizonturile inferioare, caracterizate de o textură mai grea sau prezența rocilor mai tari (roca parentală), ceea ce contribuie la creșterea consumului de combustibil, a cheltuielilor și a poluării mediului.

Devine astfel cât se poate de limpede că eroziunea solului este unul dintre principalele procese care contribuie la degradarea învelișului edafic și a mediului înconjurător, fapt semnalat încă de timpuriu (Moțoc et al., 1975). Prezența suprafețelor cu soluri erodate nu este doar rezultatul utilizării cu mijloace moderne a terenurilor, ci efectul unui proces îndelungat, care a debutat o dată cu defrișarea pădurilor, desțelenirea pajiștilor și luarea în cultură a unor astfel de terenuri (Moțoc et al., 1975).

Lucrările de prevenire și combatere a degradării terenurilor, așa cum au fost ele prezentate, în capitolele anterioare, trebuie supravegheate, pentru menținerea unui echilibru între procesele geomorfologice și utilizarea în continuare a terenurilor amenajate, în diverse scopuri. În caz contrar procesele geomorfologice vor avea în continuare posibilitatea de a deveni distructive, atât la adresa lucrărilor, cât și a

terenurilor din proximitate. Ca urmare, una dintre cele mai importante condiții, pentru asigurarea succesului lucrărilor de combatere a degradării terenurilor, este ținerea lor sub observație, întreținerea, exploatarea și reparația lor, până la stingerea proceselor geomorfologice degradante și integrarea suprafețelor respective în circuitul economic.

Prin prevenirea și combaterea degradării terenurilor se urmărește atât reducerea dinamicii proceselor geomorfologice specifice, cât și reintroducerea în circuitul economic a suprafețelor de teren afectate.

Optarea pentru anumite tipuri de lucrări, de prevenire și combatere a degradării terenurilor, și punerea lor în practică se realizează de către specialiști.

Dintre aceștia se remarcă geomorfologii, care au o solidă experiență de teren și laborator. Ei pot fi cu succes angrenați în activități cu impact socio-economic, cum sunt cele referitoare la folosirea rațională a terenurilor agricole, afectate de procese de degradare (Ioniță, 2000).

Pentru succesul lucrărilor de prevenire și combatere a degradării terenurilor, ele trebuie să aibă la bază proiecte bine elaborate. Prin intermediul proiectelor se stabilește, în detaliu, costul și tipul lucrărilor, amplasamentul acestora, materialele necesare (care trebuie procurate și pregătite la timp), uneltele, personalul executant, precum și intervalul sau anotimpul în care trebuie realizate etapizat. La acestea se adaugă apoi indicații referitoare la întreținerea, protecția și paza lor.

Cu toate acestea, aplicarea măsurilor de combatere a degradării terenurilor se dovedește de cele mai multe ori complexă și dificilă sub aspectul proiectării, amenajării, dar mai ales al exploatării. Combaterea degradării terenurilor fiind un proces complex, care se extinde pe mai mulți ani necesită pricepere și perseverență, din partea celor care execută lucrările.

Trebuie avut în vedere că, lucrările de combatere a degradării terenurilor o dată realizate, să fie armonios integrate în teritoriu, pentru a nu crea dezechilibre și pentru a nu pune sub semnul întrebării utilitatea lor. Cu alte cuvinte, intervenția antropică, la nivelul terenurilor degradate, trebuie realizată în limitele posibilităților de absorbție a energiei specific proceselor geomorfologice. Nerespectarea acestor cerințe poate conduce la rupturi majore de echilibru, precum și generarea unor procese radicale de readaptare (Filip, 2008a) a reliefului la noile condiții de mediu.

Amenajările sporadice și incomplete conduc de cele mai multe ori la rezultate parțiale, fără ca problema să fie obiectiv rezolvată.

Din astfel de rațiuni, măsurile de combatere a degradării terenurilor trebuie aplicate progresiv, în funcție de ierarhizarea cauzelor, de evoluție și de consecințele fiecărui proces geomorfologic cu efect degradant. Cea mai eficientă este tratarea spațială diferențiată, pornind de la parcele cu suprafețe reduse și apoi o asamblare a lor în cadrul unor suprafețe mai extinse (Loghin, 1996).

Ideal este să fie necesare doar măsuri de prevenire a proceselor geomorfologice, adică intervenții care să acționeze nu asupra efectelor, ci asupra cauzelor care conduc la degradarea terenurilor. Ca urmare, accentul se va pune pe detectarea condițiilor de geneză și a cauzelor, până la cele mai fine detalii, făcând astfel posibilă cunoașterea potențialului de degradare a diferitelor tipuri de terenuri și a probabilității de reactivare a unor procese geomorfologice mai vechi (Loghin, 1996), cum ar fi alunecările de teren.

În urma experienței acumulate s-a ajuns la concluzia că unele lucrări, chiar dacă nu sunt de amploare sunt foarte eficace în prevenirea degradării terenurilor. În categoria acestora pot fi menționate: aratul suprafețelor înclinate de-a lungul curbei de nivel, amplasarea culturilor în fâșii (plantele prășitoare, care expun cel mai mult solul la eroziune se cultivă alternant cu alte tipuri de culturi, care prin înrădăcinare adâncă fixează și acoperă mult mai bine solul; se pot menționa în acest sens mazărea fasolea și soia), evitarea monoculturii etc.

Alte lucrări, cum sunt cele de realizare a agroteraselor, cu toate că sunt mai costisitoare, se amortizează într-un timp relativ scurt, iar dacă sunt întreținute corespunzător sunt în măsură să prevină degradarea terenurilor zeci de ani.

Măsurile de prevenire și combatere a degradării terenului trebuie aplicate integrat, în sensul că scurgerea torențială, favorizează, de exemplu, atât eroziunea solului, cât și alunecările de teren. Ca urmare, pe terenurile degradate, de mai multe procese geomorfologice, trebuie intervenit pentru combaterea fiecăruia dintre acestea. Din acest motiv, eficiența măsurilor de combatere a degradării crește pe terenurile unde organizarea și amenajarea spațiului s-a realizat unitar și pe suprafețe cât mai mari, de talia bazinelor hidrografice. Doar o astfel de tratare a problematicii degradării terenurilor poate fi de succes și se poate realiza cu cheltuieli minime.

Toate lucrările de prevenire și combatere a degradării terenurilor trebuie realizate în strânsă corelație cu celelalte tipuri de intervenție antropică, cum ar fi, de exemplu, realizarea de noi ansambluri rezidențiale, căi ferate, autostrăzi, drumuri, platforme industriale etc. Doar în acest mod se poate utiliza fiecare parcelă de teren fără ca ea să fie scoasă din echilibru. În același timp, prin metode eficiente de combatere a degradării terenurilor, chiar și cele mai afectate terenuri, de către procesele geomorfologice, pot fi amenajate și incluse în circuitul utilizării terenurilor, ceea ce va contribui la dezvoltarea comunităților locale.

În multe situații lucrările de combatere a degradării terenurilor, raportat la valoarea investițiilor necesare, produc destul de puține bunuri directe, cum sunt de exemplu plantațiile de arbori (Bădescu, 1972). Ceea ce contează însă, în astfel de situații nu sunt bunurile pe care le produc, ci pagubele pe care le evită (Bădescu, 1972).

Eficiența lucrărilor și randamentul lor de protecție sunt maxime imediat după realizare. Ulterior ele scad urmând o curbă descendentă, tinzând către zero în situația

lucrărilor din lemn, care se putrezesc, sau se reduc la o constantă în cazul lucrărilor din zidărie, care având o durată lungă, își îndeplinesc funcțiile în continuare (Bădescu, 1972).

În cazul plantațiilor forestiere eficiența și randamentul economic și de protecție are valori mici imediat după plantarea puieților, când ei înșiși au nevoie de protecție, contra dăunătorilor, dar crește de la an la an, pe măsură ce ele ajung la stadiul de pădure matură.

Cu toate acestea, investițiile aferente lucrărilor de prevenire și combatere a degradării terenurilor sunt din categoria celor care pot genera efecte economice anuale și pe termen lung. Efectele economice a investițiilor de acest gen pot reprezenta venituri nete, atunci când investițiile aduc bani (din vânzarea de fructe de pădure, ciuperci, miere, polen etc.), sau pot fi din categoria economiilor financiare, dacă prin investițiile făcute se reduc ulterior diverse tipuri de cheltuieli (repararea drumurilor, decolmatarea terenurilor, albiilor și a lacurilor de acumulare, drenarea excesului de apă de pe unele terenuri etc.).

În contextul actualelor modificări ale compoziției atmosferei, și mă refer aici la creșterea cantității de CO₂, din cauza arderii combustibililor fosili (cărbune, petrol, gaz metan etc.), precum și a masei lemnoase, împădurirea terenurilor degradate de către procesele geomorfologice constituie o modalitate de stocare a bioxidului de carbon.

În aceeași ordine de idei, chiar dacă pe măsura dezvoltării societății și a creșterii numărului de locuitori pădurea nu mai poate ocupa aceleași suprafețe, ca în urmă cu două-trei secole, multe terenuri degradate sau susceptibile la procese geomorfologice au nevoie de protecția învelișului vegetal forestier.

Pentru ca suprafața ocupată de terenuri degradate să nu se extindă, o atenție deosebită trebuie acordată noilor amplasamente pentru construcții rezidențiale, căi de comunicații, platforme industriale, depozite pentru bunuri etc., care nu trebuie edificate pe terenuri susceptibile la procese geomorfologice.

Prevenirea și combaterea degradării terenului, de către procesele geomorfologice, devine astfel o obligație de o importanță deosebită atât pentru specialiști, cât și pentru cei care dețin terenurile.

Iată așadar suficiente motive pentru ca terenurile din România sau din alte țări să fie valorificate economic ținând cont de măsurile de prevenire și combatere a degradării lor, prezentate în această lucrare. Pentru atingerea acestui obiectiv este necesar să existe fonduri și preocupări atât din partea specialiștilor, cât și a celor care dețin și utilizează terenurile în diverse scopuri. Nu trebuie uitat că folosirea rațională a suprafeței terestre are o deosebită importanță economică și de mediu.

SUMMARY

PREVENTION AND CONTROL GEOMORPHOLOGICAL PROCESSES THAT DEGRADE LAND

Key words: geomorphological processes, landform genesis, applied geomorphology, anthropogenic activities, degraded land, accelerated erosion, soil erosion, land improvements, slope, pluvial erosion, gully erosion, landslides, channel, meandering, coastal area, abrasion, cliff, beach, periglacial, avalanche, permafrost, solifluction, thermokarst, dune, sandstorm, anthropogenic relief, erosion prevention, erosion control, development of degraded lands.

Foreword

Geomorphological processes are responsible for the formation of landforms on the Earth's surface. These landforms, as well as the processes that generate them, are extensively presented and classified in geomorphology courses and treatises. This enables students and specialists to acquire fundamental concepts regarding the genesis and evolution of relief. Furthermore, geomorphology literature teaches us that the manifestation of specific processes leads to land degradation, which is why actions and measures to prevent and control them are necessary.

Up to this point, everything seems correct and sufficient, although references to the prevention and control of land degradation, as well as relevant examples, do not reflect the true importance of this issue.

For this reason, geomorphology courses should be supplemented by a work that, alongside geomorphological processes, also presents the necessary measures and actions to prevent and control them when required.

Otherwise, students may be left with the impression that little can be done in this regard—but, as the documentary *HOME* states, it is already too late to be pessimistic. Here, I refer to the millions of square kilometers already degraded by geomorphological processes, as well as their annual expansion rate, as human activities continue to deforest, clear new land, and constantly alter land use.

Beyond listing and presenting measures and actions to prevent and control land degradation, this work aims to raise awareness that such measures exist and can be successfully applied - provided they are appropriately designed and maintained.

In fact, we can be confident that geomorphological processes that degrade land can be steered toward a controlled reduction of their impact.

Based on these considerations, the work entitled **Prevention and Control of Geomorphological Processes That Degrade Land** is structured into 11 chapters, along with conclusions, a summary, and a bibliography.

This structure primarily targets students, as it represents a substantial part of the course materials used in the discipline *Applied Geomorphology* (taught at the master's level within the Faculty of Environmental Science and Engineering at Babeș-Bolyai University), and secondarily, readers interested in learning about geomorphological processes that degrade land and the measures and actions that can be taken to prevent and control them.

1. Geomorphological processes and modeling domains

Geomorphological processes represent specific manifestations of agents that shape the Earth's crust. The interaction between these agents and the geological or soil substrate initiates processes that, in turn, result in a series of physical, chemical, and biological changes, ultimately leading to the formation of landforms.

The processes that generate landforms can be classified based on numerous criteria, one of the most significant being their origin and location of occurrence—or more specifically, the nature of the factor responsible for their development. In this regard, we distinguish between endogenic processes (resulting from internal morphogenetic factors) and exogenic processes (sustained by external morphogenetic factors).

Exogenic geomorphological processes act upon pre-existing morphology and, depending on the shaping agent, lead to the development of the main types of relief: fluvial, coastal, glacial, periglacial, aeolian, and anthropic. Each of these types is objectively associated with a specific geomorphological **modeling domain**.

Although geomorphological agents and processes may appear to act independently, they are in fact interrelated and cooperate in the formation of landforms within a given territory—conceptually forming what are known as modeling domains. In this context, other related terms are also used, such as: morphogenetic environment, modeling system, and morphogenetic system.

Understanding the defining features of geomorphological agents and processes enables the identification of the following modeling domains: fluvial, coastal, glacial, periglacial, aeolian, and anthropic. Each of these domains contain numerous landforms that, through their genetic characteristics, confirm their affiliation - hence the terms: fluvial relief, coastal relief, glacial relief, periglacial relief, aeolian relief, and anthropic relief. In addition, within each modeling domain, specific geomorphological processes can be identified that - particularly in the presence of human activities - can contribute to land degradation.

It is precisely this anthropogenic intervention in the natural functioning of geomorphological processes and the harmonious development of landforms - often

driven by land modification and changes in land use - that leads to land degradation. Such issues, being both highly relevant and objectively measurable, will be explored in the following chapters. Although these processes are numerous and vary in their contribution to land degradation, particular attention will be given to those with the most intense manifestations, those that affect extensive areas, and those that result in the most significant damage.

2. Human activities and geomorphological processes that degrade land

The presence of humans as a geomorphological agent, with both direct processual action (e.g., the genesis of anthropic relief) and indirect influence (e.g., altering the dynamics of geomorphological processes generated by other morphogenetic agents), has become increasingly evident over the past two centuries. During this time, human settlements have expanded, alongside a growing population and increasing resource needs.

In the context of this work, beyond anthropic activities that result in specific landforms, special attention is paid to the implications of human activities on the development of geomorphological processes driven by other agents, which may be either stimulated or inhibited (Blaga et al., 2014). What is certain is that human intervention in morphogenesis has intensified alongside technological development, which has enabled increasingly efficient means of modifying the soil and geological substrate.

Human activities that degrade land are present within every modeling domain and become more evident and frequent where land use changes abruptly—from natural to anthropized systems.

Among the anthropic activities that alter the dynamics of processes driven by other geomorphological agents, the most notable are: deforestation, grassland clearing, plowing perpendicular to contour lines, expansion of agricultural crops, river channelization and hydraulic engineering works, gravel extraction, open-pit mining, industrial activities, the emergence and expansion of settlements, and the development of transport infrastructure.

The scale of human intervention in morphogenesis clearly shows that humans have become a significant geomorphological agent, whose impact has, in some places, increased exponentially in parallel with societal development. Thus, we have transitioned from modest interventions during times when humans were primarily hunters and gatherers to radical landscape transformations as they became warriors, farmers, and industrialists. At the same time, by becoming aware of the impacts on the land, humans have also become researchers, proposing solutions in the form of measures to prevent and control geomorphological processes (Roșian, 2017).

Geomorphological processes that degrade land. In general, geomorphological processes follow a natural course, as long as they are not influenced by human activity.

However, this balance can change significantly when humans intervene through specific land use practices. Such interventions disturb existing geomorphological equilibriums, leading to shifts in process dynamics and ultimately to land degradation.

Among the geomorphological processes that degrade land due to human intervention, the following will be detailed in the chapters to come: slope runoff, landslides, processes that degrade riverbeds, processes that degrade coastal relief, avalanches, permafrost thawing, aeolian processes, and processes that degrade anthropic landforms. Each of these is an integral part of one or more modeling domains (fluvial, coastal, glacial, periglacial, aeolian, and anthropic), as they have been shaped through the interaction of agents, processes, and geomorphological mechanisms. It becomes clear that there is practically no modeling domain where human presence, and the goods and activities through which humans interact with the Earth's crust, are absent.

Thus, it is confirmed that through unprecedented intervention in morphogenesis, humans have become a true geomorphological agent, playing a key role in altering the morphology of the Earth's surface. Through changes in land use - particularly deforestation and the clearing of grasslands over millions of hectares, as has especially occurred in the last century - humans have not only created favorable conditions for land degradation, but have also contributed to the amplification of **Climate Change**.

3. Prevention and control of slope runoff

The interaction of water with the geological substrate and soil begins as soon as it reaches the Earth's surface in the form of precipitation. A portion of this water - specifically the part that neither evaporates nor infiltrates - flows downslope due to gravity, generating a series of landforms, notably: rills, gullies, ravines, and torrents.

To **prevent runoff on sloped surfaces**, and specifically to avoid the formation of these landforms, several measures and actions are necessary. These include performing agricultural works and planting crops along contour lines, establishing strip cropping, rotating crops, and using grassed buffer strips. Additionally, runoff should be directed and managed through proper drainage systems such as side channels, spillways, drainage ditches, and collecting pits. The proper placement of access and technical roads is also essential, along with morphological modifications of slopes - such as constructing earth embankments, terracing agricultural land, and reshaping the land surface. Furthermore, the use of forest vegetation is recommended as a land management strategy in areas prone to erosion caused by surface runoff.

Controlling slope runoff becomes necessary when preventive measures have not been previously implemented. Among the landforms that most often require specific intervention through land management schemes, ravines and torrents stand out due to their intensity and impact. The works carried out to address these forms, in alignment with

the characteristics of torrential landforms, fall into four main categories: interventions in the reception basin, interventions at the head of the formation, interventions along the drainage network, and interventions in the flood discharge perimeter.

4. Prevention and control of landslides

Landslides belong to the category of mass movements. They particularly affect materials that have already been weathered or altered by other geomorphological processes, such as the undermining of a slope by a river flowing at its base. Due to the areal extent of the landslide process, the affected land surfaces can, in some cases, cover tens or even hundreds of hectares. For this reason, it is essential to implement measures and actions aimed at their prevention and control.

The prevention of landslides focuses initially on eliminating the influence of the causal and conditional factors of the geomorphological process, followed by the improvement and appropriate utilization of the stabilized land (Băloiu, 1980). Therefore, landslide prevention requires interventions that restrict the infiltration of precipitation water, reduce the influence of groundwater, provide support for unstable soil masses, and include afforestation activities, among others.

Landslide control involves a series of actions aimed at managing the land affected by such geomorphological processes. The primary measures applied in this context include prohibiting the construction of buildings, the development of transportation routes, and the establishment of water intake and storage systems. Additionally, interventions such as land surface modeling and leveling, the construction of open channels and drainage systems to intercept water from precipitation and springs, and the implementation of structures that support unstable slopes - such as retaining walls, counter benches, and anchors - are commonly used. Afforestation of the stabilized areas also plays a key role in long-term control.

5. Prevention and control of riverbed degradation

One of the most important geomorphological agents that shape the Earth's crust is the water flowing through riverbeds. Because the processes of erosion, transport, and accumulation that occur within riverbeds do not always act uniformly - especially due to human intervention - they often contribute to land degradation.

Riverbed degradation occurs through both erosion processes, which affect the banks and the alluvial bed, and sedimentation processes, which can impact not only parts of the riverbed but also the surrounding floodplain.

The prevention of riverbed degradation relies on technical schemes that include two categories of interventions: direct protection (such as bank reinforcements using compacted earth, wattle, stone, or concrete) and indirect

protection (such as groynes, guiding dikes within the minor riverbed, and riverbed sills). Vegetative reinforcement of riverbanks can also be added to these approaches.

Controlling riverbed degradation involves the application of river regulation schemes. River regulation can be carried out either locally - at confluences and bifurcations - or over longer sections, particularly when channel corrections are needed, such as cutting through meandering stretches. River regulation involves the use of construction elements such as fascines, mattress works, gabions, prefabricated concrete structures, and retaining walls. The main types of river regulation structures include groynes, longitudinal guiding dikes, crossbars, bottom sills, and dams.

6. Prevention and control of coastal relief degradation

The geomorphological agent that interacts with the geological substrate along the shores of seas and oceans is, once again, liquid water. The processes of erosion, transport, and accumulation generate a range of landforms that can become degraded - such as beaches, coastal bars, or cliffs. In recent years, the degradation of these landforms has intensified due to changes in wave and current circulation patterns caused by human activity.

Preventing coastal relief degradation is a considerably more complex endeavor, as it is also influenced by anthropic activities occurring hundreds or even thousands of kilometers away. This includes both the increased sediment supply reaching certain coastal sectors—resulting from deforestation, land clearing, and agricultural exploitation—and the reduced sediment discharge from river basins where dams, reservoirs, and complex navigation systems have been established.

For example, the construction of dams behind which sediment is stored—sediment that would otherwise reach coastal zones or deltas and contribute to the development of depositional landforms while dissipating wave and current energy—can ultimately lead to the degradation of existing coastal features.

At the same time, disruption to geomorphological processes can also originate directly from the shoreline when ports, pile-supported structures such as outer harbors, protective seawalls, dikes, navigation channels, artificial islands and peninsulas, or tourist developments are constructed.

Under such conditions, measures to prevent the degradation of landforms within the coastal domain include both direct actions, such as preserving natural vegetation and maintaining land use patterns that do not conflict with existing relief, and indirect actions, such as reducing reservoir sedimentation and mitigating the effects of global warming and climate change.

Controlling coastal relief degradation involves the management of landforms threatened by specific geomorphological processes—primarily erosion. For instance, combating the degradation of beaches and coastal bars requires both structural

interventions (such as dikes, concrete walls, and gabions) and beach nourishment through sand replenishment. Cliff degradation can be mitigated using retaining walls, dikes, piles, anchors, drainage channels, protective netting, and vegetation.

7. Prevention and control of avalanches

Avalanches, considered both a hydrological process (involving the movement of water in solid form across sloped surfaces) and a geomorphological process (entailing the transport of rocks, the formation of avalanche corridors, and the development of nival moraines), occur in several modeling domains, including glacial, periglacial, and fluvial.

Avalanches can have serious consequences, including the creation of specific landforms, as well as causing significant damage and even casualties.

Avalanche prevention becomes feasible when such processes are triggered regularly under similar orographic, climatic, and land use conditions. The main preventive measures involve prohibiting tree felling and deforestation, avoiding the dragging of materials such as hay or logs across slopes, and minimizing loud noises like shouting or gunfire, which can destabilize snow layers. Additional preventive efforts include afforestation of areas prone to snow displacement, the planting of trees along avalanche corridors, and the establishment of protective belts. Structures that divert wind-blown snow toward zones where accumulation does not trigger avalanches—such as forested or well-consolidated rocky areas—are also essential. These interventions are complemented by snow-stopping and stabilization works designed to reduce the snowpack's mobility and energy (Bădescu, 1972).

The main goal of **avalanche control** is to eliminate the conditions that enable their occurrence. Where this is not possible, the objective shifts toward minimizing the resulting damage. Control works vary depending on the area affected, as outlined by Pudasaini and Hutter (2007). On snow-blowing surfaces, these measures may include afforestation, the installation of deflecting elements, terracing, and the construction of stabilization and diversion walls. On snow accumulation surfaces, interventions often consist of afforestation and roof-type structural elements that redirect snow. In avalanche corridors, commonly used structures include earth mounds, cones, braking poles and frames, earthen dikes, stone walls, and stopping dams. In addition, direct defense works - such as deflecting towers and barriers made of stone or reinforced concrete - are implemented to intercept or redirect avalanche flows.

8. Prevention and control of permafrost thaw effects

Permafrost is closely tied to the environmental conditions found in the Periglacial Domain, which is why it is often considered synonymous with geomorphological modeling in this region.

Land degradation resulting from permafrost thaw is caused by changes affecting the active layer - this is the layer above the permanently frozen ground that thaws on a daily, seasonal, or multi-year basis. The most severe problems occur when this thawing layer thickens progressively from year to year due to climate change and is further disturbed by human activities taking place on the surface.

Preventing the effects of permafrost thaw is a complex task because, in addition to local causes, external factors beyond the Periglacial Domain also play a significant role. These include variations in temperature and snowfall associated with global warming and climate change. As such, preventive measures generally focus on reducing the impacts of global warming and prohibiting changes in land use that may intensify the thawing process.

Combating the effects of permafrost thaw is essential, as vast areas of the Arctic are being degraded by this process. The most severely affected lands are those that have been developed for various human uses. Among the elements requiring protection are residential buildings, public service infrastructure, transportation networks, industrial facilities, and hydrocarbon transport systems and installations.

The efforts required to mitigate the effects of permafrost thaw fall into the category of engineering interventions. These measures must address ground subsidence caused by thawing, surface uplift due to freezing (also known as frost heave), and the presence of liquid water in environments that are only stable when the water remains frozen.

To reduce damage caused by human activity, regulatory procedures and geotechnical methods have been applied to minimize surface disruption and to preserve the thermal balance of the permafrost. The first regions where such measures were implemented include northern Canada and Alaska.

9. Prevention and control of aeolian processes

In the context of this work, particular importance is given to the movement and accumulation of sand and dust over land located near regions where aeolian modeling is dominant. Special attention is also paid to sandy or mobile sand-covered areas in the temperate zone, such as those found in Romania, Hungary, Italy, Spain, France, and Denmark.

The prevention of aeolian processes should be implemented only in areas where anthropic objectives or activities are affected, rather than attempting interventions across the Earth's vast desert regions. In this sense, preventive measures are necessary only where wind-eroded and transported sands accumulate on land used for agriculture, along transport routes, or within inhabited zones. This gives rise to two distinct categories of degraded land: areas where sand and the sandy

soil beneath it are eroded and blown away, and areas where the transported material is ultimately deposited.

In cases such as those observed in Romania, interventions should be undertaken only in zones where wind-blown sands pose actual problems - that is, on sandy terrains and adjacent lands where these sediments tend to accumulate. To stabilize such sands, the use of forest and herbaceous vegetation is generally recommended.

The control of aeolian processes is carried out through various sand fixation techniques, including the installation of sand barriers, low fences, branch coverings, and geotextile layers. These efforts are typically combined with the use of vegetation - whether forest species, shrubs, or grasses - provided that climatic conditions are favorable to plant growth.

10. Prevention and control of anthropic relief degradation

As a result of the interaction between humans and the geological substrate, numerous landforms have been created, such as spoil tips, leveled areas developed for various purposes, artificial slopes, dikes, and similar structures. In the absence of proper development or maintenance, these anthropic landforms are vulnerable to degradation caused by geomorphological processes.

Preventing the degradation of anthropic relief typically involves covering the surface with soil and establishing plantations using forest, shrub, or herbaceous species. When this is not feasible—due to the functional requirements of the relief - its surface must be reinforced using prefabricated elements made of concrete or stone, asphalt, reinforced concrete, or other durable materials.

The need to combat anthropic relief degradation becomes more urgent when the surface is insufficiently protected by soil, vegetation, or durable structural materials such as wood, stone, asphalt, or concrete. To stop further degradation, afforestation and grassing of these landforms are essential. Over time, vegetation and soil function as a protective membrane, mediating between the material composition of the anthropic forms and the external geomorphological agents acting upon them.

The use of vegetation to stabilize anthropic landforms contributes to enhancing the natural appearance of the landscape, even in areas characterized by intensive human land use. In cases where vegetation cannot be applied effectively, the stabilization of anthropic landforms is recommended through the use of asphalt, concrete, or various prefabricated elements made of stone and synthetic materials.

11. Maintenance, Protection, and Safeguarding of Works for the Prevention and Control of Land Degradation

After their implementation, in order to fulfill the functions for which they were designed, the works aimed at preventing and controlling geomorphological processes must be properly maintained, protected, and safeguarded. These interventions are particularly critical during the initial years following construction, when the substrate remains highly susceptible to geomorphological dynamics. Without such actions, the benefits achieved through costly investments gradually diminish over time.

Although maintenance and protection efforts entail additional expenses, they are vital for ensuring the long-term effectiveness of land degradation prevention and control measures. In the absence of consistent maintenance, protection, and surveillance, the costs associated with fully restoring anti-degradation infrastructure and reestablishing forest plantations will be significantly higher than in cases where timely and preventive actions are taken.

Conclusions

I believe that the information presented in the previous chapters offers compelling arguments that the prevention and control of geomorphological processes responsible for land degradation must not be postponed. Although it is a challenging endeavor, it must be implemented without hesitation, precisely to minimize damage and reintegrate land affected by various geomorphological processes into productive use.

The issue of land degradation is of great relevance both globally and within Romania. Each nation approaches this issue differently, depending on the financial resources available and the priorities of its future economic development.

A comprehensive assessment of the damage caused by geomorphological processes is difficult to achieve, as many of these processes are overlooked in national, continental, or global evaluations. Nevertheless, observations in the field and analyses using satellite imagery reveal that the degradation they cause results in considerable losses. The most affected lands are agricultural areas, followed closely by zones associated with road and rail infrastructure.

To prevent the further expansion of degraded land, special attention must be paid to the selection of locations for future residential developments, transportation networks, industrial platforms, storage facilities, and other infrastructure. Such developments should not be situated on land that is vulnerable to geomorphological processes.

BIBLIOGRAFIE

- Abagiu, P. (1972), *Cercetări privind capacitatea de reținere a arboretelor de pin din bazinele hidrografice torențiale*, Teză de doctorat, Universitatea Brașov.
- Abagiu, P., Munteanu, Șt., Gaspar, R. (1973), *Cercetări asupra rolului hidrologic al pădurii în bazinele hidrografice mici*, Institutul de cercetări și amenajări silvice, vol. XXXIX, Editura Ceres, București.
- ACIA (2005), *Arctic Climate Impact Assessment*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Allmand, W. (1976), *Guidelines for scientific activities in northern Canada*, Advisory Committee for Northern Development, Department of Indian Affairs and Northern Development, Ottawa, Ministry of Supply and Services, catalogue no. L 2-47.
- Allen, G. H., Pavelsky, T. M. (2018), *Global extent of rivers and streams*, Science, 361.
- Allenbach, K., Garonna, I., Herold, C., Monioudi, I., Giuliani, G., Lehmann, A., Velegrakis, A. F. (2015), *Black Sea beaches vulnerability to sea level rise*, Environ. Sci. Pol. 46.
- Alessio, P., Keller, E. A. (2020), *Short-term patterns and processes of coastal cliff erosion in Santa Barbara, California*, Geomorphology, 353.
- Alexandrov, B. G. (2015), *Artificial reefs as a means of improving the state of aquatic ecosystems: tendencies for organization, experience of the Black Sea countries*, în P. Tzvetkov, P. Todorov (editori), Research and Restoration of the Essential Filters of the Sea - REEFS, Project Research Digest, Bulgarian Biodiversity Foundation.
- A.N. Apele Romane, Administratia Bazinală de Apă Dobrogea – Litoral (2012), *Master Plan Protecția și reabilitarea zonei costiere*, Halcrow Romania S.R.L.
- Andre, M. F., Anisimov, O. (2009), *Tundra and permafrost-dominated taiga*, în O. Slaymaker, T. Spencer, C. Embleton-Hamann (editori), Geomorphology and global environmental change, Cambridge University Press, Cambridge.
- Andreadis, O., Chatzipavlis, A., Hasiotis, T., Monioudi, I., Manoutsoglou, E., Velegrakis, A. (2021), *Assessment of and Adaptation to Beach Erosion in Islands: An Integrated Approach*, J. Mar. Sci. Eng., 9.
- Anghel, T. (2009), *Strategii de reabilitare a reliefului antropic generat de exploatarea miniere. Studiu de caz: Bazinul Motru*, teză de doctorat, Facultatea de Geografie, Univ. Babeș-Bolyai, Cluj-Napoca.
- Anisimov, O. (2005), *Permafrost*, în M. Nuttall (editor), Encyclopedia of the Arctic, Routledge, New York.

- Anisimov, O., Fitzharris, B., Hagen, J. O., Jeffries, R., Marchant, H., Nelson, F. E., Prowse, T., Vaughan, D. G. (2001), *Polar regions (Arctic and Antarctic)*, Climate Change: Impacts, Adaptation, and Vulnerability, the Contribution of Working Group II of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Third Assessment Review, Cambridge University Press, Cambridge.
- Arghiuș, V. I., Arghiș, C., Ozunu, Al., Nour, E., Roșian, Gh., Muntean, L. (2011), *The relation between the landslide activity and irregular rainfall and snowmelt in the Codrului Hills, Romania*, Environmental Engineering and Management Journal, vol. 10, no. 1.
- Arnold, J. C., Alston, S. M. (2012), *Life cycle assessment of the production and use of polypropylene tree shelters*, J. Environ. Manag., 94.
- Arghiriade, C., Abagiu, P., Ceuca, G. (1960), *Contribuții la cunoașterea rolului hidrologic al pădurii*, ICEF, seria I., vol. XX, Editura Agrosilvică, București.
- Arp, C. D., Jones, B. M., Urban, F. E., Grosse, G. (2011), *Hydrogeomorphic processes of thermokarst lakes with grounded-ice and floating-ice regimes on the Arctic coastal plain, Alaska*, Hydrological Processes, vo. 24, issue, 15.
- Atkinson, T.C. (1978), *Techniques for measuring subsurface flow on hillslopes*, în M. J. Kirkby, (editor), Hillslope Hydrology, John Wiley & Sons, Chichester.
- Baker, T. H. W., Goodrich, L. E. (1990), *Heat-pump chilled foundations for buildings on permafrost*, Geotechnical News, 8(3).
- Bagnold, R. A. (1941), *The Physics of Blown Sand and Desert Dunes*, William Morrow and Co., New York.
- Bally, R.J., Stănescu, P. (1977), *Alunecările și stabilizarea versanților agricoli*, Editura Ceres, București.
- Banno, M., Nakamura, S., Kosako, T., Nakagawa, Y., Yanagishima, S., Kuriyama, Y. (2020), *Long-Term Observations of Beach Variability at Hasaki, Japan*, J. Mar. Sci. Eng., 8, 871.
- Bauling, H. (1956), *Vocabulaire franco-anglo-allemand de Géomorphologie*, Les Belles Lettres, Paris.
- Băcăuanu, V., Donisă I., Hârjoabă, I. (1974), *Dicționar geomorfologic cu termeni corespondenți în limbile: franceză, germană, engleză și rusă*, Editura Științifică, București.
- Bădescu, Gh. (1972), *Ameliorarea terenurilor erodate. Corectarea torenților. Combaterea avalanșelor*, Editura Ceres, București.
- Băloi, V., Ionescu, V. (1986), *Apărarea terenurilor agricole împotriva eroziunii, alunecărilor și inundațiilor*, Editura Ceres, București.
- Băloiu, V. (1980), *Amenajarea bazinelor hidrografice și a cursurilor de apă*, Editura Ceres, București.
- Bălțeanu, D. (1983), *Experimentul de teren în geomorfologie*, Editura Academiei R. S. România, București.

- Bălțeanu, D., Taloescu, Iuliana (1978), *Asupra evoluției ravenelor. Exemplificări din dealurile și podișurile de la exteriorul Carpaților*, SC GGG, seria Geografie, t. XXV.
- Bălțeanu, D., Șerban, M. (2005), *Modificările globale ale mediului. O evaluare interdisciplinară a incertitudinilor*, Editura CNI Coresi, București.
- Bechet, S., Neagu, Ileana, (1975), *Amenajarea și exploatarea antierozională a terenurilor în pantă*, Editura Scrisul românesc, Craiova.
- Belchansky, G. I., Douglas, D. C., Platonov, N. G. (2004), *Duration of the arctic sea ice melt season: regional and interannual variability, 1979–2001*, Journal of Climate, 17.
- Berger, A. R., Iams, W. J. (1996), *Geoindicators: Assessing Rapid Environmental Changes in the Earth System*, Rotterdam, Balkema.
- Bertouille, H. (1973), *Resolution simple de problemes de thermo-cinetique dans les sols (Application a la crioclastie)*, Biul. Perigl., 22.
- Bertrand, F. (2014), *The Arcachon Bay Estuary: A “Collage” of Landscapes*, în M. Fort, M.-F. André (editori), *Landscapes and Landforms of France*, Springer Science+Business Media Dordrecht.
- Best, J. L. (2019), *Anthropogenic stresses on the world’s big rivers*, Nature Geoscience, 12(1).
- Bierman, P. R., Montgomery, D. R. (2013), *Key Concepts in Geomorphology*, W. H. Freeman and Company Publishers, New York.
- Bird, E. C. F. (1986), *Potential effect of sea level rise on the posed on the coast of Australia, Africa and Asia*, în J. G. Titus (editor), *Effects of changes in Stratospheric Ozone and Global Climate*, ENEP/USEPA, Washington DC.
- Bird, E. C. F. (1993), *Submerging Coasts: the Effects of a Rising Sea Level on Coastal Environments*, Wiley, Chichester.
- Bird, E. C. F. (2008), *Coastal Geomorphology. An Introduction*, John Wiley & Sons Chichester.
- Blaga, Gh., Filipov, F., Rusu, I., Udrescu, S., Vasile, D. (2005), *Pedologie*, Editura AcademicPres, Cluj-Napoca.
- Blaga, L., Josan, N., Ilieș, Dorina, Camelia (2014), *Relieful și amenajarea teritoriului*, Editura Universității din Oradea, Oradea.
- Blanco, H., Lal, R. (2010), *Principles of Soil Conservation and Management*, Springer, Dordrecht.
- Blanco-Canqui, H., Lal, R., Owens, L. B., Post, W. M., Izaurralde, R. C. (2005), *Strength properties and organic carbon of soils in the North Appalachian Region*, Soil. Sci. Soc. Am. J, 69.
- Blenesi-Dima, A. (2007), *Tehnici și metode optime de utilizare a materialelor geosintetice în lucrările de îmbunătățiri funciare*, Editura Politehnică, Timișoara.

- Bluck, B. J. (1976), *Sedimentation in some Scottish rivers of low sinuosity*, Trans. Of the Royal Soc. Of Edinburgh, 69.
- Bluck, B. J. (1982), *Texture of gravel bars in braided streams*, în R. D. Hey, J. K. Bathurst și C. R. Thorne (editori), *Gravel – bed rivers: Fluvial Processes, Engineering and Management*, John Wiley and Sons, Chichester.
- Boardman, J. (2006), *Soil erosion science: reflections on the limitations of current approaches*, Catena, 68(2-3).
- Bondar, C., State, i., Roventa, V. (1973), *Marea Neagră în zona litoralului românesc*, Monografie hidrlogică, IMH, București.
- Bondar, C., State, I. (1978), *The Danube River contribution with water and silts to the Black Sea*, Cercetari Marine, IRCM, nr.10, Constanta.
- Borrelli, P., Robinson, D. A., Fleischer, L. R., Lugato, E., Ballabio, C., Alewell, C., Meusburger, K., Modugno, S., Schutt, B., Ferro, V. Bagarello, V., Van Oost, K., Montanarella, L., Panagos, P. (2017), *An assessment of the global impact of 21st century land use change on soil erosion*, Nature Communications, 8(1).
- Bradley, R. (2000), *1000 years of climate change*, Science, 288.
- Bratu, I. A. (2022), *Îmbunătățiri funciare*, Editura Universitară, București.
- Brewer, M. C., (1958), *The thermal regime of an Arctic Lake*, Transactions, American Geophysical Union, 39.
- Brice, J. C. (1964), *Channel Patterns and Terraces of the Loup Rivers in Nebraska. Physiographic and Hydraulic Studies of Rivers*, Geological Survey Professional Paper, 422-d.
- Bridge, J., Demicco, R. (2008), *Earth surface processes*, Landforms and Sediment Deposits, Cambridge University Press, Cambridge.
- Brown, R. J. E. (1970), *Permafrost in Canada: Its Influence on Northern Development*, University of Toronto Press, Toronto.
- Brown, J., Grave, N. A. (1979), *Physical and thermal disturbance and protection of permafrost*, CRREL Report, 79-5.
- Brown, J., Hinkel, K. M., Nelson, F. E. (2000), *The Circumpolar Active Layer Monitoring (CALM) program: research designs and initial results*, Polar Geography, 24.
- Brown, L. R. (1988), *Probleme globale ale omenirii*, Editura Tehnică, București.
- Brown, L. R., Young, J. E. (1990), *Feeding the world in the nineties*, în L. R. Brown, C. Flavin, S. Postel, I. Starke, A. B. Durning, J. Jacobson, M. Rennet, H. F. French, M. D. Lowe, J. E. Young (editori), *State of the World*, Norton, New York.
- Bruce, L. R. (2020), *River dynamics. Geomorphology to support management*, Cambridge University Prees, Cambridge.

- Burn, C. R. (1992), *Recent ground warming inferred from the temperature in permafrost near Mayo, Yukon Territory*, în J. C. Dixon, A. D. Abrahams (editori), *Periglacial Geomorphology*, John Wiley & Sons, Chichester.
- Buta, M. (2017), *Pedologie*, Editura Risoprint, Cluj Napoca.
- Buta, M., Pacurar, I., Paulette, L., Buta, E. (2013), *The assessment of carbon dioxide emissions in the peatlands of the Apuseni Mountains, Romania*, *Journal of Food, Agriculture & Environment* Vol. 11 (3-4).
- Buta, M., Blaga, Gh., Paulette, L., Pacurar, I., Roșca, S., Borsai, O., Grecu, F., Pauliuc, E. S., Negrușier, C (2019a), *Soil reclamation of abandoned mine lands by revegetation in northwestern part of Transylvania: A 40-year retrospective study*, *Sustainability* 11(12).
- Buta, M., Paulette, L., Man, T., Barthă, I., Negrușier, C., Bordea, C. (2019b), *Spatial assessment of soil salinity by electromagnetic induction survey*, *Environmental Engineering and Management Journal* September 2019, vol.18, no. 9.
- Butler, D. (2007), *Zoogeomorphology. Animal as geomorphic agents*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Buzilă, I., Muntean, L. (1997), *Alunecările de teren de la Șaeș (Podișul Hârtibaciului)*, *Comunicări de Geografie*, București.
- Callaghan, T. V., Björn, L., Chernov, Y., Chapin, T., Christensen, T. R., Huntley, B., Johansson, R. I. M., Jolly, D., Jonasson, S., Matveyeva, N., Panikov, N., Oechel, W., Shaver, G., Schaphoff, S. (2004), *Climate change and UV-B impacts on Arctic tundra and polar desert ecosystems*, *Ambio: a Journal of the Human Environment*, 33.
- Campy, M., Macaire, J. J. (1989), *Géologie des formations superficielles. Géodynamique faciès utilisation*, Masson, Paris.
- Carson, M. A., Kirkby, M. (1972), *Hillslope form and process*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Castelle, B., Guillot, B., Marieu, V., Chaumillon, E., Hanquiez, V., Bujan, S., Poppeschi, C. (2018), *Spatial and temporal patterns of shoreline change of a 280-km high-energy disrupted sandy coast from 1950 to 2014: SW France, Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 200.
- Cândescu, A. C., Petrișoia, S., Marin, D., Buga, L., Sîrbu, G., Spănu, A. (2023), *The variability of the beach morphology and the evolution of the shoreline in the strongly anthropized sector of Eforie North, the Romanian Coast of the Black Sea*, *Cercetări Marine*, Vol. 53, no. 1.
- Călinovici, I. (2008), *Îmbunătățiri funciare*, Editura Mirton, Timișoara.
- Cenușă, R. (2002), *Cercetări privind influența pădurii montane în modelarea principalilor parametri meteo-climatici (temperaturi, umiditate atmosferică, precipitații)*, Raport de cercetare, Tema A19/2002, Stațiunea Experimentală de Cultura molidului, Câmpulung Moldovenesc.

- Certan, C. (2018), *Procesul de restabilire naturală a florei pe suprafața haldelor de steril și reconstrucția ecologică a haldelor de steril proaspăt depozitate în cariera „Lafarge Cement” (Moldova) S. A. or. Rezina*, Studia Universitatis moldaviae, Seria Științe reale și ale naturii nr.1(111).
- Certan, C. (2018), *Particularitățile restabilirii ecosistemului petrofit (pe exemplul carierei de calcar „Lafarge Cement” (Moldova) s.a., teză de doctorat*, Universitatea de Stat „Dimitrie Cantemir”, Chișinău.
- Chang, H. H. (1979), *Minimum stream power and river channel patterns*, J. of Hydrology, nr. 41.
- Chapin, F.S., Sturm, M., Serreze, M.C., McFadden, J. P., Key, J.R., Lloyd, A.H., McGuire, A. D., Rupp, T.S., Lynch, A. H., Schimel, J. P., Beringer, J., Chapman, W. L., Epstein, H. E., Euskirchen, E.S., Hinzman, L. D., Jia, G., Ping, C.-L., Tape, K.D., Thompson, C. D. C., Walker, D. A., Welker, J. M. (2005), *Role of land surface changes in arctic summer warming*, Science, 310.
- Charlton, Rosemary (2008), *Fundamentals of fluvial geomorphology*, Routledge, London.
- Chau, C., Paulillo, A., Lua, N., Miodownika, M., Lettieri, P. (2021), *The environmental performance of protecting seedlings with plastic tree shelters for afforestation in temperate oceanic regions: A UK case study*, Science of The Total Environment, volume, 791.
- Chiorescu, Esmeralda, Ionela (2021), *Îmbunătățiri funciare*, Editura Ion Ionescu de la Brad, Iași.
- Chiriac, V., Filotti, A., Manoliu, I. (1980), *Prevenirea și combaterea inundațiilor*, Editura Ceres, București.
- Chirică, I. (1992), *Scurgerea solidă pe fluviul Dunărea cu privire asupra modificărilor survenite după executarea unor lucrări hidrotehnice în bazinul hidrografice*, Lucrările celui de al IV-lea Simpozion Proveniența și Efluența Aluviunilor, Piatra Neamț.
- Chorley, R. J., Schumm, S. A., Sugden, D. E. (1984), *Geomorphology*, Methuen, London.
- Christensen, T. R., Johansson, T., Åkerman, H. J., Mastepanov, M., Malmer, N., Friborg, T., Crill, P., Svensson, B. H. (2004), *Thawing sub-arctic permafrost: effects on vegetation and methane emissions*, Geophysical Research Letters, 31.
- Christiansen, H. H., Etzelmuller, B., Isaksen, K., Juliussen, H., Farbro, H., Humlum, O., Johansson, M., Ingeman-Nielsen, T., Kristensen, L., Hjort, J., Holmlund, P., Sannel, A. B. K., Sigsgaard, C., Åkerman, H. J., Foged, H., Blikra, L. H., Pernosky, M. A., Ødegård, R. S. (2010), *The Thermal State of Permafrost in the Nordic area during the International PolarYear*, Permafrost and Periglacial Processes, 21.

- Church, J. A., Clark, P. U., Cazenave, A., Gregory, J. M., Jevrejeva, S., Levermann, A., Merrifield, M. A., Milne, G. A., Nerem, R. S., Nunn, P. D., Payne, A. J., Pfeffer, W. T., Stammer, D., Unnikrishnan, A. S. (2013), *Sea level change*, în T. F., Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex, P. M. Midgley (editori), *Climate Change 2013: The Physical Science Basis (Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press.
- Cioacă, A. (2006), *Probleme speciale de geomorfologie*, Editura Fundației România de Măine, București.
- Ciuvăț, A. L., Abrudan, I. V., Ciuvat, C. G., Marcu, C., Lorenăț, A., Dincă, L., Szilard, B. (2022), *Black Locust (Robinia pseudoacacia L.) in Romanian Forestry*, Diversity, 14.
- Clayton, K. M. (1989) *Sediment input from the Norfolk cliffs, eastern England: a century of coast protection and its effects*, Journal of Coastal Research, 5.
- Constantinescu, Ș. (2004), *The evoluțion of Cape Midia's shore sector in the period 1883 – 2002*, Revista de Geomorfologie, nr. 6.
- Constantinescu, Ș. (2017), *Soft cliffs retreat under the shadow of three ports on the Southern Romanian Coast*, în Radoane, M., Vespremeanu-Stroe, A. (editori), *Landform Dynamics and Evolution in Romania*, Springer Geography, Switzerland.
- Coppin, N., Stiles, R. (2005), *Ecological principles for vegetation establishment and maintenance*, în R. P. C. Morgan și R. J. Rickson, (editori), *Slope Stabilization and Erosion Control: a Bioengineering Approach*, Taylor & Francis, London.
- Cornaglia, P. (1891), *Sul regime delle spaglie e sulla regolazione dei porti*, Stamperia reale della ditta G. B. Paravia Torino.
- Costard, F. Gautier, E., Brunstein, D., Hammadi, J., Fedorov, A., Yang, D., Dupeyrat, L. (2007), *Impact of the global warming on the fluvial thermal erosion over the Lena River in central Siberia*, Geophysical Research Letters, 34.
- Coteț, P. (1971), *Geomorfologie cu elemente de Geologie*, Editura Didactică și Pedagogică, București.
- Crory, F. E. (1988), *Airfields in arctic Alaska*, în K. Senneset (editor), *Permafrost, Proceedings of the Fifth International Conference on Permafrost, 2–5 August*, Tapir, Trondheim, vol. 3.
- Crory, F. E. (1991), *Construction guidelines for oil and gas exploration in Northern Alaska*, United States Army Corps of Engineers, CRREL, Hanover, New Hampshire, report 91-21.

- Cruden, D. M., Varnes, D. J. (1996) *Landslide types and processes*, în R. L. Shuster și R. J. Krizek (editori), *Landslides: investigation and mitigation*, Transportation Research Board Special Report, 176, National Academy Science, Washington.
- Czudek, T., Demek, J. (1970), *Thermokarst in Siberia and its influence on the development of lowland relief*, Quaternary Research, 1.
- Cui, P. (2022), *The Landslide/Debris Flow and Control Technology in China*, în R. Li, T. L. Napier, S. A. El-Swaify, M. S., E. Rienzi (editori), *Global Degradation of Soil and Water Resources. Regional Assessment and Strategies*, Science Press, Beijing.
- D'Alessandro, L., Davoli, L., Palmieri, E. L., Raffi, R. (2002), *Natural and anthropogenic factors affecting the recent evolution of beaches in Calabria (Italy)*, în R. J. Allison (editor), *Applied Geomorphology*, John Wiley and Sons, Chichester.
- Datsky, N. G. (1935), *Swelling of ground along the railroads under permafrost conditions*, (în rusă), Tr. Kom. Po Izuch. Vech. Merzloty, Acad. Sci. USSR., vol. 4.
- Davidson-Arnott, R. (2010), *Introduction to Coastal Processes and Geomorphology*, Cambridge University Press.
- Depret, T., Gautier, Emmanuele, Hook, Janet, Grancher, Delphine, Virmoux, C., Brunstein, D. (2017), *Causes of planform stability of a low-energy meandering gravel-bed river (Cher River, France)*, *Geomorphology*, nr. 285.
- Derruau, M. (1965), *Precis de geomorphologie*, 4th edition, Masson, Paris.
- Dikau, R., Brunsden, D., Schrott, L., Ibsen, Maia-Laura (1997), *Landslide Recognition: Identification, Movement and Causes*, John Wiley & Sons, Chichester.
- Dixon, J. K. (2013), *Response of Periglacial Geomorphic Processes to Global Change*, în J. Shroder (editor șef), *Treatise on Geomorphology*, vol. 13 (Geomorphology of Human Disturbances, Climate Change, and Hazards), Academic Press Elsevier, San Diego.
- Dirja, M. (2000), *Combaterea eroziunii solului*, Editura Risoprint, Cluj-Napoca.
- Dobrescu, N. (2001), *Managementul lucrărilor de îmbunătățiri funciare*, Editura Ceres, București.
- Doody, J. P. (2005), *Sand dune inventory of Europe*, în J.-L. Herrier, J. Mees, A. Salman, J. Seys, H. Van Nieuwenhuysse, I. Dobbelaere (editori), *Proceedings 'Dunes and Estuaries 2005' – International Conference on Nature Restoration Practices in European Coastal Habitats*, Koksijde, Belgium, 19-23 September 2005 VLIZ Special Publication, 19.
- Doré, D., Beaulac, I. (2007), *Impact de la fonte du pergélisol sur les infrastructures de transport aérien et routier au Nunavik et adaptation*, Rapport No. GCT-2007-14, Ministère des Transports du Québec, Quebec.

- Duma, S. (1998), *Studiul geoecologic al exploatărilor miniere din zona sudică a Munților Apuseni, Munții Poiana Ruscă și Munții Sebeșului*, Editura Dacia, Cluj-Napoca.
- Duma, D., Sîmbotin, A. (1990), *Unele considerații privind influențele antropice asupra transportului aluvionar în Delta Dunării*, Lucrările celui de al III-lea Simpozion Proveniența și Efluența Aluviunilor, Piatra Neamț.
- Eckel, E. B. (1958), *Landslides and Engineering practice*, în E. B. Eckel (editor), A Symposium Highway Research Board, Special Rep., 29, Washington, D. C.
- Edwards, M. E., Walter, K., Grosse, G., Zimov, S., Bartelin, P., Valdes, P., Chapin, F. S. (2007), *Late-Quaternary dynamics of arctic thermokarst lakes contribute feedbacks to deglacial climate warming*, In Proceedings of the 17th INQUA Congress, Sydney, July 2007.
- EUROSION (2002), *Coastal Erosion Indicators Study, Project: Coastal Erosion – Evaluation of the Needs for Action*, Universitat Autònoma de Barcelona Centre d'Estudis Ambientals G.I.M. Geographic Information Management NV.
- Evans, R. (1996), *Soil Erosion and its Impacts in England and Wales*, Friends of the Earth Trust, London.
- Evans, S. G., Mugnozza, G. S., Storm, A. L., Hermanns, R. L., Ischuk, A., Vinnichenko, S. (2006), *Landslides from massive rock slope failure and associated phenomena*, în S. G. Evans, G. S. Mugnozza, A. Strom și R. Hermanns (editori), *Landslide from massive rock slope failure*, Springer, Dordrecht.
- Fahnestock, R. K. (1963), *Morphology and hydrology of a glacial stream: White River, Mount Rainier, Washington*, U. S. Geol. Surv. Prof. Pap., 422-A.
- F.A.O. (1981), *Terminologie în torenți*, F.A.O., Roma.
- Fazakas, P., Ienciu, A., Blenesi-Dima, A. (2006), *Îmbunătățiri funciare*, Editura Erobit, Timișoara.
- Ferguson, R. I. (1993), *Understanding braiding processes in gravel-bed rivers: progress and unsolved problems*, în J. L. Best și C. S. Bristow (editori), *Braided Rivers*, Special Publication of the Geological Society of London, 75.
- Ferrians, O. J., Kachadoorian, R., Green, G. W. (1969), *Permafrost and related engineering problems in Alaska*, United States Geological Survey, Professional paper, 678.
- Filip, S. (2008a), *Depresiunea și Munceii Băii Mari. Studiu de geomorfologie ambientală*, Editura Presa Universitară Clujeană, Cluj-Napoca.
- Filip, S. (2008b), *Starea morfodinamică, hazardele și vulnerabilitatea, geomorfologică în Depresiunea și Munceii Băii Mari*, Riscuri și catastrofe, an VII, nr. 5.
- Filip, S. (2009), *Planning urban*, Editura Presa Univeritară Clujeană, Cluj-Napoca.

- Filip, S., Bilașco, Șt., Vescan, I., Fodorean, I., Roșca, Sanda (2020), *Spatial planning in Alaska: framework, achievements and challenges*, în N. Mărgărit-Mircea, (Editor), *Alaska: From Colonisation to the Present*, Nova Science Publishers, Inc.
- Florea, N. (1979), *Alunecări de teren și taluze*, Editura Tehnică, București.
- Forbes, B. C. (1999), *Land use and climate change on the Yamal Peninsula of north-west Siberia: some ecological and socio-economic implications*, Polar Research, 18.
- Fortier, D., Allard, M., Shur, Y. (2007), *Observation of rapid drainage system development by thermal erosion of ice wedge on Bylot Island, Canadian Arctic Archipelago*, Permafrost and Periglacial Processes, 18.
- Frankl, A., Nissen, J., Vanmaercke, M., Poesen, J. (2020), *Gully prevention and control: Techniques, failures and effectiveness*, Earth Surf. Process. Landforms, 46.
- French, H. M. (2007), *The Periglacial Environment*, third edition, John Wiley & Sons, Chichester.
- Friborg, T., Soegaard, H., Christensen, T. R., Lloyd, C. R., Panikov, N. S. (2003), *Siberian wetlands: where a sink is a source*, Geophysical Research Letters, 30.
- Furon, R. (1967), *Problema apei în lume*, Editura Științifică, București.
- Galgano, F. A., Leatherman, S. P., Douglas, B. C. (2004), *Inlets dominate U. S. East coast shoreline change*, J. Coastal Research.
- Gârbacea, V. (1964), *Alunecările de teren de la Saschiz (Podișul Hârțibaciului)*, Studia Univ. Babeș - Bolyai, Cluj-Napoca, seria Geologie-Geografie, vol. VIII, fasc. 1.
- Gâțescu, P. (1995), *Contributions to the coastal zone management in the Romania sector of the Black Sea*, Rev. Roum. De Geogr, t. 39, București.
- Gâțescu, P., Driga, B. (1984), *Long term evolution of the Black Sea Coast in front of the Danube Delta between Sulina and Sf. Gheorghe arms*, Rev. Roum. De Geographie, 28.
- Gâțescu, P., Driga, B. (2000), *Managementul zonei de coastă masivă cu exemplificări din România*, Analele Universității Spiru Haret, S. Geografie, nr. 3.
- Goci, D. E., Popescu, A.-B., Sîngeorzan, S. M. (2023), *Cercetări privind reușita instalării culturilor forestiere pe haldele de steril din cadrul O.S. Baia Sprie – D.S. Maramureș*, Conferința Tehnico-Științifică a Studenților, Masteranzilor și Doctoranzilor, Universitatea Tehnică a Moldovei.
- Goering, D. J. (2003), *Thermal response of air convection embankments to ambient temperature fluctuations*, Proc. 8th Int. Conf. Perm., Balkema, Lisse, 1.
- Goodrich, L. E., Plunkett, J. C. (1990), *Performance of heat pump chilled foundations*, în H. M. French (editor), *Proceedings, Fourth Canadian Permafrost Conference*, Calgary, National Research Council Canada, Ottawa.
- Gorbunov, A.P., Marchenko, S., Seversky, E. (2004), *The thermal environment of blocky materials in the mountains of central Asia*, Permafrost and Periglacial Processes, 15.

- Goryachkin, Y. N. (2013), *Ukraine*, în E. Pranzini, A. Williams (editori), *Coastal Erosion and Protection in Europe*, Routledge, London.
- Gormuş, T., Ayat, B., Aydoğan, B., Tătui, F. (2021), *Basin scale spatiotemporal analysis of shoreline change in the Black Sea*, *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. No. 252.
- Goudie A. S. (1993), *Human influence in geomorphology*, în *Geomorphology: the Research Frontier and Beyond*, vol. 7, issues 1 – 3, *Proceedings of the 24th Binghamton Symposium in Geomorphology*.
- Goudie, A. S. (2013), *Arid and Semi-Arid Geomorphology*, Cambridge University Press.
- Goudie, A. S., Viles, H. A. (2016), *Geomorphology in the Anthropocene*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Greeley, R., Iversen, J. D. (1985), *Wind as a geological process on Earth, Mars, Venus and Titan*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Grahmann, R. (1932), *Das Alter der Hellerterrasse und der Dünen bei Dresden*, Ein Beitrag zur Geschichte des sächsischen Elbtales - Mitteilungen des Vereins für Erdkunde zu Dresden (N.F.), 6 Abb., Dresden.
- Gray, D. H., Leiser, A. T. (1982), *Biotechnical slope protection and erosion control*, Van Nostrand Reinhold Company, New York.
- Grecu, Florina (2004), *Hazarde şi riscuri naturale*, Ediția a II-a, Editura Universitară, Bucureşti.
- Grecu, Florina (2007), *Glaciologie*, Editura Credis, Bucureşti.
- Grecu, Florina (2018), *Geomorfologie dinamică pluvio-fluvială*, Editura Universitară, Bucureşti.
- Grecu, Florina, Demeter, T. (1997), *Geografie formaţiunilor superficiale*, partea I., Editura Universităţii din Bucureşti, Bucureşti.
- Grecu, Florina, Palmentola, G. (2003), *Geomorfologie dinamică*, Editura Tehnică, Bucureşti.
- Gridina, E., Kovshov, S., Iurevich, V., Borovikov, D. (2024), *Safety improvement in open-pit mines with challenging mining conditions through upgrading avalanche prevention measures*, *Acta Monstanistica Slovaca*, Volume 29 (1).
- Grosse, G., Jones, B., Arp, C. (2013), *Thermokarst Lakes, Drainage, and Drained Basins*, în J. Shroder (editor şef), *Treatise on Geomorphology*, vol. 8 (Glacial and Periglacial Geomorphology), Academic Press, San Diego.
- Gude, M., Dietrich, S., Mausbacher, R., Hauck, C., Molenda, R., Ruzicka, V., Zacharda, M. (2003), *Probable occurrence of sporadic permafrost in non-alpine scree slopes in central Europe*, *Proc. 8th Int. Conf. Perm.*, Balkema, Lisse, 1.
- Guidance Document PД 52.37.659-2004 (2004), *Guidelines for the use of the system of forced descent of avalanches with a gas cannon Gazex*, Hydrometeoizdat.
- Gutierrez, M. (2005), *Climatic Geomorphology*, Elsevier, Amsterdam.

- Haeberli, W. (1985), *An attempt to reconstruct glaciological and climatological characteristics of 18 ka BP. Ice Age glaciers in and around the Swiss Alps*, Z. F. Gletscherk. U. Glazialgeol., 21.
- Haeberli, W., Barry, R., Cihlar, J. (2000), *Glacier monitoring within the global climate observing system*, Annals of Glaciology, 31.
- Haeberli, W., Evin, M., Tenthorey, G., Kensen, H. R., Hoelzle, M., Keller, F., Mühll, D. V., Wagner, S., Pelfini, M., Smiraglia, C. (1992), *Permafrost research sites in the Alps: excursions of the International Workshop on Permafrost and Periglacial Environments in Mountain Areas*, Permafrost and Periglacial Processes, 3.
- Harris, S. A. (1986), *The Permafrost Environment*, Croom Helm, London.
- Harris, C., Arenson, L. U., Christiansen, H. H., Etzelmüller, B., Frauenfelder, R., Gruber, S., Haeberli, W., Hauck, C., Hölzle, M., Humlum, O., Isaksen, K., Kääb, A., Kern-Lütschg, M. A., Lehning, M., Matsuoka, N., Murton, J. B., Noetzli, J., Phillips, M., Ross, N., Seppälä, M., Springman, S. M., Vonder, D. (2009), *Permafrost and climate in Europe: geomorphological impacts, hazard assessment and geotechnical response*, Earth Science Reviews, 92.
- Harry, D. G., McInnes, K. (1988), *The effect of forest fires on permafrost terrain stability, Little Chicago-Travaillant Lake area, Mackenzie Valley, NWT*, Geological Survey of Canada, paper 88-1D.
- Hâncu, C. Dan., Maftei, C. E., Roșu, L., Buta C. (2008), *Combaterea eroziunii solului, deplasări de terenuri și amenajarea râurilor*, Editura Fundației Andrei Șaguna, Constanța.
- Hâncu, S. (1971), *Regularizarea albiilor râurilor mici*, Editura Ceres, București.
- Heginbottom, J. A. (1973), *Effects of surface disturbance upon permafrost*, Environmental-Social Committee Northern Pipelines, Task Force on Northern Oil Development, Information Canada, report 73-16.
- Hengeveld, H. G. (2000), *Projections for Canada's Future Climate*, Meteorological Service of Canada, Environment Canada, Downsview, Ontario.
- Hickin, E. J. (1974), *The development of meanders in natural river channels*, Am. J. Sci., nr. 274.
- Hinkel, K. M., Hurd, J. K. (2006), *Permafrost destabilization and thermokarst following snow fence installation, Barrow, Alaska, USA*, Arctic Antarctic Alpine Research, 38.
- Hinzman, L., Bettez, N., Bolton, W. R., Chapin, F. S., Dyurgerov, M. B., Fastie, C. L., Griffith, B., Hollister, R. D., Hope, A., Huntington, H. P., Jensen, A. M., Jia, G. J., Jorgenson, T., Kane, D. L., Klein, D. R., Kofinas, G., Lynch, A. H., Lloyd, A. H., McGuire, A. D., Nelson, F. E., Nolan, M., Oechel, W. C., Osterkamp, T. E., Racine, C. H., Romanovsky, V. E., Stone, R. S., Stow, D. A., Sturm, M., Tweedie, C. E., Vourlitis, G. L., Walker, M. D., Walker, D. A., Webber, P. J., Welker, J., Winker, K. S., Yoshikawa, K. (2005), *Evidence and*

- implications of recent climate change innorthern Alaska and other Arctic regions*, Climatic Change, 72.
- Horton, R. E. (1945), *Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology*, Bulletin of the Geological Society of America, vol. 56.
- Hosu, Maria (2009), *Geomorfologie. Suport de lucrări practice*, Editura Risoprint, Cluj-Napoca.
- Houghton, J. T., Callandar, B. A., Varney, S. K. (1992), *Climate Change 1992*, The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment, Cambridge University Press, Cambridge.
- Huddart, D., Stott, T. (2010), *Earth environments*, John Wiley and Sons, Chichester.
- Hugget, R. J. (2017), *Fundamentals of Geomorphology*, fourth edition, Routledge, London.
- Ichim, I., Bătucă, D., Rădoane, Maria, Duma, D. (1989), *Morfologia și dinamica albiilor de râuri*, Editura Tehnică, București.
- Ibsen, M.-L., Brunsden, D., Bromhead, E., Collison, A. (1997), *Flow slide*, în R. Dikau, D. Brunsden, L. Schrott și M.-L. Ibsen (editori), *Landslide recognition. Identification, movement and causes*, John Wiley & Sons, Chichester.
- Ielenicz, M. (2005), *Geomorfologie*, Editura Universitară, București.
- Ionescu-Lupeanu, M.-B. (2022), *Considerații cu privire la reglementarea perdelelor forestiere de protecție*, Revista Universul Juridic, nr. 11.
- Ioniță, I. (2000), *Geomorfologie aplicată. Procese de degradare a regiunilor deluroase*, Editura Universității Al. I. Cuza, Iași.
- Ionita, I., Rădoane, Maria, Mircea, S. (2006), *Romania*, în J. Boardman, J. Poesen (editori), *Soil Erosion in Europe*, John Wiley & Sons.
- IPA (1998), *7th International Conference on Permafrost*, Publications of International Conferences on Permafrost, International Permafrost Association.
- IPCC, (2007), în S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor, H. L. Miller (editori), *Climate Change 2007: The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Ireland, H. A., Sharpe, C. F. S., Eargle, D. M. (1939), *Principles of gully erosion in the piedmont of South Carolina*, U. S. Dep. Of Agricult. Tech. Bull., no 633.
- Iulian, C. (1988), *Utilitatea dirijării unor aluviuni spre litoralul românesc*, Lucrările celui de al II-lea Simpozion Proveniența și Efluența Aluviunilor, Piatra Neamț.
- Iulian, C. (1990), *Intensificarea agresiunii Mării Negre asupra litoralului românesc*, Lucrările celui de al III-lea Simpozion Proveniența și Efluența Aluviunilor, Piatra Neamț.

- Izla, F. I., Cortizo, L. C. (2023), *Coastal erosion in Argentina: The retreating rates of southern South America*, Journal of South American Earth Sciences, 126.
- Jafari, M., Tahmoures, M., Ehteram, M., Ghorbani, M., Panahi, F. (2022), *Soil Erosion Control in Drylands*, Springer Nature, Switzerland.
- Johnson, P. G. (1984), *Rock glacier formation by high magnitude low frequency slope processes in the southwest Yukon*, An. Assoc. American Geographers, 74, 3.
- Jakab, S. (1983), *Influențe antropice în pedogeneza și eroziunea solului din regiuni deluroase și colinare*, Lucrările Conferinței Naționale pentru Știința Solului, Brăila.
- James, L. A., Harden, C. P., Clague, J. J. (2013), *Geomorphology of human disturbances, climate change and hazards*, în J. Shroder (editor șef), Treatise on Geomorphology, vol. 11 (Geomorphology of human disturbances, climate change and hazards), Academic Press, San Diego.
- Jones, N. A. (1981), *The nature of soil Piping – a Review of Research*, British Geomorphological Research Group Monograph., series nr. 3, Geo Books, Norwich.
- Jorgenson, M. T. (2013), *Thermokarst Terrains*, în J. Shroder (editor șef), Treatise on Geomorphology, vol. 8 (Glacial and Periglacial Geomorphology), Academic Press, San Diego.
- Jorgenson, M. T., Osterkamp, T. E. (2005), *Response of boreal ecosystems to varying modes of permafrost degradation in Alaska*, Canadian Journal of Forest Research, 35.
- Jorgenson, M. T., Shur, Y. L., Pullman, E. R. (2006), *Abrupt increase in permafrost degradation in Arctic Alaska*, Geophysical Research Letters, 33.
- Jorgenson, M. T., Romanovsky, V. E., Harden, J., Shur, Y., O'Donnell, J., Schuur, E. A. G., Kanevskiy, M., Marchenko, S. (2010), *Resilience and vulnerability of permafrost to climate change*, Canadian Journal of Forest Research 40, (7).
- Josan, N. (1979), *Dealurile Târnavei Mici. Studiu geomorfologic*, Editura Academiei, București.
- Josan, N. (2014), *Antropizarea reliefului. Geomorfologie antropică*, Editura universității din Oradea, Oradea.
- Josan, N., Petrea, Rodica, Petrea, D. (1996), *Geomorfologie generală*, Editura Universității din Oradea, Oradea.
- Juganaru, I. D. (2021), *The Beach Extention Project in Mamaia Resort, on the Romanian Black Sea Coast: Certain Benefits, but also Numerous Tourist Complaints*, Ovidius University Annals, Economic Sciences Series, volume XXI, issue 1.
- Karkani, A., Saitis, G., Komi, A., Evelpidou, N. (2023), *Citizens' Perspective on Coastal Erosion in Greece*, Geosciences, 13, 191.
- Keller, E. A., Melhorn, W. N. (1973), *Bedforms and fluvial processes in alluvial stream channels: selected observations*, în M. Morisawa (editor), Fluvial

- Geomorphology: SUNY-Binghamton, N.Y., Proc. Fourth Annual Geomorphology Symposium, Pub. Geomorphology.
- Keller, E. A., Melhorn, W. N. (1978), *Rhythmic spacing and origin of pools and riffles*, Geol. Soc. Of Amer. Bull., nr. 89.
- Kenneth, J. G. (2010), *The Earth's Land Surface: Landforms and Processes in Geomorphology*, SAGE Publications Ltd, London.
- Kenworthy, S. T., Rhoads, B. L., (1995), *Hydrologic control of spatial patterns of suspended sediment concentration at a stream confluence*, Journal of Hydrology, 168(1–4).
- Kerfoot, D. E. (1974), *Thermokarst features produced by man-made disturbances to the tundra Terrain*, în B. D. Fahey, R. O. Thompson (editori), Research in Polar and Alpine Geomorphology, Proceedings, Third Guelph Symposium on Geomorphology, Guelph, Ontario. GeoBooks, Norwich.
- Kiss, T., Lóki, J. (2015), *Parabolic Dunes of the Southern Nyírség*, în D. Loczy (editor), Landscapes and Landforms of Hungary, Springer International Publishing Switzerland.
- Kirwald, E. (1956), *Sicherung und Begründung beweglicher Boden beim Waldwegebau*, Allgemeiner Forstzeitschrift, nr. 31 – 32, München.
- Kirwald, E. (1971), *Steuerung des Wasserumlaufes durch Wald und Talsperren*, Inter. Symp. „INTERPREVENT”, Villach, Kärnten (Österreich).
- Kleemair, K. (2002), *Praktische schnee und Lawinenkunde*, Studienblätter, BOKU, Wien.
- Knighton, D. A. (1998), *Fluvial Forms and Processes: A New Perspective*, Arnold, London.
- Kubryakov, A. A., Stanichnyi, S. V. (2013), *The Black Sea level trends from tide gages and satellite altimetry*, Russian Meteorology and Hydrology, volume 38, issue 5.
- Lachenbruch, A. (1957), *Thermal effects of the ocean on permafrost*, Bulletin, Geological Society of America, 68.
- Lachenbruch, A. H., Marshall, B. V. (1986), *Changing climate: geothermal evidence from permafrost in the Alaskan Arctic*, Science, 234.
- Lal, R (1995), *Global soil erosion by water and carbon dynamics*, în R. Lal, J.M. Kimbel, E. Levine și B.A Stewart (editori), Soils and Global Change, CRC/Lewis Publishers, Boca Raton.
- Lal, R. (1998), *Soil erosion impact on agronomic productivity and environment quality*, Critical Reviews in Plant Sciences 17(4).
- Lal, R. (1999), *Soil Quality and Food Security: The Global Perspective*, în R. Lal (editor), Soil Quality and Soil Erosion, CRC Press, Boca Raton.

- Lal, R. (2005), *Influence of Soil Erosion on Carbon Dynamics in the World*, în E. J. Roose, R. Lal, C. Feller, B. Barthès și B. A. Stewart (editori), *Soil Erosion and Carbon Dynamics*, Taylor & Francis Group, Boca Raton.
- Lancaster, N. (2005), *Geomorphology of desert dunes*, Taylor and Francis, London.
- Lane, E. W. (1937), *Stable channels in erodible material*, Transactions of the American Society of Civil Engineers, vol. 102, nr. 1.
- Lantuit, P., Pollard, W. H. (2005), *Temporal stereophotogrammetric analysis of retrogressive thaw slumps on Herschel Island, Yukon Territory*, Natural Hazards and Earth System Sciences, 5.
- Latrubesse, E. M. (2008), *Patterns of anabranching channels: the ultimate end-member adjustment of mega rivers*, *Geomorphology* 10, 130.
- Lawrence D. M., Slater, A. G. (2005), *A projection of severe near-surface permafrost degradation during the 21st century*, *Geophysical Research Letters*, 32.
- Lazăr, D. P. (1990), *Considerații privind impactul structurilor antropice asupra țărmului românesc al Mării Negre*, *Lucrările celui de al III-lea Simpozion Proveniența și Efluența Aluviunilor*, Piatra Neamț.
- Leibman, M., Khomutov, A. Kizyakov, A. (2014), *Cryogenic Landslides in the West-Siberian Plain of Russia: Classification, Mechanisms, and Landforms*, în W. Shan, Y. Guo, F. Wang, H. Marui și A. Strom (editori), *Landslides In Cold Regions In The Context Of Climate Change (Environmental Science and Engineering)*, Springer, Berlin.
- Leopold, L. B., Wolman, M. G. (1957), *River Channel Patterns, Braided, Meandering and Straight*, U.S. Geol. Surv., Prof. Pap., 282-B.
- Leopold, L., Wolman, M. G., Miller, J. P. (1964), *Fluvial processes in geomorphology*, San Francisco, Freeman.
- Linell, K.A., Johnston, G.H. (1973), *Engineering design and construction in permafrost regions*, *Proceedings of Permafrost 2st International Conference*, Natural Research Council, Yakutsk, URSS.
- Livingstone, I, Warren, A. (2019), *Aeolian Geomorphology. A new introduction*, John Wiley & Sons Ltd., Chichester.
- Lliboutry, L. (1965), *Traite de glaciologie*, vol. I și II, Masson, Paris.
- Loghin, V. (1996), *Degradarea reliefului și a solului*, Editura Universității din București, București.
- Loghin, V. (2009), *Elemente de geomorfologie fluviatilă*, Valahia University Press, Târgoviște.
- Longwell R. Ch., Flint, F. R., Sanders E. J. (1969), *Physical geology*, John Wiley and Sons, New York.

- Lozinski, W. (1909), *Über die mechanische Verwitterung der Sandsteine im gemäßigten Klima*, Bulletin International de l'Academie des Sciences de Cracovie, Classe des Sciences Mathematiques et Naturelles, 1.
- Luca, Al. (1971), *Estimarea stării de fertilitate și tendința de evoluție a acesteia pe unele soluri erodate din Podișul Central Moldovenesc și din Dobrogea*, Lucrările șt. S.C.C.C.E.S. Perieni-Bârlad.
- Luca, E., Oncia, Silvia (2000), *Combaterea eroziunii solului*, Editura Alma Mater, Cluj-Napoca.
- Luijendijk, A., Hagenaars, G., Ranasinghe, R., Baart, F., Donchyts, G., Aarninkhof, S. (2018), *The State of the World's Beaches*, Nature, Sci. Rep. 8.
- Lulea, C., Popescu, C. V., Rogojină, M., Bora, C. (2002), *Îmbunătățiri funciare*, Editura Universitaria, Craiova.
- Mac, I. (1976), *Geomorfologie*, vol. I, Centrul de multiplicare al Universității Babeș-Bolyai, Cluj-Napoca.
- Mac, I. (1980), *Geomorfologie*, vol. II, Centrul de multiplicare al Universității Babeș-Bolyai, Cluj-Napoca.
- Mac, I. (1986), *Elemente de geomorfologie dinamică*, Editura Academiei R. S. România, București.
- Mac, I. (1996), *Geomorfosfera și geomorfosistemele*, Editura Presa Universitară Clujeană, Cluj-Napoca.
- Mac, I., Irimuş, I. A. (1991), *Zone susceptibile fenomenelor geomorfologice de risc în sectorul căii ferate Apahida-Câmpia Turzii*, Studia Universitatis Babeș-Bolyai Cluj-Napoca, seria geographia, an XXXVI, nr. 1.
- Mackay, J. R. (1962), *Pingos of the Pleistocene Mackenzie Delta area*, Geographical Bulletin, 18.
- Mackay, J. R. (1970), *Disturbances to the tundra and forest tundra environment of the Western Arctic*, Canadian Geotechnical Journal, 7.
- Mackay, J. R. (1977), *Changes in the active layer from 1968 to 1976 as a result of the Inuvik fire*, Geological Survey of Canada, paper 77-1B.
- Mackay, J. R. (1995), *Active-layer changes (1968 to 1993) following the forest-tundra fire near Inuvik, NWT, Canada*, Arctic and Alpine Research, 27.
- Manasypov, R. M., Shirokova, L. S., Pokrovsky, O. S. (2017), *Experimental modeling of thaw lake water evolution in discontinuous permafrost zone: Role of peat, lichen leaching and ground fire*, Science of the Total Environment, 580.
- Mann, U., Pradhan, B., Prechtel, N., Buchroithner, M. F. (2012), *An Automated Approach for Detection of Shallow Landslides from LiDAR Derived DEM Using Geomorphological Indicators in a Tropical Forest*, în B. Pradhan și M. Buchroithner, (editori), *Terrigenous Mass Movements Detection*,

- Modelling, Early Warning and Mitigation Using Geoinformation Technology, Springer.
- Manoliu, A. I. (1973), *Regularizări de râuri și căi de comunicație pe apă*, Editura Didactică și Pedagogică, București.
- Marchenko, S., Etzelmuller, B. (2013), *Permafrost: Formation and Distribution, Thermal and Mechanical Properties*, în J. Shroder (editor șef), *Treatise on Geomorphology*, vol. 8 (Glacial and Periglacial Geomorphology), Academic Press, San Diego.
- Margreth, S., Suda, J., Mölk, M., Hofmann, R., Gauer, P., Schilcher, W., Skolaut, C., Mears, A., Sauermoser, S. (2015), *Structural avalanche defense: design and construction*, în F. Rudolf-Miklau, S. Sauermoser, A. I. Mears (editori), *The Technical Avalanche Protection Handbook*, Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin.
- Mars, J. C., Houseknecht, D.W. (2007), *Quantitative remote sensing study indicates doubling of coastal erosion rate in the past 50 years along a segment of the Arctic coast of Alaska*, *Geology*, 35.
- Martinez, P., Grez, P. W., Martin, R. A., Acuna, C. E., Torres, I., Contreras-López, M. (2021), *Coastal erosion in sandy beaches along a tectonically active coast: The Chile study case*, *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, vol. 46, issue 2.
- Maslin, M. (2004), *Gas Hydrates: A Hazard for the Twenty-First Century*, Benfield Hazard Research Centre, London.
- Masselink, G. Hughes, M., Knight, J. (2014), *Coastal processes and geomorphology*, Routledge, London.
- Masucci, G. D., Reimer, J. D. (2019), *Expanding walls and shrinking beaches: loss of natural coastline in Okinawa Island, Japan*, *Peer J*, 7.
- Măcicășan, V. (2016), *Evaluarea integrată a impactului antropic asociat exploatării miniere Aghireș în contextul reabilitării mediului*, Editura Presa Universitară Clujeană, Cluj-Napoca.
- Mărculeț, I., Mărculeț, Cătălina (2001), *Realități geografice în Valea Târnavei*, Centrul de multiplicare al universității, București.
- McBean, G. A., Alekseev, G., Chen, D., Førland, E., Fyfe, J., Groisman, P. Y., King, R., Melling, H., Vose, R., Whitfield, P. H. (2005), *Arctic climate: past and present*, în C. Symon, L. Arris, B. Heal (editori), *Arctic Climate Impacts Assessment (ACIA)*, Cambridge: Cambridge University Press.
- McGuire, A.D., Macdonald, R.W., Schuur, E.A.G., Harden, J. W., Kuhry, P., Hayes, D. J., Christensen, T. R., Heimann, M. (2010), *The carbon budget of the northern cryosphere region*, *Current Opinion in Environmental Sustainability* 2(4).
- Meadows, M. E., Lin, J.-C. (2016), *Geomorphology and Society*, Springer, Japan.
- Melis, R. T., Di Gregorio, F., Panizza, V. (2017), *The Coastal Dunes of Sardinia: Landscape Response to Climate and Sea Level Changes*, în M. Soldati, M.

- Marchetti (editori), *Landscapes and Landforms of Italy*, Springer International Publishing AG.
- Miclăuș, V. (1991), *Pedologie ameliorativă. Protecția mediului*, Editura Dacia, Cluj-Napoca.
- Micu, M. O. (2004), *Îmbunătățiri funciare*, Editura Alma Mater, Sibiu
- Mihaiu, Gh., Mihalache, L., Blegu, N., (1985), *Amenajarea și exploatarea terenurilor în pantă destinate plantațiilor de vii*, Editura Ceres, București.
- Mihăilescu, V. (1959), *Porniturile de teren de la Pucioasa*, Probleme de Geografie, t. VI.
- Mircea, S. (2014), *Curs de combaterea eroziunii solului*, Editura Bren, București.
- Morais, E. S., Rocha, P. C., Hook, J. (2016), *Spatiotemporal variations in channel changes caused by cumulative factors in a meandering river: The lower Peixe River, Brazil*, *Geomorphology*, nr. 273.
- Morgan, R. P. C. (2005a), *Soil Erosion and Conservation*, Blackwell Publishing, Oxford.
- Morgan, R. P. C. (2005b), *Wind erosion control*, în R. P. C. Morgan și R. J. Rickson, (editori), *Slope Stabilization and Erosion Control: a Bioengineering Approach*, Taylor & Francis, London.
- Morgan, R. P. C., Rickson, R. J. (2005), *Water erosion control*, în R. P. C. Morgan și R. J. Rickson, (editori), *Slope Stabilization and Erosion Control: a Bioengineering Approach*, Taylor & Francis, London.
- Morgan, R. P. C. (2009), *Soil erosion and conservation*, John Wiley & Sons
- Morgan, S., Clarke, A. (2021), *The Importance of Knowing Your Erosion in Developing Effective Coastal Management Solutions*, Australasian Coasts & Ports 2021 Conference – Christchurch, 30 November – 3 December 2021.
- Moțoc, M. (1963), *Eroziunea solurilor pe terenurile agricole și combaterea ei*, Editura Agrosilvică, București.
- Motoc M. (1983), *Ritmul mediu de degradare erozională a solului în R. S. Romania*, Buletinul Informativ al A.S.A.S., no. 13., București.
- Moțoc, M., Munteanu, Șt., Băloiu, V., Stănescu, P., Mihai, Gh. (1975), *Eroziunea solului și metodele de combatere*, Editura Ceres, București.
- Moțoiu, M. D. (2009), *Avalanșele și impactul lor asupra mediului. Studii de caz în Carpații Meridionali*, Editura Proxima, București.
- Muller S. W. (1943), *Permafrost or permanently frozen ground and related engineering problems*, US Army, Office, Chief of Engineers, Strategic Engineering Study Special Report, 62.
- Muller S. W. (1945), *Permafrost or permanently frozen ground and related engineering problems*, (second printing with corrections), Military Intelligence Division Office, Chief of Engineers, Washington, D. D.
- Muntean, O. L. (2005), *Evaluarea impactului antropic asupra mediului*, Editura Casa Cărții de Știință, Cluj-Napoca.

- Munteanu, A. V., Nedelea, A., Milian, N. (2012), *Avalanșele condiții, tipuri, riscuri*, Editura Universitară, București.
- Munteanu, S. A., Traci, C., Clinciu, I., Lazăr, N., Untaru, E. (1991), *Amenajarea bazinelor hidrografice torențiale prin lucrări silvice și hidrotehnice*, vol. I, Caracteristicile bazinelor hidrografice torențiale și lucrările de amenajare a versanților, Editura Academiei Române, București.
- Munteanu, S. A., Traci, C., Clinciu, I., Lazăr, N., Untaru, E., Gologan, N. (1993), *Amenajarea bazinelor hidrografice torențiale prin lucrări silvice și hidrotehnice*, vol. II, Amenajarea rețelei hidrografice torențiale și efectele lucrărilor de amenajare a bazinelor hidrografice torențiale, Editura Academiei Române, București.
- Mureșan, D., Pleșa, I., Onu, N., Savu, P., Nagy, Z., Jinga, I., Teodoroiu, Al., Păltineanu, I., Toma, I., Vasilescu, I. (1992), *Irigații, desecări și combaterea eroziunii solului*, Editura Didactică și Pedagogică, București.
- Nairz, P., Mears, A., Sauermoser, S., Gabl, K., Stoffel, M., Margreth, S. (2015), *Avalanches: evolution and impact*, în F. Rudolf-Miklau, S. Sauermoser, A. I. Mears (editori), *The Technical Avalanche Protection Handbook*, Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin.
- Nanson, G. C. (1980), *Point bar and floodplain formation of the mendering Beatton River, Northeastern British Columbia Canada*, *Sedimentology*, nr. 27.
- Nanson, G. C. (2013), *Anabranching and anastomosing rivers*, în J. Shroder (editor șef), *Treatise on Geomorphology*, vol. 9 (Fluvial Geomorphology), Academic Press, San Diego.
- Nanson, G. C., Huang, H. Q. (1999), *Anabranching rivers: divided efficiency leading to fluvial diversity*, în J. R. Miller și A. Gupta (editori), *Varieties of Fluvial Form*, John Wiley & Sons, Chichester.
- Nakajima, R., Masucci, G. D., Kuba, R., Wee, H. B., Reimer, J. D., (2025), *Son of a beach: Coastal development and the loss of natural beaches over time (1919 to 2018) on Okinawa Island, southern Japan*, *Marine Pollution Bulletin*, Volume 212.
- Nanson, G. C., Knighton, A. D. (1996), *Anabranching rivers: their cause, character and classification*, *Earth Surface Processes and Landforms*, 21(3).
- Naum, T., Grigore, M. (1974), *Geomorfologie*, Editura Didactică și Pedagogică, București.
- Nelson, F. E., (2003), *(Un)frozen in time*, *Science*, 299.
- Nelson, F. E., Outcalt, S. I. (1982), *Anthropogenic geomorphology in northern Alaska*, *Physical Geography*, 3.
- Nelson, F. E., Anisimov, O. A., Shiklomanov, N. I. (2001), *Subsidence risk from thawing permafrost*, *Nature*, 410.
- Nelson, F. E., Anisimov, O. A., Shiklomanov, N. I. (2002), *Climate change and hazard zonation in the circum-arctic permafrost regions*, *Natural Hazards*, 26.

- Nelson, S. A. (2001), *Physical Geology. Desert*, Earth and Environmental Science, Tulane University. <http://www.tulane.edu/~sanelson/eens1110/deserts.pdf>
- Neniță, R. N., Mateescu, R., Petrișoia, S., Reiz, G., Vlăsceanu, E., Niculescu, D. (2024), *Evolution of the beach artificial nourishments in the Tomis north sector, a short term analysis (2013-2024)*, *Recherches Marines*, 54.
- Nicholls, R. J., Klein, R. J. T., Tol, R. S. J. (2007), *Managing coastal vulnerability and climate change: a nation to global perspective*, în L. McFadden, R. J. Nicholls, E. C. Pennington-Rowsell, (editori), *Managing Coastal Vulnerability: An Integrated Approach*, Elsevier, Amsterdam.
- Nickling, W. G., McKenna Neuman, C. (2009), *Aeolian Sediment Transport*, în A. J. Parsons, D. A. Abrahams (editori), *Geomorphology of desert environments*, Springer, New York.
- Niculescu, Gh. (1965), *Munții Godeanu. Studiu geomorfologic*, Editura Academiei Române, București.
- Nordstrom, K. F. (2013), *Developed coasts*, în J. Shroder (editor șef), *Treatise on Geomorphology*, vol. 10 (Coastal Geomorphology), Academic Press Elsevier, San Diego.
- Norris, J. E., Di Iorio, A., Stokes, A., Nicoll, B. C., Achim, A. (2008), *Species selection for soil reinforcement and protection*, în J. E. Norris, A. Stoches, S. B. Mickovski, E. Cammeraat, R. van Beek, B. C. Nicoll, A. Achim (editori), *Slope Stability and Erosion Control: Ecotechnological Solutions*, Springer, Dordrecht.
- Olenici, N. (1996), *Protecția pădurilor de molid împotriva factorilor biotici și abiotici dăunători în contextul gospodăririi durabile a acestor păduri*, Simpozionul „Molidul în contextul gospodăririi durabile”, Simpozion dedicat Dr. ing. Radu Ichim, fondatorul Stațiunii Experimentale de Cultura Molidului, la aniversarea vârstei de 75 ani, ICAS, SECM.
- O'Loughlin, C. L. (1984), *Effectiveness of introduced forest vegetation for protecting against landslides and erosion in New Zealand's steep lands*, Paper presented to Symposium on effects of forest land use on erosion and slope stability, Honolulu, Hawaii.
- Oncia, Silvică (2009), *Îmbunătățiri funciare*, Editura Agroprint, Timișoara.
- Ontel, I., Cheval, S., Irimescu, A., Boldeanu, G., Amihaesei, V.-A., Mihailescu, D., Nertan, A., Angearu, C.-V., Craciunescu, V. (2023), *Assessing the Recent Trends of Land Degradation and Desertification in Romania Using Remote Sensing Indicators*, *Remote Sens.*, 15.
- Orlescu, M. (1996), *Construcții hidrotehnice și îmbunătățiri funciare*, Universitatea Politehnică, Timișoara.
- Osterkamp, T. E. (2007), *Characteristics of the recent warming of permafrost in Alaska*, *Journal of Geophysical Research*, 112.

- Osterkamp, T. E., Romanovsky, V. E. (1999), *Evidence for warming and thawing of discontinuous permafrost in Alaska*, Permafrost and Periglacial Processes, 10.
- Osterkamp, T. E., Viereck, L., Shur, Y., Jorgenson, M. T., Racine, C., Doyle, A., Boone, R. D. (2000), *Observations of thermokarst and its impact on boreal forests in Alaska, USA*, Arctic, Antarctic, and Alpine Research, 32.
- Panin, N., Popa, A., Gaiță, C., Fârnoagă, D., Henry, J. V. (1992), *Dinamica sedimentelor pe brațele Dunării în Deltă. Modificările determinate de amenajările hidrotehnice*, Lucrările celui de al IV Simpozion Proveniența și Efluența Aluviunilor, Piatra Neamț.
- Paulette, Laura, Buta, M. (2019), *Practicum de Pedologie*, Editura Napoca Star Cluj Napoca.
- Paulette, Laura, Buta, M. (2010), *Noțiuni teoretice și practice de cartare și bonitare a terenurilor agricole*, Editura Risoprint Cluj Napoca.
- Pavlov, A. P. (1903), *Landslides of the Sibirsk and Saraov parts of the Volga Region* (in Russian), Material to lean Geology of Russia, nr. 2. In: Proceedings of the Moscow Society of Naturalists, Moscow.
- Pavlov, A. V. (1994), *Current changes of climate and permafrost in the Arctic and Sub-Arctic of Russia*, Permafrost and Periglacial Processes, 5.
- Pennock, D. (2019), *Soil erosion: the greatest challenge for sustainable soil management*, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Parichi, M. (2000), *Eroziunea și combaterea eroziunii solurilor*, Editura Fundației România de mâine, București.
- Péwé, T. L. (1954), *Effect of permafrost upon cultivated fi elds*, United States Geological Survey Bulletin, 989F.
- Pewe, T. L. (1983), *Geologic hazards of the Fairbanks area, Alaska*, USGS Special Report, 15.
- Pimentel, D (1993), *Overview*, în D. Pimentel (editor), *World soil erosion and conservation*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Pimentel, D., Harvey, C., Resosudarmo, P., Sinclair, K., Kurz, D., McNair, M., Blair, R. (1995), *Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefîts*, Science-AAAS-Weekly Paper Edition, 267(5201).
- Pissart, A. (1963), *Les traces de pingos du pays Galles (Grande Bretagne) et du plateau des Hautes Fagnes (Belgique)*, Zeitschrift fur Geomorphologie – Neue Folge, Band 7, Heft 2, Berlin.
- Pissart, A. (2013), *Palsas and Lithalsas*, în J. Shroder (editor șef), *Treatise on Geomorphology*, vol. 8 (Glacial and Periglacial Geomorphology), Academic Press Elsevier, San Diego.
- Pleșa, I., Câmpeanu, S. (2001), *Îmbunătățiri funciare*, Editura Cris Book Universal, București.

- Pleșa, I., Mureșan, D., Ceașu, N., Florescu, Gh., Popescu, I., Savu, P. (1980), *Îmbunătățiri funciare*, Editura Didactică și Pedagogică, București.
- Popa, A., Stoian, Gh., Popa, Greta, Ouatu, O. (1984), *Combaterea eroziunii solului pe terenurile arabile*, Editura Ceres București.
- Popescu, R. A. (2021), *Permafrostul din Carpații Românești. Studiu de Geomorfologie*, Editura Universitară, București.
- Poratelli, F., Accastello, C., Freppaz, M., Brun, F. (2020), *Integrated grey-green management of avalanche risk: Economic and ecologic evidences from the Western Italian Alps*, International Journal of Disaster Risk Reduction, 46.
- Posea, Gr., Cioacă, A. (2003), *Cartografierea geomorfologică*, Editura Fundației România de Măine, București.
- Posea, Gr., Grigore, M., Popescu, N., Ielenicz, M. (1976), *Geomorfologie*, ediția a doua, Editura Didactică și Pedagogică, București.
- Prechtl, H. (1965), *Geomorphologische Strukturen*, Geographisches Institut Der Universität Tübingen, Tübingen.
- Prigent, C., Tegen, I., Aires, F., Marticorena, B., Zribi, M. (2005). *Estimation of the aerodynamic roughness length in arid and semi-arid regions over the globe with the ERS scatterometer*, Journal of Geophysical Research, 110.
- Pudasaini, S. P., Hutter, K. (2007), *Avalanche Dynamics. Dynamics of Rapid Flows of Dense Granular Avalanches*, Springer-Verlag, Berlin.
- Rachold, V., Are, F. E., Atkinson, D. E., Cherkashov, G., Solomon, S. M. (2005), *Arctic Coastal Dynamics (ACD): an introduction*, Geo-Marine Letters, 25.
- Randerson, J.T., Liu, H., Flanner, M.G., Chambers, S. D., Jin, Y., Hess, P. G., Pfister, G., Mack, M. C., Treseder, K. K., Welp, L. R., Chapin, F. S., Harden, J. W., Goulden, M. L., Lyons, E., Neff, J. C., Schuur, E. A. G., Zender, C. S. (2006), *The impact of boreal forest fire on climate warming*, Science, 314.
- Rapin, F. (2003), Les elements des choix d'une solution de protection paravalanche, Cemagref groupement de Grenoble.
- Rautenbach, C., Bosserelle, C., Arnold, J., Malta, K., Blackwood, P. (2021), *Bay of Plenty coastal flood modelling and mapping*, Australasian Coasts & Ports 2021 Conference – Christchurch, 30 November – 3 December 2021.
- Rădoane, Maria, Rădoane, N. (1992), *Areal distribution of gullies by the grid square method. Case study: Siret and Prut interfluvie*, RR GGG, serie Geographie, 36.
- Rădoane Maria, Rădoane, N. (2005), *Dams, sediment sources and reservoir silting in Romania*, Geomorphology, 71.
- Rădoane, Maria, Rădoane, N. (2007a), *Geomorfologie aplicată*, Editura Universității Suceava, Suceava.
- Rădoane, Maria, Rădoane, N. (2007b), *Răspunsul unei albie adâncite în roci coezive la acțiunea factorilor de control naturali și antropici*, Studii și cercetări de Geografie, t. LIII-LIV, București.

- Rădoane, Maria, Ichim, I., Rădoane, N. (1995), *Gully distribution and development in Moldavia*, Romania, Catena, 24.
- Rădoane, Maria, Dumitru, D., Ichim, I. (2001), *Geomorfologie*, vol. II, Editura Universității Suceava, Suceava.
- Rădoane, Maria, Ichim, I., Rădoane, N., Surdeanu, V., (1999), *Ravenele. Forme, procese, evoluție*, Editura Presa Universitară Clujeană, Cluj-Napoca.
- Răducă, C., Boengiu, S., Mititelu-Ionuș, O., Simulescu, D., Enache, C. (2002), *Sandy soils-geomorphology relationships in Jiana Plain (South-Western Romania)*, Rev. Roum. Géogr./Rom. Journ. Geogr., 66, (1).
- Reeve, D., Chadwick, A. J., Fleming, C. (2004), *Coastal Engineering: Processes, Theory and Design Practice*, Spon Pres, Taylor and Francis Group, London.
- Reimnitz, Z. E., Graves, S. M., Barnes, P.W. (1988), *Beaufort Sea Coastal Erosion, Sediment Flux, Shoreline Evolution and the Erosional Shelf Profile*, US Geological Survey Map No. I-1182-G and text.
- Reineck, H. E., Singh, I. B. (1975), *Depositional Sedimentary Environments*, Springer-Verlag, Berlin.
- Rhoads, B. L. (2020), *River Dynamics. Geomorphology to Support Management*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Rice, R. J. (1977), *Fundamentals of Geomorphology*, Longman, London and New York.
- Richards, K. (1982), *Rivers: form and processes in alluvial channels*, Methuen, London.
- Rickson, R. J. (2005), *Simulated vegetation and geotextiles*, în R. P. C. Morgan și R. J. Rickson, (editori), *Slope Stabilization and Erosion Control: a Bioengineering Approach*, Taylor & Francis, London.
- Ritter, D. F. (1986), *Process geomorphology*, William C. Brown, Dubuque.
- Rockie, W. A. (1942), *Pitting on Alaskan farms; a new erosion problem*, Geographical Review, 32.
- Rodriguez-Vidal, J., Bardaji, T., Zazo, C., Goy, J. L., Borja, F., Dabrio, C. j., Lario, J., Caceres, L. M., Ruiz, F., Abad, M. (2014), *Coastal Dunes and Marshes in Donana National Park*, în F. Gutierrez, M. Gutierrez (editori), *Landscapes and Landforms of Spain*, Springer Science+Business Media Dordrecht.
- Romanovskii, N. N. (1961), *Erosion-thermokarst depressions in the north of coastal lowlands of Yakutia and Novosibirsk islands*, Cryotic Studies, no. 1, Izd. MGU, Moscow (in Russian).
- Romanovsky, V. E., Smith, S. L., Christiansen, H. H. (2010), *Permafrost Thermal State in the Polar Northern Hemisphere during the International Polar Year 2007–2009: a synthesis*, Permafrost and Periglacial Processes, 21.
- Roose, E., Meybeck, M., Lal, R. Feller, C. (2005), *Erosion and carbon dynamics: conclusions and perspective*, în E. J. Roose, R. Lal, C. Feller, B. Barthes, B. A.

- Stewart (editori), *Advances in soil science: Soil Erosion and Carbon Dynamics*, Taylor and Francis, Boca Raton.
- Roșca S., Bilașco Șt., Petrea, D., Vescan, I., Fodorean, I. (2016), *Comparative assessment of landslide susceptibility. Case study: the Niraj river basin (Transylvania Depression, Romania)*, *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, vol. 7, no. 3.
- Roșca, S., Bilașco, Șt., Petrea, D., Fodorean, I., Vescan, I., Filip, S. (2015), *Application of landslide hazard scenarios at annual scale in the Niraj River basin (Transylvania Depression, Romania)*, *Natural Hazards*, 76.
- Roșian, Gh. (2007), *Probleme de geomorfologie aplicată în studiul ravenelor. Studiu de caz Ravena Rupturi*, *Tendențe actuale în predarea și învățarea Geografiei*, vol. 3, Editori și coordonatori: Maria Eliza Dulamă, Fl. Bucilă, Oana-Ramona Ilovan, Editura Clusium, Cluj-Napoca.
- Roșian, Gh., Deva, D. (2007), *Morfodinamica albiei Târnaviei Mici între Târnăveni și Blaj (1990-2000)*, *Studia Universitatis Babeș-Bolyai, series Geographia*, vol. LII, nr. 1.
- Roșian, Gh. (2011a), *Geomorfologia mediului. Caiet de lucrări practice*, Editura Presa Universitară Clujeană, Cluj-Napoca.
- Roșian, Gh. (2011b), *Modele de geomorfologie funcțională ale sistemului vale-versant din Depresiunea Transilvaniei*, Presa Universitară Clujeană, Cluj-Napoca.
- Roșian, Gh. (2017), *Geomorfologia mediului*, Editura Presa Universitară Clujeană, Cluj-Napoca.
- Roșian, Gh. (2020), *Relieful din Depresiunea Transilvaniei*, Editura Presa Universitară Clujeană, Cluj-Napoca.
- Roșian, Gh. (2021), *Blaj. Studiul reliefului*, Editura Presa Universitară Clujeană, Cluj-Napoca.
- Roșian, Gh. (2023), *Geomorfologie*, Editura Presa Universitară Clujeană, Cluj-Napoca.
- Rowland, J. C., Jones, C. E., Altmann, G., Bryan, R., Crosby, B. T., Hinzman, L. D., Kane, D. L., Lawrence, D. M., Mancino, A., Marsh, P., McNamara, J. P., Romanovsky, V. E., Toniolo, H., Travis, B. J., Trochim, E., Wilson, C. J., Gernaert, G. L. (2010), *Arctic landscapes in transition: responses to thawing permafrost*, EOS91 (26).
- Rudolf-Miklau, F., Schilcher, W., Margreth, S., Walter, G., Suda, J. (2015), *Construction work and maintenance of structural avalanche control*, în F. Rudolf-Miklau, S. Sauermoser, A. I. Mears (editori), *The Technical Avalanche Protection Handbook*, Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin.

- Rust, B. R. (1978), *A classification of alluvial channel systems*, în Miall, A.D. (editor), *Fluvial Sedimentology*, Canadian Society of Petroleum Geologists, Memoir 5.
- Samia, J., Temme, A., Bregt, A., Wallinga, J., Guzzetti, F., Ardizzone, F., Rossi, M. (2017), *Characterization and quantification of path dependency in landslide susceptibility*, *Geomorphology*, 292.
- Sarkar, A. (2021), *Introductory Soil and Water Conservation Engineering*, Amazon Digital Services LLC - KDP Print US.
- Sauermoser, S., Rudolf-Miklau, F., Margreth, S. (2015), *Introduction*, în F. Rudolf-Miklau, S. Sauermoser, A. I. Mears (editori), *The Technical Avalanche Protection Handbook*, Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin.
- Savarenski, F. P. (1935), *Experimental construction of a landslide classification*, (in russian), Geolog. Razvedochnyi Instit (TSNICTRI).
- Savu, P., Bucur, D. (2002), *Organizarea și amenajarea teritoriului agricol cu lucrări de îmbunătățiri funciare*, Editura Ion Ionescu de la Brad, Iași.
- Scheidegger, A. E. (1991), *Theoretical Geomorphology*, third, completely revised edition, Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York.
- Schilcher, W., Margreth, S., Sauermoser, S., Skolaut, C., Mölk, M., Rudolf-Miklau, F. (2015), *Structural avalanche protection: defense systems and construction types*, în F. Rudolf-Miklau, S. Sauermoser, A. I. Mears (editori), *The Technical Avalanche Protection Handbook*, Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin.
- Schneider, P., Hook, S. J. (2010), *Space observations of inland water bodies show rapid surface warming since 1985*, *Geophysical Research Letters*, 37(22).
- Schumm, S. A. (1968), *Speculation concerning paleohydrologic control of terrestrial sedimentation*, *Geol. Soc. Am. Bull.*, vol. 79.
- Schumm, S. A. (1977), *The Fluvial System*, John Wiley and Sons, New-York, Chichester, Brisbane, Toronto.
- Schumm, S. A. (1981), *Evolution and response of the fluvial system, sedimentologic implications*, *Soc. Econ. Paleontol. Mineral. Spec. Publ.*, nr. 31.
- Schuur, E. A. G., Bockheim, J., Canadell, J. G., Euskirchen, E., Field, C. B., Goryachkin, S. V., Hagemann, S., Kuhry, P., Lafleur, P. M., Lee, H., Mazhitova, G., Nelson, F. E., Rinke, A., Romanovsky, V. E., Shiklomanov, N., Tarnocai, C., Venevsky, S., Vogel, J. G., Zimov, S. A. (2008), *Vulnerability of permafrost carbon to climate change: implications for the global carbon cycle*, *BioScience*, 58.
- Schuur, E., Vogel, J., Crummer, K. G., Lee, H., Sickman, J. O., Osterkamp, T. E. (2009), *The effect of permafrost thaw on old carbon release and net carbon exchange from tundra*, *Nature*, 459.
- Schwartz, M. L., Bird, E. C. F. (1990) *Artificial Beaches*, *Journal of Coastal Research*, Special Issue 6.

- Seginer, I. (1966), *Gully developement and sediment yield*, Research Report, no. 13, The Israel Ministry of Agriculture, Soil Conservation Division.
- Shamanova, I. I. (1971), *Manifestation of erosion in permafrost on the Yamal Peninsula*, Izvestiya Akad. nauk SSSR, Ser. Geograf. (News of the USSR Academy of Sciences, Geographic Series), no. 2, (in Russian; English translation, 1971, Soviet Hydrology: Selected Papers, no. 2).
- Sharma, V. (2010), *Introduction to process geomorphology*, Taylor and Francis Group, Boca Raton.
- Sharpe, C. F. S. (1938), *Landslides and Related Phenomena: A Study of Mass Movements of Soil and Mantle Rock*, Columbia Geomorphic Studies, nr. 2, Columbia University Press, New York.
- Shiklomanov, N. I., Nelson, F. E. (2013), *Thermokarst and Civil Infrastructure*, în J. Shroder (editor șef), *Treatise on Geomorphology*, vol. 8 (Glacial and Periglacial Geomorphology), Academic Press Elsevier, San Diego.
- Shur, Y.L. (1988), *Upper Horizon of Permafrost and Thermokarst*, Novosibirsk, Hauka.
- Shur, Y. L., Jorgenson, M. T. (2007), *Patterns of permafrost formation and degradation in relation to climate and ecosystems*, Permafrost and Periglacial Processes, 18.
- Simons, D. B., Richardson, E. V. (1966), *Resistance to flow in alluvial channels*, U. S. Geol. Survey, Professional Paper, 422.
- Slaymaker, O., Kelly, R. E. J. (2007), *The Cryosphere and Global Environmental Change*, Environmental Systems and Global Change Series, Blackwell, Oxford.
- Sloan, E. D. Jr. (2003), *Fundamental principles and applications of natural gas hydrates*, Nature, 426.
- Smith, S. L., Romanovsky, V. E., Lewkowicz, A. G., Burn, C. R., Allard, M., Clow, G. D., Yoshikawa, K., Throop, J. (2010), *Thermal State of Permafrost in North America –A Contribution to the International Polar Year*, Permafrost and Periglacial Processes, 21.
- Solomon, S. M. (2005), *Spatial and temporal variability of shoreline change in the Beaufort-Mackenzie region, North-West Territories, Canada*, Geo-Marine Letters, 25.
- Soloviev, P. A. (1973), *Alas of thermokarst relief of Central Yakutia*, Guidebook, 2nd International Permafrost Conference, Yakutsk, USSR.
- Sorensen, S., Smith, J., Zarling, J. (2003), *Thermal performance of TAPS heat pipes with non-condensable gas blockage*, Proceedings of the Eighth International Conference on Permafrost, A. A. Balkma.
- Sorocovschi, V. (2002), *Hidrologia uscatului*, vol. I și II, Editura Casa Cărții de Știință Cluj-Napoca.

- Small, R. J. (1970), *The study of Landforms. A Textbook of Geomorphology*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Spătaru, A. (1979), *Plajele litoralului și procesele de eroziune*, Hidrotehnica, vol. 24, nr. 3, București.
- Spînu A. D., Mateescu, R. D., Alexandrov, L. M., Niță, V. (2017), *Eforie Case Study: Cross border maritime spatial planning in the Black Sea – Romania and Bulgaria* MARSPLAN–BS Project, Editura Dobrogea, Constanța.
- Stephens, S. A., Paulik, R., Reeve, G., Wadhwa, S., Popovich, B., Shand, T., Haughey, R. (2021), *Future Changes in Built Environment Risk to Coastal Flooding, Permanent Inundation and Coastal Erosion Hazards*, J. Mar. Sci. Eng., 9.
- Stoffel, L., Nairz, P., Kleemayr, K., Procter, E., Kogelnig, A., Urschler, R., Larghi, M., Sauermoser, S. (2015), *Artificial release and monitoring technology for avalanches*, în F. Rudolf-Miklau, S. Sauermoser, A. I. Mears (editori), *The Technical Avalanche Protection Handbook*, Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin.
- Stoian, Gh. (1977), *Posibilități de ameliorare a solurilor erodate cu exces temporar de umiditate situate pe pante. Folosirea rațională a terenurilor în pantă*, Centrul de material didactic și propagandă agricolă, București.
- Strahler, A. N. (1963), *The Earth Science*, Harper and Row, New York.
- Strahler, A. N. (1973), *Geografie fizică*, Editura Științifică și Enciclopedică, București.
- Strahler, A. H., Strahler, A. N. (1992), *Modern physical geography*, fourth edition, John Wiley and Sons, New York.
- Styczen, M. E., Morgan, R. P. C. (2005), *Engineering properties of vegetation*, în R. P. C. Morgan și R. J. Rickson, (editori), *Slope Stabilization and Erosion Control: a Bioengineering Approach*, Taylor & Francis, London.
- Suda, J., Sauermoser, S., Rudolf-Miklau, F. (2015), *Building protection (direct protection) measures*, în F. Rudolf-Miklau, S. Sauermoser, A. I. Mears (editori), *The Technical Avalanche Protection Handbook*, Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin.
- Sugden, D. E. (1982), *Arctic and antarctic*, Oxford, Blackwell.
- Summerfield, M. A. (2013), *Global Geomorphology: An Introduction to the Study of Landforms*, Routledge, London și New York.
- Sundborg, A. (1956), *The river Klaralven, a study of fluvial processes*, Geografiska Annaler, 38.
- Surdeanu, V. (1998), *Geografia terenurilor degradate. I. Alunecări de teren*, Editura Presa Universitară Clujeană, Cluj-Napoca.
- Susmel, L. (1968), *Sull'azione regimante ed antierosive della foresta*, Acad. Nazion. Dei Lincei, Quaderno 112, Roma.
- Sylvester, A.G. (2016), *Sea Cliff Retreat, Campus and Isla Vista beaches, Santa Barbara, California*, Geol. Soc. Am. Abstr. Programs 48 (4).

- Szabo, J., David, L., Loczy, D. (2010), *Anthropogenic Geomorphology. A Guide to Man-Made Landforms*, Springer, Dordrecht.
- Șelariu, O. (1982), *Aspecte morfologice actuale ale litoralului românesc al Mării Negre*, Bul. Soc. Șt. de Geogr. din România, serie nouă, vol. VI (LXXVIO, București.
- Takahashi, T. (2007), *Debris flow. Mechanics, prediction and countermeasures*, Taylor and Francis, London.
- Tătui F., Pîrvan M., Popa M., Aydogan B., Ayat B., Gormuş T., Korzinin D., Vădianu N., Vespremeanu-Stroe A., Zăinescu F., Kuznetsov S., Preoteasa L., Shtremel M., Saprykina, Y. (2019), *The Black Sea coastline erosion: Index-based sensitivity assessment and management-related issues*, Ocean and Coastal Management, vol. 182.
- Thomas, D. S. G. (2011), *Arid Zone Geomorphology: Process, Form and Change in Drylands*, Wiley-Blackwell, Chichester.
- Thornbush, M. J., Allen, C. D. (2018), *Urban Geomorphology*, Elsevier, San Diego.
- Tooth, S. J., Nanson, G. C. (1999), *Anabranching rivers on the Northern Plains of arid central Australia*, Geomorphology, 29.
- Traci, C. (1985), *Împădurirea terenurilor degradate*, Editura Ceres, București.
- Troll, C. (1944), *Strukturboden, solifluktion und frostklima der Erde*, Geol. Rundschau, 34.
- Tsimplis, M. N., Josey, S. A., Rixen, M., Stanev, E.V. (2004), *On the forcing of sea level in the Black Sea*, J. Geophys. Res. Ocean., vol. 109.
- Tsyтович, N. A., Sumgin, M. I. (1937), *Principles of mechanics of frozen grounds*, (în rusă) Acad. Sci. USSR, Moscova.
- Tsoukala, V. K., Katsardi, V., Hadjibiros, K., Moutzouris, C. I. (2015), *Beach Erosion and Consequential Impacts Due to the Presence of Harbours in Sandy Beaches in Greece and Cyprus*, Environ. Process., 2 (Suppl 1).
- Tufescu, V. (1966), *Modelarea naturală a reliefului și eroziunea accelerată*, Editura Academiei R. S. România, București.
- Ungar, J. E., Haff, P. K. (1987), *Steady-state saltation in air*, Sedimentology, 34.
- Ungureanu, Gh. (2003), *Studiul dinamicii țărmului românesc cu faleză la sud de Capul Tuzla în vederea estimării potențialului de risc*, Raport de cercetare, Revista de Politică a Științei și Șcientometrie din anul 2005.
- Urbaneja, I. D., Pérez-Martínez, W., Martínez, C., Pardo-Pascual, J., Palo-mar-Vázquez, J., Aguirre, C., Donoso-Garcés, R. (2023), *Quantification of Coastal Erosion Rates Using Landsat 5, 7, and 8 and Sentinel-2 Satellite Images between 1986-2022—Case Study: Cartagena Bay, Valparaíso, Chile*, Environ. Sci. Proc., 29(1).
- Urdea, P. (2000), *Munții Retezat. Studiu geomorfologic*, Editura Academiei Române, București.
- U.S. Congress (1971), *Public Law 92-203, Alaska Native Claims Settlement Act*.

- Van Cleve, K., Viereck, L.A. (1983), *Acomparison of successional sequences following fire on permafrost-dominated and permafrost-free sites in interior Alaska*, Proceedings: 4th International Permafrost Conference, Fairbanks, AK, July 18–22 1983, National Academy Press, Washington, DC.
- Van Everdingen, R. O. (1994), *Multi-language glossary of permafrost and related ground-ice terms*, în R. O. Van Everdingen (editor), The Arctic Institute of North America and the University of Calgary, Calgary.
- Van Vliet-Lanoe, B. (1988), *The origin of patterned grounds in N.W. Svalbard*, V. Int. Conf. Permafrost, Trondheim, Norway, Tapir Publishers, 2.
- Varnes, D. J. (1978), *Slope movement and types and processes*, în R. L. Schuster și R. J. Krizek (editori), Landslides: Analysis and Control, Transportation Research Board Special Report 176, National Academy of Sciences, Washington DC, 11-33.
- Văidianu, N., Tătui, F., Ristea, M., Stănică, A. (2020), *Managing coastal protection through multi-scale governance structures in Romania*, Marine Policy, no. 112.
- Vâlsan, G. (1932), *Geografie fizică*, Universitatea din București, București.
- Vâlsan G. (1945), *Procese elementare în modelarea scoarței terestre*, Editura Alfabetul, București.
- Vespremeanu, E., Vespremeanu-Stroe, A., Constantinescu, S. (2004), *Evoluția țărmului deltaic danubian în ultimii 40 ani*, Studii și cercetări de oceanografie costieră, nr. 1.
- Vespremeanu-Stroe, A. (2007), *Țărmul Deltei Dunării. Studiu de Geomorfologie*, Editura Universitară, București.
- Vespremeanu-Stroe, A., Constantinescu, Ș., Tătui, F., Giosan, L. (2007), *Multi-decadal evolution and North Atlantic Oscillation influences on the dynamics of the Danube Delta shoreline*, Journal of Coastal Research, SI, 50.
- Vespremeanu-Stroe, A., Preoteasa, L., Tătui, F. (2014), *Oceanografie fizică*, Editura Ars Docendi, București.
- Vespremeanu-Stroe, A., Tătui, F., Constantinescu, Ș., Zăinescu, F. (2017), *Danube Delta coastline evolution (1856–2010)*, în Radoane, M., Vespremeanu-Stroe, A. (editori), Landform Dynamics and Evolution in Romania, Springer Geography, Switzerland.
- Viereck, L. A. (1973a), *Ecological effects of river flooding and forest fires on permafrost in the taiga of Alaska*, Permafrost, North American Contribution, Second International Permafrost Conference, Yakutsk, USSR, National Academy of Science.
- Viereck, L. A. (1973b), *Wildfire in the taiga of Alaska*, Quaternary Research, 3.
- Wahrhaftig, C., Cox, A. (1959), *Rock glaciers in the Alaska Range*, Bulletin of the Geologic Society of America, 70.

- Walter, K. M., Zimov, S. A., Chanton, J. P., Verbyla, D., Chapin, F. S. (2006), *Methane bubbling from Siberian thaw lakes as a positive feedback to climate warming*, Nature, 443.
- Wang, S. (1993), *Permafrost changes along the Qinghai-Xizang Highway during the last decades*, Arid Land Geography, 16, 1–8 (in Chinese).
- Washburn, A. L. (1979), *Geocryology. A Survey of Periglacial Processes and Environments*, Edward Arnold, London.
- Weller, G., Lange, M. (1999), *Impacts of Global Climate Change in the Arctic Regions*, Center for Global Change and Arctic System Research, Fairbanks, University of Alaska.
- Wolfe, S. A. (1998), *Living with frozen ground, A field guide to permafrost in Yellowknife, Northwest Territories*, în S. A. Wolfe (editor), Geological Survey of Canada, Miscellaneous report, 64.
- Wolman, G. M., Leopold, L. B. (1957), *River flood plains: some observations on their formation*, U. S. Geol. Survey, 271.
- Yoshikawa, K., Bolton, W. R., Romanovsky, V. E., Fukuda, M., Hinzman, L. D. (2002), *Impacts of wild fire on the permafrost in the boreal forests of Interior Alaska*, Journal of Geophysical Research, 107.
- Yoshikawa, K. (2013), *Pingos*, în J. Shroder (editor șef), Treatise on Geomorphology, vol. 8 (Glacial and Periglacial Geomorphology), Academic Press Elsevier, San Diego.
- Young, A. (1969), *Present rate of land erosion*, Nature, 224.
- Zachar, D. (1982), *Soil erosion*, Elsevier, Amsterdam.
- Zaruba, Q., Mencl, V. (1969), *Landslides and Their Control*, Elsevier, Amsterdam.
- Zimov, S. A., Schuur, E. A. G., Chapin, E. S., III. (2006), *Permafrost and the global carbon budget*, Science, 312.
- *** (1983), *Geografia României I. Geografia fizică* (sub redacția L. Badea, P. Gâștescu, Valeria Velcea), Editura Academiei R. S. România, București.
- [https://en.wikipedia.org/wiki/Home_\(2009_film\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Home_(2009_film))
- www.coastalwiki.org
- <https://rowater.ro/activitatea-institutiei/proiecte/proiecte-in-curs-de-implementare/reducerea-si-reabilitarea-zonei-costiere/>
- <https://dobrogea-litoral.rowater.ro/>
- <https://rowater.ro>
- <https://adevarul.ro/stiri-locale/constant/plajele-din-mamaia-s-au-extins-cu-30-de-hectare-2069854.html>
- <https://earth.google.com>
- https://www.economica.net/fechet-la-eforie-23-de-hectare-de-plaja-vor-fi-date-in-folosinta-in-urma-lucrarilor-de-innisipare_726626.html
- <https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/monthly-report/global/200613>

www.arctic.noaa.gov/reportcard/seaice.html

<http://polarpedia.eu/en/palsa/>

<https://agerpres.ro/>

<https://www.agerpres.ro/social/2023/11/28/dolj-ministerul-mediului-a-inceput-o-campanie-de-impaduriri-pe-nisipurile-miscatoare-din-oltenia--1211394>

<https://www.fao.org/home/en>

<https://www.outsideonline.com/outdoor-adventure/environment/alaska-wants-build-second-800-mile-pipeline/>

<https://www.arcgis.com/apps/mapviewer/index.html?layers=e5ae0f0b60dc43aea85e44498347ac80>

<https://legislatie.just.ro/Public/DetaliiDocument/153253>

<https://legislatie.just.ro/Public/DetaliiDocument/1459>

Manifestarea proceselor geomorfologice conduce la degradarea terenurilor, motiv pentru care sunt necesare acțiuni și măsuri de prevenire și combatere a lor. Din acest motiv, cursurile de Geomorfologie trebuie completate de o lucrare, unde, alături de procesele geomorfologice, să existe și o prezentare a măsurilor și acțiunilor de prevenire și combatere a lor, atunci când este necesar. În caz contrar, cursanții rămân cu impresia că nu se poate face mare lucru în această direcție, dar vorba Documentarului HOME, deja este prea târziu să fim pesimiști. Mă refer aici la suprafețele de ordinul milioane de km², degradate deja de procesele geomorfologice, precum și la rata anuală de creștere a acestora, pe măsură ce componenta antropică defrișează, destelenește și schimbă constant modul de utilizare a terenurilor. Dincolo de enumerarea și prezentarea măsurilor și acțiunilor de prevenire și combatere a degradării terenurilor, prin această lucrare se dorește conștientizarea faptului ca aceste măsuri există și se pot aplica cu succes, dacă sunt corect dimensionate și apoi întreținute. Practic, putem ajunge la convingerea că procesele geomorfologice care degradează terenurile pot fi dirijate în direcția diminuării controlate a energiei lor.

Gheorghe Roșian



ISBN: 978-606-37-2632-3