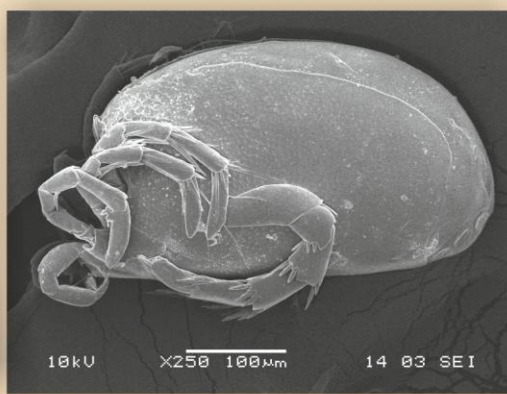
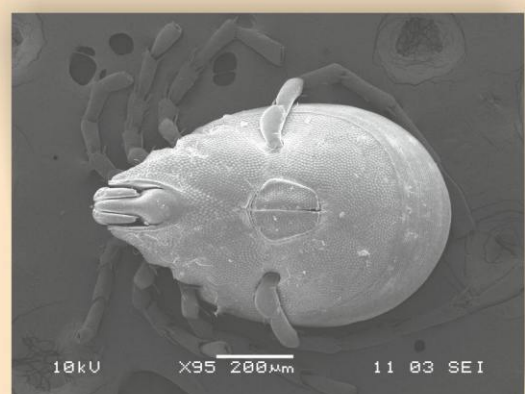
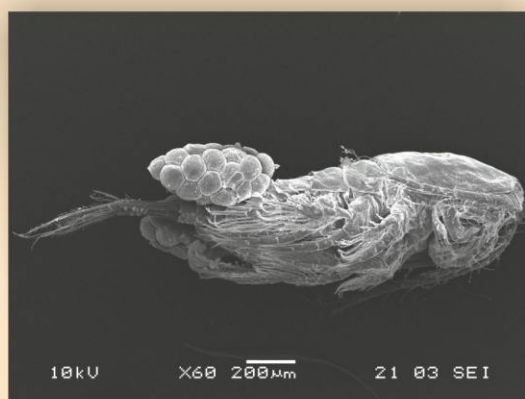
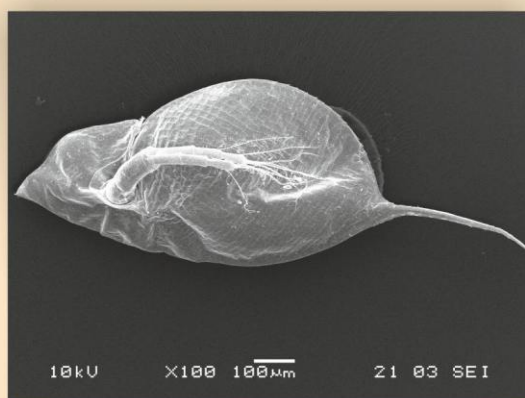
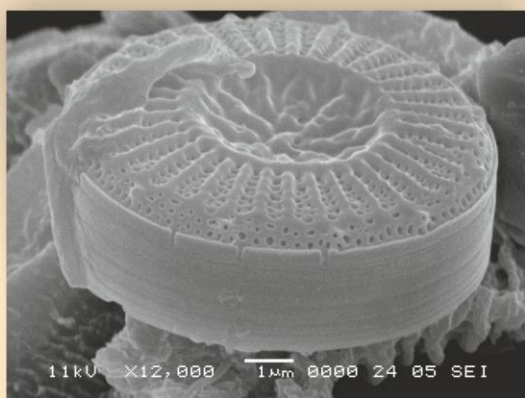
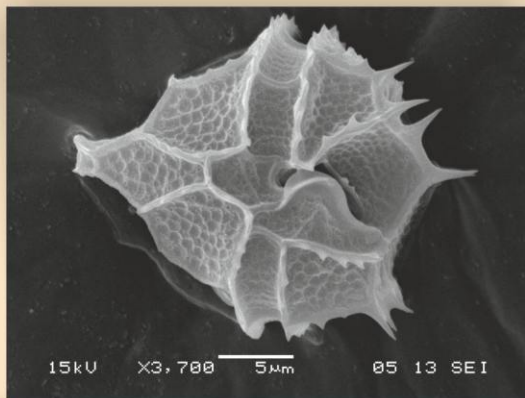


Mirela Cîmpean  
Karina Battes  
Laura Momeu

# Hidrobiologie

## Ape continentale

Ghid de  
lucrări practice



Presă  
Universitară  
Clujeană

**MIRELA CÎMPEAN**

**KARINA BATTES**

**LAURA MOMEU**

**HIDROBIOLOGIE**  
**APE CONTINENTALE**  
**GHID DE LUCRĂRI PRACTICE**

***Referenți științifici:***

**Prof. univ. dr. Péterfi Leontin Ștefan**

**Prof. univ. dr. Rákosy László**

ISBN 978-606-37-0323-2

2018 Autoarele volumului. Reproducerea integrală sau parțială a textului, prin orice mijloace, fără acordul autoarelor, este interzisă și se pedepsește conform legii.

**Coperta: *Foto Lucian Barbu-Tudoran***

**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@editura.ubbcluj.ro](mailto:editura@editura.ubbcluj.ro)  
<http://www.editura.ubbcluj.ro/>**

**MIRELA CÎMPEAN    KARINA BATTES    LAURA MOMEU**

**HIDROBIOLOGIE**  
**APE CONTINENTALE**  
**GHID DE LUCRĂRI PRACTICE**

**PRESA UNIVERSITARĂ CLUJEANĂ**

**2018**



# Cuprins

Introducere

## **1. Studiul comunităților algale**

- 1.1. Principalele grupe de alge și adaptările lor la mediul acvatic **10**
- 1.2. Prelevarea și conservarea probelor de alge **19**
- 1.3. Determinarea algelor **20**
- 1.4. Algele ca bioindicatori **25**
- 1.5. Indicele Biologic de Diatomee **28**

## **2. Studiul comunităților de nevertebrate acvatice**

- 2.1. Principalele grupe de nevertebrate acvatice **34**
- 2.2. Prelevarea, conservarea și prelucrarea probelor de nevertebrate acvatice **69**
- 2.3. Evaluarea calității apelor pe baza comunităților de nevertebrate bentonice **78**
- 2.4. Indicele Biotic Extins **78**

## **3. Studiul comunităților de pești**

- 3.1. Principalele caracteristici ale peștilor **83**
- 3.2. Metode de inventariere a ihtiofaunei **88**
- 3.3. Evaluarea calității apelor pe baza comunităților de pești **93**
- 3.4. Indicele Piscicol European (The European Fish Index, EFI+) **94**

## **4. Etapele monitorizării integrate a unui ecosistem acvatic **99****

Bibliografie **105**



## **Introducere**

Ecosistemele acvatice sunt în permanență sub presiunea antropică, iar efectele asupra comunităților acvatice, care reflectă echilibrul ecosistemului, sunt o preocupare curentă în lumea științei, atât pe plan mondial cât și în România. Astfel se investighează răspunsul diferitelor comunități acvatice la factorii de stres precum: defrișările, construcția de baraje, agricultura intensivă, poluarea menajeră și industrială și altele. Comunitățile de alge, de nevertebrate și de pești sunt implicit afectate de toate aceste procese, fiind un fin barometru al modificărilor de mediu, avînd un rol important în procesele ecologice din ecosistemele lotice și lentiche.

Studiul comunităților de alge, nevertebrate și pești aduce informații importante în ceea ce privește evaluarea calității apelor din punct de vedere biologic. Conform noii Directive Cadru privind Apa (2000/60/CE), care reprezintă legislația europeană în domeniul protecției apelor, elementele biologice cum sunt: algele, nevertebratele și peștii reprezintă elemente centrale, iar analizele chimice vin în completarea acestora în procesele de monitorizare.

Lucrarea de față se adresează în primul rînd studenților care frecventează cursul de hidrobiologie și lucrările practice aferente acestui curs, fiind destinată studiului ecosistemelor acvatice, atât în teren cât și în laborator.

Prin tematica abordată în cadrul acestei lucrări se dorește transmiterea unor cunoștințe de bază în hidrobiologie, atât în ceea ce privește noțiunile teoretice, dar cu precădere în ceea ce privește aspectele practice ale acestui domeniu de studiu.

În cuprinsul ghidului sunt incluse aspecte diverse din structura și funcționarea ecosistemelor acvatice continentale, cu apă curgătoare și stătătoare, fără să se facă referiri la mediul marin.

Sperăm ca această lucrare, inițiată din necesitatea unui suport pentru lucrările practice de hidrobiologie, să își găsească utilitatea și să reprezinte un instrument ajutător atât pentru studenți la nivel licența și masterat cât și pentru cadrele didactice interesate de acest domeniu.

**Autorii**



## 1. Studiul comunităților algale

Algele sunt organisme talofite în cea mai mare parte microscopice, majoritar fotosintetizante, heterogene, atât în ceea ce privește structura cât și în ceea ce privește ecologia lor (Belcher și Swale, 1976; Lee, 2009). Structura talului este deosebit de variată, algele reunind organisme eucariote, alături de care există și un grup de “alge” procariote – Cyanobacteria sau Cyanoprokaryota (Komárek și Anagnostidis, 1998, 2005).

Heterogenitatea structurală se reflectă și în cadrul fiecărui grup în parte, ceea ce a determinat ca în timp, pe măsură ce s-au perfecționat mijloacele de investigație, din unele încrângături să se separe grupe diferite din punct de vedere al structurii. De exemplu din Chrysophyta s-au desprins Prymnesiophyta (Haptofite), Synurophyceele și Pelagoficeele (Lee, 2008). La acestea se adăugă descoperirea unor alge cu structuri particulare care nu au putut fi încadrate la nici una din încrângăturile cunoscute și prin urmare s-a impus definirea unor grupe sistematice noi așa cum sunt clasele Pinguiphyceace și Bolidophyceae din încrângătura Heterocontophyta (Lee, 2009).

O alta caracteristică ce reflectă aceeași heterogenitate este determinată de unele funcții ale algelor, cum este nutriția. Deși sunt considerate producători primari, organisme fotosintetizante, în rîndul algelor este foarte frecventă heterotrofia, obligatorie sau facultativă. Se întâlnește atât auxotrofia cât și fagotrofia. Mai mult, deseori algele sunt mixotrofe, avînd căi metabolice care le permit să treacă ușor de la eutrofie la heterotrofie în funcție de factorii de mediu. Se știe, de exemplu, că la crizofite este atât de tentantă calea heterotrofă, încît unele specii cunoscute ca fotosintetizante devin în anumite condiții canibale, chiar pentru indivizii aceleiași specii (Lee, 2009). La acestea se adăugă formele parazite, prezente la unele grupe de alge, mai cunoscute fiind unele dinofite din genul *Oodinium*.

Heterogenitatea grupului se referă și la ecologia algelor, cunoscute ca organisme acvatice răspîndite în toate tipurile de ecosisteme acvatice, inclusiv în cele cu condiții extreme: izvoare termale cu temperaturi de peste 70°C, pe suprafața ghețarilor și zăpezilor veșnice sau în medii hiperhaline. Mai mult, algele sunt frecvent întâlnite în mediu terestru: pe suprafețele umede de pe ziduri, scoarța copacilor, sau în zona supralitorală, a bazinelor acvatice, periodic imersate (aerofile); dar și în sol pînă la un metru adîncime (edafice). În atmosferă s-a semnalat prezența unor diatomee viabile la 2000-3000 m (*Aulacoserira granulata*), algele intrînd în compoziția aeroplanctonului alături de bacterii, ciuperci, spori, polen etc.

### Importanța grupului:

- constituie **producătorii primari** în ecosistemele acvatice: în unele bazine cum sunt mările, oceanele sau marile lacuri în zona pelagică sunt singurii producători primari; în altele sunt principalii producători primari; sau împart acest rol cu macrofitele acvatice;
- au valoare indicatoare pentru calitatea apei din ecosistemele în care se dezvoltă. Deși cele mai multe alge sunt elemente euribionte, cosmopolite, există și alge din grupul stenobiontelor care constituie valoroși bioindicatori;
- utilizate în hrana animalelor erbivore din mediul acvatic, dar cu utilități și pentru om: hrană, farmacie, patiserie, pentru obținere de glicerol etc.;
- obținere de biocombustibili – hidrocarburi cu lanț lung;
- unele dintre cele mai noi biotehnologii au ca obiect de studiu specii de alge fixatoare de azot molecular (speciile genului *Anabaena*) sau pentru producerea de pigmenți de către tulpini modificate genetic pentru crescătoriile de somoni (*Dunaliella*);
- algele fosile: diatomee, crizoficee – sinuroficee, chiar alge albastre și dinofitele sunt utilizate la reconstituirea evoluției lacurilor, a climei etc.

## 1.1. Principalele grupe de alge și adaptările lor la mediul acvatic

Principalele încregături de alge răspândite în ecosistemele acvatice continentale din România sunt prezentate în tabelul 1.1.

Tabel 1.1. Principalele grupe de alge răspândite în ecosistemele acvatice continentale din România

Nr.	Taxoni	Tip de habitat / tip de biocenoză	Genuri reprezentative
1	Cyanoprokaryota (Cyanobacteria)	Ape stătătoare și curgătoare în plancton și bentos	<i>Microcystis, Anabaena, Oscillatoria</i>
2	Rhodophyta	Ape curgătoare în zona montană în bentos	<i>Batracospermum</i>
3	Glaucophyta	Mlaștini oligotrofe și mezotrofe în bentos	<i>Glaucocystis</i>
4	Euglenophyta	Ape stătătoare în plancton	<i>Euglena, Phacus, Trachelomonas</i>
5	Dinophyta	Ape stătătoare în plancton	<i>Ceratium, Peridinium</i>
6	Cryptophyta	Ape stătătoare în plancton	<i>Cryptomonas, Rhodomonas</i>
7	Chrysophyta	Ape stătătoare și curgătoare în plancton, neuston și bentos	<i>Ochromonas, Chromulina, Dinobryon, Hydrurus</i>
8	Synurophyceae	Ape stătătoare în plancton	<i>Mallomonas, Synura</i>
9	Prymnesiophyta	Ape stătătoare în plancton	<i>Prymnesium</i>
10	Bacillariophyta	Ape stătătoare și curgătoare în plancton și bentos	<i>Asterionella, Fragilaria, Navicula, Gomphonema, Pinnularia</i>
11	Eustigmatophyta	Ape stătătoare în bentos, pe sol umed	<i>Chlorobotrys</i>
12	Chlorophyta	Ape stătătoare și curgătoare în plancton, neuston și bentos	<i>Chlorella, Chlamydomonas, Chladophora, Micrasterias</i>

Algele sunt în mod primar organisme acvatice, dar multe (Chlorophyta, Xanthophyta, Bacillariophyta) s-au adaptat la viața în ecosisteme terestre.

În mediul acvatic, algele se dezvoltă în cadrul a două biocenoze de bază: bentosul și pelagosul.

În bentos, mai precis în epibentos și mai puțin în endobentos, în funcție de natura substratului, algele pot fi epilitice (specii de *Gomphonema*) – la suprafața pietrelor, stîncilor, rocilor dure, zidurilor, epipsamice (specii mici de *Navicula*) – la suprafața nisipului; epipelice (specii de *Gyrosigma*) – la suprafața mîlurilor; epifite (*Lagynion cistodinii*, *Cocconeis placentula*) – pe plante acvatice sau pe alte alge. Unele specii de alge pot trăi în interiorul celulelor unor plante (*Anabaena azollae*, *Heliochrysis sphagnicola*), fiind endofite sau epizoote, fixate pe corpul animalelor sau pe exoscheletul acestora (*Amphirhiza epizootica*, *Characiopsis crustacearum*).

Algele din bentos au o serie de adaptări:

- formele libere au simetrie bilaterală (*Pleurotaenium* sp. (fig. 1.1.), *Micrasteria americana* (fig. 1.2.)) sau radiară (*Melosira*, *Cyclotella*), sunt forme grele cu greutate specifică și suprafață mare, pentru a se putea menține la nivelul substratului. Cele care au învelișuri de natură minerală, sunt puternic mineralizate, altele sintetizează produși metabolici grei în scopul măririi greutateii;
- cele mobile execută mișcări de tîrîre la nivelul substratului (desmidiacee, diatomee), mai ales cele de pe sedimente mobile, în scopul menținerii la suprafață a acestora sau pentru a reveni la suprafață după ce sedimentele au fost deranjate de mișcările apei sau de animale;
- unele forme mobile au flageli cu ajutorul cărora se mișcă la nivelul substratului;
- formele fixate și-au dezvoltat diverse mecanisme de fixare prin simple celule bazale modificate (*Gloeotila*), prin discuri adezive foarte diversificate (*Fragilaria ulna*, *Stigeodinium*, *Pheothamnion* etc.) sau pedunculi gelatinoși simpli și/sau ramificați (specii de *Cymbella*, *Gomphonema*, *Didymosphenia geminata* (fig. 1.3.)), pseudorizoizi la *Chara*.

Perifiton, biodermă, biofilm, biotecton sunt noțiuni similare celei de bentos.



Fig. 1.1. *Pleurotaenium* sp.

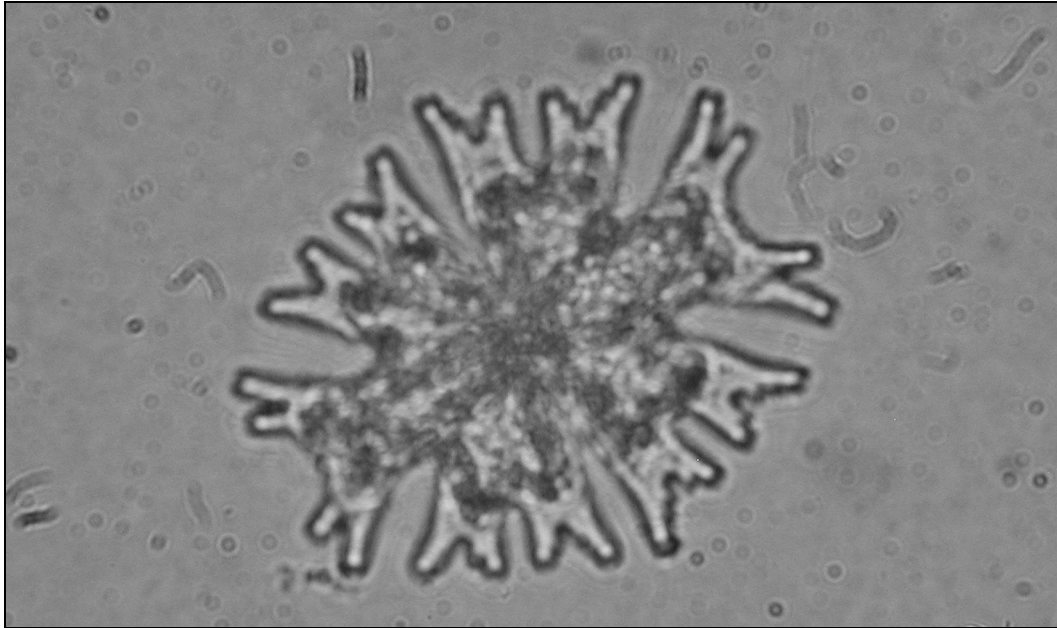


Fig. 1.2. *Micrasteria americana*

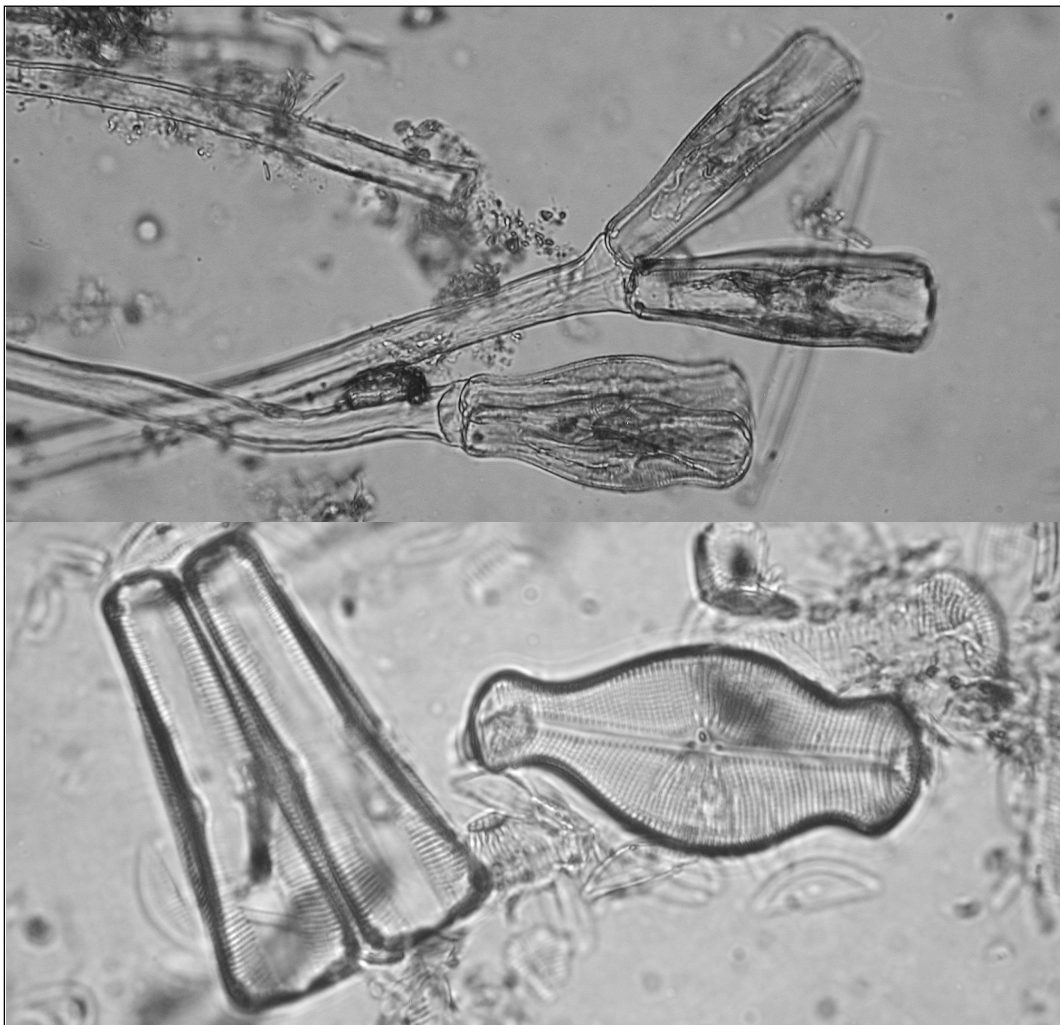


Fig. 1.3. *Didymosphenia geminata* (în preparat umed, cu pedunculi gelatinoși (sus), în preparat fixat, vedere din pleură (stînga jos) și vedere din valvă (dreapta jos))

Algele din pelagos se dezvoltă în plancton și în neuston.

Cele planctonice (planktos = hoinar în greacă) s-au adaptat la condițiile de mediu din masa apei prin selectarea în timpul evoluției a formei celei mai adecvate în scopul realizării unei suprafețe cât mai mari și reducerii greutateii specifice. Cele mai frecvente forme sunt:

- sfera prin forme unicelulare, cenobiale sau coloniale, (*Chlorella*, *Chlorococcum*, *Coelastrum* etc.), iar dintre cele flagelate: *Chlamydomonas*, *Chrysococcus*, *Trachelomonas* (fig. 1.4.), *Volvox* (fig. 1.5.), etc.;
- bastonaș: *Fragilaria acus*, *Euglena acus* (fig. 1.6.), *Oscillatoria planctonica*;
- forme compuse din mai multe elemente (*Asterionella formosa* (fig. 1.7.), *Fragilaria crotonensis* (fig. 1.8.), *Scenedesmus* (fig. 1.10.), cu prelungiri care asigură plutirea (*Micractinium pusillum*, *Chrysosphaerella* sp. (fig. 1.9.)), sau cu prelungiri și cu flageli (*Ceratium hirundinella* (fig. 1.8.) etc.).

Reducerea greutateii specifice se poate realiza prin:

- cantitate mare de apă în celule;
- vacuole cu gaz (*Anabaena* sp. (fig. 1.11.), *Arthrospira platensis* (fig. 1.12.), *Microcystis* sp. (fig. 1.13.), *Oscillatoria* sp.);
- picături de lipide (la multe xantofite);
- eliminarea produșilor metabolici grei;
- grad redus de mineralizare a învelișurilor externe;
- capsule mucilaginoase bine dezvoltate.

Formele planctonice se mențin în masa apei în stare de plutire mai mult sau mai puțin pasivă pe întreg ciclul de viață (exceptând formele de rezistență) în cazul euplanctonului sau numai în anumite etape ale ciclului de dezvoltare (meroplancton). Multe execută mișcări pe distanțe mici, de exemplu cele flagelate (*Chlamydomonas*, *Tracheolomonas*, *Mallomonas* etc.). Nu se poate face o delimitare strictă între formele planctonice și cele bentonice, existând forme plancto-bentonice: *Melosira varians* la care se întâlnesc așa numitele morfoze cu generații planctonice și altele bentonice adaptate fie pentru a pluti, fie pentru a se menține la nivelul substratului prin modificarea gradului de mineralizare a frustulelor silicioase.

Neustonul reprezintă comunitatea care se dezvoltă pe pelicula de la interfața apă-aer, datorită tensiunii superficiale a apei, având caracter temporar, uneori efemer. Adaptările algelor incluse în această categorie presupun rezistența la insolație și la modificări frecvente și foarte mari ale factorilor de mediu din aer și din apa etc. Speciile care se dezvoltă în neuston aparțin frecvent genurilor: *Chlamydomonas*, *Euglena*, *Chromulina*.

Algele din ecosistemele acvatice continentale se dezvoltă în cele lentice și lotice. Există o structură caracteristică pe orizontală și pe verticală a ecosistemelor acvatice. Aceasta determină o serie de adaptări, unele prezentate anterior dar și altele determinate de viteza de curgere a apei, de adâncime și gradul de umbrire sau de creșterea cantității de raze UV, fenomen semnalat odată cu apariția găurii din stratul de ozon. În cazul din urmă adaptările vizează:

- secreția unor produși care protejează celulele de acțiunea razelor UV sau de capsule mucilaginoase foarte groase cu structuri specifice;
- producerea unor pigmenți protectori din grupul carotenoidelor și/sau a flavonoidelor;
- migrarea spre zone profunde, pentru reducerea intensității luminoase la formele mobile;
- mecanisme fiziologice pentru blocarea acțiunii distructive a razelor UV.

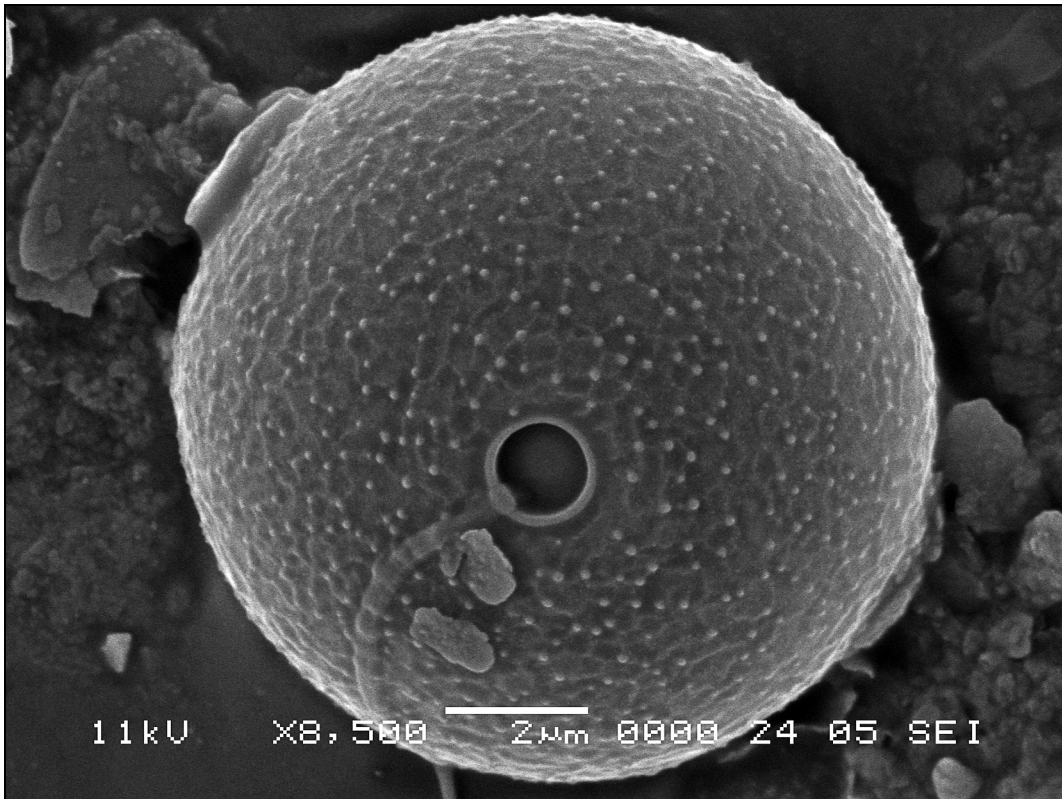


Fig. 1.4. *Trachelomonas* sp. (foto Lucian Barbu-Tudoran)

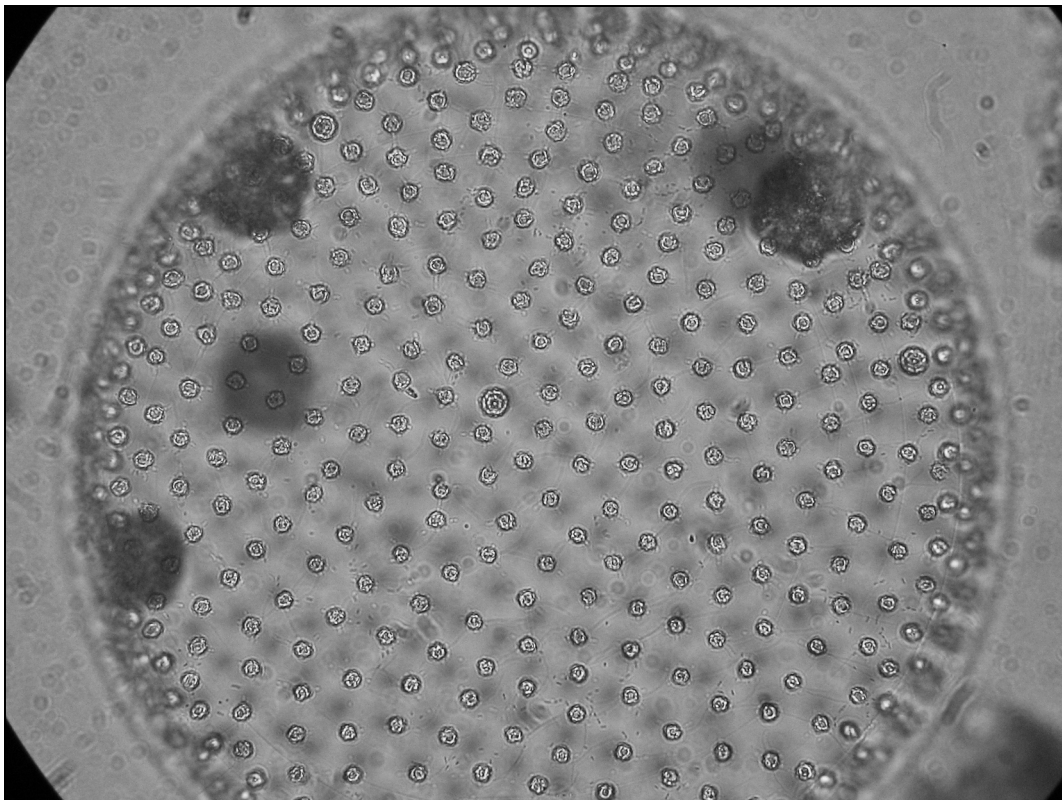


Fig. 1.5. *Volvox* sp.



Fig. 1.6. *Euglena acus*

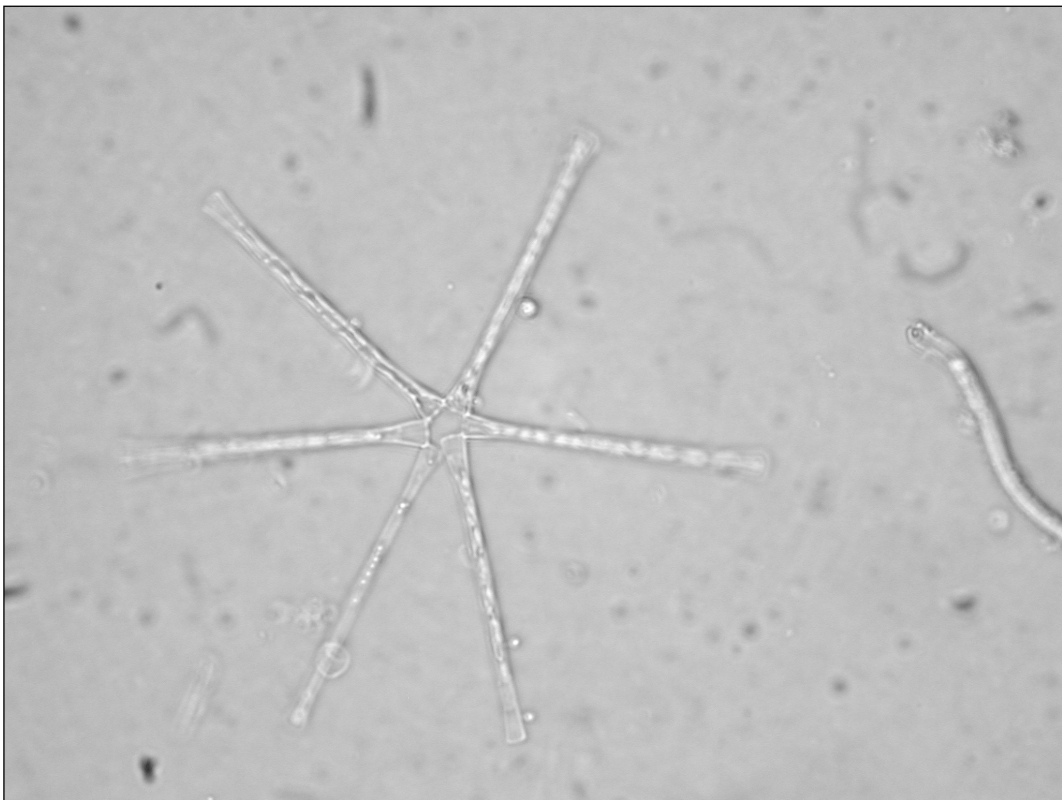


Fig. 1.7. *Asterionella fomsa*



Fig. 1.8. *Ceratium hirundinella* (stînga) și *Fragilaria crotonensis* (dreapta)

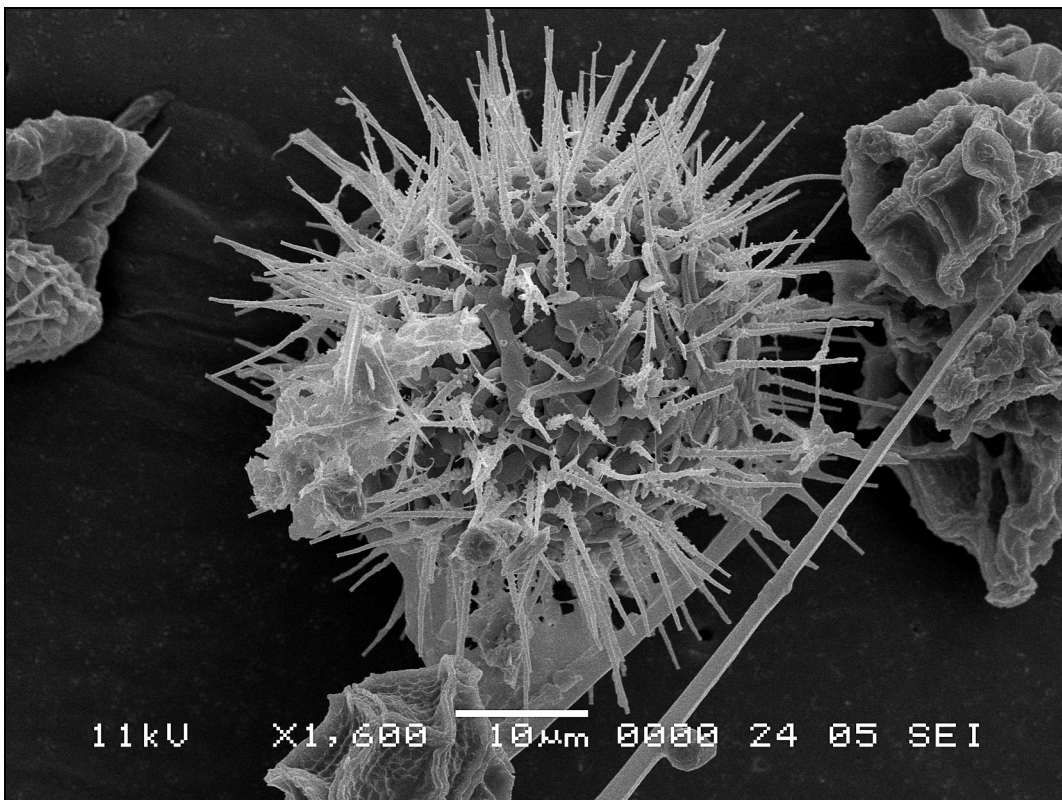


Fig. 1.9. *Chrysophaerella* sp. (foto Lucian Barbu-Tudoran)



Fig. 1.10. *Scenedesmus* sp.

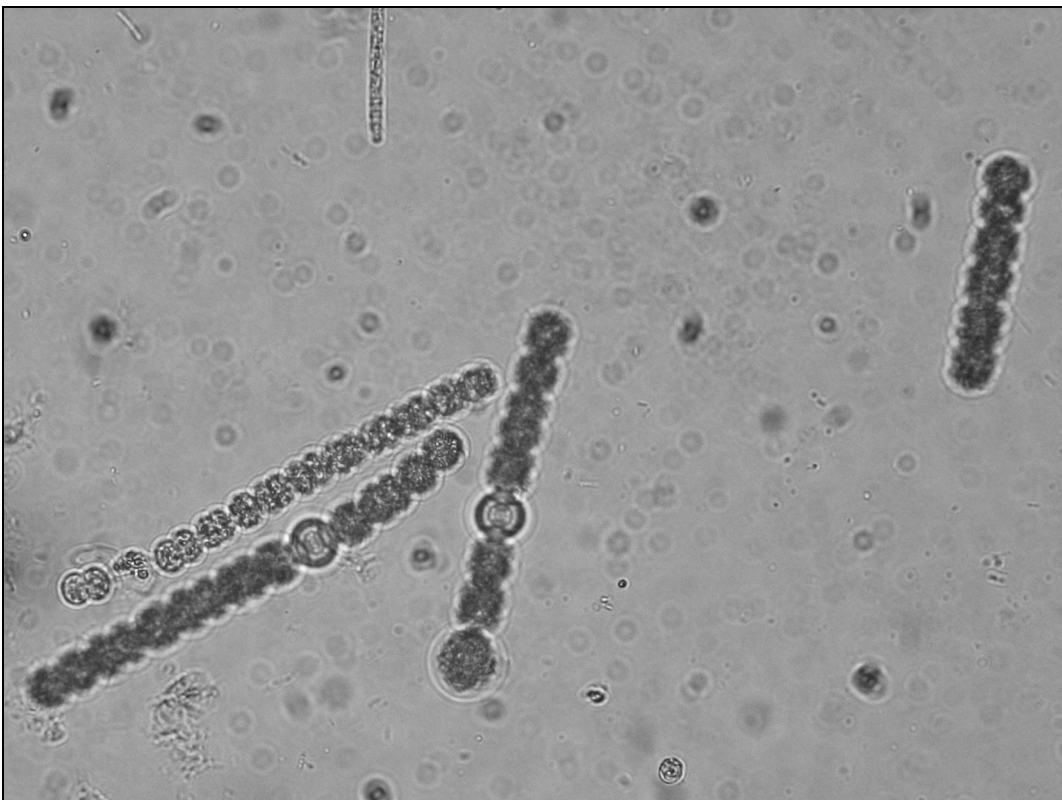


Fig. 1.11. *Anabaena* sp.



Fig. 1.12. *Arthrospira platensis* (stînga) și *Anabaena* sp. (dreapta)

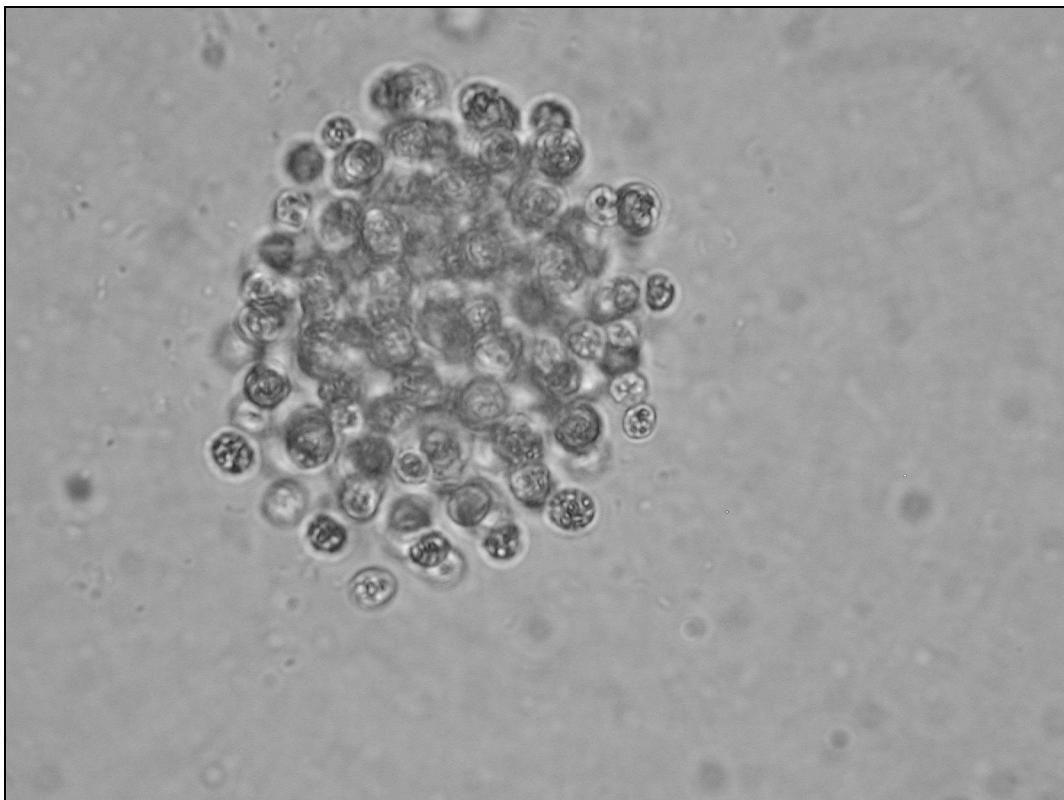


Fig. 1.13. *Microcystis* sp.

## 1.2. Prelevarea și conservarea probelor de alge

### **Alge bentonice și perifiton**

#### Probe calitative

Metodele calitative de colectare a probelor au ca scop prezentarea compoziției specifice a comunităților caracteristice fiecărui punct de colectare. Substratul de pe care se colectează probele de perifiton trebuie să fie reprezentativ pentru bazinul acvatic sau pentru sectorul cercetat, preferându-se prelevarea de pe unul, cel mult două sau trei tipuri diferite de substrat, în funcție de condițiile concrete ale ecosistemului studiat. Pentru o analiză sistematică, prelevarea materialului este relativ simplă și se bazează pe raclarea, perierea, aspirarea sau spălarea substratului de fixare. În acest scop se folosesc o serie de instrumente, de la cele mai simple cum sunt perii, cuțite (fig. 1.14.) sau pipete, până la cele mai complexe de genul cuțite curbate pentru răzuirea algelor epifite de pe papură sau perii montate în interiorul unei seringi mai mari, pentru aspirarea materialului dislocat (Barber și Haworth, 1981). Formele epifite pot fi colectate și prin spălarea sau clătirea plantelor într-o cantitate mică de apă în paralel cu răzuirea tulpinilor, dacă este posibil, sau prin stoarcerea tulpinițelor de mușchi.

#### Probe cantitative

Metodele cantitative de colectare a probelor de alge din bentos care se bazează pe folosirea numărului de celule sau alte unități de numărare (filamente, colonii)/unitatea de suprafață a substratului, sunt utilizate pentru calcularea abundenței grupurilor taxonomice identificate, alături de estimări de densitate, biomasă, producție etc. Probele cantitative necesită prelevarea de pe o suprafață dată de substrat, ceea ce a dus la elaborarea unui număr de metode și instrumente de colectare (pătratul decupat, sisteme de sifonare, filme aplicate direct pe substrat etc.).



Fig. 1.14. Modul de prelevare prin raclare a probelor calitative de perifiton

### **Alge planctonice**

#### Probe calitative:

Dacă studiul realizat vizează doar aspecte calitative, probele de fitoplancton sunt colectate prin filtrare, folosind fileuri planctonice cu dimensiunile ochiurilor variabile între 20 și 40  $\mu\text{m}$  (fig. 1.15.).

### Probe cantitative:

În apele oligotrofe, sau unde densitățile algelor planctonice sunt mici, se colectează probe cu volumul de pînă la 6 litri, pe cînd în apele eutrofe o probă de fitoplancton ar trebui să aibă de obicei volumul de 0,25 - 0,5 pînă la 1 litru.

Cele mai folosite ustensile pentru colectarea probelor cantitative de fitoplancton sunt recipiente cu volum cunoscut, formate dintr-un tub cilindric cu opritori la fiecare capăt și cu un sistem de închidere. Modul de recoltare este următorul: se coboară prelevatorul pînă la adîncimea dorită și se închide prin coborîrea bruscă a unei greutate (numită mesager) pe firul cu care este legat aparatul. Cele mai folosite prelevatoare de fitoplancton sunt Kemmerer și Van Dorn.



Fig. 1.15. Prelevarea cu fileul a probelor calitative de alge planctonice

Conservarea probelor de alge din perifiton sau plancton se face în momentul prelevării cu:

- soluție Lugol: se adaugă 0,3 mL soluție Lugol la 100 mL de probă și se păstrează la întuneric,
- formol: se adaugă 40 mL formol la 1 L de probă, imediat după colectare, iar pentru probele în care predomină diatomeele fixarea se face în soluție 10 %.
- alcool etilic 95%.

Cei mai mulți conservanți duc la ruperea celulelor de alge sau la modificări structurale, mai ales la formele fragile de *Euglena*, *Cryptomonas*, *Synura*, *Chromulina* etc. Soluția Lugol este de obicei cea care afectează cel mai puțin structurile celulare necesare identificării algelor. Se recomandă pentru aceste situații, dacă este posibil, determinarea acestor alge din materialul viu, imediat după prelevare.

### **1.3. Determinarea algelor**

Determinarea algelor din majoritatea grupelor sistematice se face, pe baza caracterelor morfo-structurale, la microscopul optic cu ajutorul preparatelor umede executate între lamă și lamelă, utilizînd obiective de 10x, 20x, 40x, 60x și cu imersie 100x. Principalele caractere

definiții frecvent utilizate pentru identificarea algelor sunt: forma și mărimea celulelor, cenobiilor sau coloniilor; structura peretelui celular; culoarea, forma, poziția și numărul plastidelor; prezența, absența, poziția și numărul pirenoidilor și a flagelilor; prezența, absența și poziția stigmei; prezența unor lorici (*Dinobryon* (fig. 1.16.)), căsuții (*Trachelomonas* (fig. 1.5.)), a unor exoschelete (frustule la diatomee sau formate din scvame și sete la *Mallomonas* (fig. 1.17.) sau de natură celulozică la dinofite (*Peridinium* (fig. 1.18.))); cât și particularități privind elemente de înmulțire (zoospori, aplanospori) sau forme de rezistență (zigoți, statospori, chisturi) etc.

Există grupe de alge sau specii ale căror determinare nu este posibilă decât cu ajutorul microscopului electronic. Pentru determinarea speciilor de sinuroficee (*Mallomonas* (fig. 1.17.), *Synura*, *Spiniferomonas*) sau a unor specii mici de diatomee (*Cyclotella meneghiniana* (fig. 1.19.)) este nevoie de detalii ultrastructurale ale elementelor învelișului extern silicios. La alte alge (crisofite, clorofite sau criptofite) este nevoie de detalii ale învelișului celular de natură organică, iar la unele alge verzi, xantofite sau eustigmatofite, de detalii ale ultrastructurii celulare la nivel de stigma, cloroplast, pirenoid, reticul endoplasmatic etc. Uneori este nevoie de evidențierea unor structuri particulare precum ejectozorii la criptofite, discobolociste la unele crizofite (*Ochromonas*) sau trichociste la dinofite (Lee, 2009).

Taxonomia integrativă presupune și determinarea unor caractere biochimice, mai ales a pigmentilor asimilatori care imprimă culoarea algelor, de la care derivă și denumirile principalelor grupe de alge, cât și studii moleculare. La acestea se adăugă forma, tipul și localizarea produșilor de rezervă (amidon, chrysolaminarină, picături de lipide etc.).

Deseori, pentru determinarea unor specii sunt necesare informații care țin de ciclurile de înmulțire ale algelor, acestea avînd habitus diferit în diverse etape ale ciclului celular (dinofite) sau mod diferit de formare a zigoților (*Spirogyra*) și de morfologia variată a acestora sau prezența și morfologia zoosporilor (*Chlorococcum*, *Tetracystis*).

Pentru o determinare corectă a algelor este obligatorie cunoașterea ecologiei taxonilor (specie, subspecie, varietate sau formă).

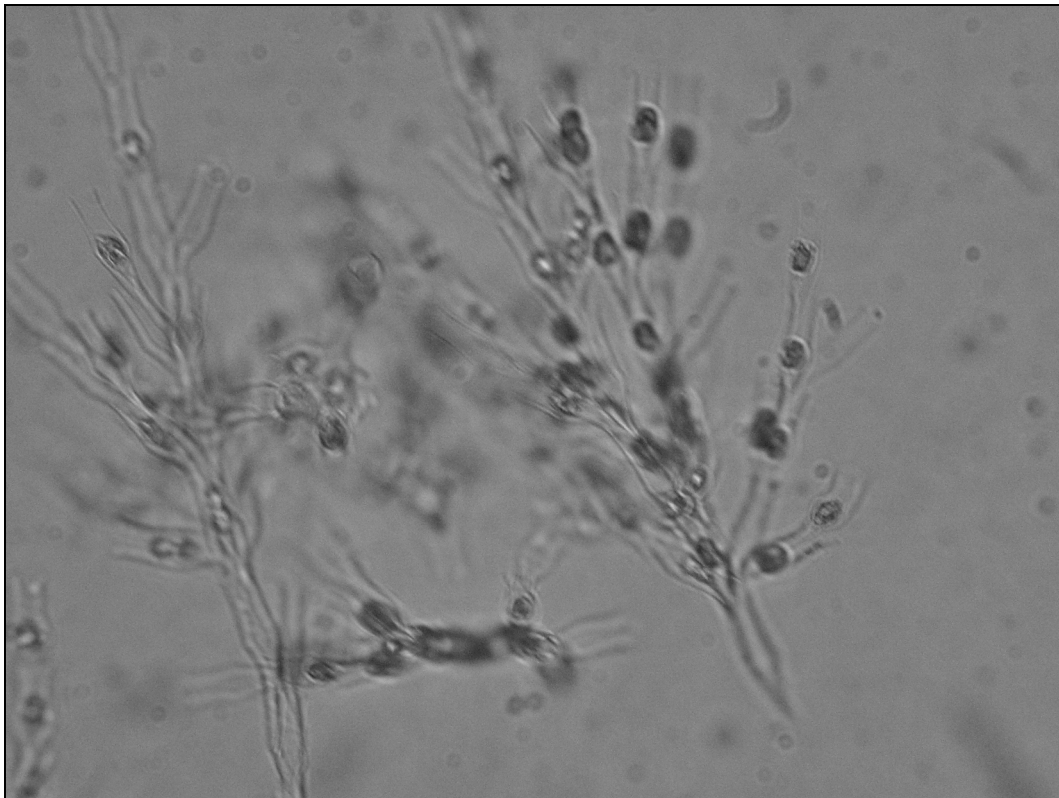


Fig. 1.16. *Dinobryon* sp.

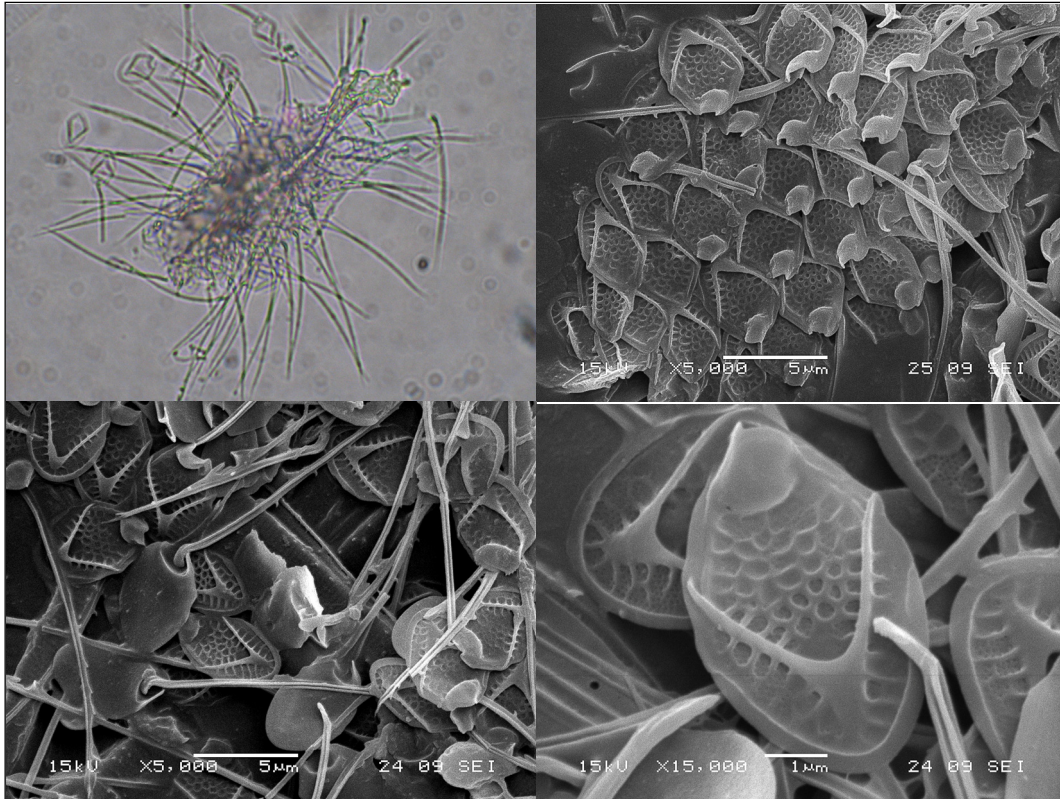


Fig. 1.17. *Mallomonas crassiquama* (vedere generală microscopie optică (stînga sus), detalii microscopie electronică (dreapta sus, stînga jos și dreapta jos))  
(foto Lucian Barbu-Tudoran)

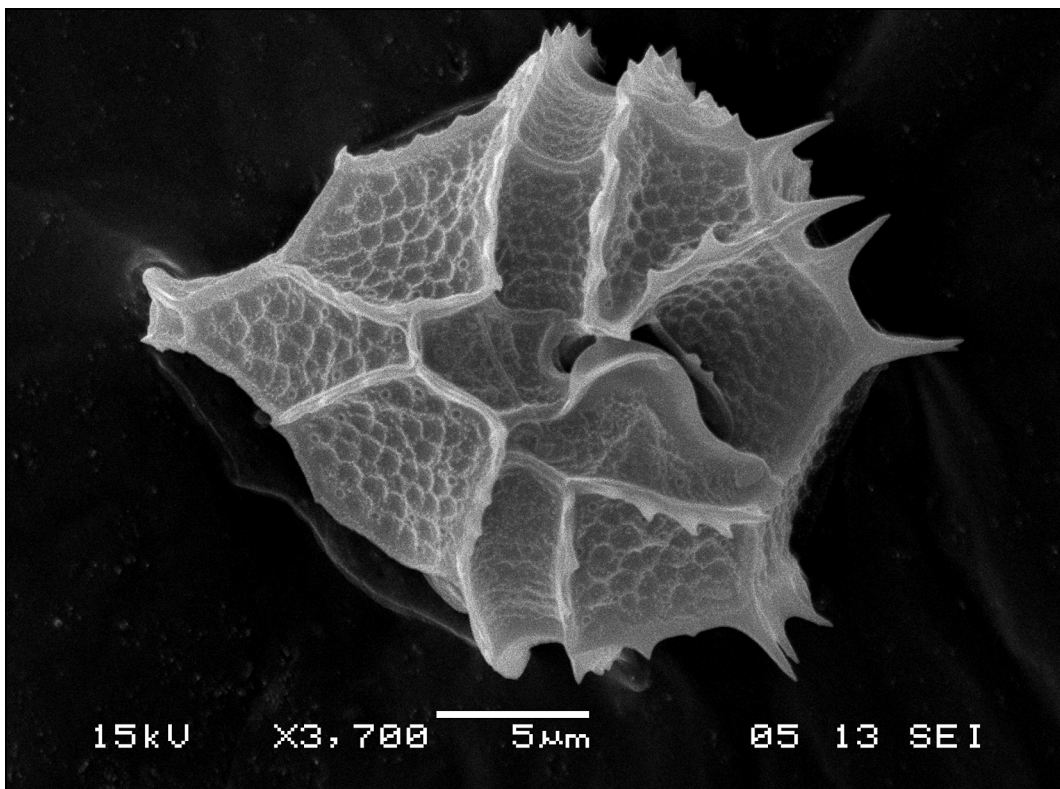


Fig. 1.18. *Peridinium* sp. (foto Lucian Barbu-Tudoran)

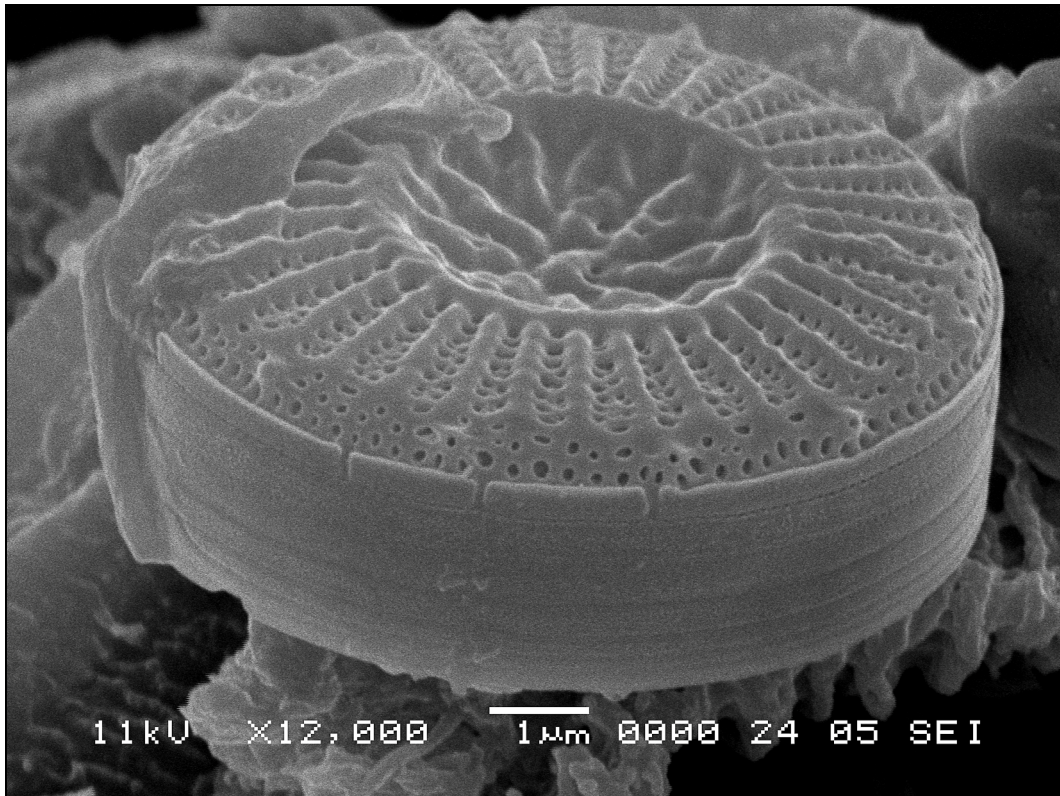


Fig. 1.19. *Cyclotella meneghiniana* (foto Lucian Barbu-Tudoran)

### Preparatele microscopice fixate de diatomee

Caracterele de bază pentru determinarea speciilor de diatomee (încrângătura Bacillariophyta) sunt cele morfo-structurale ale frustulei, alături de cele legate de ecologia speciilor. Pentru ca elementele frustulei să devină evidente și să poată fi observate în condiții optime este nevoie să eliminăm conținutul organic al celulei care maschează aceste structuri. Se impune prin urmare oxidarea sau mineralizarea materiei organice. Acest proces este foarte diferit în funcție de speciile de diatomee pe care le avem în probe, de cantitatea acestora, respectiv de cantitatea de material alohton prezentă, mai ales în probele de bentos.

Metodele utilizate sunt foarte variate, alegerea uneia sau a alteia dintre acestea făcându-se în funcție de factorii menționați mai sus, dar și de dotarea laboratorului de prelucrare și de intervalul de timp de care este nevoie pentru predarea rezultatelor.

În situația în care cantitatea de material biologic este mare – probe de bentos – mineralizarea se poate face în mai multe feluri:

1. Cea mai simplă metodă este incinerarea materialului biologic conținând diatomee (spălat în prealabil pentru înlăturarea substanțelor cu care s-a făcut fixarea în teren) pe placă de inox, la flacără timp de 6-12-24 de ore, în funcție de cantitatea de materie alohtonă din probă și cantitatea de diatomee. După incinerare se execută includerea frustulelor și etichetarea lamelor. Aceste preparate permanente pot fi păstrate timp îndelungat,
2. Metode mai sofisticate care necesită existența unor dotări corespunzătoare ale laboratorului presupun: tratarea materialului biologic cu agenți chimici oxidanți pentru mineralizarea materialului organic. Acest proces se poate desfășura la rece sau prin fierbere. Agenții oxidanți utilizați: apă oxigenată 30%, acid azotic, acid sulfuric în amestec cu bicromat de potasiu.

Pentru obținerea preparatelor permanente se procedează astfel:

- pe o placă de inox se așează lamela pe care se pun 1-2 picături din materialul suspendat în apă distilată, agitat ușor în prealabil pentru a obține o distribuție

uniformă. Acest lucru este foarte important dacă se vor efectua și evaluări cantitative din preparate;

- materialul conținând frustulele de diatomee trebuie să fie nici prea concentrat, nici prea diluat, pentru a putea surprinde și identifica toate speciile de diatomee;
- se încălzește placa astfel încât să se evapore apa fără a se ajunge la fierbere, pentru a evita fragmentarea frustulelor și contaminarea preparatelor apropiate (în situația în care pe aceeași plită avem în lucru mai multe lamele în același timp). După evaporare se adaugă câteva cristale din materialul de includere și se așteaptă să se topească, după care se întoarce lamela pe suprafața lamei fierbinți. Pe cât posibil, și în acest caz, se evită apariția bulelor de aer prin fierbere (fig. 1.20.);
- se etichetează lama sau se trec datele direct pe lamă cu ajutorul unui marker permanent. Este important ca rășinile utilizate la includere: Hyrax, StyraX, Pleurax, colofoniu (sacîz), chiar balsam de Canada, să aibă indice de refracție cât mai mare pentru a mări contrastul și a se observa ornamentațiile.

Determinarea diatomeelor din preparate permanente fixate trebuie însoțită de examinarea materialului în preparate umede pentru a observa speciile fixate, modul de fixare, formele coloniale etc. Dacă probele provin din ape dure, bogate în carbonați, în toate situațiile acestea se tratează cu HCl diluat pentru înlăturarea carbonaților, pentru a evita formarea unor combinații cu  $H_2SO_4$  și  $HNO_3$ .

Examinarea preparatelor fixate (permanente) la microscop se face cu obiectivul de 100x, folosind ulei de imersie, mai rar, cu obiectivul de 40x pentru forme mai mari (*Didymosphenia geminata*). Principalele elemente urmărite și utilizate la determinarea diatomeelor sunt: forma și mărimea frustulelor, simetria lor, prezența/absența rafei, tipul de rafă, prezența/absența nodulilor centrali sau polari, tipul de elemente de pe frustule examinate obligatoriu în vedere din valva și numărul acestora în intervalul de 10  $\mu m$ . Acestea pot fi: striuri liniare, striuri punctate sau alcătuite din pori foarte fini; prezența, tipul și structura altor elemente: areole, țepi, granule sau a unor structuri particulare sub forma de grilaj pe suprafața valvelor (*Gyrosigma*, *Pleurosigma*).



Fig. 1.20. Obținerea preparatelor fixate (permanente) de diatomee

#### 1.4. Algele ca bioindicatori

Dezvoltarea algelor este condiționată atât de factorii abiotici de mediu (lumină, temperatură și nutrienți), cât și de cei biotici (competiția, presiunea animalelor erbivore și parazitismul). Între anumite limite, algele au mecanisme de adaptare, chiar strategii adaptative, pentru contracararea modificării factorilor de mediu, mecanisme variate de la un grup la altul de alge. Gradul de adaptare al algelor este foarte diferit, unele se adaptează între limite foarte largi ale modificărilor condițiilor de mediu, avînd o mare plasticitate ecologică, încadrîndu-se în categoria speciilor euribionte (indiferente, cosmopolite). Alte alge se adaptează între limite foarte înguste ale modificărilor condițiilor de mediu, situîndu-se în grupul stenobiontelor. Acestea din urmă constituie valoroși și fini indicatori ai calității apei din ecosistemele acvatice în care se dezvoltă.

Principalele trăsături care conferă algelor statutul de fini indicatori sunt:

- cicluri de viață scurte, cu multiplicare rapidă în condiții favorabile, răspunzînd în timp scurt la modificarea condițiilor de mediu, fiind “organisme santinelă”,
- multiple forme de rezistență: spori, chisturi, zigoți,
- numeroase și variate căi de dispersie prin apă, cu ajutorul vîntului, animalelor sau omului,
- dezvoltarea algelor în toate tipurile de ecosisteme acvatice, cu ape stătătoare sau curgătoare, dulce, sărată sau salmastră, în ape reci sau calde, chiar pe suprafața zăpezii și a gheții sau în izvoare termale (condiții extreme).

Algele din grupul stenobiontelor au fost utilizate încă de la începutul secolului trecut în sistemele de apreciere a calității apei din ecosistemele în care se dezvoltă, alături de alte grupe de organisme: bacterii, oligochete, larve de insecte, pești etc. În conformitate cu Directiva Cadru privind Apa (2000/60/CE), algele constituie unul dintre grupele principale utilizate pentru evaluarea calității apei în ecosisteme acvatice continentale, naturale sau antropizate, cu apă curgătoare sau stătătoare.

Cel mai vechi sistem care utilizează algele în aprecierea calității apei este cel cunoscut sub denumirea de “sistem al saprobiilor” sau sistem de saprobitate, elaborat încă de la începutul secolului trecut (Kolkwitz și Marsson, 1908). În timp a fost perfecționat, trecîndu-se de la evaluarea pe baza valorii saprobice a fiecărei specii (Sládeček, 1973) în parte, la indici de saprobitate (care se bazează atât pe date calitative cât și cantitative). Cel mai utilizat indice de saprobitate este cel propus de Zelinka și Marvan (1961) și Sládeček (1973), calculat după formula:

$$IS = \frac{\sum_{j=1}^n A_j I_j S_j}{\sum_{j=1}^n A_j I_j}$$

Unde: IS = indice de saprobitate

$A_j$  = abundența relativă a speciei  $j$

$I_j$  = valoarea indicatoare a speciei  $j$  ( $1 \leq n \leq 5$ )

$S_j$  = valoarea saprobă a speciei  $j$

Interpretarea valorilor obținute ( $1 \leq IS \leq 4$ ) se face conform tabelului 1.2. Astfel pe baza comunităților algale se poate evalua clasa de calitate a apei pe o scară de la I la IV.

Tabel 1.2. Clase de calitate a apei conform indicelui de saprobitate (IS)  
(Zelinka și Marvan, 1961)

Valoarea IS	Clasa de calitate	Caracteristici ale apei
$IS \leq 1,3$	I	Ape curate
$1,4 \leq IS \leq 1,7$	I – II	Ape slab poluate
$1,8 \leq IS \leq 2,1$	II	Ape poluate moderat
$2,2 \leq IS \leq 2,5$	II – III	Ape poluate moderat pînă la puternic
$2,6 \leq IS \leq 3,0$	III	Ape poluate puternic
$3,1 \leq IS \leq 3,4$	III – IV	Ape poluate puternic pînă la foarte puternic
$IS \geq 3,5$	IV	Ape poluate foarte puternic

Aria de utilizare a indicilor de saprobitate are tendința de restrîngere, principalul neajuns este acela că evaluează situații punctuale, de moment. Au apărut o serie de sisteme noi care utilizează alți indici biotici.

În cazul comunităților de alge planctonice din ape stătătoare (planctonul fiind comunitatea reprezentativă) (Sigeo, 2006), sunt frecvent utilizați o serie de indici fitoplanctonici: indice de crizofite, de cianofite, de diatomee, de euglenofite sau indicele compus, care estimează în primul rînd nivelul de troficitate al apei, alături de diverși indici de troficitate și/sau combinat cu determinări de biomasă, sau de producție primară (Oltean, 1977; Willén, 2000). Se utilizează frecvent și indicii de poluare organică. Pentru apele curgătoare, unde comunitatea reprezentativă este bentosul (Willén, 2000; Sigeo, 2006), multe țări în UE utilizează, alături de alți indici pe bază de macronevertebrate bentonice sau pești, și indicele biotic de diatomee. Acest indice se bazează atît pe aspecte calitative cît și cantitative ale comunității de diatomee bentonice din rîuri, realizîndu-se o evaluare destul de corectă a apei pe cinci categorii de calitate (Prygiel și Coste, 2000).

Speciile de alge din categoria bioindicatorilor sunt utilizate la caracterizarea din punct de vedere ecologic a diverselor ecosisteme acvatice, nu numai pentru nivelul de troficitate sau cel de saprobitate al apei, ci și pentru alți parametri fizico-chimici. Formele microterme, criofile (psichrofile) se dezvoltă în ape reci, pe cînd cele termofile în ape cu temperaturi ridicate (tab. 1.3.). După valorile de pH, există specii de alge acidofile (specii de *Eunotia*, *Klebsormidium*), alcalifile (specii de *Surirella*, *Anabaena*) sau neutrofile (tab. 1.4.).

Tabel 1.3. Intervalele de temperatură necesară creșterii unor microorganisme acvatice  
(modificat după Priscott și colab, 2002 citat de Sigeo, 2006)

Microorganism	Tip de organism în raport cu valorile de temperatură	Valori ale temperaturii (°C)		
		minim	optim	maxim
Cyanobacterii				
<i>Rhodospirillum rubrum</i>	psichrofil		30-35	
<i>Synechococcus eximius</i>	termofil	70	79	84
Alge				
<i>Chlamydomonas nivalis</i>	psichrofil	-36	0	4
<i>Fragilaria sublinearis</i>	psichrofil	-2	5-6	8-9
<i>Chlorella pyrenoidosa</i>	mezofil		25-26	29
<i>Skeletonema costatum</i>	mezofil	6	16-26	> 28
<i>Cyanidium caldarium</i>	termofil	30-34	45-50	56

Tabel 1.4. Valorile pH-ului și algele indicatoare din diferite habitate acvatice continentale (modificat după Sigeo, 2006)

Alge	Tip de organisme în raport cu valorile pH-ului	Valori ale pH-ului	Tip de habitat
<i>Klebsormidium</i> sp.	acidofile	1	Ape acide de mină
<i>Cyanidium caldarium</i>	acidofile	1-5	Ape termale
<i>Euglena gracilis</i>	neutrofile	6-9	Ape continentale
<i>Anabaena flos-aquae</i>	alcalifile	9-11	Bazine acvatice eutrofe cu „înfloriri alge”
<i>Microcystis aeruginosa</i>	alcalifile	9-11	Bazine acvatice eutrofe cu „înfloriri alge”
<i>Arthrospira platensis</i>	alcalifile	11-13	Ape cu concentrație mare de carbonat de calciu ( <i>soda lakes</i> )

Dezvoltarea unor specii de alge este condiționată de cantități mari de săruri minerale, mai ales cloruri și sulfuri, speciile indicatoare fiind halofile și halobionte (*Amphora coffeaeformis*, *Navicula salinarum*) (Patrick, 1977). Unele specii de alge pot indica prezența unei anumite substanțe chimice în apă, cum ar fi H<sub>2</sub>S (*Nitzschia palea*, *Oscillatoria putrida*) sau a unor cantități mari de metale grele (specii de *Opephora* și *Cyclotella*). Multe specii de alge, alături de alte microorganisme acvatice, se dezvoltă în habitate acvatice cu valori extreme ale parametrilor fizico-chimici.

Prezentarea aspectelor legate de ecologia și valoarea de bioindicatori ai algelor presupune punctarea câtorva aspecte legate de fenomenele cunoscute sub denumirea de „înfloriri” ale apei. Principala cauză care declanșează aceste dezvoltări masive, a uneia sau a mai multor specii de alge, este creșterea cantității de nutrienți din apă (eutrofizare), în primul rând a azotaților și fosfaților. Bazinele acvatice în care se produc astfel de fenomene sunt mai ales cele cu apă stătătoare, dar și în unele porțiuni ale apelor curgătoare (zone umede din lunca inundabilă), precum și pe suprafața gheții sau a zăpezii. Înflorirea apei poate fi cauzată de înmulțirea unei singure specii de alge: dintre cianobacterii (*Microcystis*, *Aphanizomenon*, *Anabaena*, *Oscillatoria*), alge verzi (*Chlamydomonas*, *Eudorina*, *Pandorina* etc.), alge aurii (*Chromulina*, *Ochloromonas*), diatomee (*Asterionella*, *Fragilaria*, *Cyclotella* etc.), dinofite (*Ceratium*, *Peridinium*), euglenofite (*Euglena*, *Trachelomonas*) etc. Frecvent, apar astfel de fenomene cauzate de 2-3 specii din același grup sistematic: *Microcystis aeruginosa* cu *Aphanizomenon flos-aquae*, *Ceratium hirundinella* cu o specie de *Peridinium*, *Asterionella formosa* cu *Fragillaria crotonensis* etc., sau de 2-3 specii din grupe sistematice diferite: *Melosira granulata* cu *Eudorina elegans* și *Microcystis aeruginosa*, *Asterionella formosa* cu *Ceratium hirundinella* etc.

Principalele consecințe ale „înfloririlor” sunt bine cunoscute, anoxia cu efecte devastatoare asupra organismelor acvatice, cât și producerea și eliminarea în apă a unor toxine de către alge, toxine care afectează în primul rând animalele acvatice, dar și pe cele terestre, care utilizează apa respectivă (Lee, 2009; Sigeo, 2006).

Grupe de alge care produc toxine:

\*Cyanoprokaryota – Cyanobacteria: specii de *Microcystis*, *Aphanizomenon*, *Nodularia* etc. pot produce:

- neurotoxine din grupul alcaloizilor compuși cu azot de tipul anatoxine și saxitoxine, care blochează transmiterea fluxului nervos prin neuroni;
- hepatotoxine care afectează funcțiile și structura ficatului: microcistinele și nodularina;

\*Dinophyta: produc o serie de toxine care afectează peștii, dar și oamenii;

\*Bacillariophyta: neurotoxine – acid domoic care afectează animalele acvatice;

\*Raphidophyceae: toxine cu structură necunoscută, omoară peștii;

\*Prymnesiophyta (haptofite): toxine cu structura cunoscută sau necunoscută care omoară peștii. Speciile cele mai frecvente care produc „înfloriri” aparțin genurilor *Prymnesium* și *Chrysochromulina*.

În ultimii ani s-au semnalat procese de înfloriri și în râuri, cauzate de o specie de diatomee *Didymosphenia geminata*. În această situație a avut loc și un proces invaziv, *Didymosphenia geminata* pătrunzând în ecosisteme acvatice situate în afara arealului de răspândire. Această algă era cunoscută ca fiind un element cu distribuție boreală, nordic-alpină sau montană, dezvoltându-se în ape curgătoare cu substrat dur din stânci, bolovani, pietre, de care se fixează cu ajutorul unor pedunculi mucilaginoși multiramificați de dimensiuni mari (Krammer și Lange Bertalot, 1986). Dezvoltarea masivă a acestei specii determină formarea unor smocuri sau mănunchiuri, care atârnă în curentul de apă, cu lungimi de 20-30 cm și grosimi de 4-6 cm. Începând cu anii '90 ai secolului trecut, datorită unor cauze insuficient cunoscute, s-a semnalat apariția masivă a acestei specii în toată emisfera nordică, dar mult spre sudul arealului, ajungând ca în anul 2000 să fie semnalată și în emisfera sudică (Kilroy, 2004).

Consecințele acestui fenomen pentru râurile din Transilvania au fost eliminarea speciilor de diatomee (Momeu, 2009), care au același sistem de fixare pe substrat (*Cymbella*, *Gomphonema*), dar și a unor specii de mușchi prezente în pârâiele de munte (Spaulding, 2005). Sunt afectate apoi animalele erbivore care consumau speciile eliminate de *Didymosphenia geminata*, dar și altele, precum puietul de păstrăv care se rănește prin frecare de frustulele foarte mari ale acestei specii. Dezvoltarea acestei specii în lacuri, unde ajunge prin tributarii care alimentează bazinul, produce oamenilor care se scaldă reacții alergice asemănătoare polenului. Conform unor date de ultimă oră se pare că *Didymosphenia geminata* și-a redus semnificativ efectivele, dar fără să dispară în totalitate din ecosistemele în care a pătruns, în râurile din Transilvania. Factorii determinanți ai procesului invaziv sunt cei abiotici și în primul rând natura substratului, viiturile determinând spălarea comunităților de diatomee din râuri, iar temperaturile ridicate din lunile cu precipitații reduse favorizează instalarea acestora.

## 1.5. Indicele Biologic de Diatomee

Indicele Biologic de Diatomee (IBD), a fost elaborat și standardizat în Franța, pentru monitorizarea calității generale a apei (Prygiel și Coste, 2000), incluzând o serie largă de parametri (gradul de saprobitate, cantitatea de nutrienți, acidifierea, salinitatea, conductivitatea etc.). Astăzi este utilizat în primul rând în procesele de monitorizare a apelor curgătoare, pe scară largă în peste 35 de țări.

Indicele Biologic de Diatomee (IBD) poate fi folosit la:

- ➔ evaluarea calității biologice a apei dintr-o stație bine definită (studiu punctual);
- ➔ urmărirea evoluției temporale a calității biologice a unei stații (studiu sezonier și multianual);
- ➔ urmărirea evoluției spațiale a calității biologice a unui curs de apă (comparație între amonte și aval);
- ➔ evaluarea consecințelor unei perturbări asupra mediului (comparație între zona de amonte și aval de o scurgere).

Calculul acestui indice necesită, pe lângă cunoașterea afinităților speciilor în cadrul unei probe și estimarea proporțiilor acestora, realizând astfel o estimare cantitativă, nu doar calitativă a probelor cercetate. Datorită variabilității mari a grupului de diatomee, IBD ia în

considerare așa numiții *taxoni „împerecheați”* (ce pot grupa mai multe specii diferite cu aceleași afinități ecologice) și elimină din calcul *taxonii asociați* (subspecii și varietăți), a căror abundență este comasată cu cea a taxonilor cu care se asociază.

Prelevarea probelor de diatomee din teren se realizează conform normelor pentru colectarea materialului algal din bentosul apelor curgătoare.

Fixarea probei biologice în teren se realizează cu formol, în proporție de 10%, fiind de obicei suficientă pentru o preservare eficientă. Totuși, cantitatea de conservant trebuie ajustată în funcție de cantitatea de material biologic prelevată.

Prepararea materialului se face conform procedurii realizării de preparate fixate de diatomee.

Numărarea indivizilor de diatomee (număr indivizi/specie) din probe se face glisînd proba sub microscop în zig-zag, astfel încît să se evite revenirea de mai multe ori la același câmp microscopic. Nu se numără frustulele deteriorate. Este imperios necesar să se ajungă la minimum 400 de indivizi numărați per probă. În caz contrar, indicele nu poate fi aplicat și se recomandă refacerea preparatului fixat de diatomee pentru a se ajunge la numărul dorit de indivizi.

Calcularea IBD: Calculul acestui indice se poate face manual sau utilizînd programul *Omnidia*, versiunea IBD-2006 (Coste și colab., 2009).

Etapele care trebuie urmate sunt:

1. Calculul abundenței A (‰) pentru fiecare *taxon împerecheat* (și pentru *taxonii asociați* dacă este cazul).

Dacă s-a făcut distincția, atunci însumarea abundențelor taxonilor asociați cu cele ale taxonilor împerecheați este obligatorie înainte de a trece la etapa următoare. Acest punct este crucial, pentru că 2 taxoni (unul *asociat* și unul *împerecheat*) pot fi eliminați dacă nu trec de o anumită valoare-prag, dar suma abundențelor lor poate depăși pragul.

2. Eliminarea taxonilor împerecheați care prezintă o abundență inferioară valorilor – prag indicate în anexa metodologică.

Toți taxonii *împerecheați* cu abundența < 7,5‰ (adică 3 diatomee pentru un total de 400) sunt sistematic eliminați. Se consideră că sunt necesari mai mult de 3 indivizi aparținînd unui taxon pentru ca prezența lor să nu fie datorată hazardului, driftului sau contaminării. Intervine apoi pragul specific pentru fiecare taxon, sub care prezența nu este considerată semnificativă.

3. Calculul de probabilitate al prezenței unui taxon împerecheat fictiv, reprezentativ pentru populația studiată, pentru fiecare din clasele de calitate ale apei *i*, se face după formula:

$$F_i = \frac{\sum_{x=1}^n A_x P_x(i) V_x}{\sum_{x=1}^n A_x V_x}$$

unde:  $A_x$  = abundența taxonului *împerecheat*  $x$  (‰)

$P_x(i)$  = probabilitatea de frecvență a taxonului *împerecheat*  $x$  pentru clasa de calitate  $i$  (valorile acestui parametru sunt furnizate în anexele metodologice)

$V_x$  = valoarea ecologică a taxonului *împerecheat*  $x$  (valorile acestui parametru sunt furnizate în anexele metodologice)

$n$  = numărul de taxoni *împerecheați* reținuți după aplicarea pragului de prezență

4. Calculul parametrului B după formula:

$$B = F(1) + 2F(2) + 3F(3) + 4F(4) + 5F(5) + 6F(6) + 7F(7)$$

B corespunde valorii IBD între 1 și 7 și este o valoare intermediară.

5. Pentru a găsi valoarea finală a IBD (între 1 și 20) se consultă tabelul 1.5.

Tabel 1.5. Corespondența dintre valoarea parametrului B și valoarea Indicelui Biologic de Diatomee (IBD)

Valoarea lui B	$2 < B \leq 0$	$6 > B > 2$	$7 \leq B \leq 6$
Valoarea IBD	1	$4,75B - 8,5$	20

Astfel, IBD variază între 1 și 20 și se exprimă cu o singură zecimală.

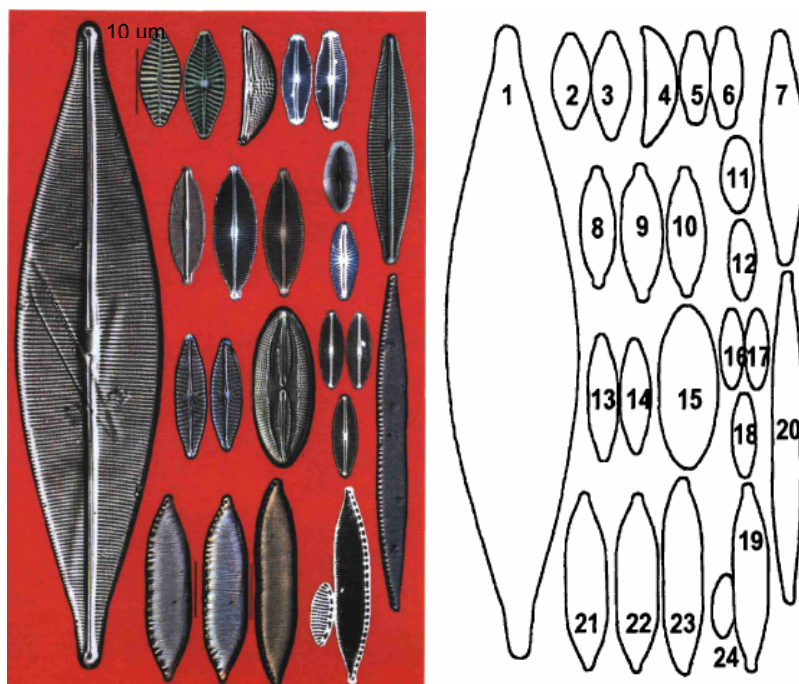
6. În final, Indicele Biologic de Diatomee face posibilă aprecierea calității apei râurilor în 5 clase, conform tabelului 1.6.

Tabel 1.6. Clasele de calitate conform Indicelui Biologic de Diatomee (IBD) și codul de culoare atribuit fiecăreia

IBD	$IBD \geq 17$	$17 > IBD \geq 13$	$13 > IBD \geq 9$	$9 > IBD \geq 5$	$IBD \leq 5$
CLASA DE CALITATE	EXCELENTĂ	BUNĂ	ACCEPTABILĂ	MEDIOCRĂ	INFERIOARĂ
COD CULOARE	albastru	verde	galben	portocaliu	roșu

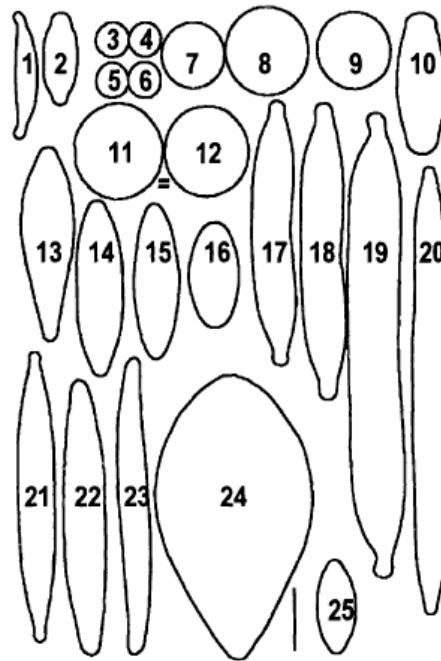
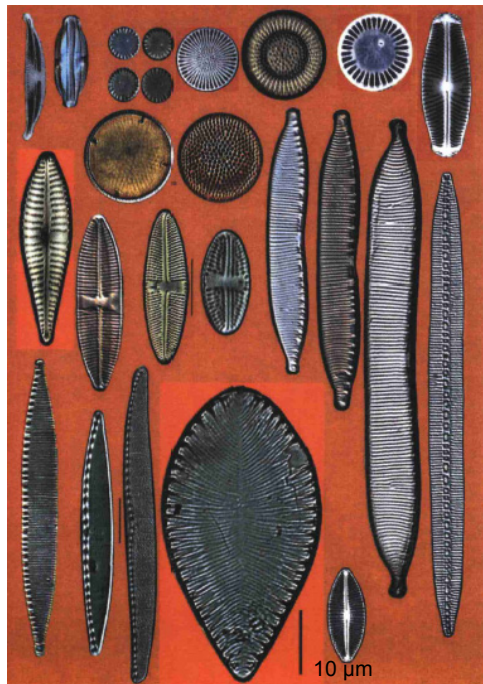
**Exemple de diatomee reprezentative pentru cele cinci clase de calitate a apei (după Prygiel și Coste, 2000):**

#### Clasa a V-a, CALITATE INFERIOARĂ A APEI



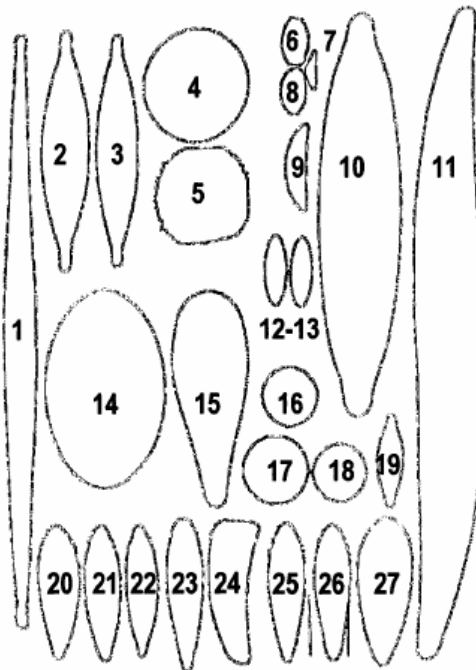
1. *Craticula cuspidata*; 2-3. *Planothidium delicatulum*; 4. *Amphora veneta*; 5-6. *Navicula arvensis*; 7. *Craticula halophila*; 8-10. *Craticula accomoda*; 11. *Fistulifera saprophila*; 12. *Mayamaea atomus* var. *permitis*; 13-14. *Navicula veneta*; 15. *Fallacia pygmaea*; 16-17. *Navicula molestiformis*; 18. *Navicula minuscula*; 19-20. *Nitzschia capitellata*; 21-23. *Nitzschia umbonata*; 24. *Nitzschia frustulum*

**Clasa a IV-a, CALITATE MEDIOCRĂ A APEI**



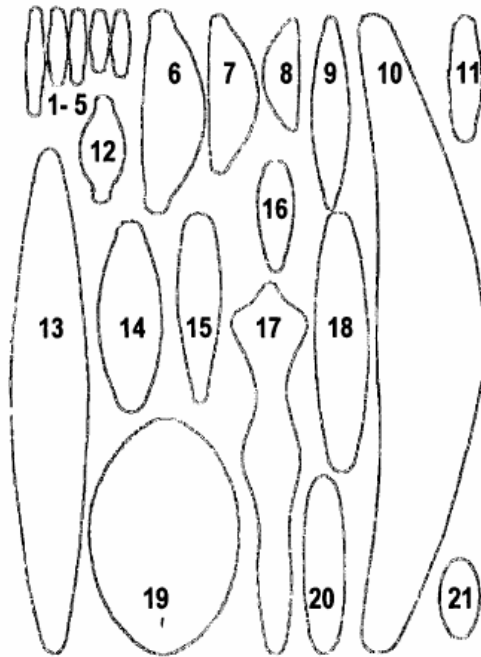
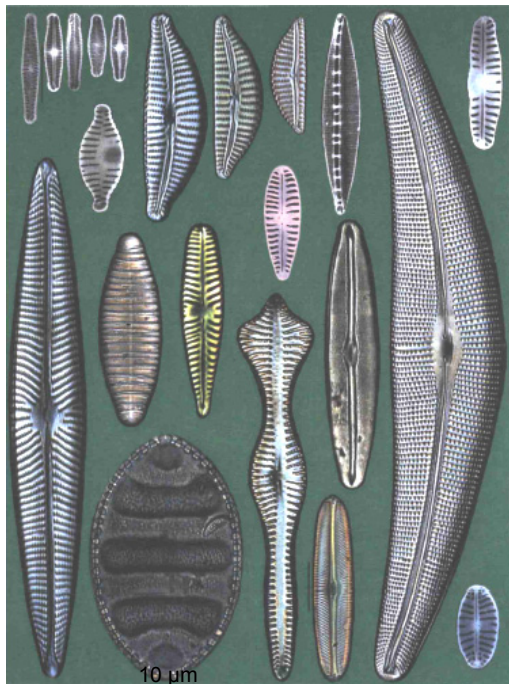
1-2. *Amphora montana*; 3-6. *Cyclotella atomus* var. *gracilis*; 7. *Cyclostephanos invisitatus*; 8. *Cyclostephanos dubius*; 9. *Cyclotella meneghiniana*; 10. *Sellaphora pupula*; 11-12. *Actinocyclus normanii*; 13. *Gomphonema pseudoaugur*; 14. *Lemnicola hungarica*; 15. *Luticola goeppertiana*; 16. *Luticola mutica*; 17-18. *Hantzschia amphioxys*; 19. *Hantzschia abundans*; 20. *Bacillaria paradoxa*; 21. *Nitzschia palea*; 22-23. *Nitzschia filiformis*; 24. *Surirella ovalis*; 25. *Eolimna subminuscula*

**Clasa a III-a, CALITATE ACCEPTABILĂ A APEI**



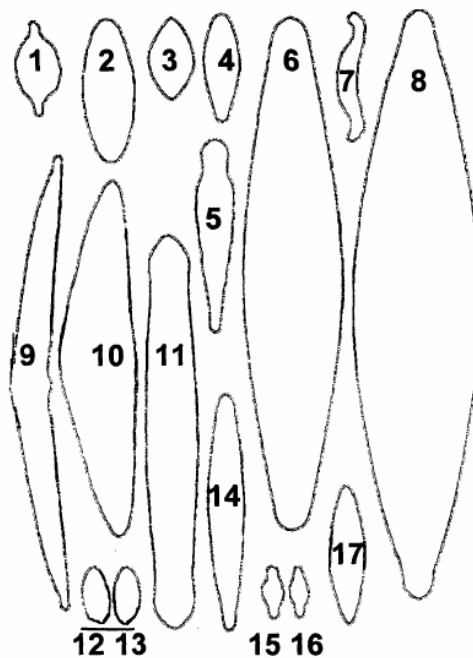
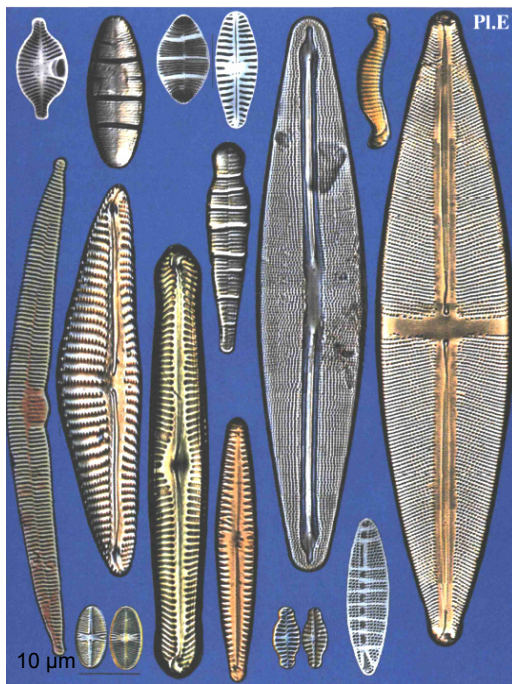
1. *Fragilaria (Ctenophora) pulchella*; 2-3. *Navicula capitatoradiata*; 4-5. *Thalassiosira bramaputrae*; 6-9. *Amphora pediculus*; 10. *Navicula viridula*; 11. *Gyrosigma attenuatum*; 12-13. *Achnanthes conspicua*; 14. *Cocconeis pediculus*; 15. *Gomphonema truncatum*; 16-18. *Cyclotella pseudostelligera*; 19. *Fragillaria brevistriata*; 20-22. *Gomphonema parvulum*; 23-27. *Rhoicosphenia abbreviata*

**Clasa a II-a, CALITATE BUNĂ A APEI**



1-5. *Achnanthes (Achnantheidium) minutissima*; 6-7. *Cymbella affinis*; 8. *Encyonema minutum*; 9. *Nitzschia dissipata*; 10. *Cymbella lanceolata*; 11. *Reimeria sinuata*; 12. *Fragilaria capucina* var. *vaucheriae*; 13. *Navicula radiosa*; 14. *Diatoma vulgare*; 15. *Gomphonema olivaceum*; 16. *Gomphonema minutum*; 17. *Gomphonema acuminatum*; 18. *Frustulia vulgare*; 19. *Cymatopleura elliptica*; 20. *Sellaphora bacillum*; 21. *Geissleria ignota* var. *acceptata*.

**Clasa a I-a, CALITATE EXCELENTĂ A APEI**



1. *Planothidium peragallii*; 2. *Diatoma hiemale*; 3. *Diatoma mesodon*; 4. *Gomphonema olivaceum* var. *olivaceoides*; 5. *Meridion circulare* var. *constricta*; 6. *Frustulia rhomboides* var. *amphipleuroides*; 7. *Eunotia exigua*; 8. *Stauroneis phoenicenteron*; 9. *Fragilaria arcus*; 10. *Encyonema mesianum*; 11. *Pinnularia subgibba*; 12-13. *Achnanthes (Planothidium) subatomoides*; 14. *Gomphonema rhombicum*; 15-16. *Achnantheiopsis dauii*; 17. *Denticula tenuis*

**Model de calcul al Indicelui Biologic de Diatomee** pentru stația Doda Pili, situată pe Rîul Someșul Cald (probă biologică prelevată în primăvară, 2001) (tab. 1.7.).

S-au realizat numărători pînă la 1661 indivizi din proba biologică. Ulterior s-a calculat abundența (%) (coloana nr. 3 din tabelul 1.8.) și s-au selectat valorile-prag, valoarea indicatoare și probabilitatea de prezență pentru cele 7 tipuri de calitate a apei din anexele metodologice (tab. 1.8.).

**Calculul de probabilitate al prezenței unui taxon împerecheat fictiv**, reprezentativ pentru populația studiată (se face conform formulei prezentate în tabelul 1.9.).

Parametrul **B**, conform formulei, are valoarea 5,855752. Transformarea parametrului B se realizează conform tabelului 1.5., prezentat la metodologia de calcul. Astfel, **IBD** pentru stația Doda Pili, Someșul Cald, are valoarea 19,31482, indicînd ape de calitate excelentă.

Tabel 1.7. Taxoni identificați în proba biologică de la stația Doda Pili și codul

Taxoni	Cod
<i>Achnanthes minutissima</i>	AMIN
<i>Gomphonema angustatum</i>	GANG
<i>Meridion circulare</i>	MCIR
<i>Diatoma mesodon</i>	DMES
<i>Fragilaria arcus</i>	FARC
<i>Cymbella minuta</i>	CMIN
<i>Navicula gracilis</i>	NGRA

Tabel 1.8. Abundența reală și abundența Ax (%), valoarea-prag, cea indicatoare (Vx) și probabilitatea de prezență (Px) a taxonilor identificați în proba de la stația Doda Pili

Taxoni	Abundența reală	Abundența Ax (%)	Valoarea-prag *	Valoarea indicatoare Vx *	Probabilitatea de prezență Px *						
					1	2	3	4	5	6	7
AMIN	686	413,0042	7,519	1,0263	0,018	0,031	0,041	0,134	0,198	0,263	0,316
GANG	270	162,5527	7,5	0,4194	0,153	0,124	0,125	0,079	0,079	0,125	0,315
MCIR	64	38,53101	7,5	0,9294	0,021	0,052	0,051	0,091	0,134	0,271	0,382
DMES	494	297,4112	7,5	1,473	0,001	0,001	0,01	0,035	0,042	0,291	0,623
FARC	94	56,59241	7,5	1,2685	0,001	0,001	0,051	0,051	0,083	0,294	0,52
CMIN	8	4,816376	7,5	-	-	-	-	-	-	-	-
NGRA	45	27,09211	10,9	1,2347	0,03	0,055	0,138	0,309	0,346	0,123	0,001
Suma	1661	1000									

\* Valorile acestor parametri sunt preluate din anexele metodologice

Tabel 1.9. Calculul de probabilitate al prezenței unui taxon împerecheat în proba de la stația Doda Pili

Taxoni	Ax*Vx*Px (=X)							Ax*Vx (=Y)
	1	2	3	4	5	6	7	
AMIN	7,629592	13,13985	17,37852	56,79807	83,92551	111,4768	133,9417	423,8662
GANG	10,43071	8,45365	8,521824	5,385793	5,385793	8,521824	21,475	68,17459
MCIR	0,752025	1,862157	1,826347	3,258775	4,798636	9,704704	13,67969	35,81072
DMES	0,438087	0,438087	4,380867	15,33303	18,39964	127,4832	272,928	438,0867
FARC	0,071787	0,071787	3,661161	3,661161	5,958361	21,10552	37,32949	71,78748
DHME	-	-	-	-	-	-	-	-
NGRA	1,003519	1,839785	4,616187	10,33625	11,57392	4,114428	0,033451	33,45063
<b>F = X / Y</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>	<b>F4</b>	<b>F5</b>	<b>F6</b>	<b>F7</b>	
	<b>0,018975</b>	<b>0,024091</b>	<b>0,03770145</b>	<b>0,088476</b>	<b>0,121401</b>	<b>0,263641</b>	<b>0,447534</b>	

## 2. Studiul comunităților de nevertebrate acvatice

### 2.1. Principalele grupe de nevertebrate

#### Nevertebrate planctonice (zooplancton)

În ecosistemele lentice zooplanctonul reprezintă o importantă componentă biotică, al cărei rol este exprimat prin complexitatea relațiilor stabilite cu ceilalți factori, biotici și abiotici. Prin poziția sa „cheie” de consumator (acoperind două niveluri trofice: de consumator primar și secundar), zooplanctonul preia substanța organică sintetizată la nivelul producătorilor primari, metabolizând-o potrivit propriilor necesități. Astfel, comunitatea zooplanctonică transformă substanța organică de natură vegetală în substanță organică animală și o stochează temporar, pînă la utilizarea ei de către consumatorii de ordin superior sau pînă la descompunerea ei și reintrarea în circuitul de materie și energie. De asemenea, zooplanctonul, prin componenta sa calitativă și abundența realizată la un moment dat, furnizează elemente utile pentru definirea stării ecologice a bazinului din care face parte și oferă informații în ceea ce privește stadiul de evoluție al ecosistemelor lacustre sub aspectul troficității lor, dar și despre gradul de saporitate (Liebmann, 1962; Sládeček, 1973).

Zooplanctonul apelor continentale (fig. 2.1.) este mult mai sărac decît cel din ecosistemele marine, nu doar din punct de vedere taxonomic, ci și ca diversitate specifică (Wetzel, 2001). Comunitatea zooplanctonică din apele dulci este dominată de patru grupe principale: protozoare, rotifere și două grupuri de crustacee: cladocere și copepode (fig. 2.2.). Alte grupuri faunistice pot face parte temporar din zooplanctonul ecosistemelor lentice, în general pe perioada unei faze din ciclul lor de viață (de exemplu larve de moluște, hidracarieni, larve de insecte etc.).

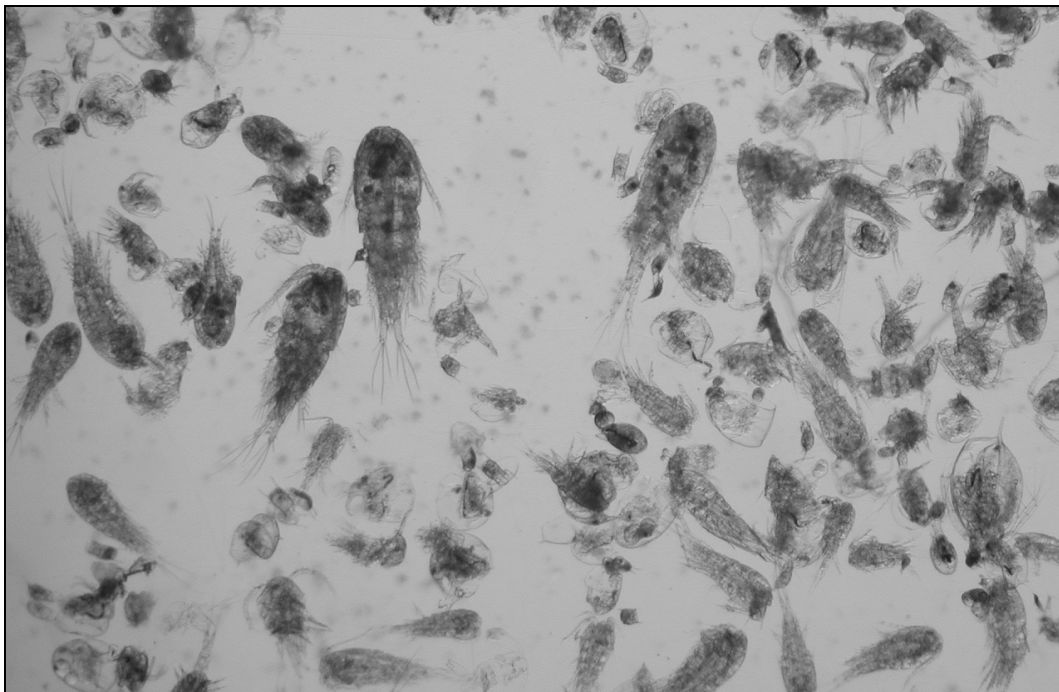
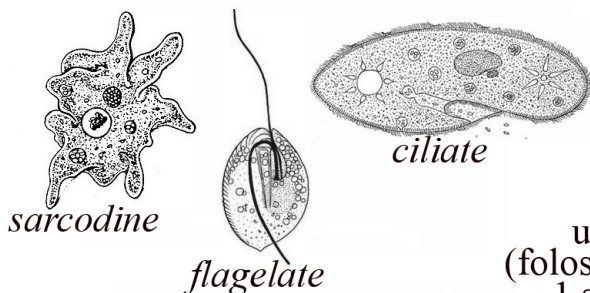


Fig. 2.1. Aspect general al unei probe de zooplancton

PRINCIPALELE GRUPE DE ZOOPLANCTON  
DIN APELE CONTINENTALE

organisme unicelulare;  
majoritatea au dimensiuni de  
0,02 - 0,1 mm (20 - 100  $\mu$ m);  
rar depășesc 1mm

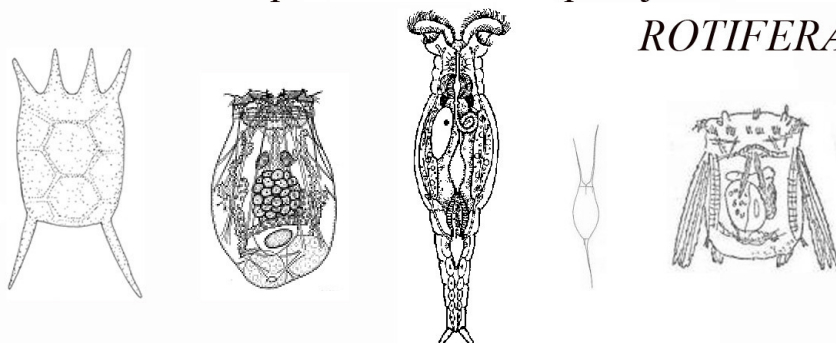
*PROTOZOA*



organisme pluricelulare;  
d.o. dimensiuni de peste 0,1 mm;  
corp rotunjit sau alungit

în partea anterioară a corpului  
un aparat rotator format din cili  
(folosit pentru hrănire și deplasare);  
1 singur picior (când există) aflat  
în prelungirea trunchiului,  
ce poate sau nu să fie protejat de o lorică

*ROTIFERA*



corp împărțit d.o. în cap, torace, abdomen;  
mai mult de 4 perechi de picioare  
(foliacee sau cilindrice);  
întotdeauna cu 2 perechi de antene;  
majoritatea au corpul acoperit  
cu o carapace ± dezvoltată



Fig. 2.2. Cheie de determinare simplificată pentru principalele grupe de zooplancton din apele continentale (d.o. = de obicei)

**Protozoarele** au dimensiuni ce variază de obicei între 2 și 20  $\mu$ m. Formele libere pot fi încadrate în trei mari grupuri: sarcodine (protozoare amoeboidale), flagelate (ce folosesc flageli în hrănire și deplasare) și ciliate (ce folosesc cili pentru hrănire și deplasare).

Protozoarele flagelate reprezintă un compartiment abundent al protozooplanctonului. Există specii de flagelate mixotrofe, ce pot fixa carbonul anorganic pe calea fotosintezei dar se pot hrăni și cu bacterii în același timp, din acest grup făcând parte dinoflagelatele (*Ceratium*, fig. 2.3.), euglenofitele etc. Există de asemenea specii de protozoare flagelate exclusiv heterotrofe (un exemplu fiind *Bodo putris* ce trăiește în ape murdare și se hrănește cu bacterii). Protozoarele ciliate tind să capete o pondere mai mare în comunitățile zooplanctonice din lacurile eutrofe. Majoritatea ciliatelor sunt heterotrofe, hrănindu-se cu bacterii, alge, detritus sau alte protozoare. Cîteva ciliate sunt carnivore, prădînd metazoare de talie mică. Majoritatea ciliatelor sunt o componentă permanentă a comunității zooplanctonice, deși ele au tendința de a fi preponderente doar în anumite condiții (de exemplu în lacuri foarte puțin adînci sau în straturile de profunzime, anaerobe). Ciliatele se pot mișca foarte rapid în masa apei comparativ cu alte protozoare, atingînd viteze cuprinse între 200 și 1000  $\mu\text{m/s}$ , ceea ce duce la o distribuție mai largă și la rate de hrănire crescute. Protozoarele sarcodine sunt slab reprezentate în zooplanctonul apelor dulci. Chiar în lacuri eutrofe, abundențele acestui grup de protozoare sunt foarte mici și sunt înregistrate mai ales în epi- și metalimnionul lacurilor stratificate termic.



Fig. 2.3. *Ceratium hirundinella*

Deși aproape toate protozoarele sunt organisme aerobe, ele pot supraviețui și în condițiile unor concentrații foarte scăzute de oxigen. De exemplu, anumite populații de ciliate se dezvoltă adesea în straturile de apă anaerobe sau cu conținut foarte scăzut în oxigen, orizonturi la care populațiile bacteriene sunt abundente. Această capacitate a ciliatelor de a supraviețui în ape bogate în materie organică a dus la folosirea unor specii din acest grup ca indicatori de ape poluate cu materie organică (de exemplu în sistemul saprobiilor). Ciliatele și flagelatele mixotrofe sunt distribuite în general în orizonturile de suprafață ale coloanei de apă, pînă la adîncimea la care pătrunde lumina solară. Unele flagelate (de exemplu *Ceratium*) pot migra pe verticală pe distanțe mari în timpul zilei, în funcție de intensitatea luminoasă,

concentrația de oxigen și de nutrienți. De asemenea, flagelatele heterotrofe migrează mult și ating deseori densități crescute în hipolimnionul anoxic al lacurilor eutrofe, ce conține comunități bacteriene abundente.

**Rotiferele** (fig. 2.4., 2.5.), organisme incluse în Încregătura Rotifera, cuprind animale microscopice, caracterizate printr-o coroană de cili la capătul anterior, folosită în locomoție și nutriție. Se cunosc aproape 1800 de specii de rotifere, dintre care 94% sunt regăsite doar în ecosistemele marine (Cole, 1983). Aproape trei pătrimi din grupul rotiferelor sunt sesile și asociate cu ecosistemele litorale. Aproximativ 100 de specii sunt complet planctonice, iar aceste rotifere formează o componentă esențială a comunităților zooplanctonice.

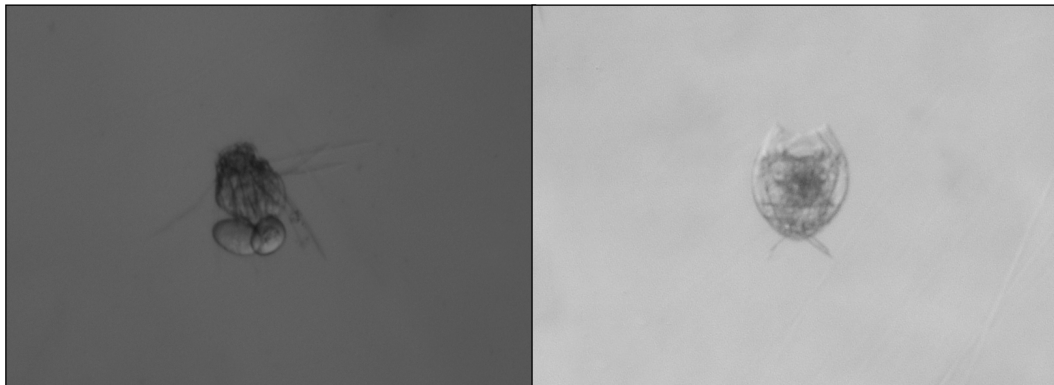


Fig. 2.4. Rotifere comune în bazinele acvatice continentale  
(stînga – *Polyarthra*; dreapta – *Lecane*)

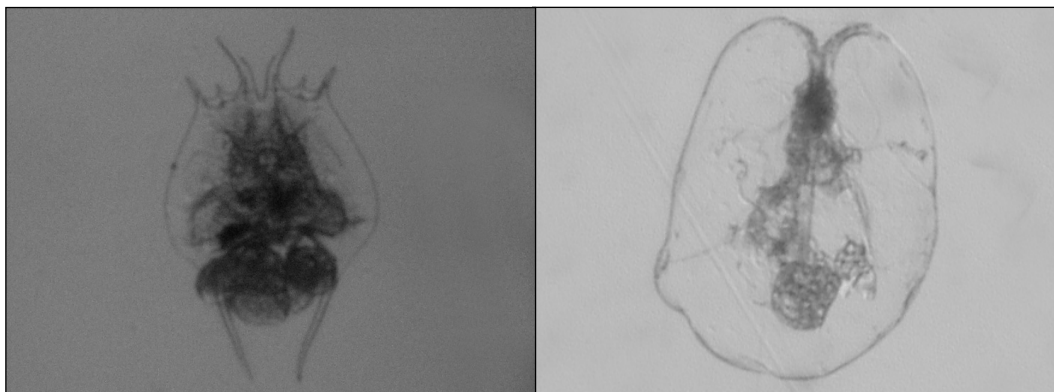


Fig. 2.5. Rotifere comune în bazinele acvatice continentale  
(stînga – *Brachionus*, dreapta – *Asplanchna*)

Majoritatea rotiferelor, atât formele sesile cât și cele planctonice, nu sunt prădătoare. Ele au o hrănire omnivoră, particulele de materie organică (atît vii cât și detritice) fiind antrenate în cavitatea bucală prin mișcările cililor. Dimensiunile hranei variază destul de mult. Majoritatea particulelor sunt destul de mici, de pînă la 12  $\mu\text{m}$  diametru, deși există cazuri în care celule mai mari, de aproximativ 50  $\mu\text{m}$  diametru, sunt sfărîmate și ulterior ingerate. Comportamentul de hrănire la acest grup de rotifere depinde de tipul de particule, de dimensiunile și forma hranei și de abundența ei. Selectivitatea hranei este un fenomen evident la unele rotifere și se manifestă prin „scanarea” particulelor de hrană înainte de a fi ingerate, sau prin regurgitarea celor deja ingerate (Starkweather, 1980). Există totuși și specii de rotifere prădătoare, cum ar fi speciile genului *Asplanchna* (fig. 2.5., dreapta), care sunt în

general de talie mare și se hrănesc cu alge, protozoare, alte rotifere sau alte micrometazoare. *Asplanchna* sp. are capacitatea de a-și modifica dimensiunile ca răspuns la schimbările taliei organismelor-pradă sau a densităților lor. Deși rotiferele consumă în genere hrană de dimensiuni foarte variate, s-au observat totuși diferențe în ceea ce privește dimensiunile particulelor de hrană, diferențiere care poate fi corelată cu apariția simultană a anumitor specii zooplanctonice în pelagialul lacurilor. Se poate vorbi de diferențierea unor nișe ecologice distincte în comunitatea de rotifere zooplanctonice, cauzate tocmai de această selectivitate de ingerare a hranei, permițând astfel coexistența anumitor specii fără competiție intraspecifică severă.

**Grupul crustaceelor planctonice** (fig. 2.8.) cuprinde forme în întregime acvatice, dintre care majoritatea sunt marine. Corpul este în general separat în trei regiuni distincte, însă există o tendință de unire a segmentelor toracice cu cele abdominale, astfel că la cladocere segmentația aparentă a corpului s-a pierdut. Suprafața corpului este acoperită în totalitate sau doar parțial de o carapace, iar majoritatea crustaceelor prezintă apendici biramați. În apele dulci, comunitățile de crustacee zooplanctonice sunt în totalitate dominate de două grupuri: cladocere și copepode.

**Cladocerele** (fig. 2.6., 2.9., 2.10.), incluse în Subord. Cladocera (Cl. Branchiopoda, Subîncr. Crustacea, Încr. Arthropoda) (Negrea, 2007), cuprind în general organisme microzooplanctonice. Cu excepția a două specii, cladocerele se încadrează ca dimensiuni între 0,2 și 3,0 mm.



Fig. 2.6. *Diaphanosoma* – gen comun de cladocere din apele continentale

Cladocerele au corpul acoperit de o carapace bivalvă. Perechea a doua de antene reprezintă apendicii pentru înot și constituie principalul mod de locomoție. Cladocerele prezintă 5 perechi de picioare ce sunt atașate părții ventrale a corpului și care sunt modificate morfologic (sunt aplatizate și poartă numeroși perișori și sete). Datorită mișcărilor complexe realizate de aceste perechi de picioare, se crează un curent de apă în interiorul valvelor care împinge particulele de hrană spre aparatul bucal, nu înainte de a fi filtrate de setele aflate pe suprafața picioarelor. Reprezentanții chydoridelor, în principal forme litorale, prezintă

picioare modificate cu care organismele colectează particule de detritus, în paralel cu hrănirea prin filtrare. Alte două specii de cladocere, *Leptodora* și *Polyphemus*, fiind prădătoare, prezintă membre prehensile, ce le ajută în apucarea hranei formată din protozoare, rotifere și microcrustacee. Totuși, filtrarea apei pentru reținerea particulelor de materie organică reprezintă principalul mod de hrănire al cladocerelor. Rata de filtrare a unui organism zooplantonc se referă la volum per unitate de timp și este definită ca volumul de apă cu particule de hrană ce este filtrat de un organism într-o perioadă definită de timp.

Caractere morfologice cu importanță în identificarea taxonomică a speciilor de cladocere sunt: lungimea totală a corpului, prezența sau absența rostrului, a spinului caudal, ornamentațiile carapacei, antena, antenula, post-abdomenul etc., în funcție de genul analizat. S-au realizat și chei de determinare pînă la nivel de gen chiar și pe baza formei și a ornamentației efipiului, formațiune ce include oul (ouăle) de rezistență, durabile, ale cladocerelor (fig. 2.7.).

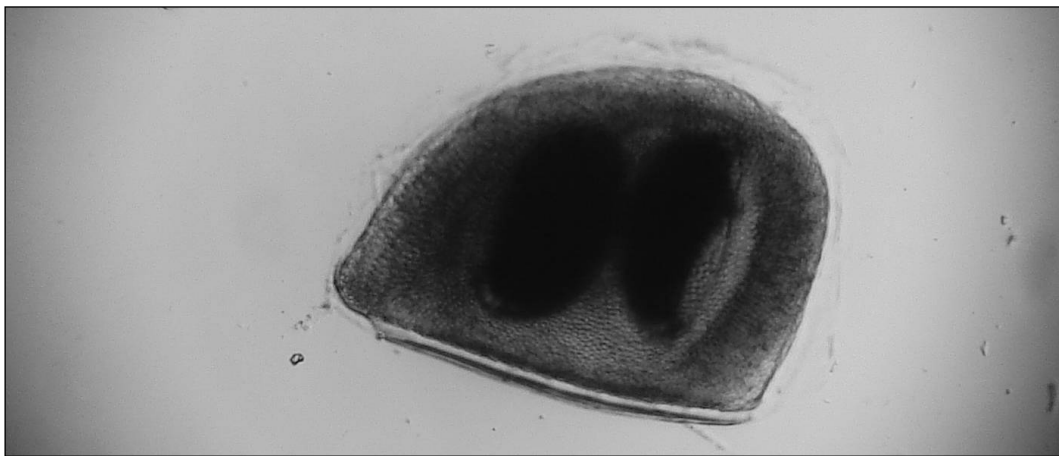


Fig. 2.7. Efipiu de *Daphnia* sp., ce adăpostește două ouă durabile

**Copepodele**, cuprinse în Subcl. Copepoda (Subîncr. Crustacea, Încr. Arthropoda) (Dussart și Defaye, 2006), se împart în trei grupuri distincte: Ord. Calanoida, Ord. Cyclopoida și Ord. Harpacticoida (fig. 2.11.). Copepodele din ultimul grup sunt aproape în întregime specii litorale. Deși copepodele cicloptide (fig. 2.14.) sunt de asemenea primar litorale (în genere specii bentonice), speciile ce sunt predominant planctonice reprezintă componente majore ale populațiilor de copepode din pelagialul ecosistemelor lentice, în special în cele mai puțin adînci. Copepodele calaniforme (fig. 2.15.) sunt forme exclusiv planctonice. Corpul copepodelor este format din cefalotorace, împărțit în zona capului (cu 5 perechi de apendici reprezentînd antenele și părți ale aparatului bucal) și în torace, cu 5 perechi de picioare înotătoare. Abdomenul este format din 5 segmente, la femelă primele 2 fiind sudate pentru a forma segmentul genital. Pe primul segment abdominal se află a șasea pereche de picioare, mai vizibilă la masculi. Corpul se termină cu furca, biramată, purtînd peri și sete. Ciclul de dezvoltare al copepodelor din bazinele continentale cuprinde faze intermediare ce nu seamănă cu adulții – 6 faze de nauplii, urmate de cinci faze distincte de copepodiți, stadii tot imature dar care au habitusul copepodelor mature (fig. 2.12). Creșterea de la un stadiu imatur la altul se face prin năpîrliri succesive, pînă la atingerea stadiului de adult. Majoritatea indivizilor de copepode din planctonul lacurilor temperate este formată din organisme imature, nauplii și copepodiți, imposibil de identificat pînă la nivel de specie, adulții regăsindu-se în număr mai mic.

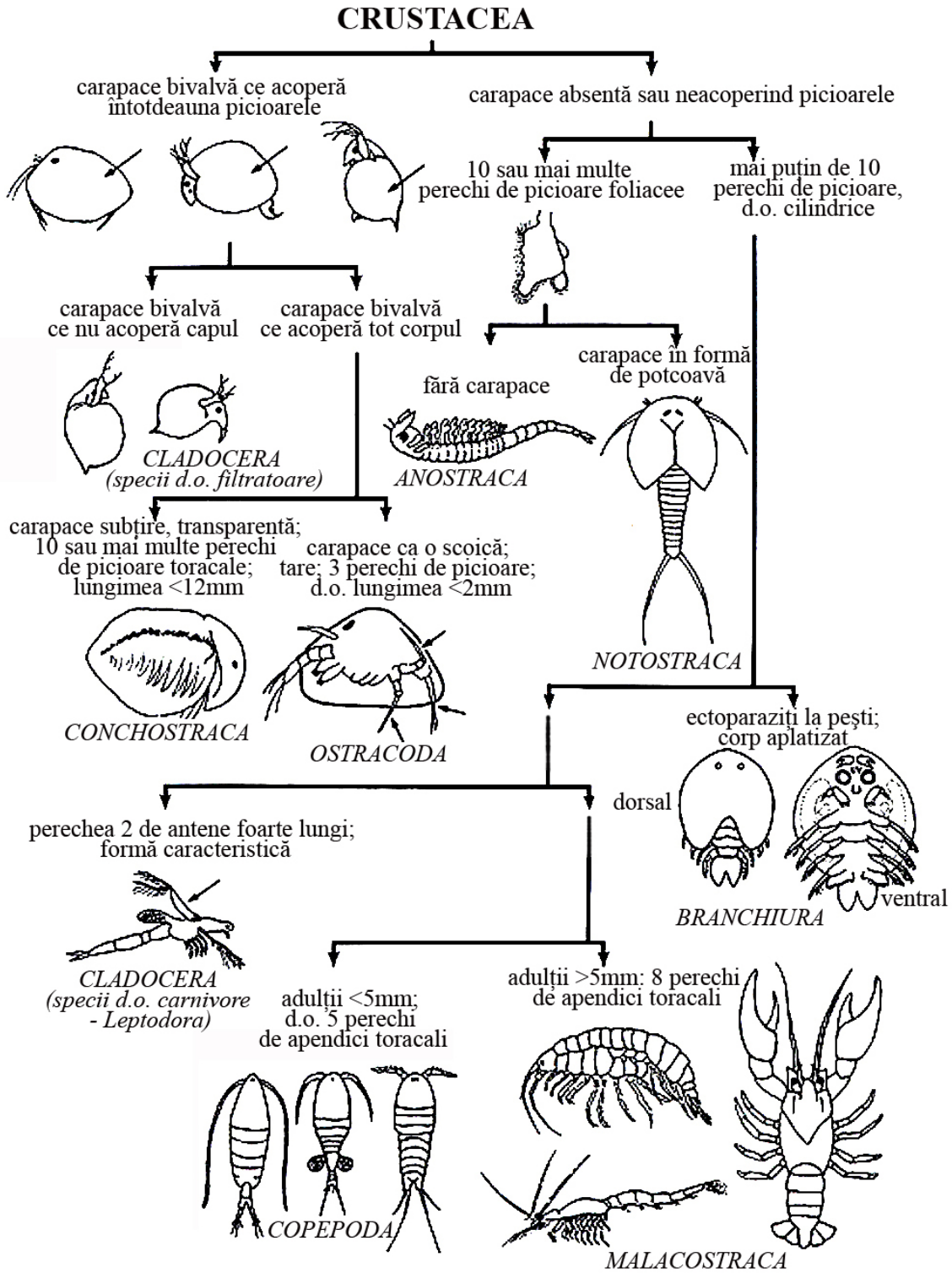


Fig. 2.8. Cheie de determinare generală pentru principalele grupe de crustacee din apele continentale (atît planctonice cît și bentonice) (*d.o.* = *de obicei*) (modificat din Clifford, 1991)

## CLADOCERE - FORME COMUNE

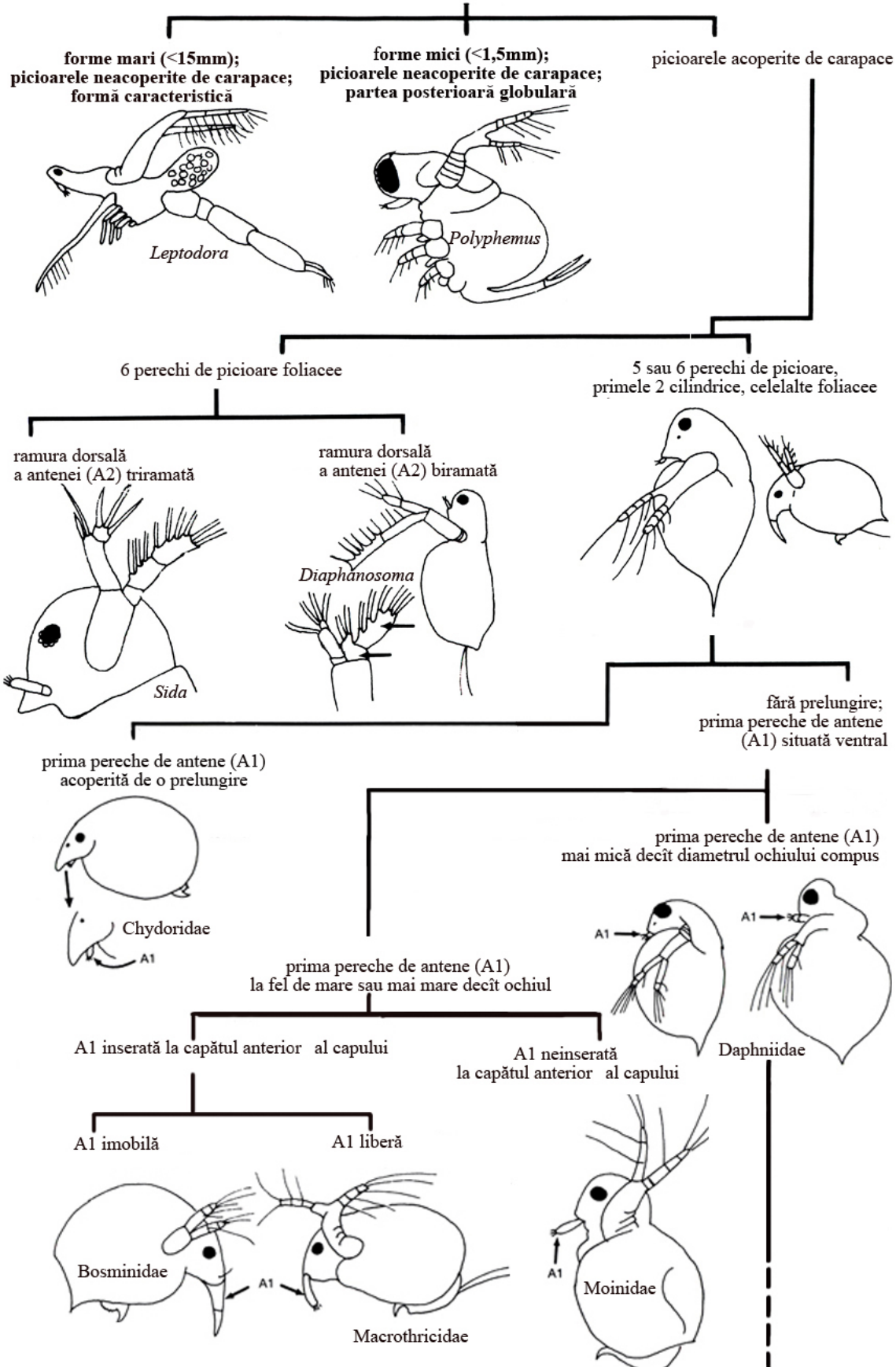


Fig. 2.9. Cheie de determinare pentru cele mai comune genuri de cladocere din apele continentale (fără familia Daphniidae) (modificat din Clifford, 1991)

CLADOCERE - FORME COMUNE (continuare - Fam. Daphniidae)

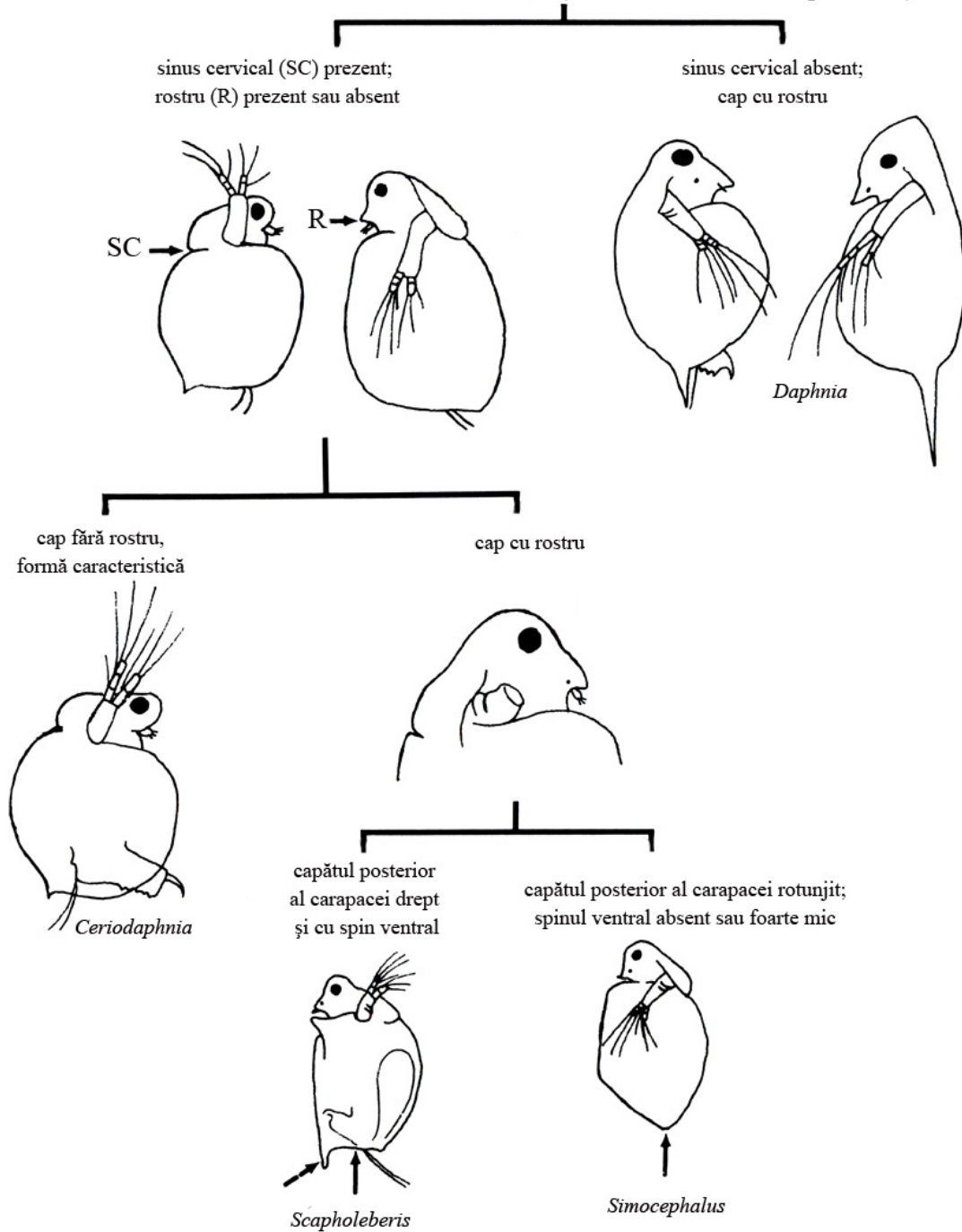


Fig. 2.10. Cheie de determinare pentru cele mai comune genuri de cladocere din apele continentale din familia Daphniidae (modificat din Clifford, 1991)

La copepodele cicloptide, hrănirea nu are loc prin mecanisme de filtrare, ca în cazul cladocerelor. Particulele de hrană vegetală sau animală sunt mărunțite și ingerate. Multe specii din cele mai importante genuri de cicloptide (*Acanthocyclops*, *Macrocyclops*, *Cyclops*, *Mesocyclops*) sunt carnivore, hrana lor incluzînd microcrustacee, larve de diptere sau oligochete, multe dintre acestea avînd dimensiuni ce depășesc talia copepodelor prădătoare. S-au observat chiar fenomene de canibalism, adulți sau copepodiți mari cosumînd propriile

stadii larvare de dimensiuni mai mici (fig. 2.13.). Ciclopidele erbivore sunt reprezentate de multe specii din genul *Eucyclops*, unele din genul *Acanthocyclops* și *Microcyclops*, ce se hrănesc cu o mare varietate de alge, de la diatomeele unicelulare pînă la specii filamentoase de dimensiuni mari. Speciile carnivore sunt în general mai mari decît speciile erbivore, însă la ambele categorii se pare că modul de a găsi hrana este unul randomizat. Speciile erbivore au organe gustative cu chemoreceptori, dar care le ajută să distingă doar între particulele organice și cele anorganice ingerate în mod întîmplător din masa apei. O anumită selectivitate a hranei se poate întîlni totuși la copepodele calanoide.

Principalele caractere morfologice cu importanță în identificarea taxonomică a speciilor de copepode ciclopide sunt: lungimea, numărul de articole ale antenulei, forma receptaculului seminal la femele, forma și armătura ramurilor furcale, structura perechii nr. 5 de picioare, numărul articolelor picioarelor înotătoare și armătura de spini a segmentelor exopoditelor și endopoditelor, perechea a șasea de picioare la masculi.

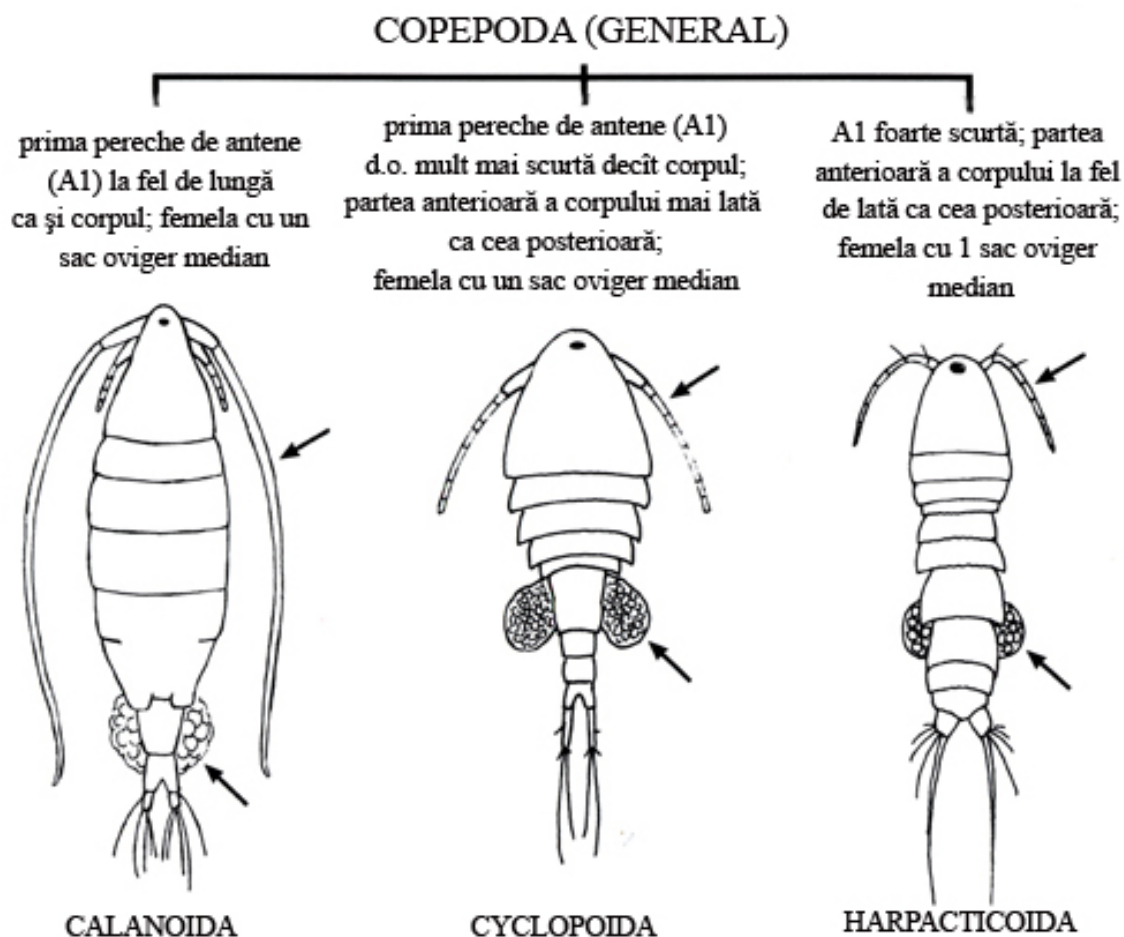


Fig. 2.11. Cheie generală de determinare pentru cele trei ordine de copepode ce trăiesc în apele continentale (*d.o.* = *de obicei*) (modificat din Clifford, 1991)



Fig. 2.12. Stadii intermediare de dezvoltare la copepodele cicloptide:  
nauplii și copepoditi



Fig. 2.13. Copepodit de cicloptide consumând un alt copepodit



Fig. 2.14. Copepode ciclopide adulte (*Thermocyclops oithonoides*): mascul (sus); femelă cu saci ovigeri (jos)



Fig. 2.15. Copepode calanoide adulte (*Eudiaptomus zachariasii*): femelă (stînga); mascul (dreapta)

În afară de grupurile de animale euplanctonice, specifice zooplanctonului, în probele colectate din bazinele acvatice continentale se mai întâlnesc diverse alte organisme, colectate întâmplător de aparatura de prelevare, fie bentonice, fie aparținând ecosistemelor terestre: nematode, oligochete, hidre (fig. 2.16. dreapta), amfipode, ostracode (fig. 2.16. stînga), larve de insecte, acarieni acvatice și tereștri etc.

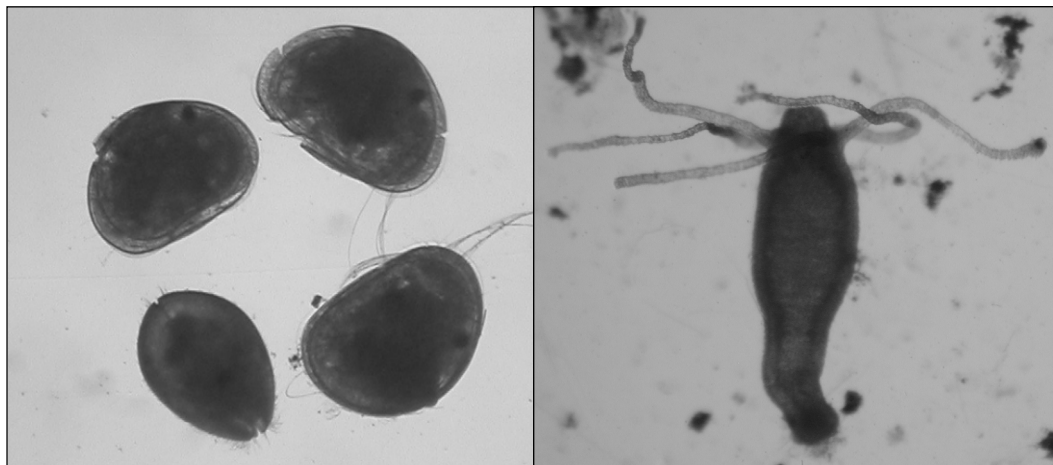


Fig. 2.16. Alte organisme întâlnite în probele de plancton: ostracode (Crustacea, Ostracoda) (stînga); hidra (Hydrozoa) (dreapta)

**Adaptările organismelor zooplanctonice la viața pelagică** le asigură flotația și deplasarea în masa apei cu consum minim de energie. Organismele zooplanctonice au organe de locomoție slab dezvoltate, deplasarea lor în masa apei fiind înlesnită de curenții orizontali și verticali precum și de unele adaptări morfologice și fiziologice.

Flotația sau plutirea activă este procesul prin care hidrobionții se scufundă în masa apei cu o viteză minimă datorită unor adaptări morfologice, fiziologice, biochimice și comportamentale. Aceste adaptări se fac prin scăderea greutății restante, prin mărirea suprafeței portante sau prin combinarea celor două mecanisme. **Micșorarea greutății restante** a organismelor zooplanctonice se realizează prin diverse mecanisme, precum: micșorarea părților dense ale corpului, acumularea de produși grași în organism, apariția unor incluziuni gazoase și formațiuni cu rol de flotori, înlăturarea din protoplasma celulelor a unor produși grei de metabolism, precum ionii de calciu și magneziu, precum și acumularea unor produși ușori; creșterea conținutului de apă din organism prin hidratare celulară și tisulară, pînă la apropierea densității corpului de cea a mediului (ca în cazul speciei *Asplachna*) (Pricope, 1999). **Mărirea suprafeței portante** a organismelor zooplanctonice se poate realiza prin diverse adaptări: micșorarea taliei organismului, fapt ce modifică raportul volum/suprafață, crescînd capacitatea de plutire; modificarea formei corpului ce are ca rezultat mărirea suprafeței portante (acesta fiind cazul cladocerului *Holopedium*, al cărui corp este protejat de învelișuri gelatinoase bine dezvoltate); emiterea de prelungiri ale corpului sau apendicilor care măresc suprafața portantă. De exemplu, antenele prezente la speciile din genul *Daphnia* reduc viteza de scufundare cu pînă la 70% (Hutchinson, 1967).

**Răspunsurile adaptative individuale ale zooplanctonului la factorii abiotici și biotici** au consecințe importante la nivel populațional, afectînd distribuția temporală și spațială a comunităților planctonice, dar și alte verigi ale lanțului trofic. Răspunsurile adaptative la acțiunea factorilor biotici sunt de cele mai multe ori adaptări anti-prădătorism (Lass și Spaak, 2003), care pot fi de natură morfologică, comportamentală sau schimbări în ciclul de viață (fig. 2.17.) și pot înregistra magnitudini diferite de la milimetri și secunde pînă la sute de metri și ani. Răspunsurile morfologice pot fi formarea de spini sau creste,

îngroșarea carapacei, mimetism, transparență etc. Răspunsurile comportamentale se referă la schimbări în ceea ce privește înotul, agregarea și schimbări ale distribuției în bazinul acvatic, putând fi induse de disponibilitatea hranei, competitori, prădători sau substanțe de alarmă provenite de la conspecifici morți (Gyllström și Hansson, 2004).

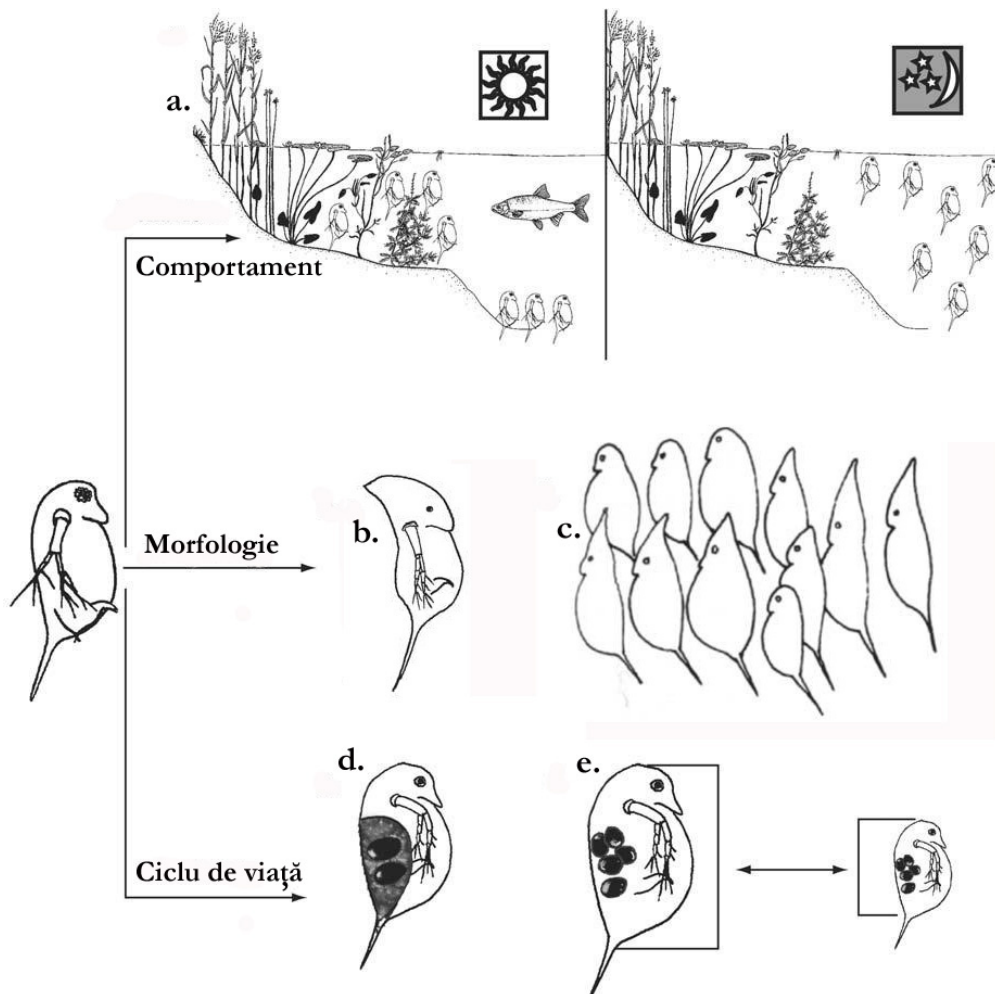


Fig. 2.17. Tipuri de răspunsuri adaptative la acțiunea factorilor abiotici și biotici la organismele zooplanctonice: **a.** comportament de agregare și migrație nictemerală pe verticală și pe orizontală; **b.** apariția coifului; **c.** ciclomorfoză; **d.** formarea de ouă de rezistență; **e.** dimensiune variabilă la prima reproducere (modificat din Brönmark și Hansson, 1998)

Adaptările morfologice anti-prădătorism sunt bine exemplificate la organismele planctonice, atât la alge, cât și la ciliate, rotifere și crustacee. În ceea ce privește costurile și beneficiile adaptărilor anti-prădătorism la organismele-pradă, mecanismele de apărare generează costuri inexistente în absența prădătorilor – altfel aceste trăsături de apărare ar fi fost favorizate de selecția naturală (Harvell, 1990). Modificările fenotipice și sistemele de apărare induse impun diferite costuri și limitări în afara costurilor metabolice. Una dintre limitări ar putea fi faptul că adaptările la un regim de prădare pot fi nefavorabile în prezența altor prădători. De exemplu, se știe că mărirea dimensiunii corpului duce de obicei la creșterea vizibilității, ceea ce poate fi dezavantajos în prezența prădătorilor ce folosesc vâzul ca principală metodă de capturare a hranei (Tollrian, 1995).

Valoarea adaptativă a acestor modificări morfologice a fost demonstrată cu certitudine. De exemplu pentru cladocere, se știe că indivizii de *Daphnia* care au dezvoltat *coif* au fost mai

puțin vulnerabili la prădătorismul exercitat de *Notonecta* (Insecta, Heteroptera) decât indivizii din aceeași specie fără coif (Grant și Bayly, 1981). **Dezvoltarea spinilor lungi** reprezintă de asemenea un avantaj: un pește-prădător are probleme la ingerarea indivizilor de *Daphnia lumholtzi* cu spini lungi și preferă prada fără spini dezvoltați (Swaffar și O'Brian, 1996).

Un alt răspuns morfologic de protecție împotriva prădătorilor este **mărirea suprafeței corpului**, animalele devenind astfel mult prea voluminoase pentru a fi înghițite. Totuși, această adaptare nu funcționează în cazul prădătorismului exercitat de pești, deoarece vertebratele preferă organisme zooplanctonice de dimensiuni mari, cu conținut energetic mai ridicat, favorizând astfel zooplanctonul de talie mică și formele caracterizate prin grad mare de transparență (deoarece peștii se folosesc în primul rând de văz pentru a vâna). De aceea, în lacurile unde peștii și amfibienii sunt abundenți, formele zooplanctonice de talie mare vor lipsi sau vor înregistra densități foarte scăzute (Hughes, 1980).

Un aspect deosebit de interesant și încă nestudiat complet este răspunsul cauzat în populațiile de prădători de aceste mecanisme de apărare la populațiile-pradă. Kusch (1998) indică faptul că la prădători creșterea populațională este serios diminuată în prezența prăzii cu sisteme de apărare, dacă nu este disponibilă pradă alternativă fără sisteme de apărare. Totuși, dacă presiunea de selecție cauzată de mecanismele de apărare ale organismelor-pradă este mare pentru prădători, aceștia sunt capabili să răspundă fenotipic: de exemplu, pentru ciliatul *Onychodromus indicus* s-au descris șase fenotipuri morfologice distincte ca răspuns la tipul de pradă disponibilă (Kamra și Sapro, 1994).

Un posibil răspuns la presiunea prădătorilor caracteristic organismelor zooplanctonice este **ciclomorfoza**, ce reprezintă un polimorfism sezonier, o variație morfologică a generațiilor succesive (Wetzel, 2001). Ciclomorfoza este un fenomen descris la cladocere, însă el are loc și la protozoare, dinoflagelate și rotifere. În acest ultim caz, ciclomorfoza presupune următoarele schimbări morfologice: lungirea și lățirea corpului, reducerea dimensiunilor sau producerea de spini laterali. Totuși, cel mai evident și mai studiat fenomen de ciclomorfoză este prezent la cladocere. Modelul general de ciclomorfoză este reprezentat de alungirea succesivă a părții anterioare a capului, pentru a forma o creastă sau un coif, în timp ce carapacea nu se modifică aproape deloc, așa cum e cazul genului *Daphnia*. De asemenea, la unele specii în timpul sezonului estival se poate observa o creștere în lungime a spinului caudal. Ciclomorfoza la genurile *Bosmina*, *Ceriodaphnia* sau *Chydorus* este mult mai puțin evidentă, constând doar în reduceri de mică intensitate a lungimii corpului. Mecanismele ce conduc la ciclomorfoză sunt legate în primul rând de temperatura din timpul embriogenezei în cazul genului *Daphnia* (Yurista, 2000). Turbiditatea apei, ca și modificările concentrațiilor de oxigen pot induce ciclomorfoza, însă un factor mult mai important este reprezentat de substanțele eliminate în masa apei de prădătorii reprezentați de pești și nevertebrate (în special larvele de *Chaoborus*).

Semnificația adaptativă a ciclomorfozei constă în primul rând din faptul că fenomenele de prădătorism exercitate de pești asupra cladocerelor sunt în principal procese vizuale. Creșterea ciclomorfotică nu afectează porțiunea centrală a corpului, vizibilă prădătorilor, ce rămâne de dimensiuni mici (toracele, abdomenul). Creșterea presupune mărirea structurilor transparente, ceea ce reprezintă un avantaj major pentru că animalele sunt mai puțin vizibile pentru prădători. În al doilea rând, procesul de ciclomorfoză reduce eficiența prădătorismului din partea alevinilor de pești și a nevertebratelor (în special copepode și larve de *Chaoborus*), ce preferă zooplancton de talie mai mică (<2 mm). Astfel, mai multe specii de cladocere de dimensiuni mici dezvoltă ciclomorfoză, comparativ cu cladocerele mari (Zaret, 1980).

Adaptările legate de ciclul de viață se referă în primul rând la **alternanța dintre reproducerea sexuată și cea asexuată**. În general reproducerea asexuată este folosită pentru creșterea populațională rapidă, pentru a exploata la maximum resursele mediului cât timp condițiile de mediu rămân favorabile. Din moment ce nu există masculi, toți indivizii

contribuie la creșterea populațională. Reproducerea sexuată presupune risipă de energie pentru creșterea organelor sexuale, necesită timp pentru fenomenele de copulare, fertilizare sau dezvoltare embrionară. De aceea, viteza potențială de creștere a populației scade atunci când reproducerea este sexuată. Totuși, datorită recombinării realizate prin meioză, reproducerea sexuată duce la variabilitate genetică la generațiile rezultate, ceea ce reprezintă un avantaj important. Astfel, în timpul perioadelor favorabile, este mai avantajos pentru unele specii să se reproducă asexuat, mărindu-și astfel efectivul populațional. În aceste condiții, reproducerea sexuată nu face altceva decât să încetinească creșterea, ducând astfel la o talie mai mică a indivizilor (Hughes, 1980).

Unul dintre cele mai spectaculoase modificări ale ciclului de viață ca răspuns la kairomonele eliberate de prădători a fost descris la ciliate (Washburn și colab., 1988): larvele țînțarului *Aedes sierrensis* eliberează kairomone care induc în indivizii-pradă de *Lambornella clarki* (Ciliophora, Tetrahymenidae) formarea de celule parazite ce infectează și omoară prădătorii. **Diapauza** a fost de asemenea descrisă ca o strategie de evitare a prădătorilor ce este legată de modificări ale ciclului de viață (Hairston, 1987), ca și **eclozarea întârziată** în condiții neprielnice (Blaustein, 1997).

Spre deosebire de răspunsurile morfologice și cele ce afectează ciclul de viață, care sunt observabile de-a lungul unei generații, adaptările comportamentale permit indivizilor să reacționeze în cel mai scurt timp (ore) la pericolul reprezentat de prădători (Lass și Spaak, 2003). Cele mai studiate răspunsuri comportamentale la acțiunea prădătorilor sunt: migrațiile pe orizontală, formarea de cîrduri, evitarea activă, starea de alertă continuă și migrațiile nictemerale verticale. Modificările survenite în comportamentul fototactic, de agregare și capacitatea de evitare a prădătorilor sunt cauzate de acțiunea kairomonelor produse de speciile prădătoare, dar pot fi produse și de conspecifici afectați de prădători (Pijanowska și Kowalczewski, 1997). Însă Stirling (1995) descrie cazul speciei *Daphnia galeata mendotae* care nu a dezvoltat răspunsuri adaptative la kairomonele provenite de la peștii prădători, ci doar de la peștii ce s-au hrănit anterior cu *Daphnia*.

În ceea ce privește **evitarea activă a prădătorilor**, s-a descris de exemplu în literatură cazul cladocerului *Diaphanosoma* sau a numeroase specii de copepode, ce pot realiza salturi puternice împotriva curentului de sucțiune inițiat de peștii zooplantonofagi pentru a înghiți prada (Lampert și Sommer, 2007).

**Starea de alertă** este definită drept capacitatea de a evita atacul unui prădător datorită unei sensibilități crescute la distorbanțele mecanice sau luminoase (Lass și Spaak, 2003). De exemplu, Brewer și colab. (1999) au observat viteze mai mari de înot (ca măsură a stării de alertă) la indivizi de *Daphnia* în prezența peștilor.

Formarea de cîrduri (**agregarea**) are ca motiv probabil și plauzibil reducerea riscului de prădătorism pentru fiecare individ în parte. S-a constatat experimental în cazul peștilor de acvariu că prind în mod paradoxal mai puțini purici de apă dacă li se oferă concomitent mai mulți. La fel se întâmplă cu rachetele cu focoase care detectează prin radar automat mai multe avioane. Rachetele zboară în direcția rezultantei dintre două mișcări dacă avioanele sunt aproape unul de celălalt și în poziție simetrică față de traiectoria focoaselor. Peștelui de pradă, ca și rachetei, îi lipsește capacitatea de a se orbi intenționat pentru una din ținte, astfel încât să se poată concentra asupra celeilalte (Lorenz, 2005).

Aspectul general al repartiției spațiale a organismelor zooplanctonice este caracterizat printr-un considerabil grad de heterogenitate (Pricope, 1999). Caracterul neomogen al distribuției orizontale a acestor organisme, cât și cel al repartiției lor pe niveluri de adîncime de altfel, este determinat atît de dinamica activă a maselor de apă, cât și de acțiunea factorilor biotici și abiotici din ecosistemul respectiv. **Repartiția pe orizontală** a zooplanctonului este, deci, neuniformă. Printre factorii care influențează pregnant acest mod de repartiție se numără vîntul și dinamica apei (curenții și valurile), variațiile regimului termic, modificările caracte-

risticilor fizico-chimice, dinamica resurselor trofice ale bazinului etc. (Rujinski, 1978). S-au observat tipare de migrații pe orizontală (zilnice sau sezoniere) în special în lacurile puțin adânci ce nu prezintă zone de refugiu în hipolimnion. Burks și colab. (2001) vorbesc de presiunea substanțială din partea prădătorilor exercitată de macronevertebratele bentonice litorale asupra indivizilor de *Daphnia*, ce execută astfel migrații pe orizontală.

**Migrațiile verticale** apar ca fenomene de masă în care populații întregi sau părți din populație se deplasează pe distanțe de zeci de metri din orizontul superficial al apei în cel profund sau invers. Migrațiile nu sunt făcute de toți indivizii populației, ei se comportă diferit în funcție de vîrstă, sex, stare fiziologică și condițiile concrete de mediu. De obicei, stadiile tinere se mențin cu precădere în păturile superficiale ale apei.

Cauzele migrațiilor zooplanctonului sunt complexe și nu sunt pe deplin elucidate. Migrațiile verticale au de obicei un caracter ciclic fiind condiționate în special de variațiile circadiene și sezoniere ale luminii, temperaturii, regimului gazos al apei și ale altor factori abiotici. Mulți autori consideră că stimulul primar al migrațiilor pe verticală este lumina, care însă poate fi modificată de acțiunea unor stimuli secundari. În general, amplitudinea migrației este mai mare în apele limpezi și mai mică în cele cu transparență scăzută. Migrarea pe verticală, deși nu e întotdeauna legată de disponibilitatea resurselor de hrană, este cu siguranță corelată în multe cazuri cu modul de hrănire. Organismele zooplanctonice coboară în orizonturile de adîncime pentru a compensa hrana săracă de la suprafață, sau pentru a evita substanțele toxice produse de unele specii fitoplanctonice. De asemenea, migrațiile pe verticală mai pot avea drept cauză reducerea competiției interspecifice, astfel permițînd indivizilor să ocupe locații cu mai puțini competitori sau cu mai multe organisme fitoplanctonice. Mai mult, e posibil ca această migrare să permită organismelor zooplanctonice să intercepteze particulele de hrană ce se sedimentează înainte de a ajunge pe fundul bazinului. O altă ipoteză în ceea ce privește cauzele migrărilor verticale se referă la conservarea energiei în perioadele cînd animalele nu se hrănesc, prin relocalizarea în straturile mai adînci și cu temperaturi mai scăzute, unde „costurile” metabolice sunt mai mici și eficiența de creștere e mai mare. Din acest punct de vedere, există specii de copepode ce ajung la dimensiuni mai mari și produc mai multe ouă în ape mai reci.

Mulți autori consideră că cea mai importantă cauză a migrărilor nictemerale ar fi reducerea presiunii prădătorilor (Lampert, 1993). Deși *Daphnia* prezintă răspunsuri fototactice în absența substanțelor chimice eliberate de pești, există dovezi că acestea exacerbează reacția fototactică (Ringelberg, 1991). Mai mult, în timp ce intensitatea luminoasă declanșează acest comportament și determină direcția migrării, prezența kairomonelor de la pești determină perioada din an în care are loc migrația (Ringelberg și colab., 1991). Pe baza observației că organismele zooplanctonice prezintă modelul tipic de migrație pe verticală doar în prezența prădătorilor lor dominanți (Bollens și colab., 1992), Ringelberg (1997) a formulat ipoteza conform căreia amplitudinea migrației depinde de biomasa ihtiofaunei dintr-un bazin acvatic. În literatura de specialitate s-au descris migrații pe verticală ce variază de la cîțiva centimetri pînă la mai mult de 100m (Hutchinson, 1967).

Modelul tipic al migrațiilor nictemerale îl reprezintă mișcări descendente ziua, cînd organismele zooplanctonice evită orizonturile de suprafață și se grupează în adîncime și distribuție uniformă în timpul nopții. Unele specii și stadii ontogenetice tinere fac migrații inverse, adică descendente noaptea și ascendente ziua. Așa sunt stadiile naupliale ale ciclopidelor și unele rotifere. Și în cazul prezenței nevertebratelor acvatice prădătoare cu migrații verticale regulate, organismele zooplanctonice pot prezenta migrații inverse comparativ cu modelul tipic, descrise la *Daphnia*, rotifere sau unele copepode (Gilbert și Hampton, 2001). Dacă rămîn în orizonturile de adîncime cînd este întuneric, organismele zooplanctonice pot reduce riscul de prădătorism din partea nevertebratelor ce se hrănesc la suprafață noaptea.

## Nevertebratele bentonice (zoobentos)

Nevertebratele bentonice, numite și zoobentos, cuprind o multitudine de organisme care trăiesc în/pe substratul apelor stătătoare și curgătoare, încadrate în numeroase grupe sistematice: turbelariate, nematode, moluște, hirudinee, oligochete, acarieni acvatici, amfipode, izopode, ostracode, coleoptere, diptere, efemeroptere, plecoptere, trichoptere și altele (fig. 2.18.).

În funcție de dimensiuni, se împart în macronevertebrate, cele care grupează organisme colectate cu fileuri având ochiurile de 500  $\mu\text{m}$  (chiar dacă primele stadii de dezvoltare larvară au dimensiuni mai mici) și meiofaună, grupare care cuprinde organismele de dimensiuni sub 500  $\mu\text{m}$ , prelevate cu fileuri de 40  $\mu\text{m}$ .

Nevertebratele bentonice ocupă toate nivelele de consumatori din structura trofică a unui mediu acvatic. Grupează organisme erbivore, carnivore și detritivore care au o gamă vastă de mecanisme adaptative. La rândul lor, nevertebratele bentonice constituie hrană pentru numeroase specii de pești. Nevertebratele bentonice au un rol deosebit în procesul de autoepurare a apelor și sunt utilizate în sistemele de evaluare a calității apelor.

Disponibilitatea resurselor de hrană, dinamica nutrienților, vegetația ripariană, fenomenele hidrologice și mulți alți factori afectează ecosistemelor lotice și implicit structura și dinamica comunităților de nevertebrate bentonice. O caracteristică importantă a acestor factori este schimbarea lor de-a lungul unui profil longitudinal într-un râu, iar compoziția comunităților de nevertebrate bentonice se schimbă în consecință, de la izvoare spre vărsare, acest fenomen fiind descris în conceptul de „river continuum” (Vannote și colab., 1980).

Diferențierea grupelor mari de nevertebrate bentonice, urmînd caracterele morfologice, se poate face pe baza cheilor de determinare simplificate prezentate în figurile 2.19. și 2.20.



Fig. 2.18. Aspect general al comunităților de nevertebrate bentonice

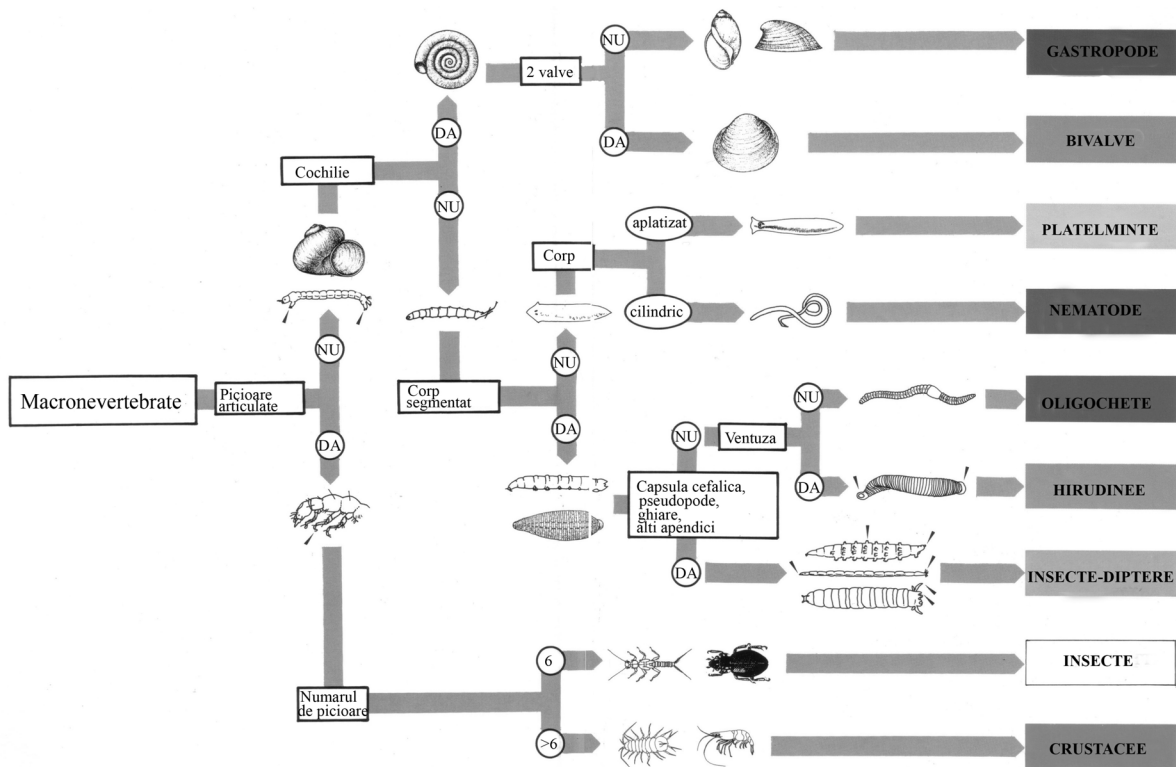


Fig. 2.19. Cheie de determinare simplificată pentru principalele grupe de nevertebrate bentonice (modificată după Sansoni, 2001)

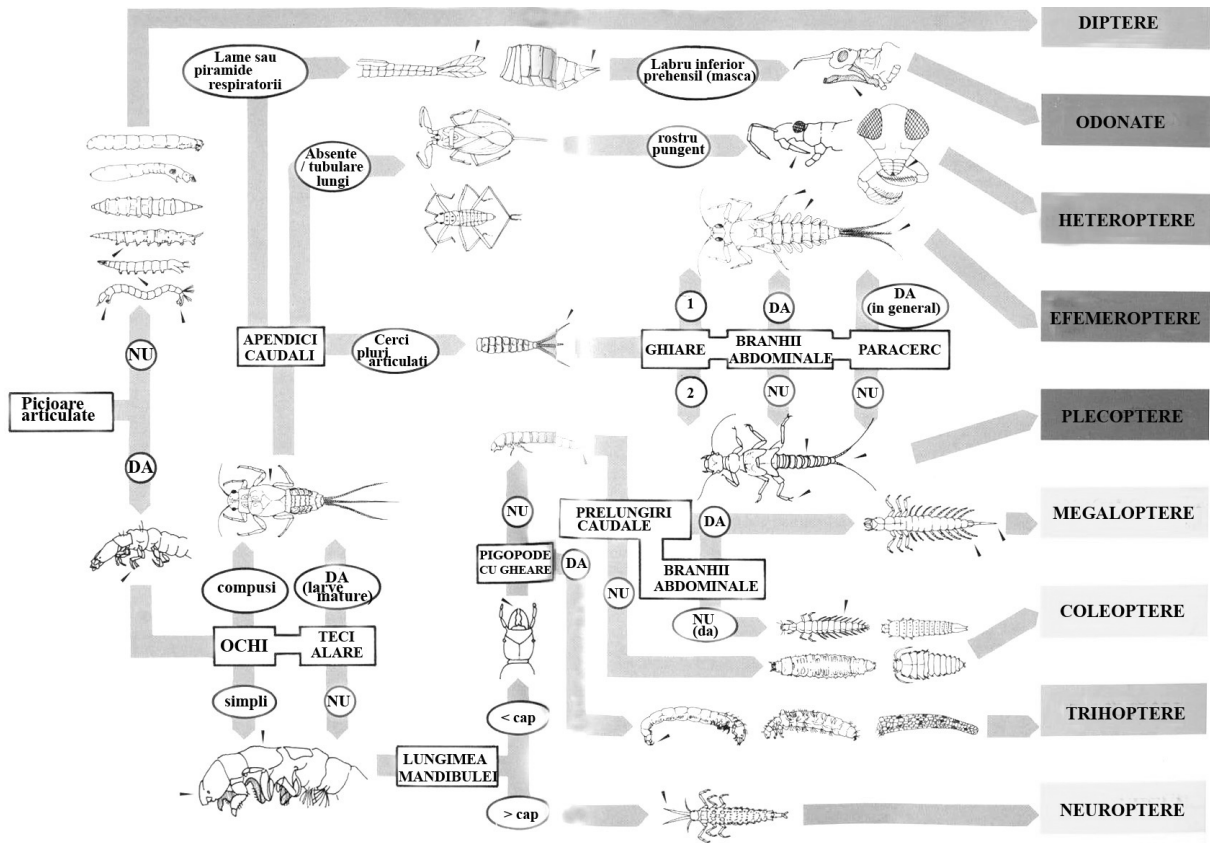


Fig. 2.20. Cheie de determinare pentru principalele ordine de insecte din cadrul nevertebratelor bentonice (modificată după Sansoni, 2001)

O scurtă descriere morfologică și aspecte legate de ecologia principalelor grupe de nevertebrate bentonice sunt prezentate în cele ce urmează, unde încadrarea taxonomică a principalelor grupe din zoobentos s-a făcut conform Fauna Europaea (2010).

#### **Turbelariate (Subîncregătura Turbellaria)**

Grup care cuprinde viermii plăți, avînd corpul aplatizat dorso-ventral, nesegmentat și cu lungimea variînd între 1-30 mm (fig. 2.21.). Trăiesc în toate tipurile de ape de la lacuri, bălți, râuri, izvoare și ape temporare. Caracterele importante în identificarea speciilor sunt: forma capului, lungimea tentaculelor, numărul ochilor, colorația (Pattee și Gourbault, 1981). Turbelariatele au toleranțe variabile la poluarea apelor, dar prezența lor în număr foarte mare indică o poluare organică (Bouchard, 2004).

#### **Nematode (Încregătura Nematoda)**

Acest grup de organisme cuprinde viermi cilindrici, de obicei ascuțiți la ambele capete, cu corpul filiform, nesegmentat, acoperit de o cuticulă tare, avînd lungimea între 1-10 mm (fig. 2.22.) (Bouchard, 2004). Sunt întîlnite în aproape toate ecosistemele acvatice: râuri, lacuri, pîraie, chiar și în mediul marin, prezente pînă la adîncimi de cîteva sute de metri. Unele trăiesc și în habitate extreme, cum ar fi gheața sau izvoarele termale. Pot să fie carnivore, erbivore și detritivore, însă majoritatea speciilor de nematode sunt parazite pe animale sau plante, avînd un rol important în funcționarea ecosistemelor. Comunitățile de nematode pot servi ca indicatori ai schimbărilor de mediu cauzate de om (Chiriac și Udrescu, 1965).

#### **Hirudinee (Clasa Hirudinea)**

Hirudineele, numite popular lipitori, au corpul segmentat, aplatizat dorso-ventral cu lungimea între 4-450 mm. Prezintă ventuză la un capăt sau la ambele capete ale corpului (fig. 2.23). Lipitorile trăiesc în ape stătătoare, la maluri, dar și în râuri în zonele cu vegetație acvatică. Sunt mai cunoscute speciile care se hrănesc cu sînge, dar există și multe specii care se hrănesc cu nevertebrate mici. Lipitorile sunt organisme foarte tolerante la poluare (Bouchard, 2004).

#### **Oligochete (Clasa Oligochaeta)**

Oligochetele sunt viermi inelați, cu corpul cilindric (1-150 mm lungime) și simetrie bilaterală (fig. 2.24.). Caracteristic oligochetelor este prezența cheților de diferite forme și mărimi. Caracterele importante în identificarea speciilor sunt: forma prelungirilor în partea posterioară a corpului, forma gurii, poziționarea și forma organelor reproductive și, de asemenea, numărul, forma, lungimea și poziționarea cheților (Timm, 1999). Majoritatea oligochetelor de apă dulce se hrănesc cu detritus vegetal, ele avînd un rol important și în procesele de autoepurare a apelor. Se întîlnesc în toate mediile acvatice de la bălți, lacuri pînă la râuri, în special în habitatele bogate în vegetație și materie organică. Printre aceste organisme există specii care tolerează nivele ridicate de poluare, dezvoltîndu-se în număr mare în medii puternic poluate. În sectoarele de rîu, situate după mari aglomerări urbane, de unde se deversează o cantitate mare de materie organică, oligochetele ajung să domine comunitățile de nevertebrate bentonice (Cîmpean, 2004).



Fig. 2.21. Turbellariate

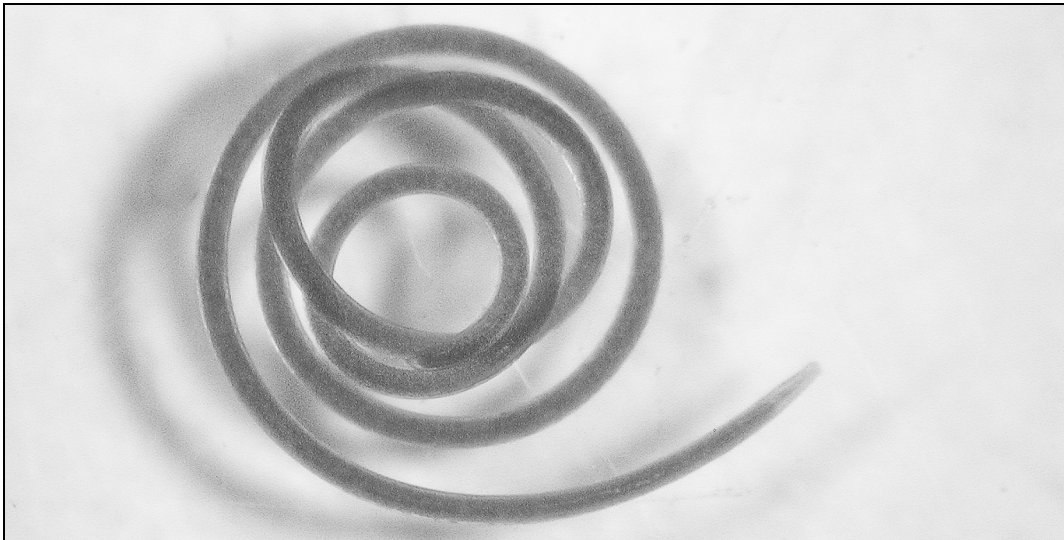


Fig. 2.22. Nematode



Fig. 2.23. Hirudineae

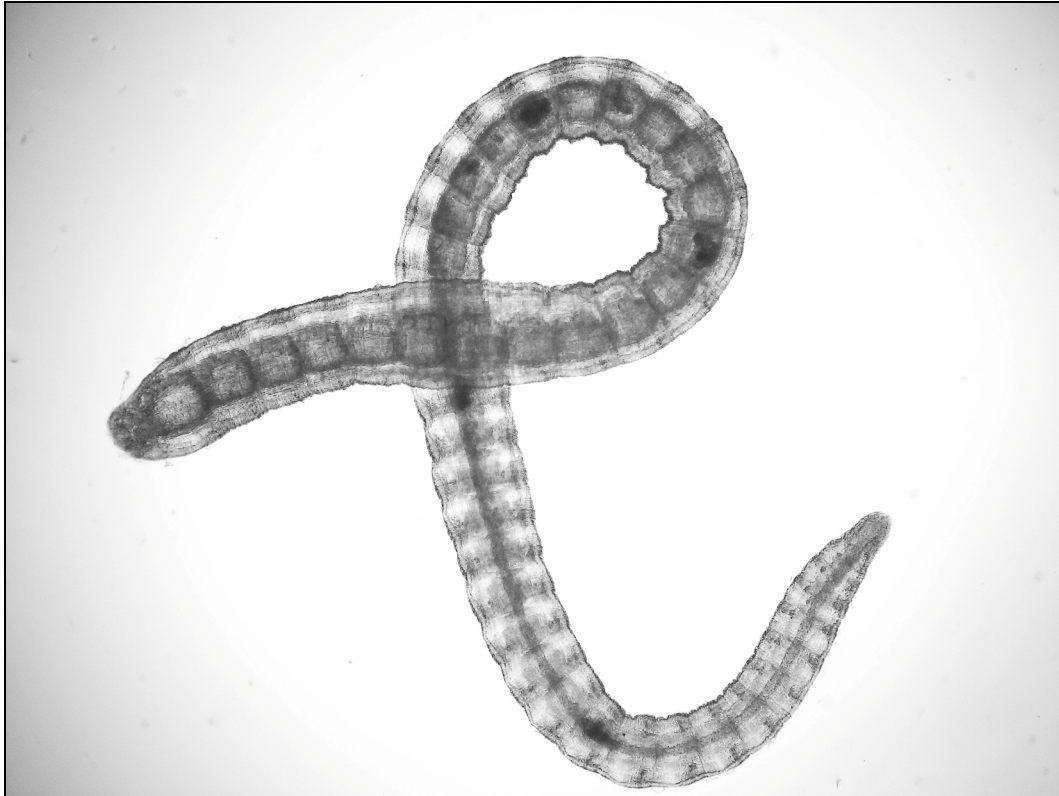


Fig. 2.24. Oligochete

### **Bivalve (Clasa Bivalvia)**

Bivalvele sau scoicile, reprezintă un grup de moluște cu simetrie bilaterală, care au cochilia formată din două valve convexe (fig. 2.25.). Sunt acefale, deoarece nu au capul diferențiat, iar gura și palpii labiali sunt localizați la marginea anterioară a masei viscerale. Piciorul este situat în partea ventrală, avînd forma unei lame, fiind adaptat la locomoția prin mîl și nisip. Scoicile pot fi întîlnite în aproape toate tipurile de habitate acvatice, multe preferînd rîurile mari cu curent puternic și substratul format din nisip. Dimensiunile variază de la foarte mici, 2-20 mm (*Sphaeriidae*), la foarte mari, pînă la 250 mm (*Unionidae*) (Bouchard, 2004). Reprezentanții acestui grup sistematic sunt filtratori, hrînindu-se cu particule în suspensie. Multe specii se hrănesc cu materie organică resuspendată în masa apei de pe fundul rîului sau al lacului și de asemenea cu fitoplancton. În ultimii ani s-a remarcat dezvoltarea în masă, în fluviul Dunărea, a speciei *Corbicula fulminea*, provenită din Asia, considerată specie invazivă (Chiriac și colab., 2008).

### **Gastropode (Clasa Gastropoda)**

Gastropodele sau melcii reprezintă un grup de moluște cu o singură cochilie (fig. 2.26.), rareori au cochilia atrofiată sau poate să lipsească. Corpul este moale, fiind format din cap, picior și sacul visceral. Cochilia este spiralată și servește la adăpostirea animalului. La unele grupe există operculul, care acoperă deschiderea cochiliei, fiind constituit dintr-o plăcuță calcaroasă sau cornoasă. Piciorul este un organ muscular, puternic dezvoltat, iar la unele specii este foarte lat și transformat într-o adevărată ventuză, care ajută organismele să se fixeze de substrat. Cochilia gastropodelor poate să aibă forme, culori și dimensiuni foarte diferite. Dimensiunea acestor animale variază între 1 mm - 40 cm lungime (Grossu, 1993). Sunt foarte răspîndite atît în ape curgătoare cît și în cele stătătoare. În general, gastropodele preferă rîuri cu concentrații ridicate de carbonat de calciu, material necesar pentru construcția cochiliei. Notabilă este excepția reprezentanților familiei *Valvatidae*, care sunt comuni în apele cu concentrație scăzută în carbonat de calciu (Pennak, 1989). Gastropodele se hrănesc

cu perifitonul raclat cu un organ special numit radulă. Se hrănesc, de asemenea, cu detritus și cu plante acvatice. Există specii de gastropode care trăiesc în ape eutrofizate.



Fig. 2.25. Bivalve



Fig. 2.26. Gastropode

### **Ostracode (Clasa Ostracoda)**

Ostracodele sunt crustacee de mici dimensiuni, comune în apele dulci, avînd corpul protejat de o pereche de valve, impregnate cu săruri de calciu. Au dimensiuni între 0,4 – 2,5 mm (Godeanu (ed.), 2002). Pot să existe atît forme active în masa apei, cît și forme bentonice. Trăiesc în toate tipurile de ape, însă preferă apele stătătoare, în particular apele cu adîncimi mici, dar unele specii trăiesc și pe fundul lacurilor adînci. Unele specii de ostracode sunt tipice apelor subterane și izvoarelor (Ghetti și McKenzie, 1981). Sunt omnivore, hrînindu-se cu detritus și alge. Au o particularitate biologică deosebită: după secarea apelor, rămîn în stare latentă în mîlul acestora.

### **Amfipode (Ordinul Amphipoda)**

Amfipodele sunt crustacee cu corpul aplatizat lateral, curbat, cu convexitatea spre partea dorsală, avînd capul prelungit cu un rostru slab dezvoltat (fig. 2.27.). Amfipodele se întîlnesc în aproape toate tipurile de ape stătătoare și curgătoare: lacuri, izvoare, torenți, rîuri și fluvii. Amfipodele duc o viață bentonică, stau ascunse pe sub pietre, plante acvatiche și frunze căzute, în locurile cu curenți mai slabi. Există și specii care trăiesc în mediul subteran: fîntîni, zona interstițială, peșteri (Cărăușu și colab., 1955). Se hrînesc în special cu detritus dar și cu cadavrele animalelor acvatiche, contribuind la fenomenele de autoepurare a apelor.

### **Izopode (Ordinul Isopoda)**

Izopodele aparțin crustaceelor, avînd corpul aplatizat dorso-ventral, cu 7 perechi de picioare și 6 perechi de apendici pe partea ventrală (fig. 2.28.). Lungimea corpului variază între 5-20 mm. Izopodele trăiesc în diferite locuri: izvoare, rîuri, iazuri, fiind o sursă importantă de hrană pentru diferite specii de pești (Bouchard, 2004). Multe specii sunt adaptate la respirația în mediul terestru, puțînd avea astfel comportament amfibi (Godeanu (ed.), 2002).

### **Acarieni acvatici (Hydrachnidia)**

Ciclul de viață al acarienilor acvatici cuprinde 6 stadii de dezvoltare: ou, larvă, protonimfă, deutonimfă, tritonimfă și adult. Larvele acarienilor acvatici sunt de dimensiuni reduse, sunt ectoparazite pe insecte. Adultul are corpul împărțit în gnatosomă și idiosomă, cu dimensiuni între 0,2 și 5 mm (fig. 2.29.). Deutonimfa este un stadiu activ, fiind foarte asemănătoare cu adultul, dar de dimensiuni mai reduse și cu cîmpul genital nedevelopat. Grupul Hydrachnidia populează atît ecosistemele lotice, cît și cele lentice. Toate speciile de acarieni acvatici sunt prădătoare în stadiul de adulți și deutonimfe. Prada acarienilor acvatici o constituie ouăle de insecte, larvele de insecte, unii crustacei mici (cladocere, copepode și ostracode). Corpul aplatizat, turtit dorso-ventral și foarte sclerificat al speciilor genului *Torrenticola* constituie adaptări la habitatele lotice cu curent de apă puternic (Di Sabatino și colab., 2000). Ghearele bine dezvoltate reprezintă o adaptare a speciilor *Panisus michaeli* și *Thyas rivalis*, care trăiesc în izvoare sau pîraie cu mușchi (Bader, 1967).

Diversitatea acarienilor acvatici este corelată cu concentrația materiei organice și cu valori ale indicilor biotici de calitate a apei, astfel, anumite comunități trăiesc în ape nepoluate și puțin poluate, iar în cele foarte poluate nu se regăsesc membri ai acestui grup (Cicolani și Di Sabatino, 1988, 1991, 1992; Gerecke și Schwoerbel, 1991).



Fig. 2.27. Amfipode



Fig. 2.28. Izopode

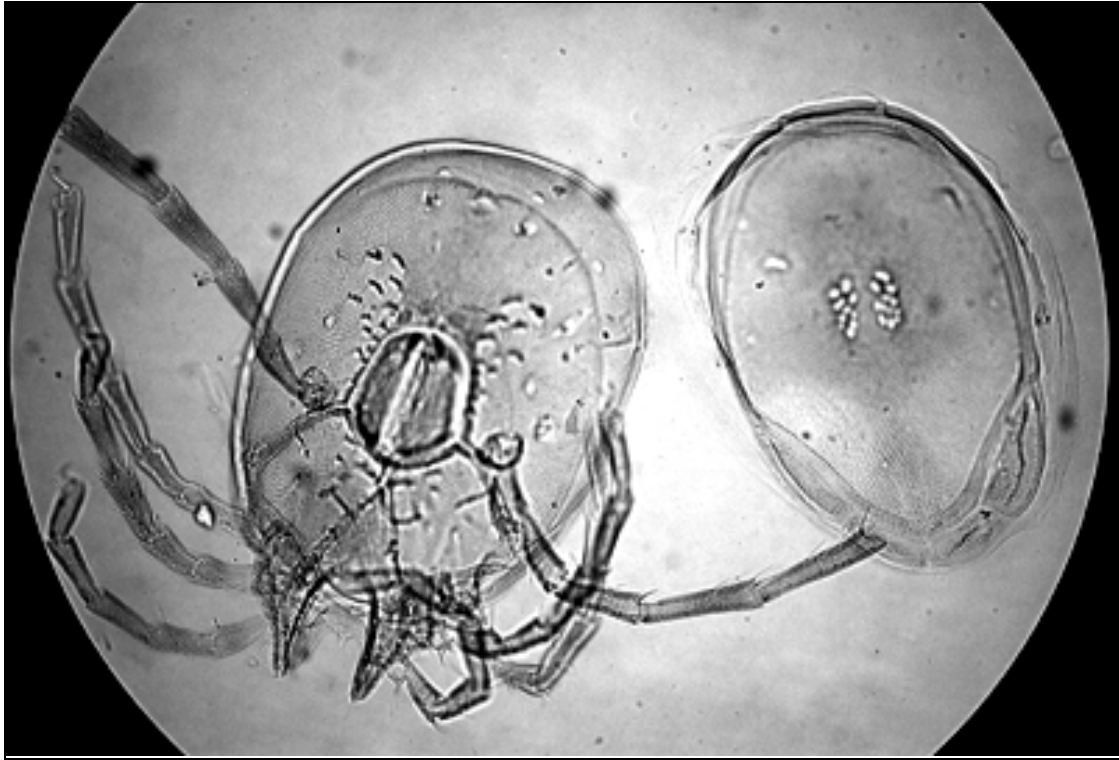


Fig. 2.29. Acarieni acvatici

### **Plecoptere (Ordinul Plecoptera)**

Sunt insecte hemimetabole cu larve exclusiv acvatice și adulți care trăiesc în mediu terestru de la câteva zile la câteva luni. Larva (fig. 2.30.) are corpul alungit, de dimensiuni maxime variabile între 4 și 40 mm (Consiglio, 1980), de culoare brună și prezintă doi cerci caudali, fapt distinctiv față de efemeroptere care posedă în plus un cerc median. Corpul aplatizat al larvelor de plecoptere reprezintă o adaptare a acestora la viața pe substratul pietros spălat de curenții din apele de munte, rezezi. Unele specii prezintă traheobranhii pe torace, spre deosebire de efemeroptere, care au branhiile pe abdomen. Au trei perechi de picioare, fiecare picior având două unghii, caracter esențial în diferențierea față de efemeroptere care prezintă numai o unghie pe fiecare picior. Pe cap au două antene, doi ochi laterali compuși și trei oceli dorsali. Aparatul bucal este de tip masticator. Adultul este asemănător cu larva, având în plus patru aripi membranoase, lungi și înguste, bogate în nervuri.

Trăiesc în general în râuri de munte și deal, preferând apele bine oxigenate. Există și specii care trăiesc în lacuri cu ape bine oxigenate din Europa, spre exemplu: *Amphinemura sulcicollis*, *Nemoura avicularis*, *N. cinerea* și *Leuctra fusca* și de asemenea specii care trăiesc în atmosferă cu umiditate foarte ridicată din Noua Zeelandă și Patagonia (Wichard și colab., 2002). Larvele plecopterelor sunt în general prădătoare, hrănindu-se cu larve de insecte și alte nevertebrate acvatice. Însă familia Nemuroidae are reprezentanți erbivori și detritivori, fiind în general fărâmițatori sau raclatori ai substratului.

Întreg grupul este foarte sensibil la poluarea organică, mai exact la cantitatea redusă de oxigen. Doar genul *Leuctra* este mai puțin sensibil la poluare. S-a observat că speciile acestui gen rezistă la schimbări ale mediului cauzate de construirea barajelor (Klonowska-Olejnik și Fialkowski, 1998).

### **Efemeroptere (Ordinul Ephemeroptera)**

Insecte hemimetabole ale căror stadii de ou, larvă și nimfă se desfășoară în mediu acvatic și pot dura până la câțiva ani. Numele acestui ordin a fost dat de faptul că în stadiu de adult după ce emerg din apă, indivizii au o viață efemeră care durează doar două-trei zile.

Larva (fig. 2.31.) are corpul alungit, terminat de obicei cu trei cerci, excepție făcând unele specii ale genurilor *Baetis* și *Epeorus* la care lipsește metacercul. Capul prezintă doi ochi compuși bine dezvoltăți, trei oceli dispuși în triunghi, antene foarte scurte, subțiri și aparatul bucal masticator. Pe abdomen prezintă branhiile care pot fi de diferite mărimi și forme: filiforme simple sau bifide, lamelare, sub formă de mănunchi, foliare etc., acestea fiind caractere importante pentru identificare la nivel de specie. Cele trei perechi de picioare, inserate pe segmentele toracale, sunt prevăzute fiecare cu câte o unghie. Adultul are aripile anterioare bine dezvoltate, iar cele posterioare sunt mici sau chiar absente.

Se întâlnesc în diferite medii acvatice dulcicole, de la torenți de munte pînă la râuri de cîmpie și de asemenea în ape stătătoare (Belfiore, 1983).

Pentru a opune o rezistență minimă împotriva curentului puternic de apă, se remarcă următoarele adaptări morfologice care duc la menținerea aderenței la substratul râurilor:

- aplatizarea corpului la reprezentanți ai familiei Heptageniidae și Oligoneuridae,
- dispunerea branhiilor abdominale, în forma unei ventuze, la genul *Epeorus* și *Rithrogena*,

- corpul fusiform, hidrodinamic la reprezentanți ai familiei Baetidae,
- corpul alungit și semicilindric, cu picioare foarte robuste, cu ajutorul cărora reușesc să sape galerii în substraturi cu granulometria fină (nisip) la familia Efemeridae.

Majoritatea larvelor se hrănesc cu alge și detritus vegetal, fiind astfel erbivore și detritivore, iar ca modalitate de nutriție pot fi clasificate în colectori (de detritus) sau raclatori (de perifiton). Unele specii ale genurilor: *Ephemerella*, *Baetis*, *Ecdyonurus*, *Ephemera* se hrănesc ocazional cu crustacee, oligochete, larve de chironomide, fiind astfel prădătoare.

În general se întâlnesc în ape nepoluate, dar specii ale genurilor *Baetis*, *Caenis*, *Ephemerella* sunt rezistente la o anumită degradare a mediului (Belfiore, 1983).

### **Trichoptere (Ordinul Trichoptera)**

Trichopterele sunt insecte holometabole ale căror larve se întâlnesc în diferite medii acvatice, de la torenți de munte pînă la râuri de cîmpie și de asemenea în ape stătătoare. Stadiile de ou, larve și pupe se desfășoară în ecosisteme acvatice, iar în stadiu de adult indivizii emerg, își dezvoltă aripile care în repaus au formă tipică de acoperiș de casă. Larva (fig. 2.32.) prezintă corpul alungit, împărțit în cap, torace și abdomen. Capul este puternic chitinizat și prezintă ochi și antene rudimentare. Toracele este format din trei segmente, care pot avea plăci chitinoase.

Majoritatea speciilor își construiesc „căsuțe” (fig. 2.33.) din diferite materiale care se găsesc în mediul de viață (particule de nisip și pietriș, bucăți de lemn, cochilii de melci, frunze etc.), pe care larva le cimentează cu ajutorul unor secreții serice. Lungimea „căsuțelor” poate să varieze de la 3 mm la 8 cm (Moretti, 1983). Dispunerea materialelor în formarea „căsuțelor” și forma acestora constituie elemente de identificare ale diferitelor specii. De studiul acestor construcții, în România, s-a ocupat Botoșăneanu (1963). Există și larve fără „căsuțe”, cu apendicii de pe ultimul segment abdominal (pigopodele) lungi și unghii care ajută la fixarea de substrat. Există și o a treia categorie de larve de trichoptere care își construiesc plase pentru a vîna. Căsuțele construite din nisip, cu particule mai mari de pietriș pe lateral, care conferă o greutate ridicată, reprezintă o adaptare ce permite acestor organisme să populaze zone ale râurilor cu curenți puternici ai apei.

Rolurile trofice ocupate de trichoptere în cadrul ecosistemelor sunt: detritivori, carnivori și erbivori, toate aceste grupe fiind reprezentate de un număr mare de taxoni. Sensibilitatea la poluare este relativ ridicată, fapt pentru care aceste insecte sunt validate ca fiind bioindicatori.



Fig. 2.30. Plecoptere (larvă)



Fig. 2.31. Efemeroptere (larvă)



Fig. 2.32. Trichoptere („căsuță” – sus, larvă – jos)



Fig. 2.33. Trichoptere („căsuțe”)

### **Coleoptere (Ordinul Coleoptera)**

Sunt insecte holometabole dintre care, o parte, își petrec tot ciclul de viață în mediul acvatic, altele au stadiile de pupă și/sau adult în mediul terestru. Larvele coleopterelor (fig. 2.34.) sunt destul de diverse în funcție de specia căreia aparțin. Prezintă un cap bine diferențiat, ochi simpli și antene scurte. Larvele unor specii au segmentele corpului acoperite cu chitină. Adultul (fig. 2.35.) este ușor de recunoscut prin prezența elitrelor, aripi rigide și chitinoase care formează o porțiune protectoare, care acoperă partea dorsală, protejând și aripile posterioare care sunt de natură membranoasă.

Speciile din acest grup se întâlnesc în toate mediile acvatice, s-au adaptat să trăiască în ape salin și salmastre, în zonele marine de coastă, în râuri de munte, deal și câmpie și în lacuri montane și de altitudini mai joase (Wichard și colab., 2002). Specii ale genului *Gyrinus* prezintă, pe ultimele două perechi de picioare, perișori foarte bine dezvoltati care au rol în înot. Picioarele posterioare pot să execute până la 50-60 de bătăi pe secundă (Wichard și colab., 2002). Rolurile trofice ocupate de coleoptere sunt diversificate: carnivori, erbivori (raclatori sau colectori), omnivori sau detritivori.

### **Odonate (Ordinul Odonata)**

Odonatele, sau libelulele, sunt insecte hemimetabole ale căror larve (fig. 2.36.) trăiesc în mediul acvatic, iar adulții emerg și trăiesc în mediul terestru. Larva se distinge de orice altă larvă de insectă acvatică prin prezența unei măști bucale folosită pentru prinderea prăzii. Capul larvei este foarte mare, cu ochi compuși, bine dezvoltati, toracele și abdomenul prezintă plăci sclerificate. Lungimea larvelor variază între 1,5 – 5,5 cm. Larvele odonatelor preferă apele stătătoare sau cu un curent de apă redus, unele se afundă în mîl, altele se mișcă lent pe fundul apei, iar altele preferă să stea în vegetația acvatică. Viata larvară poate dura de la câteva luni până la 5 ani, în funcție de condițiile de mediu. Larvele și adulții libelulelor sunt prădătoare vorace, dieta lor fiind formată din nevertebrate acvatice și mici vertebrate acvatice (Askew, 2004).

### **Heteroptere (Ordinul Heteroptera)**

Heteropterele acvatice grupează o serie de insecte care trăiesc în apă, pe apă sau în vecinătatea apelor. Sunt insecte de talie mică cu dimensiunea corpului cuprinsă între 3-20 mm, rareori mai mare (Godeanu (ed.), 2002). Caracteristic acestui grup este faptul că atât adulții (fig. 2.37.), cât și larvele, prezintă aparatul bucal modificat, alungit, specializat pentru înțepat și supt. Sunt insecte hemimetabole, trăiesc în aceleași habitate și în stadiul de larvă și de adult, diferențele constînd în talie, prezența aripilor și armătura genitală. Aripile anterioare sunt hemielitre, cu jumătatea bazală puternic chitinizată și jumătatea distală membranoasă. La unele specii aripile pot fi rudimentare sau pot chiar lipsi.

În funcție de mediul de viață prezintă diferite adaptări cum ar fi: pernuțe hidrofuge ale tarselor, peri înotători pe picioarele posterioare, sifon respirator, suprafețe păroase hidrofuge și altele. Heteropterele sunt prădătoare în general, dar există și specii detritivore.

Heteropterele sunt tipice mediului acvatic, dar și semiacvatic. Datorită abilității acestui grup de a utiliza oxigenul din atmosferă, pot să trăiască în ape cu cantități reduse de oxigen dizolvat (Bouchard, 2004).



Fig. 2.34. Coleoptere (larvă)



Fig. 2.35. Coleoptere (adult)



Fig. 2.36. Odonate (larvă)

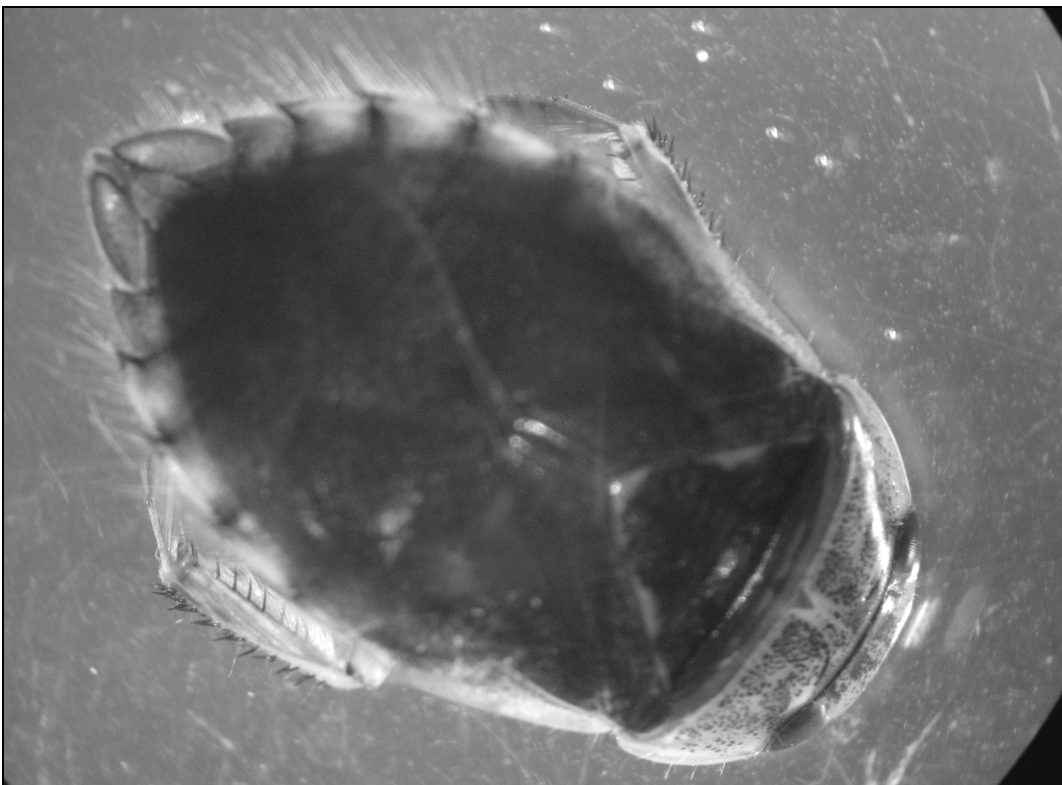


Fig. 2.37. Heteroptere (adult)

### **Diptere (Ordinul Diptera)**

Organismele acestui ordin sunt insecte ale căror stadiu larvar este acvatic, iar cel adult terestru. Caracteristica principală este reprezentată de faptul că adultul prezintă o singură pereche de aripi membranoase, de unde și denumirea ordinului. Larva este apodă, unele specii prezintă picioare false (Sansoni, 2001), iar corpul are forme variate. Se întâlnesc în medii acvatice diferite, de la ape curgătoare cu concentrație mare de oxigen, până la ape stagnante sau ape poluate. Formele larvare prezintă moduri diferite de hrănire, multe consumă materie organică în descompunere, unele sunt prădătoare și o mare parte sunt parazite pe alte insecte sau organisme.

Chironomidele (fig. 2.38.) reprezintă familia cea mai diversificată dintre dipterele acvatice și chiar dintre toate grupele de insecte acvatice, realizând în general densitatea cea mai ridicată în mediile acvatice continentale, unele populații ajungând la zeci de mii de larve pe metru pătrat (Botnariuc și Cure, 1999). Majoritatea chironomidelor sunt omnivore, dar sunt și specii exclusiv carnivore. Compoziția specifică a comunităților de chironomide poate fi utilizată în evaluarea calității apei, deoarece cuprinde diferite specii cu o sensibilitate diferită la poluare (Tudorancea și Tudorancea, 2002).

Alte diptere care trăiesc în stadiul larvar în ecosistemele acvatice continentale aparțin familiilor: Simuliidae, Culicidae, Dixidae, Ceratopogonidae, Limoniidae (fig. 2.39.), Pediciidae, Tipulidae (fig. 2.40.), Athericidae (fig. 2.41.), Empididae, Tabanidae (fig. 2.41.), Stratiomyidae, Blephariceridae (fig. 2.42.) și Psychodidae. Larvele familiilor Simuliidae și Blephariceridae prezintă ventuze ca adaptare la viața în apele cu curenții puternici.



Fig. 2.38. Chironomidae (larve)



Fig. 2.39. Limoniidae (larvã)



Fig. 2.40. Tipulidae (larvã)



Fig. 2.41. Tabanidae (larvă – sus), Athericidae (larvă – jos)

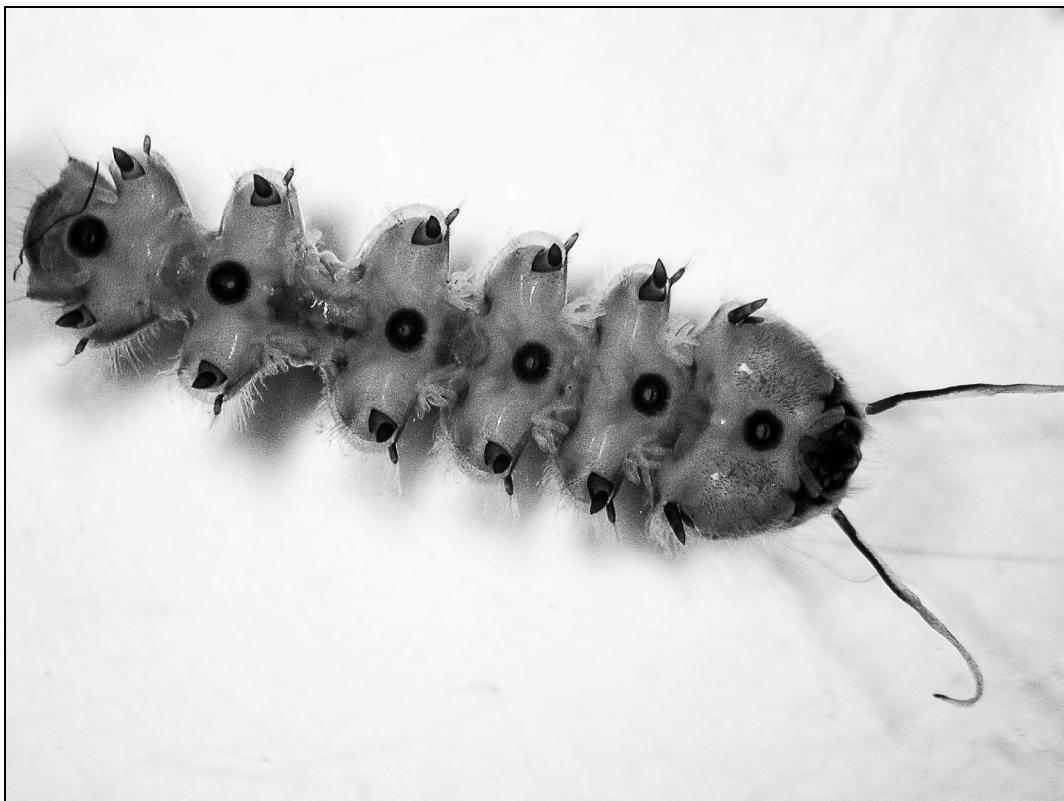


Fig. 2.42. Blephariceridae (larvă – vedere ventrală)

## 2.2. Prelevarea, conservarea și prelucrarea probelor de nevertebrate acvatice

### Nevertebrate planctonice (zooplancton)

#### Probe calitative:

Dacă studiul realizat vizează doar aspecte calitative, probele de zooplancton sunt colectate prin filtrare folosind fileuri zooplanctonice cu dimensiunile ochiurilor variabile, depinzând de tipul de zooplancton prelevat (între 60 și 200  $\mu\text{m}$ ).

#### Probe cantitative:

Alegerea prelevatorului depinde de tipul de zooplancton considerat pentru studiu, tipul studiului (distribuție, producție etc.) și bazinul acvatic investigat. Comunitățile zooplanctonice au o distribuție heterogenă, făcând astfel dificile prelevarea și interpretarea datelor.

Pentru colectarea microzooplanctonului (20-200  $\mu\text{m}$ ), format din protozoare, rotifere sau stadii juvenile de microcrustacee, se folosesc metodele de prelevare ale probelor cantitative descrise pentru fitoplancton, cu precizarea că volumul de apă colectat ar trebui să fie între 5 și 10 L pentru o probă eficientă.

Organismele de dimensiuni mai mari sunt mai puțin numeroase și sunt suficient de agile pentru a evita capturarea. Deși cu ajutorul unui sistem de pompare se prelevează un volum mai mare de apă și un număr mai mare de organisme zooplanctonice, capacitatea acestora de a evita colectarea poate duce la erori serioase de eșantionare. De aceea se preferă prelevarea cu sisteme tip capcană sau cu fileuri zooplanctonice.

Capcana Schindler-Patalas (fig. 2.43., stînga) reprezintă cea mai folosită metodă de colectare a probelor zooplanctonice cantitative de la diferite adîncimi. Volumul colectat depinde de modelul aparatului (de obicei este între 10 și 30 L). Nu are sistem mecanic de închidere, ceea ce este foarte avantajos cînd se prelevează probe în condiții de temperaturi scăzute. Mecanismul de închidere este reprezentat de cele două uși aflate la capetele aparatului, care se deschid în același sens și se închid deodată atunci cînd prelevatorul ajunge la adîncimea dorită. Volumul de apă astfel colectat este filtrat printr-un fileu zooplanctonic cu dimensiunea ochiului variabilă (cel mai des folosit fiind cel cu ochiurile de 60-70  $\mu\text{m}$ ).

Probe cantitative se pot preleva și cu ajutorul fileurilor zooplanctonice (fig. 2.42., dreapta, fig. 2.43.) adaptate la calcularea volumului filtrat. Dimensiunile ochiurilor, tipul de material și lungimea fileului, ca și metoda de filtrare, coloana filtrată și volumul prelevat depind de studiul realizat. Fileurile de mătase nu mai sunt recomandate datorită micșorării în timp a ochiurilor și a putrezirii după o utilizare îndelungată, preferîndu-se fileurile de nylon.

Se pot face trei tipuri de filtrări: verticale, orizontale și oblice. Cele verticale și oblice colectează probe integrate din toată coloana de apă, în timp ce filtrarea pe orizontală prelevează zooplancton de la o anumită adîncime. Filtrarea pe verticală se realizează prin coborîrea fileului la o anumită adîncime, urmată de ridicarea lui pe verticală cu o viteză constantă de 0,5 m/s. Volumul maxim de apă care poate fi filtrat printr-un fileu în timpul unei filtrări verticale ( $V_M$ ) poate fi estimat astfel:  $V_M = \pi r^2 d$ , unde  $r$  reprezintă raza deschiderii fileului și  $d$  este adîncimea la care este coborît fileul (Clesceri și colab. (ed.), 1998).

Probele zooplanctonice se conservă de obicei cu alcool etilic 70% sau formol 4-5%. Pentru a preveni avortarea spontană a ouălelor și umflarea carapacelor crustaceelor (conform metodei Haney și Hall, 1973) la conservarea cu formol se adaugă o soluție saturată de sucroză (40 g/L).

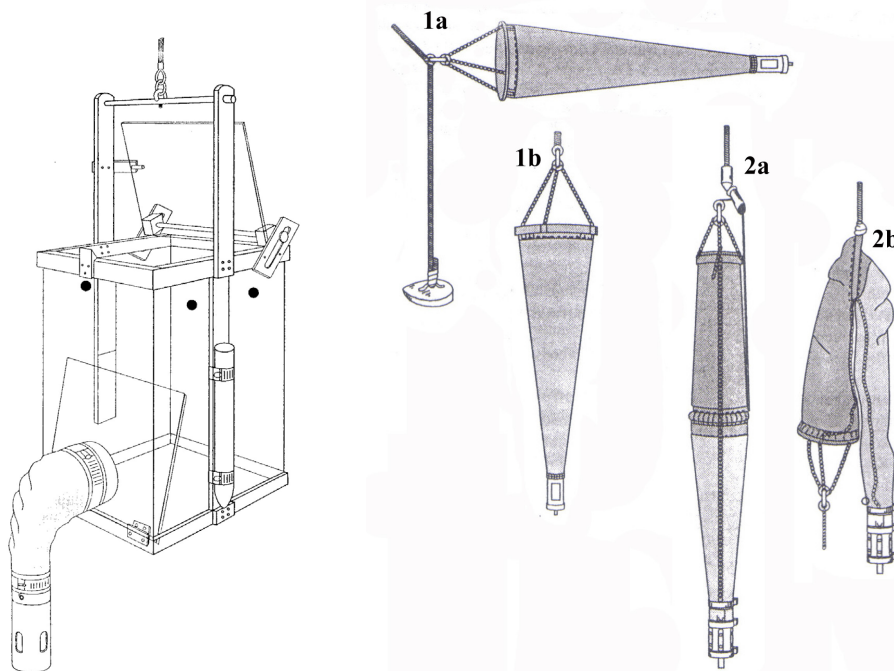


Fig. 2.42. Capcana de tip Schindler-Patalas (stînga) și fileuri zooplanctonice (dreapta):  
**1.** fileu simplu pentru filtrare orizontală sau oblică (**1a**) și pentru filtrare verticală (**1b**);  
**2.** fileul Wisconsin cu sistem de închidere activat de mesager (**2a** deschis; **2b** închis)  
 (modificat din Clesceri și colab. (ed.), 1998)



Fig. 2.43. Prelevarea probelor cu fileul zooplanctonic

### **Prelucrarea materialului biologic**

Analiza calitativă a zooplanctonului din probele recoltate se realizează în scopul determinării principalelor grupe taxonomice de organisme zooplanctonice.

Analiza cantitativă se efectuează în scopul caracterizării structurale a zoocenozei planctonice din punct de vedere cantitativ (densitate, abundență etc.). Aceste date se utilizează la calcularea unor parametri și indici ecologici cu ajutorul cărora se caracterizează structura zoocenozelor planctonice din ecosistemul cercetat.

Probele conservate se spală cu ajutorul unui fileu cu dimensiunea ochiului de 60 μm. Volumul inițial al probei (de 10 sau 20 L) se aduce la un volum de 100 mL, din care se ia randomizat o subprobă de 10 mL. Organismele zooplanctonice din această subprobă se numără la stereomicroscop, folosind o cameră de numărare cu carioaje, având volumul de 10 mL (fig. 2.44.).

Densitatea grupelor de organisme zooplanctonice (numărul de indivizi raportat la unitatea de volum) se calculează numărând toți indivizii aparținând fiecărei specii din volumul de apă analizat în camera de numărare (fig. 2.44.). Estimarea numărului de organisme prezente într-un metru cub de apă se realizează folosind următoarea formulă:

$$x(/m^3) = \frac{cv_1}{v_2v}$$

Unde: x = numărul de organisme extrapolat la metru cub;

c = numărul de organisme numărate;

v<sub>1</sub> = volumul probei concentrate (100 mL);

v<sub>2</sub> = volumul numărat (10 mL)

v = volumul probei (exprimat în m<sup>3</sup>) (Clesceri și colab. (ed.), 1998).

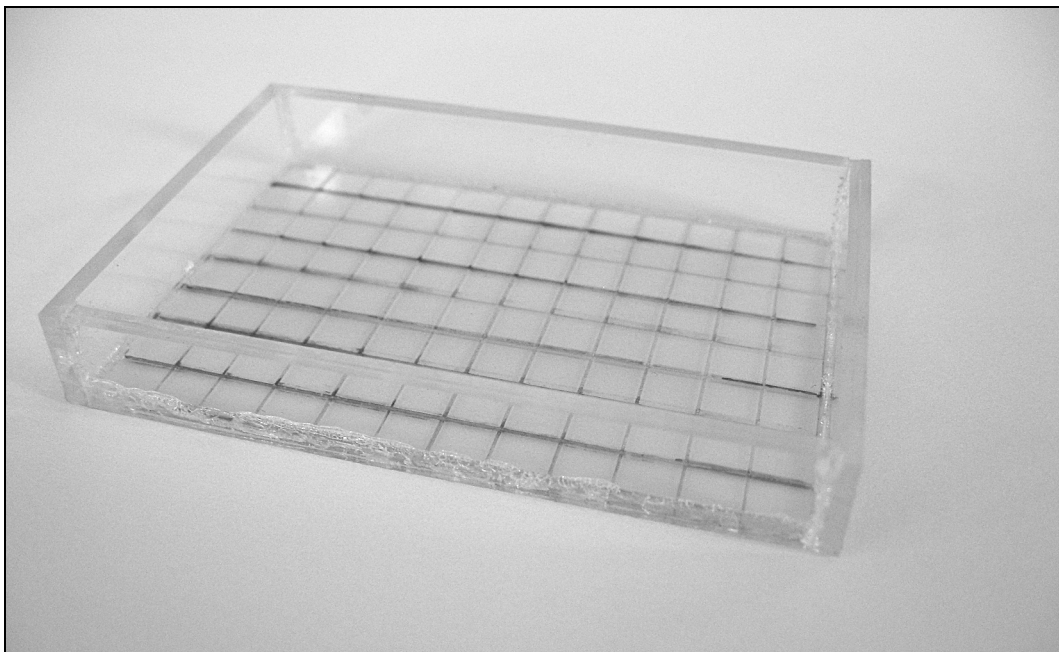


Fig. 2.44. Camera de numărare pentru zooplancton

## Nevertebrate bentonice (zoobentos)

### Probe calitative

Pentru prelevarea probelor calitative de zoobentos se utilizează un fileu limnologic cu ochiurile de 250  $\mu\text{m}$  (fig. 2.45.). Probe calitative de zoobentos pot să fie prelevate din râuri, atât pentru inventariere speciilor, dar și pentru aplicarea indicilor biotici pe baza comunităților de nevertebrate bentonice. De asemenea, probe calitative de nevertebrate bentonice se pot preleva de pe malurile apelor stătătoare, tot cu fileul limnologic.



Fig. 2.45. Prelevarea probelor calitative de zoobentos cu fileul limnologic

### Probe cantitative

Pentru realizarea unui studiu intensiv asupra comunităților de nevertebrate bentonice se recomandă prelevarea lunară a câte minim 3 probe cantitative (de pe o suprafață cunoscută) de zoobentos de la fiecare stație cuprinsă în programul de recoltări.

Aparatura necesară prelevării probelor cantitative de zoobentos diferă în funcție de adâncimea apei și de substrat. Astfel, pentru prelevarea probelor cantitative de zoobentos din apele curgătoare cu adâncime mică și substrat format din bolovăniș, pietriș și nisip se folosește bentometrul de tip Surber care delimitează o suprafață cunoscută care poate să varieze în jurul valorii de 1000  $\text{cm}^2$  având fileul cu ochiuri de 250  $\mu\text{m}$  (fig. 2.46.). Pentru prelevarea probelor din râuri cu substrat argilos și adâncime mare se folosește o sondă metalică cu suprafață cunoscută. Pentru prelevarea probelor de zoobentos de pe fundul lacurilor sau a râurilor cu adâncimi foarte mari se utilizează diferite tipuri de drăgi, una dintre cele mai utilizate fiind draga Ekman (fig. 2.47.). Probele se conservă imediat după prelevare cu formaldehidă 38% (astfel încât, în probă să fie în diluție de minim 4%) și se depozitează în bidoane de plastic etichetate (fig. 2.48.).



Fig. 2.46. Bentometrul de tip Surber, pentru prelevarea probelor cantitative de zoobentos din râuri



Fig. 2.47. Prelevarea probelor cantitative de zoobentos din lacuri cu draga Ekman

Trierea probelor calitative și cantitative de zoobentos se face în laborator la stereomicroscop, după ce probele au fost spălate sub jet de apă pentru a îndepărta formaldehida. Pe rând, proba se pune în cristalizorul hașurat (fig. 2.49.) și se verifică sub stereomicroscop, iar

organismele găsite sunt încadrate în grupul taxonomic, sunt notate în fișa de triat (tab. 2.1.) și sunt transferate în tubușoare cu alcool etilic de 70% pînă la prelucrarea completă. După finalizarea trierii probei, pentru fiecare tubușor se face o etichetă pe care se notează grupul taxonomic, numărul de indivizi, stația de prelevare, proba și data prelevării, astfel încît să poată fi identificată ulterior.



Fig 2.48. Conservarea probelor în teren

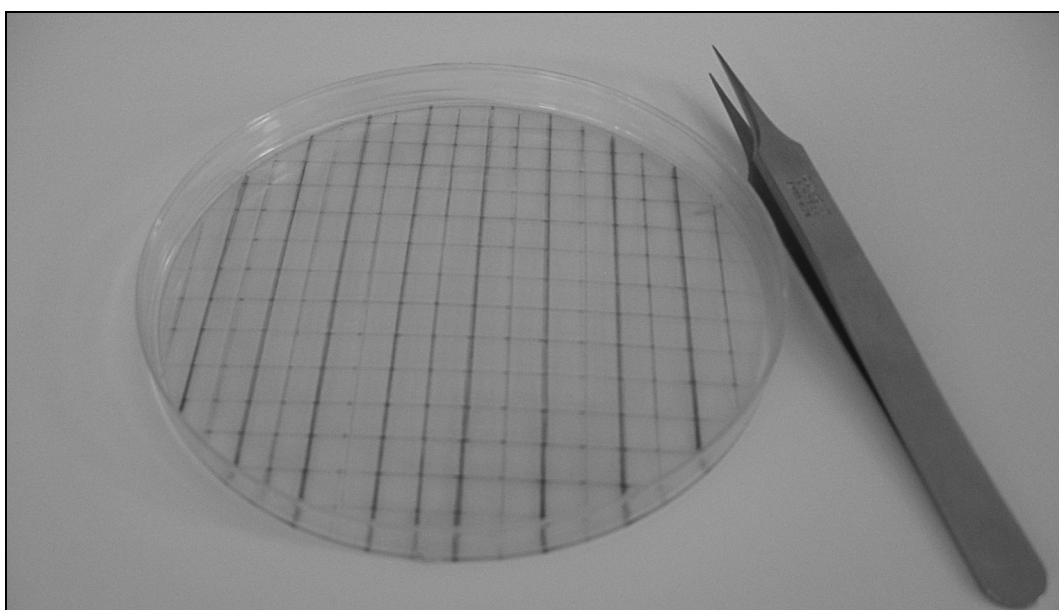


Fig. 2.49. Cristalizer hașurat, utilizat în trierea probei de zoobentos

Tabel. 2.1. Fișa de triat pentru zoobentos

Rîul		Stația	Proba	Data	
<b>Nr.</b>	taxon				total
<b>1</b>	Nematoda				
<b>2</b>	Oligochaeta				
<b>3</b>	Copepoda				
	Ostracoda				
	Amphipoda				
<b>4</b>	Hydrachnidia				
<b>5</b>	Ephemeroptera				
<b>6</b>	Plecoptera				
<b>7</b>	Trichoptera				
<b>8</b>	Chironomidae	larve			
		pupe			
<b>9</b>	Alte diptere	Ceratopogonidae			
		Blefariceridae			
		Limoniidae			
<b>10</b>	Coleoptera				
<b>11</b>	Altele				
Observații:			Triat de:		

Pe baza datelor brute obținute în urma trierea probei se realizează analize statistice în vederea interpretării rezultatelor. Doi parametri de bază sunt abundența numerică procentuală, care se poate calcula atât pe baza rezultatelor obținute în urma prelucrării probelor cantitative dar și calitative, și densitatea care se poate calcula numai pe baza rezultatelor obținute în urma prelucrării probelor cantitative.

Abundența numerică procentuală (A) este raportul procentual dintre grupele de organisme dintr-o biocenoză. Aceasta reprezintă procentul numărului de indivizi aparținând unui taxon raportat la numărul total de indivizi din probă.

$$A = \frac{n}{N} \times 100,$$

unde: n = numărul de indivizi din taxonul respectiv;

N = numărul total de indivizi din probă

Densitatea reprezintă numărul de indivizi, din cadrul unui grup taxonomic sau a unei specii, pe unitate de suprafață (Krebs, 1999). În cazul probelor de nevertebrate bentonice unitatea de suprafață internațional recunoscută este metrul pătrat (mp).

### Exemplu de calcul al densității și abundenței numerice procentuale pentru grupele de nevertebrate bentonice

În primăvara anului 2000 din Cheile Someșului Cald, au fost prelevate trei probe cantitative de zoobentos cu bentometrul de tip Surber cu o suprafață de 1060 cmp. Aceste probe au fost ulterior triate în laborator conform metodei deja descris. Pe baza datelor brute obținute în urma trierii (Proba I, II și III), s-a efectuat media aritmetică, după care s-a calculat densitate exprimată în indivizi pe metru pătrat (D (ind./mp)) și abundența numerică procentuală (A (%)) (tab. 2.2.). Aceste rezultate sunt reprezentate grafic în figurile 2.50 și 2.51

Tabel 2.2. Numărul de indivizi din probe, media aritmetică (M), densitatea (D (ind./mp)) și abundența numerică procentuală (A(%)) ale grupelor taxonomice de nevertebrate bentonice din Cheile Someșului Cald, primăvara 2000

Taxoni	Proba I	Proba II	Proba III	M	D (ind./mp)	A (%)
Nematoda	1	3	1	1,67	15,72	0,62
Oligochaeta	11	8	7	8,67	81,76	3,25
Amphipoda	1	1	3	1,67	15,72	0,62
Hydrachnidia	1	2	2	1,67	15,72	0,62
Ephemeroptera	135	182	78	131,67	1242,14	49,31
Plecoptera	56	50	18	41,33	389,94	15,48
Trichoptera	15	4	5	8	75,47	3
Chironomidae	66	68	62	65,33	616,35	24,47
Alte diptere	5	11	5	7	66,04	2,62
Suma				267	2518,87	

Densitatea se calculează astfel:

Nematoda: 1,67 ind. ....1060 cmp  
 X ind. ....10.000 cmp (= 1 mp)  
 $\Rightarrow X = 1,67 \times 10.000 / 1060 = 15,72 \text{ ind./mp}$   
 - și pentru restul grupelor de taxoni se calculează similar.

Abundența numerică procentuală (A) se calculează astfel:

Nematoda :  $A = 1,67 / 267 \times 100 = 0,62\%$   
 - și pentru restul grupelor de taxoni se calculează similar.

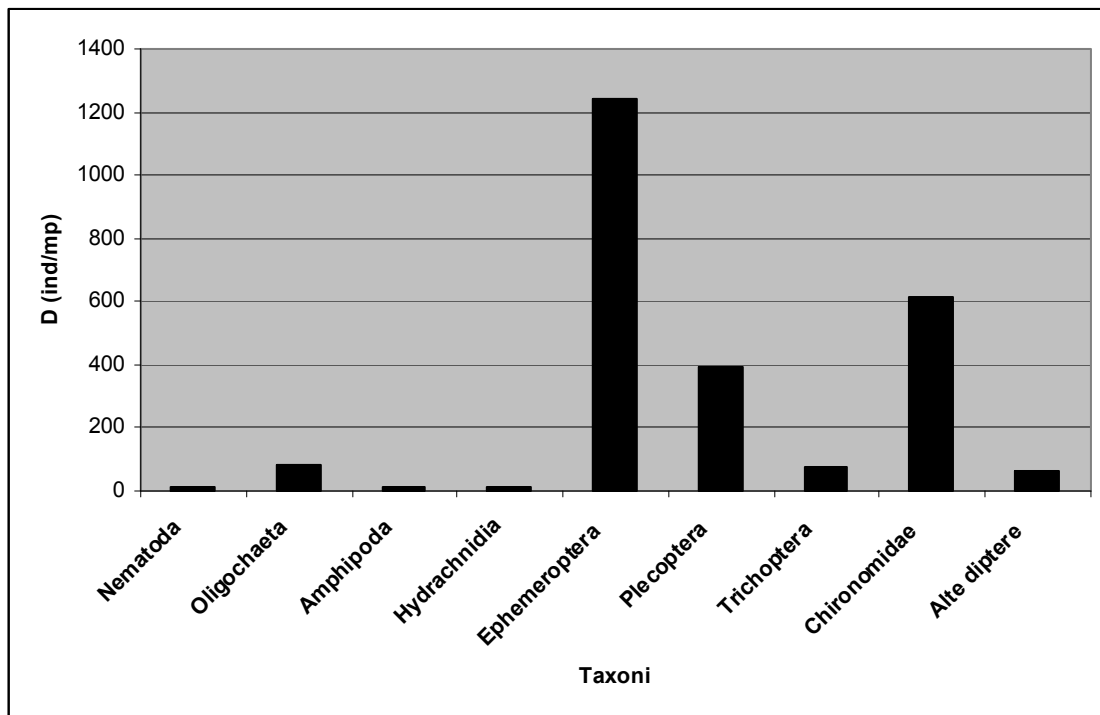


Fig. 2.50. Densitatea (ind./mp) grupelor taxonomice de nevertebrate bentonice din Cheile Someșului Cald, primăvara 2000

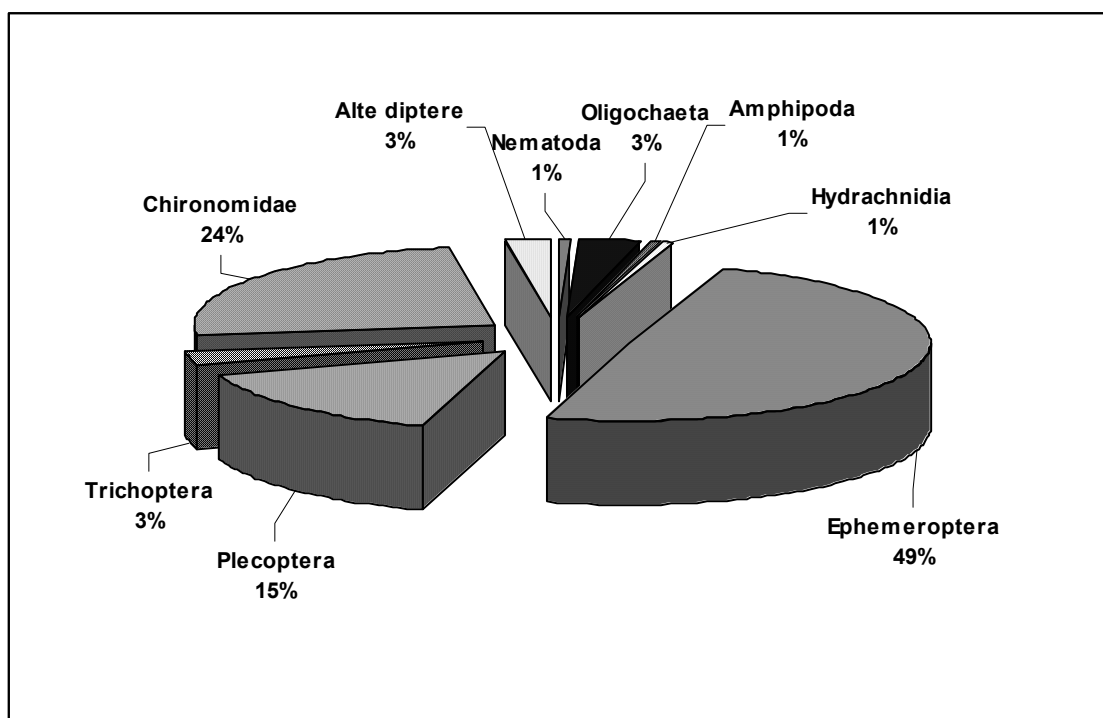


Fig. 2.51. Abundența numerică procentuală (%) a grupelor taxonomice de nevertebrate bentonice din Cheile Someșului Cald, primăvara 2000

### 2.3. Evaluarea calității apelor pe baza comunităților de nevertebrate bentonice

Studiile de monitorizare ecologică și evaluare a calității apei s-au axat în primul rând pe analizele fizico-chimice ale apei, iar rolul nevertebratelor bentonice a fost luat în considerare foarte puțin. În ultimii ani optica s-a schimbat, iar recomandarea făcută în cadrul Directivei Cadru privind Apa (2000/60/CE), care reprezintă legislația europeană în domeniul protecției apelor, se referă la elementele biologice cum sunt: algele, nevertebratele și peștii, care reprezintă elemente centrale, iar analizele fizico-chimice vin în completarea acestora.

Speciile de nevertebrate bentonice prezintă o sensibilitate diferită față de mulți factori biotici și abiotici din mediul lor de viață, în consecință structura comunităților de nevertebrate poate fi utilizată ca un indicator al stării ecologice a sistemului acvatic (Armitage și colab., 1983; Rosenberg și Resh, 1993). Utilizarea organismelor bentonice în evaluarea calității apei a fost prima dată propusă acum 50 de ani, fiind ulterior validată și adoptată de mulți cercetători. Există multe avantaje în utilizarea macronevertebratelor pentru evaluarea calității apei, cum ar fi faptul că: sunt ubicviste (Lenat și colab., 1980); au un comportament relativ sedentar, ceea ce permite o analiză în spațiu a poluanților (Slack și colab., 1973; Abel, 1989) și au un ciclu de viață lung comparativ cu alte grupe taxonomice, astfel oferă date asupra schimbărilor în timp, cauzate de perturbările mediului (Gaufin, 1973; Lenat și colab., 1980). Experiența vastă în expertizele taxonomice, necesară identificărilor la nivel de specie, este una dintre dificultățile care apar în realizarea evaluării calității apei pe baza compoziției taxonomice (specii bioindicatoare), a indicilor de diversitate și similaritate. O serie de indici biotici au fost propuși de-a lungul timpului în diferite regiuni ale Europei (Rosenberg și Resh, 1993). Indicii biotici au o metodologie ușoară de aplicare, necesită identificarea macronevertebratelor bentonice până la nivel de familie sau gen și țin cont atât de numărul unităților taxonomice cât și de sensibilitatea diferită a diferiților taxoni la factorii perturbatori (Norris și Georges, 1993). Indicii biotici se utilizează în Europa, în timp ce America de Nord a adoptat indicii de diversitate Shannon-Wiener în studiile de impact (Tudorancea și Tudorancea, 2001).

În evaluarea calității apei sunt utilizați mai mulți indici biotici europeni:

- BMWP (Biological Monitoring Working Party), indice dezvoltat în Marea Britanie (Walley și Hawkes, 1996, 1997), ulterior adaptat pentru Polonia;
- ASPT (The Average Score Per Taxon), Scorul Mediu per Taxon se calculează împărțind valoarea obținută calculând indicii BMWP la numărul total de familii din probă;
- IBE (Indice Biotico Estesio), Indice Biotic Extins (Ghetti, 1997), care este folosit în Italia, fiind integrat în legislația de mediu din această țară;
- IBGN, Indice Biotic Global Normalizat (AFNOR, 2000), care este utilizat în Franța.

### 2.4. Indicele Biotic Extins

Indicele biotic extins (IBE) este utilizat în Italia și are ca scop formularea unui diagnostic de calitate a apelor râurilor pe baza modificării compoziției comunităților de macronevertebrate, indusă de poluarea apei și a sedimentelor sau de alterarea fizică semnificativă a albiei râului.

Se folosește comunitatea de macronevertebrate bentonice deoarece cuprinde organisme legate de substrat, care sunt compuse din numeroase populații, cu diferite niveluri de sensibilitate la modificările ambientale, cu diferit rol ecologic și cu ciclul de viață relativ lung. Astfel acest indice este adaptat să evidențieze în timp efectele datorate unor factori de stres, având o bună capacitate de sinteză.

Pentru aplicarea IBE se recoltează probe calitative de nevertebrate bentonice de-a lungul unui transect între cele două maluri, pentru a putea sonda cât mai multe microhabitate

existente. Unde nu este posibilă efectuarea transectelor se efectuează recoltări de-a lungul malurilor (Turin și colab., 1994.). Pentru prelevarea probelor se folosește un fileu limnologic de 250  $\mu\text{m}$  (fig. 2.45.).

Identificarea grupelor de nevertebrate bentonice se efectuează în teren (fig. 2.52.), în cazul în care condițiile de mediu ne permit sau se prelucrează în laborator, conservându-se astfel probele în teren, cu formaldehida 38%. Nevertebratele bentonice prezente în probă trebuie identificate pînă la nivel de gen sau de familie, în conformitate cu cerințele IBE (Ghetti, 1997) prezentate în tabelul 2.3. Pentru identificarea nevertebratelor bentonice se folosește un atlas cu chei de determinare dichotomice și fotografii (Sansoni, 2001).

După clasificarea organismelor, se poate stabili structura comunităților de macronevertebrate bentonice și se poate începe calcularea valorii I.B.E. utilizînd tabelul de calcul (tab. 2.4.), care prezintă două intrări, una pe orizontală, unde sunt prezente unitățile sistematice, în funcție de cerințele pe care le au față de mediu, și una pe verticală, care este determinată de numărul total de unități sistematice (U.S.) prezente în probă.

Valoarea indicelui biotic se află la intersecția dintre cele două intrări (un rînd și respectiv o coloană) și se transformă în clasă de calitate pe baza tabelului 2.5.

Valorilor I.B.E. îi corespund cinci clase de calitate, fiecare cu o semnificație și o anumită culoare de referință, care permite reprezentarea cartografică a rezultatelor obținute.



Fig. 2.52. Identificarea grupelor de nevertebrate bentonice în teren

Tabel 2.3. Limitele de determinare taxonomică pentru definirea unităților sistematice ( U.S.)  
(modificat după Ghetti, 1997)

Grupele faunistice	Nivelul de determinare taxonomică pentru definirea unităților sistematice (U.S.)
Plecoptera	Gen
Efemeroptera	Gen
Trichoptera	Familie
Coleoptera	Familie
Odonata	Familie
Diptera	Familie
Heteroptera	Familie
Crustacea	Familie
Gastropoda	Familie
Bivalva	Familie
Turbelaria	Gen
Hirudinea	Gen
Oligochaeta	Familie
Alte organisme luate în calculul I.B.E.	
Sialidae (Megaloptera)	
Osmylidae (Plannipenia)	
Prostoma (Nemertinia)	
Gordiidae (Nematomorpha)	

Tabel 2.4. Tabelul pentru calcularea valorii IBE (modificat după Ghetti, 1997)

Grupele faunistice ce determină prin prezența lor intrarea pe orizontală în tabel (prima intrare)		Numărul total de unități sistematice (U.S.) (a doua intrare)								
		0-1	2-5	6-10	11-15	16-20	21-25	26-30	31-35	36-...
Plecoptera ( <i>Leuctra</i> )**	mai multe U.S.	-	-	8	9	10	11	12	13*	14*
	o singură U.S.	-	-	7	8	9	10	11	12	13*
Ephemeroptera (fără Baetidae și Caenidae)***	mai multe U.S.	-	-	7	8	9	10	11	12	-
	o singură U.S.	-	-	6	7	8	9	10	11	-
Trichoptera (inclusiv Baetidae și Caenidae)	mai multe U.S.	-	5	6	7	8	9	10	11	-
	o singură U.S.	-	4	5	6	7	8	9	10	-
Gammaridae și/sau Atyidae și/sau Palaemonidae	toate U.S. deasupra absente	-	4	5	6	7	8	9	10	-
Asellidae și/sau Niphargidae	toate U.S. deasupra absente	-	3	4	5	6	7	8	9	-
Oligochaeta și Chironomidae	toate U.S. deasupra absente	1	2	3	4	5	-	-	-	-
Alte organisme	toate U.S. deasupra absente	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Legenda (tabel 2.4.):

\* Aceste valori ale I.B.E. se întâlnesc foarte rar.

\*\* în comunitățile în care *Leuctra* este prezent ca singur taxon aparținând ordinului Plecoptera, și în același timp sunt absente familiile Baetidae și Caenidae (Ephemeroptera), *Leuctra* trebuie considerată la nivelul Trichoptera pentru a defini intrarea pe orizontală în tabel.

\*\*\* Pentru a defini intrarea pe orizontală în tabel a familiile Baetidae și Caenidae (Ephemeroptera), se consideră nivelul Trichoptera.

Tabel 2.5. Tabelul de transformare a valorilor I.B.E. în clase de calitate cu o semnificație pentru ambient și culoarea pentru reprezentarea cartografică (modificat după Ghetti, 1997)

Clase de calitate	Valoarea I.B.E.	Semnificația	Culoarea
Clasa I	10-11-12..	Ambient nepoluat sau nealterat în mod sensibil	Albastru
Clasa II	8 – 9	Ambient cu poluare sau alterare moderată	Verde
Clasa III	6 – 7	Ambient poluat sau alterat	Galben
Clasa IV	4 – 5	Ambient puternic poluat sau puternic alterat	Portocaliu
Clasa V	0-1-2-3	Ambient foarte puternic poluat sau foarte puternic alterat	Roșu

### Model de calcul al indicelui biotic extins

S-au prelevat probe calitative de zoobentos de-a lungul unui transect în trei puncte de colectare:

1. Cheile Someșului Cald
2. Someșul Mic amonte Cluj-Napoca,
3. Someșul Mic aval Cluj-Napoca.

Conținutul probelor a fost analizat și datele cu privire la compoziția specifică au fost sintetizate în tabelul 2.6.

La prima stație Cheile Someșului Cald:

- grupul cel mai sensibil prezent este Plecoptera cu mai multe U.S. => prima intrare în tabel la nivelul primului rând

- numărul de unități sistematice (U.S.) = 18 => a doua intrare în tabel pe coloana cu intervalul 16-20

=> la intersecția celor două intrări (primul rând și coloana cu intervalul 16-20) este valoarea 10 corespunzătoare IBE la această stație (tab. 2.7.)

Pentru restul stațiilor se calculează similar, iar rezultatele sunt prezentate în tabelul 2.6. Astfel, după aplicarea IBE, se evidențiază influența negativă asupra calității apei râului Someșul Mic, a deversărilor de ape uzate industriale și menajere din orașului Cluj-Napoca.

Tabel 2.6. Lista faunistică la stațiile cercetate, numărul total de unități sistematice întâlnite în fiecare probă, valoarea indicelui la fiecare stație și clasa de calitate în care se încadrează

Unitățile sistematice		Cheile Someșului Cald	Stațiile de prelevare Someș Mic amonte Cluj-Napoca	Someș Mic aval Cluj-Napoca
Plecoptera	<i>Dinocras</i>	P		
	<i>Protonemura</i>	P		
	<i>Leuctra</i>	P		
Ephemeroptera	<i>Rithrogena</i>	P		
	<i>Ecdyonurus</i>	P		
	<i>Habroleptoides</i>	P		
Trichoptera	<i>Baetis</i>	P		
	Rhyacophilidae	P	P	
	Limnephilidae	P		
Diptera	Hidropsychidae		P	
	Chironimidae	P	P	P
	Simuliidae	P		
	Limoniidae	P		
	Tipulidae	P		
	Psychoidae			P
	Athericidae	P		
	Blephariceridae	P		
	Amphipoda	P	P	
Crustacea				
Turbellaria	<i>Dugesia</i>	P		
Hirudinea	<i>Erpobdella</i>			P
	<i>Helobdella</i>		P	P
Oligochaeta	Naididae		P	P
	Haplotoxidae	P		
	Lumbriculidae			P
	Tubificidae		P	P
	Gordiidae		P	
<b>Numărul de unități sistematice</b>		<b>18</b>	<b>8</b>	<b>7</b>
<b>IBE</b>		<b>10</b>	<b>6</b>	<b>3</b>
<b>Clasa de calitate biologică</b>		<b>I</b>	<b>III</b>	<b>V</b>

Legenda: P = Prezența unității sistematice respective în probă

Tabel 2.7. Modul de calcul al valorii IBE pentru stația cheile Someșului Cald

Grupele faunistice ce determină prin prezența lor intrarea pe orizontală în tabel (prima intrare)		Numărul total de unități sistematice (U.S.) (a doua intrare)								
		0-1	2-5	6-10	11-15	16-20	21-25	26-30	31-35	36-...
<b>Plecoptera</b> <i>(Leuctra)**</i>	mai multe U.S.	-	-	8	9	10	11	12	13*	14*
	o singură U.S.	-	-	7	8	9	10	11	12	13*
Ephemeroptera (fără Baetidae și Caenidae)***	mai multe U.S.	-	-	7	8	9	10	11	12	-
	o singură U.S.	-	-	6	7	8	9	10	11	-
Trichoptera (inclusiv Baetidae și Caenidae)	mai multe U.S.	-	5	6	7	8	9	10	11	-
	o singură U.S.	-	4	5	6	7	8	9	10	-
Gammaridae și/sau Atyidae și/sau Palaemonidae	toate U.S. deasupra absente	-	4	5	6	7	8	9	10	-
Asellidae și/sau Niphargidae	toate U.S. deasupra absente	-	3	4	5	6	7	8	9	-
Oligochaeta și Chironomidae	toate U.S. deasupra absente	1	2	3	4	5	-	-	-	-
Alte organisme	toate U.S. deasupra absente	-	-	-	-	-	-	-	-	-

### 3. Studiul comunităților de pești

#### 3.1. Principalele caracteristici ale peștilor

Peștii reprezintă primele animale cu coloană vertebrală ce au apărut pe pământ și formează cel mai mare grup de vertebrate. Un pește tipic respiră prin branhii, are un corp acoperit cu solzi, se deplasează cu ajutorul înotătoarelor și este poikiloterm.

Peștii sunt divizați cel mai uzual în trei categorii: cei fără fălci (Cl. Myxini – în totalitate marini și Cl. Cephalaspidomorphi), cei cartilagiноși (Cl. Chondrichythes) și cei osoși (Cl. Osteichythes). Fiecare din aceste grupe au un strămoș diferit și au evoluat separat unul de altul. Primii pești au apărut cu mai mult de 500 milioane de ani în urmă și au evoluat cel mai probabil din nevertebrate filtratoare cu corpul moale.

Peștii au mai multe adaptări anatomice pentru viața în apă. Corpul este de obicei hidrodinamic, acoperit cu solzi fini și este dotat cu înotătoare pentru propulsie, manevrare și stabilitate. Toți peștii au branhii pentru extragerea oxigenului din apă și prezintă un schelet intern, deși îmbracă diferite forme în cele trei grupe menționate.

Deși unii pești au corpul acoperit doar cu piele, majoritatea sunt protejați de solzi. Aceștia oferă protecție și înlesnesc mișcarea eficientă a apei pe corpul animalelor, permițându-le în același timp mișcări libere. Peștii prezintă mai multe tipuri de solzi, cu diferite consistențe. Peștii cartilagiноși au solzi placoizi; unii pești primitivi au solzi groși, relativ imobili (de exemplu solzii ganoizi). Peștii osoși prezintă solzi subțiri, cu un capăt înfipt în piele și celălalt capăt expus: acesta este cazul solzilor cicloizi (ce au suprafața expusă fină) și a celor ctenoizi (cu suprafața expusă tare sau cu spini) (fig. 3.1.). Anumite glande din piele secretă un mucus ce protejează peștele de bacterii și reduce frecarea.

Marea majoritate a peștilor prezintă înotătoare, ce se împart în două categorii: nepereche (mediene) și pereche. Primele includ înotătoarea dorsală, anală și cea caudală. Cele pereche includ înotătoarele pectorale și ventrale (fig. 3.2.), dispuse de-o parte și de alta a corpului. Înotătoarele sunt folosite în principal pentru locomoție, dar au și alte utilizări: culorile și desenele de pe suprafața lor pot fi folosite ca semnale pentru atenționarea prădătorilor, pentru atragerea partenerilor, pentru apărarea teritoriilor sau pentru prinderea prăzii; înotătoarele unor pești au spini, uneori otrăvitori, pentru a-i proteja de prădători.

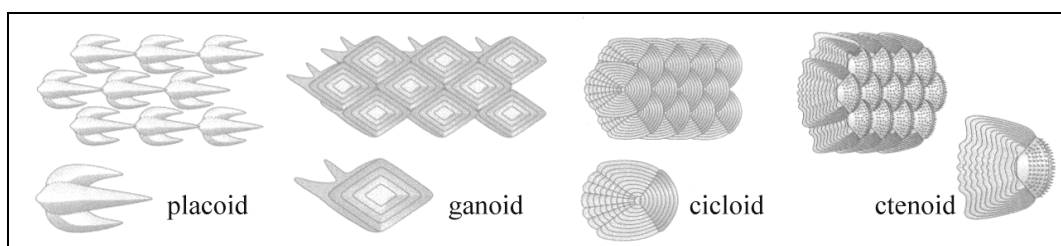


Fig. 3.1. Tipuri de solzi (modificat după Burnie (ed.), 2004)

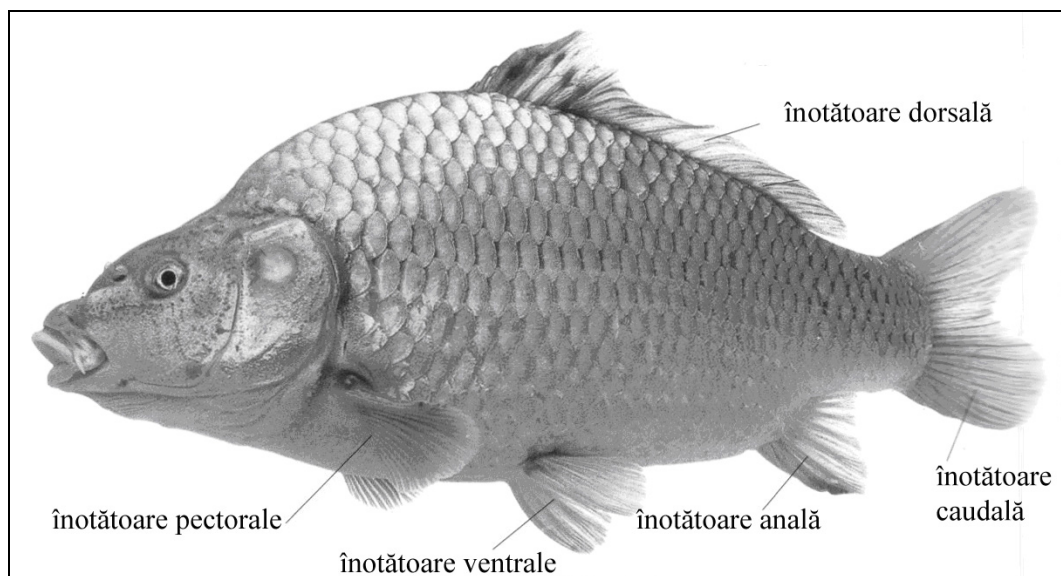


Fig. 3.2. Tipuri de înotătoare la crap (modificat după Burnie (ed.), 2004)

Peștii colectează informații despre mediul înconjurător folosind aceleași organe de simț ca alte grupe de organisme (vedere, auz, simț tactil, gust și miros) dar prezintă și organe de simț deosebite. Deși majoritatea peștilor au ochi, capacitatea lor de a percepe lumina, culoarea, forma și distanța variază mult de la o specie la alta. Această variație poate fi de multe ori legată de habitat: peștii ce trăiesc în ape cu transparență mare prezintă un văz dezvoltat, în timp ce speciile ce trăiesc în condiții de întuneric (ape turburi, peșteri, adâncurile lacurilor mari) au un văz nu foarte bine dezvoltat sau nu prezintă ochi deloc.

Apa este un mediu foarte propice pentru transmiterea sunetului și majoritatea peștilor sunt capabili să răspundă undelor sonore. Distincția între gust și miros poate fi greu de făcut la animalele acvatice, pentru că aceleași organe de simț răspund la substanțele chimice dizolvate în apă și existente în mâncare. Majoritatea peștilor au un simț performant al mirosului, unii putând să detecteze substanțe chimice în concentrații infime. Receptorii tactili sunt găsiți în general în și lângă gură, deși la unii pești acestea sunt prezente pe înotătoare, piele sau pe prelungiri asemănătoare mustașilor, ce permit gustarea hranei de pe fundul bazinului.

Aproape toți peștii au ceea ce se numește sistemul liniei laterale, folosit pentru a detecta vibrații (inclusiv cele realizate de prădători și pradă) și schimbări în presiunea acvatică și curenți. Mulți pești sunt capabili să detecteze curenții și impulsurile electrice. Unele specii au organe ce produc câmpuri electrice pe care le folosesc să detecteze obiecte sau alți pești în condiții de vizibilitate slabă și să comunice.

Comportamentul reproductiv este foarte variat. Unele specii de pești se reproduc cu regularitate, de obicei o dată pe an, alții doar o dată în viață. Perioada reproductivă este controlată de factori externi (incluzând schimbări în temperatură, nivelul luminii sau lungimea zilei) sau de cicluri interne (cum ar fi schimbări în nivelurile hormonale). Deși în multe cazuri fertilizarea are loc în afara corpului femelei și puii eclozează din ouă ca larve, există un număr mare de specii la care fertilizarea este internă și femelele dau naștere la pui vii. La speciile la care fertilizarea este externă, masculii eliberează sperma peste ouă (icre) pe măsură ce sunt eliberate din corpul femelei. Fertilizarea externă este viabilă pentru majoritatea peștilor (și a altor organisme acvatice) pentru că apa, datorită densității mai mari, reprezintă un mediu care se pretează mult mai bine la acest tranfer decât aerul. De asemenea, apa asigură ouălor ce se dezvoltă nutrienți și oxigen dizolvat. Totuși, șansele unui embrion să supraviețuiască și să atingă maturitatea sexuală sunt destul de mici, iar pentru compensarea acestui neajuns, femelele depun deseori un număr foarte mare de ouă (până la 5 milioane la unele specii). Din

ouă apar larve incomplet dezvoltate care se transformă gradual (fig. 3.3.). Atunci când fertilizarea este internă, puii pot fi deja eclozați când ies din corpul femelei. În multe cazuri ouăle eclozează în corpul femelei, la alte specii însă există o conexiune între embrion și femelă (ce vizează transferul de nutrienți către embrion). Există o cantitate mare de energie ce trebuie investită în acest caz, totuși comparativ cu peștii ce se reproduc prin fertilizare externă, puii sunt mai dezvoltați la naștere și au șanse mai mari de supraviețuire. Comparativ cu alte grupe de vertebrate, peștii includ un număr mare de hermafrodiți, toți aparținând grupului peștilor osoși. Unele specii, incluzând specii de ciprinide și cobitide, se reproduc prin partenogeneză.

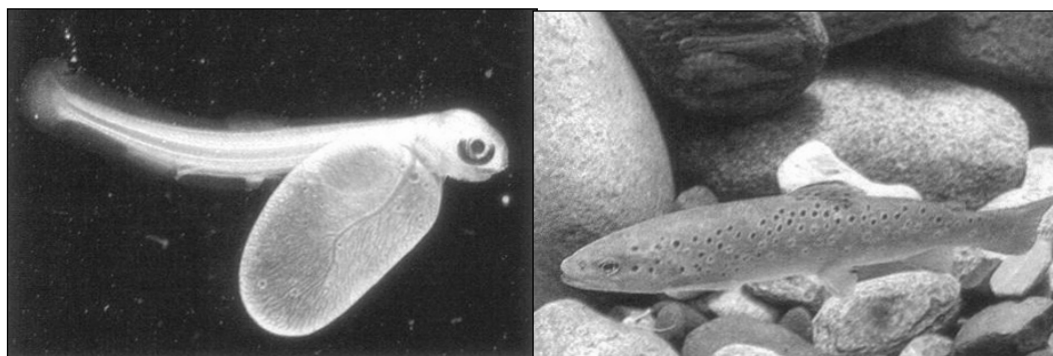


Fig. 3.3. Dezvoltarea ontogenetică la păstrăv (*Salmo trutta fario*) – la această specie e nevoie de 3-4 ani pentru ca larva (stînga) să devină adult (dreapta) (modificat după Burnie (ed.), 2004)

Grija parentală variază de la specie la specie. Majoritatea nu mai au contact cu puii, însă alte specii au comportament de protecție a ouălor și juvenililor prin construirea unui cuib, prin alungarea prădătorilor, curățarea lor pentru a înlătura infecții sau aerisirea lor pentru a asigura un grad bun de oxigenare al apei.

#### Ecologia peștilor:

În ceea ce privește preferințele speciilor de pești la condițiile de mediu, putem vorbi de forme stenobionte (ce nu pot supraviețui decît între anumite limite ale valorilor parametrilor de mediu) și forme euribionte (ce pot suporta variații largi ale factorilor de mediu). Astfel, se pot distinge specii stenoterme, fie de apă rece (criofile), fie de apă caldă (termofile), sau specii euriterme, ce pot suporta variații largi ale temperaturii, cum este cazul majorității speciilor din România (Oțel, 2007). De asemenea se pot diferenția specii oxifile (steno-oxibionte), ce trăiesc în ape bine oxigenate (majoritatea speciilor din ape curgătoare – specii reofile) dar și specii euri-oxibionte, ce reprezintă multe din speciile stagnofile, ce trăiesc în ape stătătoare.

În apele dulci există specii de pești bentonici, ce preferă fundul bazinelor acvatice (mihalț, crap, somn, șalău, gobiide, mreană, plătică, fusar, pietrar, porcușor, ghiborț etc.) dar și specii ce preferă zona pelagială (batcă, cosac, văduviță, roșioară, obleț, săbiță, fufă). Iarna, odată cu stratificarea inversă a majorității bazinelor acvatice, peștii se retrag spre adîncime, acolo unde temperatura apei este mai mare.

În raport cu hrana consumată se deosebesc două grupe majore de pești, diferențiate chiar și din punct de vedere fiziologic: pești răpitori, ce prezintă stomac diferențiat și pești erbivori, cu stomacul nedelimitat, mic sau chiar fără stomac, dar cu intestinul subțire lung pentru înmagazinarea unei cantități mai mari de hrană și pentru asigurarea unei suprafețe mai mari pentru digestie. O clasificare mai amănunțită a peștilor din punct de vedere al preferințelor de dietă include: consumatori de hrană vegetală, erbivori (fitofagi – ce consumă macrofite acvatice, cum sunt roșioara și cosașul; fito-planctonofagi – ce mănîncă alge planctonice, cum este sîngerul; perifitonofagi – ce preferă perifitonul de pe fundul bazinelor, cum este scobarul

– fig. 3.4.); detritofagi – consumatori de detritus organic (sînger, cosaș), zooplanctonofagi – ce preferă rotifere și crustacee planctonice (novacul, juvenili majorității speciilor de pești); bentofagi – specializați în consumarea nevertebratelor bentonice (ciprinide, cum sunt specii de *Barbus* – fig. 3.5.; cottidae – fig. 3.6.) sau ihtiofagi – consumatori de pești (știucă, șalău, avat, biban – fig. 3.7.). Există de asemenea specii ce consumă atât hrană vegetală cât și animală (forme omnivore), cum sunt multe specii de pești (caras, crap, babușcă, roșioară, oblete, plătică – fig. 3.8.), care în lipsa hranei preferate consumă orice este disponibil (Oțel, 2007).



Fig. 3.4. Scobar (*Chondrostoma nasus*)



Fig. 3.5. Moioagă (*Barbus meridionalis*)



Fig. 3.6. *Cotus gobio*



Fig. 3.7. Biban (*Perca fluviatilis*)



Fig. 3.8. Plătică (*Abramis brama*)

### Speciile de pești din Europa:

Bazinul fluviului Dunărea are în prezent 79 de specii de pești nativi iar Islanda doar șase. Această discrepanță între numărul de pești specifici diferitelor regiuni din Europa poate fi explicată prin schimbările climatice produse în trecut. Astfel, în punctul de maximă extindere a ultimei ere glaciare, ce a început să se retragă din Europa cu aproximativ 15.000 de ani în urmă, majoritatea continentului era acoperit de gheață și zăpadă, sau în unele regiuni clima era mult mai rece decât în prezent, cu ierni lungi și friguroase. Majoritatea lacurilor și a râurilor de acum nu aveau pești, ihtiofauna fiind concentrată în cinci mari refugii: Peninsula Iberică, valea Ronului în sudul Franței, fluviul Po în Italia de nord, în nord-vestul Greciei și în bazinul Dunării (alături de alte râuri din jurul Mării Negre). Odată cu topirea gheții, lacurile și râurile dezghețate au devenit habitate ospitaliere pentru populațiile de pești ce puteau să le colonizeze, având în vedere faptul că doar anghila este capabilă să se deplaseze pe uscat.

La sfârșitul erei glaciare, cu aproximativ 10.000 de ani în urmă, habitatele de apă dulce erau mult mai extinse decât sunt astăzi. Nivelul mării era de asemenea mai scăzut, iar unele din teritoriile separate astăzi de mare erau legate de lacuri și râuri sau teren uscat (ex. Suedia și Finlanda erau „unite” de Germania și Polonia). Astfel, peștii s-au răspândit din refugiile glaciare în toate zonele unde colonizarea era posibilă, cu excepția cazurilor în care populațiile piscicole au rămas izolate datorită barierelor geografice sau a incapacității de a supraviețui în apa sărată a mării ce a inundat căile de migrație de apă dulce. Distribuția naturală a speciilor de pești a fost și este influențată într-o mare măsură de oameni, prin introducerea voită sau necontrolată a unor specii de pești în zone în care nu ar fi ajuns niciodată pe cont propriu (Greenhalgh, 2003).

Cea mai recentă revizuire a speciilor de pești de apă dulce din Europa a fost publicată de Kottelat și Freyhof (2007). Conform acestor date, din totalul de 525 de specii europene native de pești, 38% (adică aproximativ 200 specii) sunt amenințate puternic (*critically endangered*), amenințate (*endangered*) sau vulnerabile (*vulnerable*), conform categoriilor Uniunii Internaționale a Conservării Naturii – *International Union for Conservation of Nature, IUCN (IUCN Red List Categories and Criteria)*.

## **3.2. Metode de inventariere a ihtiofaunei**

### Colectarea probelor de pești

Corectitudinea informațiilor furnizate de ihtiofaună depinde foarte mult de modul de prelevare a probelor, iar pentru realizarea comparațiilor de date din bazine acvatice diferite se pune din ce în ce mai imperios problema standardizării metodelor de colectare a faunei piscicole. Peștii sunt colectați în mod diferit din ecosisteme cu apă curgătoare și stătătoare.

În ecosistemele lotice s-a standardizat la nivel european metoda de colectare a peștilor prin electronarcoză (așa-numitul *electrofishing*), ce are ca principale avantaje faptul că este cea mai puțin invazivă, neomorînd peștele și de asemenea că prelevarea este totală în punctele de lucru. Perioada de recoltare trebuie aleasă în funcție de biologia speciei țintă: în majoritatea cazurilor se colectează probe biologice la sfârșitul sezonului de creștere, care în regiunea temperată este pentru cele mai multe specii de pești august/octombrie. Pescuirile repetate în aceeași stație trebuie făcute în aceleași perioade ale anului și în condiții similare de viteză a curentului de debit, pentru a se putea compara rezultatele.

Efectul curentului electric este cu atât mai puternic cu cât corpul peștelui este intersectat de mai multe linii de câmp electric. Peștii mai mari și/sau aflați mai aproape de anod vor fi atrași mai puternic decât cei mici sau aflați mai departe. Efectul curentului electric depinde și de specie și este influențat de alți factori de mediu cum ar fi conductivitatea, temperatura etc. (Davideanu, 2006).

Prelevarea probelor de pește cu ajutorul electronarcozei se face numai în timpul zilei, la nivel european fiind interzis pescuitul de noapte. În râurile mici *electrofishingul* se realizează trecînd apa cu piciorul (termenul încetățenit ce denumește acest tip de pescuit este *wading*), iar în apele mari, cu barca (*boating*) (fig. 3.9. și 3.10.).



Fig. 3.9. Pescuit prin electronarcoză pe râul Arieș



Fig. 3.10. Pescuit prin electronarcoză din barcă pe râul Tur

Suprafața de râu pe care se colectează probele depinde de lățimea râului, adâncimea sa și variabilitatea habitatului. Suprafața de probă trebuie să cuprindă toate tipurile de habitat specifice zonei și sectorului de râu investigat și trebuie accesată în mod sigur și nepericulos (Davideanu, 2006). Conform Directivei Cadru Apă trebuie să se considere o lungime de 10-12 ori mai mare decât lățimea pescuită. Când se dorește estimarea abundenței absolute este necesară utilizarea plaselor “barieră” pentru menținerea peștilor în zona de captură.

Peștii sunt colectați în recipiente speciale și ținuți în viață pentru identificare și realizarea diferitelor măsurători (de lungime, greutate etc.) (fig. 3.11., 3.12.), după care sunt eliberați în râu.



Fig. 3.11. Măsurarea peștilor capturați prin electronarcoză (trei exemplare de păstrăv)



Fig. 3.12. Cântărirea peștilor capturați prin electronarcoză

În ecosisteme lentiche principalul dezavantaj în ceea ce privește prelevarea ihtiofaunei se referă la dificultatea stabilirii stocului real de pești. Nu există pînă acum o metodă standardizată la nivel european, ca în cazul apelor curgătoare, ceea ce face dificilă compararea rezultatelor obținute prin metode de colectare diferite. Datorită adîncimii de obicei mari a bazinelor lentiche, prelevarea probelor de pești se face cu ajutorul plaselor. *Năvoadele* sunt instrumente de pescuit activ, din plasă, fiind cele mai utilizate la pescuitul de recoltă în mediul natural dulcicol, precum și în amenajările piscicole mari. *Setcile fixe* sunt instrumente de pescuit pasiv, care rețin peștele prin agățare și încurcare. Ele sunt plase dreptunghiulare, avînd la marginea superioară o frînghie cu plute, numită pluta sau odgonul de sus, iar la partea inferioară - o frînghie cu plumbi, numită odgonul de jos (fig. 3.13.). Prelevarea probelor se mai poate realiza și cu alte instrumente (de exemplu cu ajutorul capcanelor) (Battes, 2000).



Fig. 3.13. Instalarea plaselor de pescuit din barcă

#### Conservarea materialului piscicol

În cazul pescuitului prin electronarcoză folosit ca metodă standardizată pentru ecosistemele lotice, majoritatea peștilor pot fi identificați pe teren, preferabil de experți cu experiență în acest domeniu. Totuși uneori este nevoie de aducerea unor pești în laborator pentru o examinare mai detaliată sau trebuie trimiși la un specialist taxonom pentru confirmarea identificării. Este recomandat ca peștii sacrificați să fie conservați pe teren, cît mai curînd după pescuire (organismele lăsate în pungi de plastic, cu înotătoarele rupte sau morți prin sufocare sunt greu de identificat). Fixarea corectă a peștilor în teren este extrem de importantă pentru o identificare corectă. Formolul este singura soluție fixatoare care asigură o conservare adecvată pe termen lung (Kottelat și Freyhof, 2007), dar trebuie diluat 1:10 cu apă pentru a obține o soluție de formaldehidă 4%.

#### Pre lucrarea materialului piscicol

Dacă nu se reușeste pe teren identificarea și notarea datelor brute privitoare la peștii colectați prin electronarcoză din ecosisteme lotice, aceste analize se realizează în laborator. Se realizează identificarea taxonomică a tuturor speciilor din captură, pe baza caracterelor morfologice externe. O atenție deosebită trebuie acordată exemplarelor cu caractere externe neconcludente (hibridi, juvenili). Compoziția în specii a ihtiocenozei se prezintă sub forma

unei liste cu speciile capturate. În ceea ce privește măsurarea și cântărirea peștilor, în cazul în care există diferențe mari de lungime în cadrul aceleași clase de vîrstă, se iau probe pentru stabilirea exactă a vîrstei (solzi). Pentru estimări de biomasă este necesară de asemenea și cunoașterea greutateii indivizilor.

#### Analize specifice ihtiiofaunei:

**Determinarea stocului de pești** are o importanță deosebită pentru compararea datelor obținute din diferite habitate. De asemenea, scăderi ale stocului de pește pot fi interpretate ca fiind o măsură a impactului uman.

Inaccesibilitatea peștilor pentru o observație directă determină dificultăți în determinarea stocului. O metodologie sigură care duce la obținerea unor rezultate reale și exacte este recapturarea unor populații marcate anterior (așa-numita *metodă captură-marcare-recaptură*). O altă metodă de estimare a stocului este cea a *populațiilor virtuale*, pentru care se pleacă de la date privind pescuitul industrial din bazine acvatice mari (rîuri mari, lacuri naturale sau de acumulare exploatate prin pescuit industrial). Captura realizată pe o perioadă (sezon, an) este structurată pe grupe dimensionale sau de vîrstă pentru fiecare specie în parte. Începînd cu grupele dimensionale sau de vîrstă maxime pentru populația unei specii, prin utilizarea unor formule de calcul care iau în considerare indicii de mortalitate, numărul de exemplare din captura pe grupe de vîrstă și numărul total de exemplare pe grupe de vîrstă, se poate determina stocul total pentru întreaga populație a unei specii.

Efortul de pescuit se poate exprima prin numărul de unelte de pescuit (unități) utilizate în colectarea materialului piscicol, sau a numărului de colectări realizate (de exemplu număr de setci – la pescuitul cu scule filtratoare fixe). Eficiența efortului de pescuit se exprimă prin cantitatea de pește colectat la unitatea standard de unealtă de pescuit (setcă cu o anumită lungime, mărime, ochi) într-o noapte (Battes, 2000).

**Abundența și biomasă** populațiilor piscicole trebuie raportate la unitatea de suprafață, și anume ex./100m<sup>2</sup> și g/100m<sup>2</sup> pentru a putea compara valorile obținute la diferite tipuri de ecosisteme acvatice, în perioade diferite. Aceste valori se determină pentru fiecare specie și pe întreaga ihtiocenoză în punctele de colectare.

**Indicele de semnificație ecologică (W)** reprezintă un indice ecologic sintetic ce oglindește starea ecologică a fiecărei specii de pește. În funcție de valoarea indicelui de semnificație ecologică (W) speciile de pești din asociație se împart în: specii conducătoare - domină clar comunitatea piscicolă ( $W > 20$ ); specii caracteristice ( $10 < W < 20$ ); specii complementare (însoțitoare) ce se găsesc frecvent în habitatul respectiv, dar nu sunt caracteristice ( $5 < W < 10$ ); specii asociate celor caracteristice ( $1 < W < 5$ ); specii accesorii sau indiferente, găsite în număr mic ( $0,1 < W < 1$ ) și specii accidentale, ce apar rar în habitatul respectiv ( $W < 0,1$ ).

**Determinarea vîrstei peștilor** este esențială în biologia creșterii acestora. Metodele cele mai utilizate în stabilirea vîrstei peștilor constau în determinarea și interpretarea zonelor de creștere (a inelelor) ce apar pe porțiuni dure ale corpului peștilor. Aceste inele anuale apar diferențiate în funcție de anotimp: iarna există o perioadă de inaniție cu o hrănire redusă, în timp ce vara este o perioadă de hrănire intensă cu o creștere intensă. Acest lucru este valabil în climatul temperat. În zonele tropicale, apariția inelelor este dată de modificări induse de nutriție datorate bazei trofice naturale, influențată de factori specifici cum ar fi ploii musonice, variații termice etc.

Inelele anuale apar și pot fi determinate în primul rînd pe solzi, dar și pe vertebre, otoliți și radii (în secțiune), pe operculi (Battes, 2000). Determinările sunt îngreunate de apariția unor inele suplimentare care pot perturba mult determinarea de vîrstă. Nu la toate speciile aceste inele apar în mod explicit. Forma, mărimea și claritatea acestor inele depinde foarte mult de ecologia speciei și de condițiile concrete de creștere a fiecărei populații, experiența și îndemînarea cercetătorului fiind de asemenea importante.

În cazul determinării vârstei peștilor folosind solzii, procedura de lucru începe cu colectarea eșantionului: solzii se recoltează din zona unde creșterea acestora este mai bună – deasupra și sub linia laterală în dreptul înotătoarei dorsale.

Numărul solzilor trebuie să fie mai mare de 20-30, pentru a putea alege exemplarele cele mai complete și pe care inelele anuale sunt cele mai bine exprimate. Acestea se spală cu apă distilată, se degresează și se montează pe lame de sticlă în gelatină (20-50 pe o lamă) și se observă la stereomicroscop. Se pot observa foarte bine solzii după degresare cu soluție amoniac 3-5% (Battes, 2000).

Fiecare specie are o formă și un desen specific ale solzului după care se poate recunoaște (fig. 3.14.). Numărul inelelor ce se întind pe toată circumferința solzului arată vârsta peștelui.

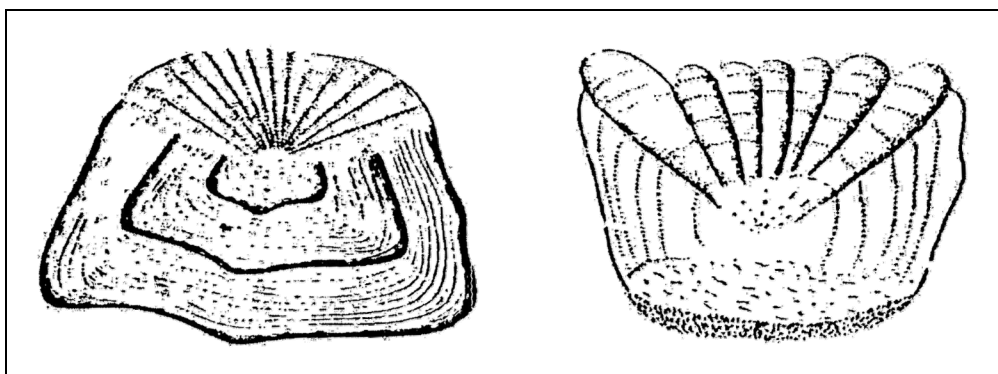


Fig. 3.14. Solz de crap de trei ani (stînga) și solz de biban de 6 ani (dreapta)

### 3.3. Evaluarea calității apelor pe baza comunităților de pești

Directiva Parlamentului și a Consiliului European 60/2000/EC (pe scurt Directiva Cadru privind Apa) reprezintă actualul cadru legislativ în domeniul politicii apei. Pentru implementarea Directivei, al cărei obiectiv principal este evaluarea și monitorizarea calității apelor interioare (de suprafață și subterane) dar și tranzitorii și costiere sau artificiale, este necesară folosirea de metode standardizate la nivelul întregii Comisii Europene pentru comunitățile de organisme considerate de importanță majoră: fitoplancton, fitobentos, macrofite acvatice, macronevertebrate bentonice și pești.

Folosirea ihtiofaunei pentru evaluarea stării ecologice a bazinelor acvatice se bazează pe următoarele motive:

- ✓ *peștii sunt prezenți în majoritatea apelor de suprafață*
- ✓ *identificarea speciilor de pești este relativ ușor de făcut, chiar în teren, iar taxonomia, cerințele ecologice și ciclul de viață sunt mai bine cunoscute decât în cazul altor grupe de organisme*
- ✓ *peștii prezintă tipare complexe de migrație, ei fiind astfel sensibili la modificări ale continuității cursurilor de apă ("river continuum")*
- ✓ *ciclul de viață îndelungat al multor specii de pești face posibilă evaluarea modificărilor mediului lor de viață pe o scară temporală extinsă*
- ✓ *sensibilitatea majorității speciilor de pești alături de răspunsul lor la diverși factori perturbatori sunt în general bine documentate în literatura de specialitate*
- ✓ *de obicei peștii ocupă niveluri trofice superioare, astfel integrînd condițiile din nivelurile inferioare; de asemenea, speciile de pești aparțin la niveluri trofice diferite: pot fi omnivore, erbivore, insectivore, planctivore sau piscivore.*

- ✓ *peștii ocupă habitate diverse: bentalul sau pelagialul, sunt reofili, limnofili etc.; diferite specii au diferite cerințe de habitat, astfel că prezintă răspunsuri predictibile la schimbările de habitat de origine antropică.*
- ✓ *perturbările în creștere și reproducere sunt estimate cu ușuriță și pot reflecta stresul de mediu*
- ✓ *peștii reprezintă resurse economice valoroase și interesează nu doar comunitatea științifică*

### 3.4. Indicele Piscicol European (The European Fish Index, EFI+)

Elaborarea unei metodologii standardizate la nivelul întregii Comunități Europene a reprezentat obiectivul a două proiecte pan-europene FP5 și FP6: FAME (*Development, Evaluation and Implementation of a Standardised Fish-based Assessment Method for the Ecological Status of European Rivers*, <http://fame.boku.ac.at>) și EFI+ (*Improvement and Spatial Extension of the European Fish Index*, <http://efi-plus.boku.ac.at>), ce au avut ca rezultat elaborarea unui Indice Piscicol European ce poate fi folosit cu anumite limitări în majoritatea țărilor UE.

Conceptul general ce a stat la baza elaborării Indicelui Piscicol European a fost posibilitatea utilizării răspunsurilor în structura ihtiofaunei la modificările aduse ecosistemelor acvatice de către om. Aceste răspunsuri au reprezentat punctul de plecare și pentru Indicele de Integritate Biologică (Index of Biological Integrity, IBI (Karr, 1981)), care însă a fost adaptat diferit la zone geografice diferite. Principiul de la care se pleacă în cazul tuturor acestor indici este că unele componente ale ihtiofaunei, gilde sau trăsături specifice ("metrice") pot fi indicate pentru condițiile de referință (neafectate), iar răspunsurile lor la diferite degradări pot avea un caracter predictibil.

Primul Indice Piscicol European (The European Fish Index - EFI) rezultat în urma proiectului FAME a fost elaborat pentru țările Europei de vest și de nord, astfel aplicabilitatea sa este limitată ecosistemelor din aceste zone. El ia în calcul un număr de factori de mediu pentru a defini condițiile de referință și cuantifică deviația structurii ihtiofaunei de la aceste condiții de referință pe baze statistice. Principalele obiective ale proiectului EFI+ au fost îmbunătățirea indicelui, extinderea aplicabilității sale la regiunile centrale, estice și sudice ale Europei, extinderea sa pentru râurile foarte mari și includerea în modelare a presiunilor hidromorfologice, inclusiv întreruperea continuității cursurilor de apă, pentru o mai mare exactitate a rezultatelor. Pentru elaborarea acestui indice pan-european s-au considerat date provenind din 14.221 de locații de pescuit din următoarele țări: Austria, Elveția, Finlanda, Franța, Germania, Italia, Lituania, Marea Britanie, Olanda, Polonia, Portugalia, România, Spania, Suedia și Ungaria.

Astfel, noul Indice Piscicol European (EFI+) reprezintă un indice multimetric bazat pe un model predictiv ce deduce condițiile de referință din caracteristicile mediului abiotic ale stațiilor individuale și cuantifică deviația dintre ihtiofauna așteptată (în "cvasi-absența" oricărei disturbante de origine antropică) și ihtiofauna observată (descrisă de datele din teren).

Scopul elaborării acestui indice a fost evaluarea stării ecologice a ecosistemelor acvatice la scară europeană. Se poate estima starea ecologică a ecosistemului acvatic analizat, prin încadrarea într-una din cele cinci clase de calitate a apei stipulate de Directiva Cadru Apă, dar doar pentru ecosistemele lotice și doar pentru datele de pești prelevate prin *electrofishing*. În dezvoltarea metodei s-a folosit o listă cu 253 specii de pești, un set de date pentru calibrare, iar modelarea și selectarea metricelor au fost făcute astfel încât indicele să poată fi corect calibrat pentru aproape toate ecoregiunile și tipurile de râuri din Europa. Sensibilitatea indicelui la presiuni antropice (în special la presiuni hidromorfologice) a fost considerată la scară europeană.

Pentru EFI+ s-au elaborat doi indici, fiecare compuși din două metrice diferite, bazate pe ghilde funcționale, ce pot fi calculați în funcție de tipul de râu specific fiecărei stații. Astfel, există un indice ”salmonid” (adică un indice aplicabil comunităților piscicole dominate de salmonide, *Salmonid Dominated Fish Assemblage Index = Salm.Fish.Index*), pentru stațiile localizate pe tipuri de râuri cu ihtiofaună dominată de salmonide (*Salmonid Dominated Fish Assemblage River Type = Salmonid river type*). Al doilea indice este indicele ”ciprinid” (adică un indice aplicabil comunităților piscicole dominate de ciprinide, *Cyprinid Dominated Fish Assemblage Index = Cypr.Fish.Index*), pentru stațiile localizate pe tipuri de râuri cu ihtiofaună dominată de ciprinide (*Cyprinid Dominated Fish Assemblage River Type = Cyprinid river type*). Metricile folosite pentru calcularea celor doi indici sunt prezentate în tabelul 3.1.

Tabel 3.1. Metricile folosite pentru calcularea ”indicii salmonid” și a ”indicii ciprinid” considerate pentru EFI+

Indice	Metricile - cod	Metricile – descriere
”indice salmonid”	<i>Ni.O2.Intol</i>	Densitatea (nr. ind./ha) speciilor intolerante la scăderea cantității de oxigen (întotdeauna > 6 mg/l O <sub>2</sub> în apă)
	<i>Ni.Hab.Intol.150</i>	Densitatea (nr. ind./ha) cu lungimea totală ≤ 150 mm din speciile intolerante la degradarea habitatului
”indice ciprinid”	<i>Ric.RH.Par</i>	Bogăția specifică (nr. specii) a speciilor ce necesită un habitat de reproducere reofilic (adică preferă să depună icrele în ape curgătoare)
	<i>Ni.LITHO</i>	Densitatea (nr. ind./ha) speciilor ce necesită habitat de reproducere litofilic (adică depun icrele doar pe pietriș de diverse mărimi sau bolovani; larvele sunt fotofobe)

Cele patru metricile folosite prezintă un răspuns negativ la creșterea presiunii antropice. Calculul celor doi indici, ”salmonid” și ”ciprinid”, presupune media aritmetică dintre cele două metricile caracteristice fiecăruia (*Salm.Fish.Index = Ni.Hab.150 + Ni.O2.Intol*) / 2; *Cypr.Fish.Index = (Ric.RH.Par + Ni.LITHO) / 2*). Manualul de aplicare al Indicii Piscicol European EFI+ include anexe cu speciile clasificate ca intolerante la scăderea cantității de oxigen, la degradarea habitatului, cât și cu speciile ce necesită habitate litofile și reofile.

Distincția dintre cele două tipuri de râuri este bazată pe proporția speciilor tipice ce aparțin ihtiofaunei dominată de salmonide (abundența relativă a indivizilor), ce sunt intolerante la scăderea cantității de oxigen, la degradarea habitatului, sunt stenoterme, și necesită habitat de reproducere litofil sau reofil, adică: *Alburnoides bipunctatus*, *Cobitis calderoni*, *Coregonus lavaretus*, *Cottus gobio*, *Cottus poecilopus*, *Eudontomyzon mariae*, *Hucho hucho*, *Lampetra planeri*, *Phoxinus phoxinus*, *Salmo salar*, *Salmo trutta fario*, *Salmo trutta lacustris*, *Salmo trutta macrostigma*, *Salmo trutta trutta*, *Salmo trutta marmoratus*, *Salvelinus fontinalis*, *Salvelinus namaycush*, *Salvelinus umbla*, *Thymallus thymallus*. Într-un tip de râu de tip ”salmonid” neafectat de activitățile umane, aceste specii reprezintă mai mult de 80% din numărul de indivizi capturați, iar într-un tip de râu de tip ”ciprinid” neafectat, ele reprezintă mai puțin de 20%.

Dezvoltarea efectivă a indicelui EFI+ a presupus o modelare statistică avansată (Consortiul EFI+, 2009). Pentru fiecare din cele patru metrice selectate și pentru fiecare stație s-a folosit un model statistic pentru a indica valoarea așteptată în lipsa perturbărilor antropice (valori ce corespund ”condițiilor de referință”). Scorurile pentru fiecare din cele patru metrice selectate reprezintă distanța standardizată dintre valoarea așteptată (în absența oricărei intervenții umane) și valoarea observată (calculată din datele prelevate din teren). Aceste scoruri, ce variază între  $-\infty$  și  $+\infty$ , au fost re-calibrate pentru a lua valori în intervalul 0-1. În final, fiecare indice EFI+ calculat este compus din cele două metrice diferite și depinde de categorisirea tipului de râu în zonă salmonicolă sau ciprinicolă. Valoarea indicelui EFI+ indică o clasă de calitate, de la 1 (foarte bună) la 5 (slabă), în funcție de tipul de râu (salmonicol/ciprinicol) dar și de metoda de prelevare folosită (*electrofishing* din barcă sau nu).

Datele necesare pentru calcularea indicelui EFI+ sunt:

- ✓ date despre locația de prelevare; coordonatele GPS sunt folosite pentru definirea ecoregiunii
- ✓ date despre condițiile de mediu de la stația de prelevare dar și la nivelul segmentului de râu (considerat **1 km** pentru râurile mici, cu bazin de drenaj  $< 100 \text{ km}^2$ ; **5 km** pentru râurile medii, cu bazinul de drenaj între 100 și 1000  $\text{km}^2$  și **10 km** pentru râuri mari, cu bazin de drenaj  $> 1000 \text{ km}^2$ )
- ✓ date de pești colectate prin *electrofishing*: indivizii din toate speciile capturate trebuie numărați și măsurăți (este necesară lungimea totală în mm); inclusiv detalii despre metoda de prelevare
- ✓ opțional: date despre prezența de azi sau istorică a speciilor diadrome

Pentru calcularea indicelui EFI+, se folosesc doar date obținute prin *electrofishing* (procedurile standardizate sunt descrise în directiva CEN: “*Water Analysis – Fishing with Electricity (EN 14011; CEN, 2003) for wadable and non-wadable rivers*”). Perioada recomandată de prelevare este vară târzie/toamnă timpurie, cu excepția râurilor mediteranee nepermanente, unde sunt recomandate probele de primăvara. Lungimea pescuită trebuie să fie de 10-20 de ori mai mare decât lățimea râului, cu o lungime minimă de 100 m. În râuri mari și puțin adânci (lățime  $> 15 \text{ m}$  și adâncime  $< 0,7 \text{ m}$ ) ar trebui considerate mai multe zone de prelevare ce să însumeze cel puțin  $1000 \text{ m}^2$ . În râurile mari (cu adâncimea  $> 0,7 \text{ m}$ ) se aplică o prelevare parțială pentru acoperirea tuturor tipurilor de habitate, având în vedere faptul că prospectarea întregului segment de râu este imposibilă.

Programul EFI+ ce facilitează calcularea indicelui este disponibil prin pagina web a proiectului EFI+: <http://efi-plus.boku.ac.at/software>. Datele ce trebuie introduse în program pentru calcularea EFI+ sunt detaliate în tabel 3.2., iar parametrii obținuți prin aplicarea acestui program sunt detaliați în tabelul 3.3.

Tabel 3.2. Variabilele considerate de program pentru calcularea indicelui EFI+

<b>Variabile ce descriu locația și data pescuirii</b>
Codul stației, Coordonate GPS, Data prelevării, Rîul, Țara, Numele stației, Altitudinea, Ecoregiunea
<b>Variabile ce descriu metoda de prelevare</b>
Locul de prelevare (canalul principal, bazin adiacent, ambele); Metoda (din barcă, prin trecerea rîului cu piciorul, ambele); Suprafața pescuită (m <sup>2</sup> ); Lățimea rîului (m)
<b>Variabile de mediu ce descriu stația, folosite pentru a obține valoarea așteptată a metricilor</b>
Tipul de rîu mediteranean (aplicabil doar cursurilor de apă din zona respectivă )
Prezența lacurilor naturale amonte de stație (da/nu)
Regimul de curgere (permanent, secare de vară, secare de iarnă, intermitent)
Geomorfologia înainte de orice modificare antropică majoră (liniar, împletit, sinuos, meandrat)
Existența unei lunci inundabile anterioare (proporția de luncă legată de rîu ce a rămas: nu există/mică/medie/mare/unele bazine rămase)
Sursa (glaciar, nival, pluvial, freatic)
Suprafața bazinului de drenaj în amonte de stație km <sup>2</sup>
Distanța de la izvor (km)
Panta rîului (m/km)
Temperatura aerului (media anuală, luna ianuarie și luna iulie)
Tipul natural de sediment înainte de schimbări majore (organic, mîl, nisip, pietriș, bolovani)
<b>Variabile ce descriu datele de pești</b>
Numele speciei (științific)
Numărul total de indivizi capturați (inclusiv de vîrstă 0+) din fiecare specie
Numărul de indivizi cu lungimea totală ≤150 mm pentru fiecare specie
Numărul de indivizi cu lungimea totală >150 mm pentru fiecare specie

Deși este o metodă valoroasă de estimare și monitorizare a stării ecologice a ecosistemelor acvatice pe baza comunităților piscicole, EFI+ are anumite limitări în aplicare. Indicele nu dă rezultate de încredere atunci cînd bogăția specifică înregistrată la stația de prelevare este mică, de asemenea cînd numărul peștilor este scăzut. Diferențe în metoda de prelevare a probelor pot duce la imposibilitatea comparării dintre valorile indicelui. De asemenea, EFI+ nu poate fi folosit decît în cazul ecosistemelor cu ape curgătoare, deci bazinele acvatice din lunca rîurilor nu pot fi luate în considerare. Indicele trebuie folosit cu precauție atunci cînd se analizează cursurile inferioare ale rîurilor mari, deoarece nu au fost disponibile date despre stații de referință pentru calibrarea indicelui.

Tabel 3.3. Parametrii calculați de program și incluși în documentul de rezultate

<b>Codul variabilei și descrierea</b>
Stația, Data prelevării, Coordonate, Locația prelevării
<i>Obs.dens.HINTOL.inf.150</i> - Nr. observat de pești mai mici sau egali cu 150 mm intoleranți la degradarea habitatului pe 100 mp
<i>Obs.dens.O2INTOL</i> - Nr. observat de pești intoleranți la concentrații mici de oxigen dizolvat pe 100 mp
<i>Obs.ric.RH.PAR</i> - Nr. observat de specii ce preferă să depună icrele în ape curgătoare
<i>Obs.dens.LITH</i> - Nr. observat de pești litofili pe 100 mp
<i>Exp.dens.HINTOL.inf150</i> - Nr. așteptat de pești mai mici sau egali cu 150 mm intoleranți la degradarea habitatului pe 100 mp
<i>Exp.dens.O2INTOL</i> - Nr. așteptat de pești intoleranți la concentrații mici de oxigen dizolvat pe 100 mp
<i>Exp.ric.RH.PAR</i> - Nr. așteptat de specii ce preferă să depună icrele în ape curgătoare
<i>Exp.dens.LITH</i> - Nr. așteptat de pești litofili pe 100 mp
<i>Ids.dens.HINTOL.inf.150</i> - Scorul individual bazat pe numărul de pești mai mici sau egali cu 150 mm intoleranți la degradarea habitatului pe 100 mp
<i>Ids.dens.O2INTOL</i> - Scorul individual bazat pe numărul de pești intoleranți la concentrații mici de oxigen dizolvat pe 100 mp
<i>Ids.ric.RH.PAR</i> - Scorul individual bazat pe numărul de specii ce preferă să depună icrele în ape curgătoare
<i>Ids.dens.LITH</i> - Scorul individual bazat pe numărul de pești litofili pe 100 mp
<i>Aggregated.score.Salmonid.zone</i> - Media metricelor corespunzătoare zonei de râu considerată salmonicolă
<i>Aggregated.score.Cyprinid.zone</i> - Media metricelor corespunzătoare zonei de râu considerată ciprinicolă
<i>Ecoregion</i> - Regionalizarea bazată pe ecoregiunile considerate și tipul de râu mediteranean folosite pentru calcularea scorurilor
<i>Method</i> - Metoda de prelevare prin <i>electrofishing</i> folosită: din barcă/cu piciorul/mixtă
<i>EFT.river.typology</i> - Tipologia funcțională (“Salmonid” sau “Ciprinid”)
<i>ST-Species</i> - Proporția speciilor de tip salmonid (ST)
<i>River zone</i> - Încadrarea corectată a zonei râului (pe baza unor criterii dezvoltate în proiectul FAME (Melcher și colab., 2007) și pe baza procentului de specii ST. Încadrarea trebuie verificată de utilizator
<i>Comment.river.zone</i> - Comentarii asupra validității încadrării zonei râului și recomandări către utilizator
<i>Fish.Index</i> - Indicele final
<i>Fish.Index.class</i> - Clasa de calitate indicată de indice
<i>Comment Fish Index</i> - Comentarii despre validitatea valorii indicelui (relaționată cu metoda de prelevare)
<i>Comments sampling effort</i> - Comentarii despre validitatea valorii indicelui (relaționată cu numărul de pești capturați)
<i>Hist.ric.diadromous</i> - Numărul de specii diadrome (după datele istorice)
<i>Present.ric.diadromous</i> - Numărul speciilor diadrome din prezent
<i>Ids.ric.diadromus</i> - Indicele EFI pentru speciile diadrome

#### 4. Etapele monitorizării integrate a unui ecosistem acvatic

În anexa 1 a legii 137/1995 (Legea protecției mediului) prin termenul de monitorizarea mediului se înțelege: "un sistem de supraveghere, prognoză, avertizare și intervenție, care are în vedere evaluarea sistematică a dinamicii caracteristicilor calitative și semnificației ecologice a acestora, evoluției și implicațiilor sociale ale schimbărilor produse, urmată de măsurile ce se impun".

Unul dintre principiile teoriei sistemice este acela că o componentă a unui sistem se comportă diferit atunci când este izolat față de întreg, comparativ cu situația în care el se află în interiorul sistemului (Botnariuc, 1976, 1992; Ausmus, 1984; O'Neill și colab., 1986). Este evident că datele de toxicologie care provin din experimentele de laborator, efectuate pe indivizi izolați sau pe grupuri de indivizi, nu pot fi considerate ca reale în cazul populațiilor sau comunităților din cadrul ecosistemelor acvatice. Aceasta deoarece unele specii stabilesc anumite relații (prădătorism, comensalism etc.) între ele și în același timp între ele și factorii de mediu. Factorii abiotici și biotici pot controla distribuția poluanților în diferite compartimente ale ecosistemului. Mai mult, efectele directe ale poluanților asupra unei populații pot avea consecințe indirecte asupra altor componente ale ecosistemului. În prezent un interes deosebit este acordat efectelor poluanților asupra unor anumiți parametri ai biocenozelor și ecosistemului.

Eficiența unui studiu de evaluare a calității apei se bazează pe o cercetare minuțioasă a organizării ei, cât și pe faptul că există schimburi de materie și energie cu ecosistemele învecinate. Abordarea sistemică implică ideea că ecosistemul lotic reprezintă un subsistem în interiorul unui sistem, care este bazinul de drenaj, pe de o parte, și stabilește relații funcționale cu sistemele terestre și sistemul de apă interstițială, pe de altă parte. În cazul unei cercetări fundamentale cu privire la structura și funcționarea unui ecosistem lotic, sau chiar și numai în cazul unui studiu aplicat, este bine să avem în minte un sistem integrat, pentru că sunt mai ușor de înțeles și de evaluat conexiunile dintre diferitele compartimente ale ecosistemului. Se consideră că cea mai eficientă abordare a unui studiu al compartimentelor sau al parametrilor, de importanță maximă în evaluarea nivelului de degradare a unui ecosistem, este cea strâns legată de succesiunea etapelor prezentate în figura 4.1. (Tudorancea și Tudorancea, 2001).

În primul rând trebuie bine definite obiectivele programului, care trebuie să fie bazate pe observații corecte. După reliefarea obiectivelor și stabilirea activităților, adică a parametrilor sau compartimentelor de importanță maximă, ipotezele de lucru pot fi formulate astfel încât să poată fi testate statistic.

Pentru organizarea activităților trebuie stabilite următoarele:

- stațiile cuprinse în studiu,
- comunitățile de organisme reprezentative pentru studiu (alge bentonice sau perifiton, alge planctonice, zooplancton, zoobentos, ihtiofauna),
- tipul de probe prelevate pentru fiecare comunitate biotică (calitative, cantitative),
- numărul de probe prelevate,
- perioadele de prelevare a probelor (lunar, sezonier),
- tipul parametrilor fizico-chimici măsurați.

Urmează organizarea programului de colectare a probelor biologice, după metodologii deja consacrate, prezentate în capitolele precedente, separat pentru alge, nevertebrate și pești. Pe lângă probele de alge, nevertebrate și pești, este important să se măsoare și parametrii fizico-chimici ai apei, care vin în completarea datelor biologice.

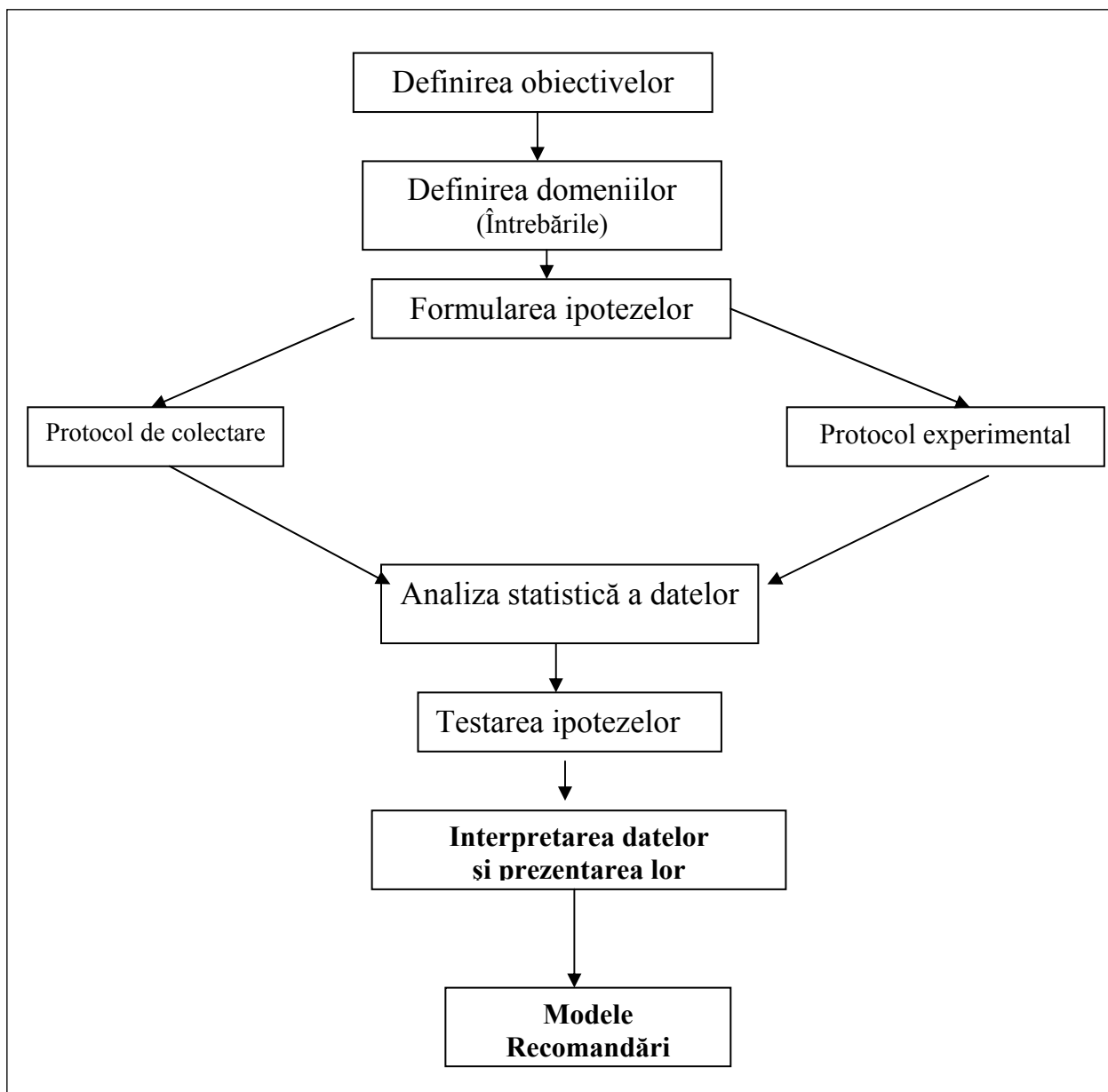


Fig. 4.1. O reprezentare schematică a etapelor logice privind studiul unui impact de mediu (după Tudorancea și Tudorancea, 2001)

O serie de parametri fizico-chimici ai apei cum ar fi: temperatura, pH-ul, oxigenul dizolvat, salinitatea, conductivitatea etc., se măsoară pe teren, cu ajutorul aparaturii portabile (fig. 4.2.). Există o gamă variată de aparatură de teren pentru măsurarea parametrilor fizico-chimice, dintre care, exemplificate în figura 4.2, sunt: oxigen-metrul tip YSI Model 52 pentru măsurarea temperaturii apei ( $^{\circ}\text{C}$ ) și a cantității de oxigen dizolvat, exprimată în  $\text{mg/l}$  și %; pH-metrul portabil CONSORT Model P 902 și conducto-metrul portabil CONSORT Model K 911 pentru măsurarea conductivității apei ( $\mu\text{S/cm}$ ) și a salinității ( $\text{mg/l}$ ). Alți parametri fizico-chimice ai apei și sedimentelor cum ar fi: cantitatea de metale grele, principalele substanțe prioritare periculoase, cantitatea de detergenți, consumul chimic și biochimic de oxigen, cantitatea de nutrienți și alții sunt importanți pentru a putea înțelege mai exact ecosistemele acvatice în ansamblul lor.

Activitățile de prelevare a probelor pe lacuri cuprind completarea fișei de prelevare (tab. 4.1.) în care sunt sintetizate toate datele de identificare necesare recunoașterii și procesării

ulterioare a probei. Caracteristic lacurilor este măsurarea transparenței cu discul Secchi (fig. 4.3.) și măsurarea parametrilor fizico-chimici ai apei pe un profil de adâncime, de la suprafața, din metru în metru pînă la adâncimea maximă din punctul de prelevare. Comunitățile de alge planctonice și cele de zooplancton sunt reprezentative pentru ecosistemele lentice. Comunitățile de zoobentos, în general, sunt mai puțin diversificate în lacuri, iar prelevarea lor se recomandă a se realiza în zona de maluri.



Fig. 4.2. Aparatura folosită în teren pentru măsurarea parametrilor fizico-chimici ai apei

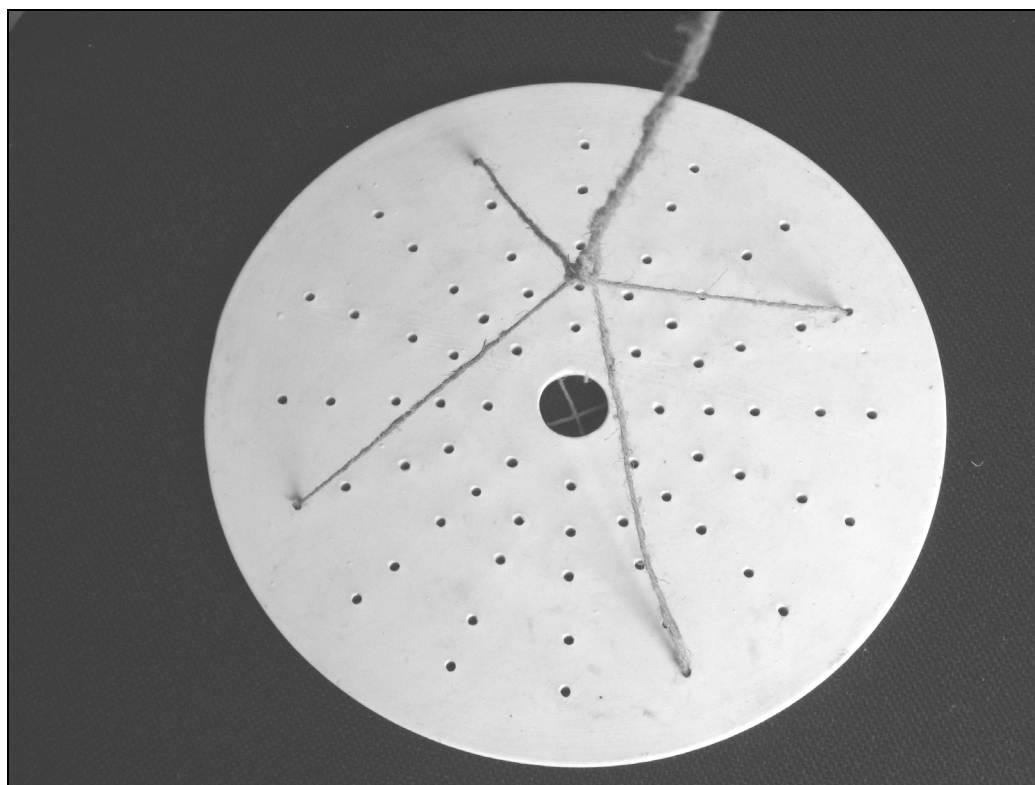


Fig. 4.3. Discul Secchi, utilizat pentru măsurarea transparenței

Tabel 4.1. Fișa de teren pentru lacuri

<b>LACUL</b>						
<b>DATA ȘI ORA PRELEVĂRII:</b>						
<b>ECHIPA:</b>						
<b>COORDONATE GPS N:</b>			<b>E:</b>			
<b>ALTITUDINEA:</b>						
Vegetația malurilor						
Transparența Secchi						
Temperatura aerului (°C)						
<b>Parametrii fizico-chimici→</b>	pH	Conductivitate (μS/cm)	Salinitate (mg/L)	Temperatura apei (°C)	Oxygen dizolvat (mg/L)	Oxygen dizolvat (%)
<b>Adâncimea↓</b>						
<b>0m</b>						
<b>1m</b>						
<b>2m</b>						
<b>3m</b>						
<b>4m</b>						
<b>5m</b>						
<b>...</b>						
<b>STAȚIA</b>	<b>PROBĂ ALGE PLANCTONICE</b>					<b>OBSERVAȚII</b>
	Tipul de probă					
	Calitativă	Cantitativă				
		Volum filtrat	Adâncimi			
	<b>PROBĂ ZOOPLANCTON</b>					
	Tipul de probă					
	Calitativă	Cantitativă				
		Volum filtrat	Adâncimi			
	<b>PROBĂ ZOOBENTOS</b>					
	Tipul de probă					
	Calitativă	Cantitativă				
		Suprafața prelevată	Distanța de mal			
<b>Observații:</b>						
Surse de poluare observate						
Culoarea apei						
Mirosul apei						
Condiții meteo						

Concomitent cu prelevarea probelor din ecosistemele lotice se completează fișa de teren prezentată în tabelul 4.2., care cuprinde informații legate de datele de identificare a stației de prelevare (rîul/stația, data și ora prelevării, altitudinea, coordonatele GPS), aspecte legate de lățimea albiei, adâncimea, vegetație și o serie de parametri fizico-chimici ai apei. Comunitățile de alge bentonice și zoobentos sunt caracteristice tuturor ecosistemelor lotice, iar comunitățile de alge planctonice și zooplancton sunt prezente în rîurile cu adâncimi mari și curent de apă redus.

Indiferent de ecosistemul unde are loc deplasarea pe teren, se notează informații legate despre eventualele surse de poluare observate, despre culoarea apei și mirosul apei, dacă există, și de asemenea condițiile meteo. Este important să se noteze orice informație care s-ar putea considera utilă ulterior în interpretarea rezultatelor și, de asemenea, să se documenteze fotografic zona de prelevare a probelor.

Tabel 4.2. Fișa de teren pentru râuri

<b>RÂUL / STAȚIA</b>						
<b>DATA ȘI ORA PRELEVĂRII:</b>						
<b>ECHIPA</b>						
<b>COORDONATE GPS N:</b>			<b>E:</b>			
<b>ALTITUDINEA</b>						
Lățime albie			Adâncime maximă			
Vegetația zonei						
Vegetație ripariană mal drept						
Vegetație ripariană mal stîng						
Vegetația acvatică / acoperire (%)						
Temperatura aerului (°C)						
<b>Parametrii fizico-chimici ai apei</b>	pH	Conductivitate (μS/cm)	Salinitate (mg/L)	Temperatura apei (°C)	Oxigen dizolvat (mg/L)	Oxigen dizolvat (%)
Granulometrie (%)						
Lespezi	Bolovani mari	Bolovani mici	Pietriș	Nisip grosier	Nisip fin	Argilă
<b>PROBE ZOOBENTOS</b>						
Bentos I	Distanță mal..... (m).....					
	Adâncime (cm).....					
	Substrat: Bolovani mari	Bolovani mici	Pietriș	Nisip grosier	Nisip fin	Argilă
Bentos II	Distanță mal..... (m).....					
	Adâncime (cm).....					
	Substrat: Bolovani mari	Bolovani mici	Pietriș	Nisip grosier	Nisip fin	Argilă
Bentos III	Distanță mal..... (m).....					
	Adâncime (cm).....					
	Substrat: Bolovani mari	Bolovani mici	Pietriș	Nisip grosier	Nisip fin	Argilă
<b>PROBE ALGE</b>						
<b>Alge bentonice</b>						
Probe calitative (tip substrat)						
Probe cantitative (suprafața prelevată)						
<b>Alge planctonice</b>						
Probe calitative						
Probe cantitative (volum filtrat)						
<b>PROBE ZOOPLANCTON</b>						
Probe calitative						
Probe cantitative (volum filtrat)						
<b>Observații:</b>						
Surse de poluare observate						
Culoarea apei						
Mirosul apei						
Condiții meteo						

După prelevarea și conservarea tuturor tipurilor de probe și înregistrarea informațiilor din teren, urmează prelucrarea acestora în laborator conform metodologiilor consacrate pentru fiecare tip de probă, prezentate separat în capitolele precedente.

Pe baza rezultatelor brute obținute, în urma procesării probelor, se pot aplica diferiți parametri statistici în funcție de tipul de probă analizată (calitativă sau cantitativă) și de

informațiile pe care dorim să le obținem, cum ar fi: frecvența, abundența numerică procentuală, densitatea, indici de diversitate, indici de similaritate, modele de distribuție spațială. Toate prelucrările matematice se realizează cu ajutorul programelor statistice generale (Microsoft Excel) sau specializate (PAST, XLSTAT etc.). Pentru a evidenția relațiile dintre parametri fizico-chimici ai apei și comunitățile de organisme se pot realiza cu ajutorul programelor statistice, analize de corelație și analize de multivarianță, ca de exemplu analiza în componente principale (PCA), analiza de corespondență canonică (CCA) etc.

Pentru evaluarea calității apei pe baza comunităților algale, de nevertebrate sau pești se pot aplica indici biotici specifici prezentați, de asemenea, în capitolele anterioare.

Aplicarea analizelor statistice și a indicilor este utilă în testarea ipotezelor de lucru, ca apoi la finalul studiului, pe baza interpretării acestora, să se argumenteze recomandările sugerate spre a fi urmate.

În concluzie, putem spune că studiile de monitorizare integrată a ecosistemelor acvatice reprezintă o necesitate a momentului dar și a viitorului, în contextul societății moderne în care poluarea de toate tipurile este omniprezentă.

## Bibliografie

- Abel, P.D., 1989, *Water Pollution Biology*, Ellis Horwood, Chichester, 1-236
- Armitage, P.D., Moss, D., Wright, J.F., Furse, M.T., 1983, *The performance of a new biological water quality score system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running- water sites*, *Wat. Res.*, **17**, 333-347
- Askew, R.R., 2004, *The Dragonflies of Europe* (ediția a doua), Harley Books, Essex, 1-308
- Ausmus, B.S., 1984, *An argument for ecosystem level monitoring. Environmental Monitoring and Assessment*, D. Reidel Publishing Company, **4**, 275-293
- Bader, C., 1967, *Contributions to the taxonomy of water mites*, Proceedings of the 2nd International Congress of Acarology, 89-92
- Barber, H.G., Haworth, E.Y., 1981, *A Guide to the Morphology of the Diatom Frustule with a Key to the British Freshwater Genera*, Freshwater Biological Association Scientific Publication, Ambleside, Cumbria, UK, **44**, 1- 112
- Battes, K.W., 2000, *Productivitatea piscicolă și integritatea populațiilor piscicole din ecosistemele acvatice de apă dulce*, Note de curs, Universitatea Bacău, Facultatea de Biologie, Catedra de Biologie, 1-67
- Belcher, J.H., Swale E.M.F., 1976, *A Beginner's Guide to Freshwater Algae*, Institute of Terrestrial Ecology/Natural Environment Research Council. HMSO, London, 1-48
- Belfiore, C., 1983, *Efemeroteri (Ephemeroptera) Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane 24*, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Italia
- Blaustein, L., 1997, *Non-consumptive effects of larval Salamandra on crustacean prey: can eggs detect predators?*, *Oecologia*, **110**, 212-217
- Bollens, S.M., Frost, B.W., Thoreson, D.S., Watts, S.J., 1992, *Diel vertical migration in zooplankton – field evidence in support of the predator avoidance hypothesis*, *Hydrobiologia*, **234**, 33-39
- Botnariuc, N., 1976. *Concepția și metoda sistemică în biologia generală*, Edit. Academiei Române, București
- Botnariuc, N., 1992, *Evolutionismul în impas?*, Edit. Academiei Române, București
- Botnariuc, N., Cure, V., 1999, *Determinator al larvelor de Chironomidae (Diptera) din fauna României*, Ed. Acad. Române, București, 1-144
- Botoșăneanu, L., 1963, *Insecte... arhitecți și constructori sub apă*, Editura Științifică, București, 246
- Bouchard, R.W., jr., 2004, *Guide to aquatic invertebrates of the Upper Midwest*, Water Resources Center, University of Minnesota, St. Paul, 1-208
- Brewer, M.C., Dawidowicz, P., Dodson, S.I., 1999, *Interactive effects of fish kairomone and light on Daphnia escape behavior*, *J. Plankton Res.*, **21**, 1317-1335
- Brönmark, C., Hansson, L.A., 1998, *Biology of Habitats: The Biology of Lakes and Ponds*, Oxford University Press, Oxford, England
- Burks, R.L., Jeppesen, E., Lodge, D.M., 2001, *Pelagic prey and benthic predators: impact of odonate predation on Daphnia*, *J. N. Am. Benthol. Soc.*, **20**, 615-628
- Burnie, D. (ed.), 2004, *Animal – the definitive visual guide*, Dorling Kindersley, London, 1-624
- Chiriac, E., Udrescu, M., 1965, *Ghidul naturalistului în lumea apelor dulci*, Editura Științifică, București, 1-335
- Chiriac, C., Pavelescu, C., Ristea, O., Cîmpean, M., Rob, L., Csata, Z., Nechifor, R., Ihnatiw, O., Preda, E., 2008, *Invertebrate communities on Romanian stretch of the Danube River during JDS2 expedition*, *Mediul Înconjurător*, București
- Cicolani, B., Di Sabatino, A., 1988, *Significato degli Acari acquatici nel calcolo degli indici biotici*, *Atti 15 Congresso nazionale italiano Entomologia*, L'Aquila, 99-106

- Cicolani, B., Di Sabatino, A., 1991, *Sensitivity of water mites to water pollution*, în Dusbábek V., Bukva F. (ed.) *Modern Acarology*, Academia Prague and SPB Publ., The Hague, **1**, 465-474
- Cicolani, B., Di Sabatino, A., 1992, *Effetti biologici di attività antropiche în ambiente fluviale*, Atti Società Italiana di Ecologia, **14**, 43-51
- Cîmpean, M., 2004, *Evaluarea influenței antropice asupra calității apei râului Somesul Mic și a afluenților săi utilizând indicele biotic extins (I.B.E.)*, Muzeul National Brukenthal, Studii și Comunicări, Științe Naturale, Sibiu, **29**, 179-190
- Clesceri, L.S., Greenberg, A.E., Eaton, A.D. (red.), 1998, *Standard methods for the examination of water and wastewater*, Ed. 20, American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation, United Book Press Inc., Baltimore
- Clifford, H. F., 1991, *The Aquatic Invertebrates of Alberta*, The University of Alberta Press, Edmonton, Alberta, Canada, 1-538
- Cole, G.A., 1983, *Textbook of limnology*, Ed. 3, The C.V. Mosby Company, London, 1-370
- Consiglio C., (1980): *Plecoteri (Plecoptera). Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane N. 9*. Consiglio Nazionale delle Ricerche, Italia
- Coste, M., Boutry, S., Tison-Rosebery, J., Delmas, F., 2009, *Improvements of the Biological Diatom Index (BDI): Description and efficiency of the new version (BDI-2006)*. Ecol. Indicat., **9**, 621-650
- Davideanu, G., 2006, *Standard operating procedure for fish fauna sampling*, raport în cadrul proiectului PHARE: Implementation of the new Water Framework Directive on pilot basins (WAFDIP)
- Di Sabatino, A., Gerecke, R., Martin, P., 2000, *The Biology and ecology of lotic water mites (Hydrachnidia)*, Freshwater Biology. Blackwell Science Ltd., Oxford, U.K., **41**, 47-62
- Dussart, B., Defaye, D., 2006, *World Directory of Crustacea Copepoda of Inland Water, II. Cyclopiformes*, Backhuys Publishers, Leiden, 1-354
- Gaufin, A.R., 1973, *Use of aquatic invertebrates in the assessment of water quality*, în Cairns, J.Jr., Dickson, K.L. (ed.), *Biological Methods for the Assessment of Water Quality*, Philadelphia, PA, 96-116
- Gerecke, R., Schwoerbel, J., 1991, *Water Quality and Water Mites in the upper Danube region. 1959 – 1984*, în Dusbábek, F., Bukva, V., (ed.). *Modern Acarology*, (8th Int. Congr. Acarology, Budejovice). Academia Prague & SPB Academic, The Hague, **1**, 483-491
- Ghetti, P.F., 1997, *Manuale di applicazione - Indice Biotico Esteso (I.B.E.) I macroinvertebrati nel controllo della qualità degli ambienti di acque correnti*, Prima ediție, Provincia Autonoma di Trento, Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente, Trento, 1-222
- Ghetti, P. F., McKenzie, K., 1981, *Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane, Ostracodi (Crustacea, Ostracoda)*, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Italia
- Gilbert, J.J., Hampton, S.E., 2001, *Diel vertical migrations of zooplankton in a shallow, fishless pond: a possible avoidance response cascade by notonectids*, Freshwat. Biol., **46**, 611-621
- Godeanu, S., (ed.) 2002. *Diversitatea lumii vii, Determinatorul ilustrat al florei și faunei României, Vol. II - Apele continentale*, Bucura Mond, București, 1-694
- Grant, J.W.G., Bayly, I.A.E., 1981, *Predator induction of crests in morphs of the Daphnia carinata King complex*, Limnol. Oceanogr., **26**, 201-218
- Greenhalgh, M., 2003, *The pocket guide to freshwater fish of Britain and Europe*, Octopus Publishing, London, 1-192
- Grossu, A., 1993, *The catalogue of the mollusks from Romania*, Travaux du Muséum d'Histoire Naturelle „Grigore Antipa”, **33**, 291-366
- Gyllström, M., Hansson, L.A., 2004, *Dormancy in freshwater zooplankton: induction, termination and the importance of benthic-pelagic coupling*, Aquat. Sci., **66**, 274-295
- Hairston, N.G., 1987, *Diapause as a predator avoidance adaptation*, în: Kerfoot, W.C., Sih, A. (red.), *Predation: Direct and Indirect Impacts on Aquatic Communities*, University Press of New England, Hanover, U.S.A., 281-290

- Haney, J. F., Hall, D. J., 1973, *Sugar-coated Daphnia: a preservation technique for cladocera*, *Limnol. Oceanogr.*, **18**, 331-333
- Harvell, C.D., 1990, *The ecology and evolution of inducible defences*, *Q. Rev. Biol.*, **65**, 323-340
- Hughes, R. N., 1980, *Strategies for survival of aquatic organisms*, în: Barnes, R.S.K., Mann, K.H. (ed.), *Fundamentals of aquatic ecosystems*, Blackwell Scientific Publications, Oxford, 162-184
- Hutchinson, G.E., 1967, *A treatise on limnology. II. Introduction to lake biology and the limnoplankton*, John Wiley&Sons, New York, 1-1115
- Kamra, K., Sapra, G.R., 1994, *Quantitative regulation of ciliary structures in polymorphic states of the hypotrichous ciliate Onychodromus indica*, *Euro. J. Protistol.*, **30**, 379-393
- Karr J.B., 1981, *Assessment of biotic integrity using fish communities*, *Fisheries* **6**(6), 21-27
- Kilroy, C., 2004, *A new alien diatom, Didymosphenia geminata (Lyngbye) Schmidt: its biology, distribution, effects and potential risks for New Zealand fresh waters*, Report for Environment Southland, NIWA Project ESNO 5501, National Institute of Water & Atmospheric Research Ltd., Christchurch, 1-40
- Klonowska-Olejnik, M., Fialkowski, W., 1998, *Ephemeroptera and Plecoptera as indicators of environmental changes caused by reservoir construction* în Bretschko, G., *Advances*, J. (ed.), *River Bottom Ecology*, Backhuys Publishers, Leiden, 215-223
- Kolkwitz, R., Marsson, M., 1908, *Ökologie der pflanzlichen Saprobien*, *Ber. deutsch. bot. Ges.* **26a**, 505-519
- Komárek, J., Anagnostidis, K., 1998, *Cyanoprokaryota, Teil 1, Chroococcales*, în Ettl, H., Gärtner, G., Heynig, H., Mollenhauer D., (ed.), *Süßwasserflora von Mitteleuropa 19/1*, Gustav Fischer Verlag, Jena
- Komárek, J., Anagnostidis, K., 2005, *Cyanoprokaryota, Teil 2, Oscillatoriales* în Budel, B., Krienitz, L., Gärtner, G., Schagerl, M., (ed.), *Süßwasserflora von Mitteleuropa*, Elsevier Spektrum Akademischer Verlag
- Kottelat, M., Freyhof, J., 2007, *Handbook of European Freshwater Fishes*, Kottelat, Cornol, Switzerland and Freyhof, Berlin, 1-646
- Krammer, K., Lange Bertalot, H., 1986, *Bacillariophyceae, Band 2, Teil 1-4* în Ettl, H., Gerloff, J., Heynig, H., Mollenhauer, D., (ed.), *Süßwasserflora von Mitteleuropa*, Gustav Fischer Verlag, Jena
- Krebs, C.J., 1999, *Ecological Methodology*, (ediția a doua), Addison-Welsey Educational Publishers, Inc., Menlo Park, CA, 1-620
- Kusch, J., 1998, *Long-term effects on inducible defense*, *Ecoscience*, **5**, 1-7
- Lampert, W., 1993, *Ultimate causes of diel vertical migration of zooplankton: new evidence for the predator avoidance hypothesis*, *Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol.*, **39**, 79-88
- Lampert, W., Sommer, U., 2007, *Limnoecology*, Ed. 2, Oxford University Press, Oxford, 1-324
- Lass, S., Spaak, P., 2003, *Chemically induced anti-predator defences in plankton: a review*, *Hydrobiologia*, **491**, 221-239
- Lee, R.E., 2009, *Phycology*, (ediția a patra), Cambridge University Press
- Lenat, D.R., Smock, L.A., Penrose, D.L., 1980, *Use of benthic macroinvertebrates as indicators of environmental quality*, în *Biological Monitoring for Environmental Effects*, Worf, D.L., (ed.), D.C. Heath, Lexington, MA, 97-112
- Liebmann, H., 1962, *Handbuch der Frischwasser und Abwasserbiologie*, Oldenbourg, München
- Lorenz, K., 2005, *Așa-zisul rău, despre istoria naturală a agresiunii*, Ed. Humanitas, București, 1-315
- Melcher, A., Schmutz, S., Haidvogel, G., 2007, *Spatially based methods to assess the ecological status of European fish assemblage types*, *Fisheries Management and Ecology*, **14**, 453-463
- Momeu, L., 2009, *Problems concerning the invasive species from continental aquatic ecosystems Case study: Didymosphenia geminata (Lyngb.) M. Schmidt*, în Rákossy, L., Momeu, L. (ed.), *Neobiota din România*, Ed. Presa Universitară Clujeană, 11-30
- Moretti, G. P., 1983, *Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane*, **19**, *Tricotteri*, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Italia

- Negrea, Ș., 2007, *Subordinul Cladocera*, în: Moldovan, O.T., Cîmpean, M., Borda, D., Iepure, S., Ilie, V. (ed.), *Lista Faunistică a României (specii terestre și de apă dulce)*, Proiect Fauna Europaea, Institutul de Speologie "Emil Racoviță", Ed. Casa Cărții de Știință, Cluj-Napoca, 84-85
- Norris, R.H., Georges, A., 1993, *Analysis and interpretation of benthic macroinvertebrate survey*, în Rosenberg, D.M., Resh, V.H. (ed.) *Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates*, Chapman and Hall, New York, 234-286
- O'Neill, R.V., De Angelis, D.L., Waide, J.B., Allen, T.F.H., 1986, *A Hierarchical Concept of Ecosystems*, Princeton University Press, New Jersey
- Oltean, M., 1977, *În legătură cu aprecierea gradului de troficitate al apelor stagnante pe baza structurii fitoplanctonului*, *Hydrobiol.*, **15**, 97-102
- Oțel, V., 2007, *Atlasul peștilor din Rezervația Biosferei Delta Dunării*, Editura Centrul de Informare Tehnologică Delta Dunării, Tulcea, 1-481
- Patrick, R., 1977, *Ecology of freshwater diatoms and diatom communities*. în Werner D. (ed.), *The Biology of Diatoms*, Berkeley, University of California Press, 285-317
- Pattee, E., Gourbault, N., 1981, *Turbellaries Triclares Paludicoles (Planaires d'eau douce)*. 19 Abb. – *Introduction pratique a la systématique des organismes des eaux continentales françaises 1.*, *Bulletin mensuel de la Société Linnéenne de Lyon*, **50**, 279-304
- Pennak, R.W., 1989, *Fresh-water Invertebrates of the United States: Protozoa to Mollusca*, 3rd ed. John Wiley & Sons, Inc., New York, Wiley & Sons Inc., New York
- Pijanowska, J., Kowalczewski, A., 1997, *Predators can induce swarming behaviour and locomotory responses in Daphnia*, *Freshwat. Biol.*, **37**, 649-656
- Pricope, F., 1999, *Hidrobiologie*, Ed. Ion Borcea, Bacău, 1-208
- Prygiel, J., M. Coste, 2000, *Guide méthodologique pour la mise en oeuvre de l'Indice Biologique Diatomées*, NF T90-354, Agence de l'Eau Artois-Picardie
- Ringelberg, J., 1991, *Enhancement of the phototactic reaction in Daphnia hyalina by a chemical mediated by juvenile perch (Perca fluviatilis)*, *J. Plankton Res.*, **13**, 17-25
- Ringelberg, J., 1997, *Some suggestions for future cladoceran research*, *Hydrobiologia*, **360**, 291-294
- Ringelberg, J., Flik, B.L.G., Lindenaar, D., Royackers, K., 1991, *Diel vertical migration of Daphnia hyalina (sensu latiori) in Lake Maarsseveen: Part 1, Aspects of seasonal and daily timing*, *Arch. Hydrobiol.*, **121**, 129-145
- Rosenberg, D.M., Resh, V.H., 1993, *Introduction to freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*, în Rosenberg, D.M., Resh, V.H. (ed.) *Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates*, Chapman and Hall, New York, 1-9
- Rujinschi, R.I., 1978, *Dinamica zooplanctonului lacurilor de acumulare de pe Valea Bistriței, cu referiri speciale asupra rotiferelor*, Teză de doctorat în biologie, Institutul de Științe Biologice, București, 1-166
- Cărăușu, S., Dobreanu, E., Manolache, C., 1955, *Fauna Republicii Populare Române Crustacea, Amphipoda forme salmastre și de apă dulce*, Academia Republicii Populare Române, Vol IV, Fascicula 4, București
- Sansoni, G., 2001, *Atlante per il riconoscimento dei macroinvertebrati dei corsi d'acqua italiani*, (ediția a patra), Ed. Provincia Autonoma di Trento, Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente, Trento, 1-191
- Sigeo, D., 2006, *Freshwater Microbiology: Biodiversity and Dynamic Interactions of Microorganisms in the Aquatic Environment*, Wiley et Sons, LTD, 1-524
- Slack, K.V., Averett, R.C., Greeson, P.E. și Lipscomb, R.G., 1973, *Methods for collection and analysis of aquatic biological and microbiological samples*, în *Techniques of Water-resources Investigations of the United States Geological Survey*, Book 5 US Department of the Interior, Geological Survey, Washington, DC, cap. 4A, 1-65
- Sládeček, V., 1973, *System of water quality from the biological point of view*, *Arch. Hydrobiol. Ergebn. Limnol.*, **7**, 1-218

- Spaulding, S., 2005, *Didymosphenia geminata* –Aquatic nuisance species, Current Report about Monitoring et Assessment, US Environmental Protection Agency, 1-2
- Starkweather, P.L., 1980, *Aspects of the feeding behavior and trophic ecology of suspension-feeding rotifers*, Hydrobiologia, **73**, 63-72
- Stirling, G., 1995, *Daphnia* behaviour as a bioassay of fish presence or predation, Funct. Ecol., **9**, 778-784
- Swaffar, S.M., O'Brian, W.J., 1996, *Spines of Daphnia lumholtzi ceate feeding difficulties for juvenile bluegill-sunfish (Lepomis macrochirus)*, J. Plankton Res., **18**, 1055-1061
- Timm, T., 1999, A Guide to the Estonian Annelida, Tallinn: Estonian Academy Publishers
- Tollrian, R., 1995, *Predator-induced morphological defenses: costs, life history shifts, and maternal effects in Daphnia pulex*, Ecology, **76**, 1691-1705
- Tudorancea, C., Tudorancea, M.M., 2001, *Concepts and methods used in monitoring and water quality assessment projects*, Proc. Symp. Restoration Ecology, University of Agricultural Sciences, Timișoara, 236-246
- Tudorancea, M.M., Tudorancea, C., 2002, *Are the chironomid larvae bioindicators of the water quality in running waters under urban impact?*, Verh. Internat. Verein. Limnol., **28**, 417-421
- Turin, P., Zanetti, M., Loro, R., Penna, G., 1994, *Carta della qualita biologica dei corsi d'acqua regionali*, Ed. Regione del Veneto, Dipartimento per l'Ecologia e la Tutela dell'Ambiente, Veneto
- Vannote, R.L., Minshall, G.W., Cummings, K.W., Sedell, J.R., Cushing, C.E., 1980, *The River Continuum Concept*, Canada Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, **37**, 130-137
- Walley, W.J., Hawkes, H.A., 1996, *A computer-based reappraisal of Biological Monitoring Working Party scores using data from the 1990 River Quality Survey of England and Wales*, Water Research, **30** (9), 2086-2094
- Walley, W.J., Hawkes, H.A., 1997, *A computer-based development of the Biological Monitoring Working Party score system incorporating abundance rating, biotope type and indicator value*, Water Research, **31** (2), 201-210
- Washburn, J.O., Gross, M.E., Mercer, D.R., Anderson, J.R., 1988, *Predator-induced trophic shift of a free-living ciliate: parasitism of mosquito larvae by their prey*, Science, **240**, 1193-1195
- Wetzel, R.G., 2001, *Limnology, Lake and river ecosystems*, Ed. 3, Acad. Press, San Diego, 1-1006
- Wichard, W., Arens, W., Eisenbeis, G., 2002, *Biological Atlas of Aquatic Insects*, Apollo Books, Stenstrup, Danmark, 1-339
- Willén, E., 2000, *Phytoplankton in water quality assessment – an indicator concept*, in Heinonen P., G. Ziglio, A. Van der Beken (ed.), Hydrological and Limnological Aspects of Lake Monitoring, John Wiley et Sons
- Zaret, T.M., 1980, *Predation and freshwater communities*, Yale Univ. Press, New Haven, 1187
- Zelinka, M., Marvan, P., 1961, *Zur Prazisierung der biologischen Klassifikation der Reinheit fliessender Gewasser*, Arch. Hydrobiol., **57**, 389-407
- \*\*\*, 2000, AFNOR NF-T90-350, *Indice Biologique Global Normalise I.B.G.N.*, Cahier Tehnique, Agences de l'Eau, 2eme Edition
- \*\*\*, 2000, DIRECTIVE 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy, Official Journal of the European Communities, 327/72
- \*\*\*, 2003, CEN, *Water Analysis: Fishing with Electricity (EN 14011; CEN, 2003) for wadable and non-wadable rivers*
- \*\*\*, 2009, CONSORTIUL EFI+, *Manual for the application of the new European Fish Index – EFI+*, A fish-based method to assess the ecological status of European running waters in support of the Water Framework Directive
- \*\*\*, 2010, FAUNA EUROPAEA, *Fauna Europaea version 2.4.*, <http://www.faunaeur.org>



ISBN: 978-606-37-0323-2