

**Evaluarea calității apei
râului Crișul Repede utilizând
larvele de efemeroptere
(Insecta: Ephemeroptera)
ca bioindicatori**



EDITURA UNIVERSITĂȚII



2009

Milca Petrovici

MILCA PETROVICI

**EVALUAREA CALITĂȚII APEI RÂULUI
CRIȘUL REPEDE UTILIZÂND LARVELE
DE EFEMEROPTERE (INSECTA:
EPHEMEROPTERA)
CA BIOINDICATORI**

Editura Universității din Oradea
2009

Editura Universității din Oradea
Str. Armatei Române nr. 5
410087 Oradea, Bihor
Editura este acreditată CNCSIS

Referenți:

CP 1. dr. Constantin Ciubuc - Stațiunea Zoologică Sinaia,
Universitatea București

Prof dr. Claudiu Tudorancea - Aquatic Bioservices, C3-31 Oprington
Drive, Kitchener, Ontario, Canada N2N 3G3

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României

PETROVICI, MILCA

**Evaluarea calității râului Crișul Repede, utilizând larvele de
efemeroptere (insecta ephemeroptera) ca bioindicatori / Petrovici**

Milca. - Oradea : Editura Universității din Oradea, 2009

Bibliogr.

ISBN 978-973-759-978-0

591.9(498)(28 Crișul Repede):595.734

Coperta 1: *Ecdyonurus* sp. (fotografie de Lucian Pârvulescu)

Coperta 2: Valea Drăganului (fotografie de Milca Petrovici)

Design copertă: Lucian Pârvulescu

**EVALUAREA CALITĂȚII APEI RÂULUI
CRIȘUL REPEDE UTILIZÂND LARVELE
DE EFEMEROPTERE (INSECTA:
EPHEMEROPTERA)
CA BIOINDICATORI**

MILCA PETROVICI

*Prietenilor mei clujeni, cu recunoștință,
pentru vremurile grele în care mi-au fost alături*

Timișoara, 21 decembrie 2009

CUPRINS



Introducere	10
Capitolul 1. Populația și biocenoza în ierarhia sistemelor biologice	14
Capitolul 2. Producția secundară și semnificația ei pentru circuitul materiei și transferul energiei prin ecosistemele lotice	16
2.1. Istoricul studiilor producției secundare pe plan mondial și național	17
2.2. Metode de determinare a producției secundare la efemeroptere	20
2.3. Raportul P/B	21
Capitolul 3. Caracterizarea râurilor studiate	22
3.1. Structura geomorfologică și caracteristicile rețelei hidrografice a râului Crișul Repede	22
3.2. Caracterizarea climatică a bazinului Crișului Repede	24
3.3. Solurile din bazinul Crișului Repede	26
3.4. Vegetația	27
3.5. Localizarea și descrierea stațiilor de recoltare a probelor	29
Capitolul 4. Material și metode	36
4.1. Colectarea probelor	36
4.1.1. Aparat și metode de prelevat probe	36
4.1.2. Frecvența colectărilor	38
4.2. Măsurarea parametrilor fizici și chimici ai apei	41
4.3. Prelucrarea probelor în laborator	42
4.3.1. Extragerea și identificarea faunei bentonice	42
4.3.2. Analizele granulometrice	43
4.3.3. Analizele de substanță organică din sediment	43
4.4. Experimentarea creșterii larvelor de efemeroptere în laborator	43
4.5. Evaluarea producției secundare	46
4.5.1. Biometrie la efemeroptere	46
4.5.2. Calcularea producției secundare	47
4.5.3. Clase de dimensiuni	47
4.6. Metode statistice utilizate	48

REZULTATE și DISCUȚII

Capitolul 5. Parametrii fizici și chimici ai apei și ai sedimentului din râurile cercetate	52
5.1. Viteza apei și variațiile regimului hidrologic în râurile studiate	53
5.2. Temperatura apei	62
5.3. Conținutul în oxigen al apei	67
5.4. pH-ul apei	68
5.5. Conductivitatea	69
5.6. Reziduul fix	70
5.7. Alți factori chimici ai apei	70
5.8. Duritatea apei	71
5.9. Procentul de substanță organică din sediment	71
5.10. Granulometria	74
Capitolul 6. Comunitățile de macronevertebrate bentonice din râurile cercetate	77
6.1. Structura și diversitatea comunităților macrozoobentonice	78
6.1.1. Diversitatea grupelor din bentos în afluenții Crișului Repede, Valea Drăganului și Valea Iadului, în anii 1997-1998	79
6.1.2. Diversitatea grupelor din bentos în sectorul superior al Crișul Repede, la zona de izvor (stația Șaula) și înainte de confluența cu afluenții săi majori (stația Amonte Drăgan), în anii 1997-1998	93
6.1.3. Diversitatea grupelor din bentos în sectorul inferior al Crișul Repede, la stațiile Fughiu și Cheresig, în anii 1997-1998	99
6.2. Dinamica sezonieră și anuală a grupelor din bentosul râului Crișul Repede și afluenții săi majori	105
6.2.1. Dinamica macronevertebratelor bentonice din afluenții Crișului Repede, Valea Drăganului și Valea Iadului	105
6.2.2. Dinamica macronevertebratelor bentonice din sectorul superior al Crișului Repede	107
6.2.3. Dinamica macronevertebratelor bentonice din sectorul inferior al Crișului Repede	110
Capitolul 7. Structura și dinamica populațiilor de efemeroptere din râurile cercetate	113
7.1. Compoziția pe specii a comunităților de efemeroptere din Crișul Repede și afluenții săi	113
7.2. Prezența și importanța larvelor de efemeroptere în cadrul macrozoobentosului din Crișul Repede	125

7.3. Diversitatea și echitabilitatea speciilor de efemeroptere la stațiile de pe Crișul Repede și afluenții săi	126
7.4. Relația lungime – greutate pentru larvele de efemeroptere din Crișul Repede și afluenți	143
7.5. Populațiile dominante din structura asociațiilor de efemeroptere din Crișul Repede și afluenți	148
7.6. Analiza de varianță (ANOVA) pentru densitățile efemeropterelor la stațiile studiate	154
7.7. Structura și dinamica populațiilor dominante de efemeroptere	155
7.7.1. Dinamica mărimii populațiilor dominante	155
7.7.2. Modele de distribuție spațială	168
Capitolul 8. Ciclul de viață al speciilor dominante de efemeroptere din râurile cercetate	190
8.1. Structura pe clase de dimensiuni a populației, ciclul de viață și tipul de voltinism al speciei <i>Habroleptoides modesta</i>	190
8.2. Structura pe clase de dimensiuni a populației, ciclul de viață și tipul de voltinism al speciei <i>Rhithrogena semicolorata</i>	191
8.3. Structura pe clase de dimensiuni a populației, ciclul de viață și tipul de voltinism al speciei <i>Ephemerella ignita</i>	193
8.4. Structura pe clase de dimensiuni a populației, ciclul de viață și tipul de voltinism al speciei <i>Baëtis rhodani</i>	195
8.5. Structura pe clase de dimensiuni a populației, ciclul de viață și tipul de voltinism al speciei <i>Caenis luctuosa</i>	197
8.6. Structura pe clase de dimensiuni a populației, ciclul de viață și tipul de voltinism al speciei <i>Potamanthus luteus</i>	198
Capitolul 9. Producția secundară a populațiilor de efemeroptere	217
9.1. Producția secundară și raportul P/B la <i>Habroleptoides modesta</i>	218
9.2. Producția secundară și raportul P/B la <i>Rhithrogena semicolorata</i>	222
9.3. Producția secundară și raportul P/B la <i>Ephemerella ignita</i>	225
9.4. Producția secundară și raportul P/B la <i>Baëtis rhodani</i>	227
9.5. Producția secundară și raportul P/B la <i>Caenis luctuosa</i>	231
9.6. Producția secundară și raportul P/B la <i>Potamanthus luteus</i>	234
9.7. Producția secundară și calitatea apei	236
Concluzii	238
Rezumat / Summary	243
Bibliografie	256

Introducere

EFEMEROPTERELE ȘI IMPORTANȚA LOR ÎN ECOSISTEMELE LOTICE



Efemeropterele constituie unul din principalele ordine ale faunei de macronevertebrate bentonice ale ecosistemelor lotice (Brittain, 1982), având pe plan mondial cca 2000 de specii, grupate în 310 genuri și 19 familii (Hubbard, 1990).

Efemeropterele se găsesc în aproape toate apele dulci din lume, cu excepția Antarcticii, regiunea înaltă a Arcticii și câteva insule oceanice. Câteva specii de Baëtidae din America de Sud sunt aparent semiterestriale.

Stadiile imature ale acestor insecte sunt acvatice, având o particularitate: odată finalizată creșterea larvei, aceasta iese la suprafața apei, își părăsește ultima cămașă pupală și se transformă în organism aripat; acesta nu este însă capabil de reproducere, fiind cunoscut sub numele de subimago. Acest stadiu durează câteva ore și se finalizează cu o ultimă năpârlire, în urma căreia rezultă un imago capabil de reproducere. Durata de viață scurtă a acestui adult caracterizează de asemenea efemeropterele, ea putând varia între 1-2 ore și 14 zile (la speciile ovovivipare).

Prezența în viața acestor insecte a unui stadiu înaripat, alături de preferențialitatea larvelor pentru fenomenul de drift, contribuie la faptul că aceste insecte sunt printre primele care colonizează habitatele virgine de tipul albiilor cu regim temporar de apă, precum și după execuția unor lucrări hidrologice care produc perturbări majore ale patului râurilor (îndiguiri, construcția de baraje, etc.).

Datorită diversității mari în ecosistemele lotice din regiunile temperate, efemeropterele reprezintă o verigă importantă a lanțurilor trofice, situându-se între producătorii primari și consumatorii secundari (ca de exemplu, peștii). Mult mai recent, aceste organisme au început să fie folosite ca și indicatori importanți în studiile privind calitatea apei, datorită sensibilității acestora față de diferiți poluanți. În plus, o altă problemă de actualitate cum este cea referitoare la efectele amenajărilor hidrotehnice a cursurilor unor râuri, a putut fi urmărită cu ajutorul studiilor asupra structurii comunităților de efemeroptere, a ciclului de viață al speciilor și mult mai recent, utilizând datele de producție secundară. Aceste insecte sunt afectate îndeosebi în cazul construirii de baraje cu deversări de apă din profundul lacului de acumulare, însă unii autori (Giberson și Cobb, 1995) pun la îndoială totuși faptul că populațiile de efemeroptere ar suferi modificări majore.

Stadiul cercetărilor pe plan mondial și național

Primele observații asupra efemeropterelor își au originea în Grecia Antică, când Aristotel urmărește și descrie viața de 24 de ore a unor efemeroptere. C. Linné definește pentru prima dată aceste insecte arătând că larvele lor sunt acvatice iar adulții sunt terestrii. Primul care studiază acest grup în mod detaliat a fost Swammerdam care publică lucrarea „Ephemerita vitula” în care sunt prezentate date detaliate asupra biologiei și anatomiei unei specii din genul *Palingenia* (Swammerdam, 1675, după Benke, 1982).

Studii referitoare la producția secundară pentru multe grupuri de animale din diferite medii de viață, inclusiv pentru efemeropterele din ecosistemele lotice, au fost făcute în cadrul Programului Biologic Internațional (I.B.P.). Acesta a reprezentat un program internațional de coordonare a studiilor axate pe cunoașterea bazelor biologice ale productivității.

În regiunea holarctică studii ample asupra ciclului de viață și producției secundare la larvele de efemeroptere au fost făcute de mai mulți autori, printre care amintim: Pleskot, 1958; Langford, 1971; Thibault, 1971; Benech, 1972; Jensen, 1978; Humpesh, 1979; Ghetti et al., 1979; Cianciara, 1979a, 1979b; Macan, 1980; Wise, 1980; Mielewczyk, 1981; Bengtsson, 1988; Ciborowsky și Clifford, 1983; Alba-Torcedor, 1984; Elliot et al., 1988; Sauter, 1992; Puig, 1991, 1999.

În România au fost făcute numai studii referitoare la sistematica și răspândirea efemeropterelor. Dintre autorii preocupați de aceste subiecte amintim: Bogoescu (1952; 1956; 1957; 1958; Bogoescu și Tăbăcaru, 1956; Bogoescu și Tăbăcaru, 1958), Miron (1959), Tăbăcaru (1956), Rogoz (1974; Rogoz și Bogoescu, 1972). După anul 1990 o contribuție importantă a avut-o Găldean, care a abordat aspecte ale zoogeografiei larvelor de efemeroptere, precum și ale utilizării acestor organisme la împărțirea râurilor în zone și în studiile referitoare la capacitatea de suport a unor ecosisteme acvatice (Găldean, 1992a; 1992b; 1994; 1997; Găldean și Staicu, 1997).

Lipsesc însă aproape cu desăvârșire studii referitoare la analiza dinamicii populațiilor de efemeroptere, a ciclului lor de viață, precum și date asupra producției secundare. Pentru larvele de efemeroptere din râurile din România singurul studiu al producției secundare a fost făcut de Puinean (2001), care a avut în vedere specia *Baëtis rhodani* din Barcău (bazinul Crișului Repede).

Obiectivele cercetării

Lucrarea de față își propune să abordeze unele aspecte ale ecologiei populațiilor de efemeroptere din perspectiva modului în care aceste organisme răspund la schimbarea calității mediului. Pentru aceasta, a fost ales râul Crișul Repede, care este principalul râu din zona de vest a țării, oferind totodată și posibilitatea urmăririi unor aspecte referitoare la schimbarea calității apei în urma traversării unui oraș, cu o industrie bine dezvoltată (Oradea). Totodată, acest râu prin prezența în zona montană a celor doi afluenți majori (Drăganul și Iadul), a oferit oportunitatea investigării unor aspecte referitoare la modul în care barajele afectează fauna din râu.

Au fost stabilite ca obiective principale următoarele:

- Evaluarea stării actuale a faunei de macronevertebrate bentonice a Crișului Repede, de la izvoare și până la ieșirea acestuia din țară, precum și a celor doi afluenți principali ai săi, concomitent cu evaluarea locului ocupat de efemeroptere și a importanței acestora în cadrul faunei bentonice din acest râu.
- Stabilirea modului în care efemeropterele răspund la degradarea calității apei prin modificările structurii, diversității și abundenței speciilor respective.
- Elucidarea unor aspecte referitoare la ciclul de viață al speciilor dominante în condițiile altitudinale și climatice ale râului Crișul Repede.
- Testarea corectitudinii utilizării datelor de producție secundară în studiile referitoare la monitorizare calității apei din râuri și a avantajelor care rezultă din aceasta.

În vederea atingerii obiectivelor propuse, s-au luat în considerare următoarele aspecte prioritare:

- Stabilirea unui program de prelevare a probelor, urmat de o prelucrare a lor în laborator, în așa mod încât să permită o analiză cât mai completă a parametrilor structurali ai comunităților bentonice, la o scară de timp adecvată scopului propus.
- Cunoașterea preliminară a diversității faunei de macronevertebrate bentonice de pe tot cursul Crișului Repede, precum și a celor doi afluenți principali.
- Analiza concomitentă a factorilor de control externi care afectează structura comunităților bentonice în general și a larvelor de efemeroptere în mod special și asocierea acestora cu diferiți parametri populaționali.

- Urmărirea diversității faunei de efemeroptere de-a lungul Crișului Repede și în afluenții săi, precum și dinamica în timp a densității acestora (numerice și de biomasă), a abundenței și a frecvenței lor.
- Identificarea speciilor dominante la fiecare stație în parte, care au rol important în desfășurarea proceselor ecologice fundamentale, fiind verigi principale de transfer a energiei stocate în detritusul sedimentat sau în cel al producătorilor primari, spre nivelele superioare, ale consumatorilor secundari.
- Stabilirea relației dintre dimensiunile larvelor și greutatea acestora, în vederea calculării densității în termeni de biomasă și a producției secundare.
- Analiza ciclului de viață al speciilor dominante de efemeroptere și stabilirea totodată a tipului de voltinism care caracterizează speciile respective.
- Estimarea producției secundare și a biomasei medii anuale pentru aceste specii dominante, precum și legătura acestor date cu factorii de mediu, pentru testarea utilizării acestor parametri în viitor în studiile de monitorizare a calității apei din râuri.
- Calcularea relației dintre producție și biomasă la speciile dominante, în scopul aflării ratei de reînnoire a biomasei acestora.
- Valorificarea rezultatelor cercetărilor într-o bază sistemică de date și cunoștințe care să se constituie ca punct de referință pentru cercetări ulterioare privind evoluția în timp a calității apei din Crișul Repede.



Capitolul 1

POPULAȚIA ȘI BIOCENOZA ÎN IERARHIA SISTEMELOR BIOLOGICE

Materia vie prezintă mai multe nivele de organizare, definiția unui nivel de organizare fiind dată de Botnariuc (1976) ca fiind „ansamblul de sisteme biologice echivalente, cu caracter de universalitate, care cuprinde deci, la fiecare nivel dat, întreaga materie vie, fără excepții”.

Populația și biocenoza reprezintă nivele de organizare a materiei vii, având ca nivel inferior, pe cel individual, iar ca nivel superior, pe cel al biosferei; această ierarhie a nivelelor de organizare este bazată, în esență, pe relații funcționale, spre deosebire de ierarhia unităților taxonomice, care este bazată pe relații de înrudire între taxoni.

Părerea ecologilor despre primul nivel de organizare a materiei vii după cel al individului, nu sunt unanime, unii autori considerându-l reprezentat de către populație, iar alții de către specie. Marea majoritate le consideră însă în cadrul aceluiași nivel de organizare.

Populația, ca formă fundamentală de existență a speciei este primul nivel supraindividual capabil de existență și de evoluție de sine stătătoare timp nedefinit (prin această înțelegându-se capacitatea populației de a trăi în izolare reproductivă față de alte populații, dar nu și în izolare funcțională). Durata de existență a populației este determinată ecologic (și de aceea este nedefinită), spre deosebire de cea a nivelului de organizare inferior (nivelul individual), care este determinată genetic (fiind deci, finită) (Botnariuc și Vădineanu, 1982).

Definiția dată de Odum (1971) populației, ca fiind un grup de organisme din aceeași specie (sau care este alcătuit din indivizi capabili de schimb informațional, genetic), care ocupă un anumit spațiu și care are anumite caracteristici ce pot fi exprimate cel mai bine prin funcții statistice (particulare numai grupului, nu și a indivizilor), exprimă succint caracteristicile acesteia. Astfel, se disting câteva dintre caracteristici ale populațiilor, cum ar fi: densitatea, rata nașterilor, rata mortalității, rata creșterii, structura pe vârste a populației, dispersia, etc., acestea nefiind întâlnite la nivel individual. Populațiile de asemenea, posedă caracteristici legate direct de ecologia populațiilor: adaptabilitatea, valoarea selectivă a reproducerii și persistența (probabilitatea de a produce descendenți perioade lungi de timp).

Una dintre caracteristicile fundamentale ale sistemului populațional îl reprezintă relațiile intraspecifice, care sunt contradictorii și totodată, unitare. Aceste relații determină o anumită organizare a populațiilor, ceea ce conduce la existența unei structuri și funcții proprii fiecărei populații.

În mod similar populațiilor și biocenozele sunt sisteme biologice supraindividuale, imediat următoare acestora. Definiția dată de Odum biocenozei (1971) poate fi rezumată ca fiind orice ansamblu de populații care trăiesc într-un anumit teritoriu sau habitat fizic determinat, fiind o unitate astfel organizată încât are caracteristici diferite de cele ale indivizilor sau ale populațiilor componente; biocenoza funcționează deci, ca o unitate, prin transformări metabolice cuplate. În altă ordine de idei, biocenoza reprezintă partea vie a ecosistemului, alături de biotop, având structura și funcțiile integrate în structura și funcțiile ecosistemului ca întreg (Botnariuc, 1976).

Din cauza diferențierii structurale dar mai ales funcționale a populațiilor, care au caracter complementar, coexistența acestora într-o biocenoză este obligatorie, de aici rezultând o caracteristică a biocenozei, și anume, cea a integralității ei. Cu cât populațiile vor fi mai interdependente, cu atât va fi mai accentuată integralitatea biocenozei respective.

În cadrul biocenozei, funcția principală a populației este cea de verigă în acumularea și transferul de materie, energie și informație. Populația este doar verigă din acest proces, deoarece aceste funcții ale unei populații sunt complementare cu funcțiile corespunzătoare ale altor populații, în afara cărora populațiile nu pot exista.

Interdependența populațiilor care se materializează prin dezvoltarea unor anumite relații interspecifice stau la baza productivității biologice a biocenozei. Deși fiecare populație are însușirea productivității biologice, aceasta nu se poate realiza decât în corelație funcțională (interdependență) cu cea a altor populații. Din acest motiv, productivitatea biologică apare, în ierarhia sistemică, pentru prima dată la nivelul biocenzelor. Productivitatea biologică a sistemelor superioare biocenozei este rezultatul sumării productivității

Capitolul 2



PRODUCȚIA SECUNDARĂ ȘI SEMNIFICAȚIA EI PENTRU CIRCUITUL MATERIEI ȘI TRANSFERUL ENERGIEI PRIN ECOSISTEMELE LOTICE

Cunoașterea producției secundare în general și a insectelor acvatice în mod special, are o semnificație ecologică deosebit de importantă, atât din perspectiva populației, cât și din cel al întregii comunități. Din punct de vedere al dinamicii populației, ea combină într-o singură valoare doi parametrii importanți: creșterea individuală și supraviețuirea populației, ambii considerați a avea o mare semnificație ecologică. Din punct de vedere al comunității, estimările producției secundare au o importanță deosebită în încercarea de a cuantifica fluxul energiei prin diversele nivele trofice.

Pentru organismele individuale producția secundară este creșterea corpului propriu. Dacă ne referim la un ecosistem, producția este energia care este disponibilă pentru a fi transmisă următorului nivel trofic, iar pentru un consumator, ea este echivalentul producției nivelelor trofice inferioare lui de care depinde existența sa (Botnariuc și Vădineanu, 1982). Unitatea de măsură poate fi înțeleasă ușor dacă vom considera în considerare definiția dată de Edmondson și Winberg (1971) producției secundare, ca fiind rata de producere a materiei organice vii (biomasă) într-un anumit interval de timp; unitatea de măsură este deci, cantitatea de biomasă sau energie / unitate de areal / unitate de timp. Cel mai adesea se utilizează $\text{mg (g) de substanță uscată / m}^2 \text{ (m}^3\text{) / an}$, sau $\text{Kcal / m}^2 \text{ (m}^3\text{) / an}$, dacă exprimarea biomasei se face în termeni energetici.

Măsurarea ratelor de producție a tuturor nivelelor trofice a primit importanță odată cu creșterea interesului pentru cuantificarea dinamicii ecosistemelor, deoarece producția este una din căile majore de transfer a energiei.

Producția secundară nu are metode directe specifice de măsurare pentru că producătorii secundari includ mai mult decât un nivel trofic, iar ratele de producție pentru mai multe nivele trofice nu sunt cumulative.

Toate metodele de estimare ale producției secundare sunt aplicabile doar unei populații specifice și nu pentru comunități de mai multe specii. Dacă suma biomaselor populațiilor specifice este egală cu biomasa comunității, acest lucru nu este corect în cazul producției. Însă, este posibil să se însumeze producția pentru toate populațiile specifice din biocenoză, cu condiția însă ca toate să fie situate pe

același nivel trofic. Ca o regulă, zooplanctonul și zoobentosul conțin cel puțin două nivele trofice: erbivorele și prădătorii de prim ordin. În cel mai simplu caz unei biocenoze care este constituită doar din aceste nivele trofice i se poate aproxima producția scăzând consumul prădătorilor din producția erbivorelor și adăugând producția prădătorilor. Oricum, un astfel de calcul prezintă dificultăți majore și se face în prezent doar cu aproximație. Metode de aproximare a producției totale a unei biocenoze sunt foarte slab dezvoltate (Edmondson și Winberg, 1971).

Măsurarea producției secundare a intrat în atenția ecologilor mult după cea a producției primare, motivul fiind dificultatea aplicării modelelor teoretice la organisme cu ciclu de viață complex (larve insectelor acvatice). În plus, toate metodele de cercetare necesită un număr foarte mare de probe din cauza variabilității mari a distribuției ce rezultă din erorile de colectare, există o eroare sistematică în prelevarea probelor, sortarea și analiza probelor de obicei este dificilă, scumpă, mare consumatoare de timp și de aceea descurajează cercetătorii.

2.1. Istoricul studiilor producției secundare pe plan mondial și național

Noțiunile fundamentale ale biologiei productivității nu sunt clar și univoc definite, literatura de specialitate fiind deosebit de bogată în discuții asupra sensului și definițiilor noțiunilor larg utilizate de “producție” și “productivitate”.

Thienemann (1918) în studiile asupra lacurilor din Germania a încercat să dea o definiție a acestor două noțiuni; el a făcut o distincție între cantitatea de materie organică produsă per unitatea de areal, cea produsă per unitatea de areal per timp și cantitatea de substanță organică produsă de organisme la care a adăugat și excrețiilor lor; toate aceste cantități reprezintă măsurători necesare în studiul producției secundare, dar fiecare reprezintă procese diferite. Primul care a făcut însă o evaluare efectivă a producției secundare a fost Boysen-Jensen (1919), care a studiat producția nevertebratelor marine bentonice (Benke, 1984).

Mulți ecologi care au calculat producția secundară ulterior lui Thienemann nu au ținut cont de definițiile acestuia, existând astfel confuzii. Birge și Juday (1922) au atras atenția asupra necesității de a se face distincție între materia organică existentă la un moment dat (standing crop) și rata de “turnover” a materiei.

MacFadyen în 1949 a făcut o sinteză asupra sensurilor atribuite termenului de “producție” și a confuziilor care au derivat din înțelegerea greșită a acestuia.

Termenul poate fi clarificat dacă urmărim curgerea energiei prin ecosistem; energia intră în sistem din surse aflate în afara lui: soarele, materia organică vie sau

nevie; odată intrată, energia este asimilată sau eliminată prin excreții; aceasta nu presupune însă, că toată energia asimilată se acumulează, o parte din ea fiind cheltuită în metabolism. Primul model al energeticii sistemelor biologice bazat pe această schemă a fost conceput de către Lindemann (1942) în lucrarea sa: „The trophic-dynamic aspect of ecology”, însă primul care a recunoscut în această schemă înțelesul de “producție” a fost Odum 1956.

La început producția a fost înțeleasă în sens static, ca fiind biomasa sau numărul de organisme existent la un moment dat. În timp, termenul a început să fie înțeles în sens dinamic, ca fiind cantitatea de substanță organică care se adaugă populației sau biocenozei într-un anumit timp.

Noțiunea de “productivitate” a fost introdusă de Riley în 1940 și a fost formulată apoi mai pe larg de Lindemann (influențat de Hutchinson) ca fiind rata cu care energia este acumulată într-un anumit nivel trofic (“true productivity”).

Kozlovsky (1968) a remarcat că “true productivity” în sensul descris de Lindemann s-ar referi la producția primară brută (de la autotrofe) sau la asimilație (de la animale); din păcate această greșeală a fost repetată în lucrările lor atât de Clarke (1946), cât și de Allee împreună cu colaboratorii săi (1949).

Astăzi termenul de productivitate secundară este înțeles în sens de “productivitate secundară netă”.

Un mai recent studiu retrospectiv asupra producției în ecosistemele acvatice a fost făcut de Mann (1969) în lucrarea sa: „The dynamics of aquatic ecosystem” care tratează procesele și metodele de studiu ale producției la toate nivelele trofice, în mediile acvatice marine și dulcicole (râuri și lacuri).

Prima sinteză asupra producției nevertebratelor bentonice din râuri a fost cea a lui Hynes (1970) în lucrarea: „The Ecology of Running Waters”.

O bună apreciere a producției secundare a tuturor grupurilor de nevertebrate a fost făcută de Hall și colaboratorii săi (1970) care a lucrat cu heleștee experimentale, râuri artificiale, experimente în acvariu, ape hrănite artificial sau fertilizate.

Unele lucrări nu se referă strict la studiul producției, dar au date despre dinamica populației și tabele de viață din care se poate calcula rata producției secundare (Gehrs și Robertson, 1975).

Măsurători ale producției secundare pentru multe grupuri de animale din diferite medii de viață au fost făcute în cadrul Programului Biologic Internațional (I.B.P.); acesta a constituit un program internațional de coordonare a studiilor axate pe cunoașterea bazelor biologice ale productivității.

Multe rezultate directe al I.B.P. au condus la o serie de publicații cu metode de studiu diverse aplicate la grupuri diferite:

- pentru erbivorele terestre : Golley și Buechner, 1968;
- pentru pești : Ricker, 1968;
- producție primară : Vollenweider, 1969;
- producție secundară acvatică : Edmondson și Winberg, 1971;
- producție secundară a bentosului marin : Holme și McIntyre 1971;
- producție microbiană: Sorokin și Kadota, 1972.

În mod direct sau indirect I.B.P. a condus la apariția multor lucrări în jurnale științifice referitoare la producția secundară; sfârșitul "oficial" al acestui program (1974), a coincis cu Primul Congres Internațional de Ecologie.

Mult mai recent rata producției secundare a început să fie utilizată ca și indicator sensibil al perturbării calității apei, acest subiect nefiind încă bine integrat în temele de cercetare pe plan mondial.

În marea majoritate a acestor studii, măsurarea producției secundare a constat de fapt în măsurarea producției nete. Dacă se adaugă la aceasta respirația (R) și excreția (U) se obține asimilația (A):

$$A = P + R + U$$

În practică însă, asimilația este aproximată ca fiind obținută prin sumarea producției și a energiei cheltuite prin respirație, excreția fiind de obicei, neglijată (Benke, 1996).

Primele cercetări de evaluare a producției secundare și a fluxului energetic la nivel populațional au fost efectuate în România de Tudorancea și Florescu (1968a, 1968b, 1968c, 1969a, 1969b), Tudorancea (1969a, 1969b, 1972), Tudorancea și Spineanu (1971). Au urmat ulterior lucrări: Vădineanu (1980), Godeanu și Zinevici (1981), Botnariuc *et al.* (1981), Diaconu (1985), Ignat (1986), Rîșnoveanu și Ignat (1993), Naforniță și Ignat (1996), Rîșnoveanu (1999), Rîșnoveanu și Vădineanu (2000). Acestea toate se referă strict la organisme din ecosistemele lentic.

Asupra speciilor reofile în România singurele studii referitoare la producția secundară au fost făcute de către Ciubuc (1986) la populațiile de *Gammarus balcanicus* din câțiva afluenți ai râului Prahova.

Pentru larvele de efemeroptere din râurile din România singurul studiu al producției secundare a fost făcut de Puinean (2001), care a avut în vedere specia *Baëtis rhodani* din sectorul superior al râului Barcău (bazinul Crișului Repede).

În România nu au fost făcute până în prezent cercetări asupra utilizării producției secundare a nevertebratelor bentonice ca și indicator al stării de degradare a calității apei.

2.2. Metode de determinare a producției secundare la efemeroptere

Dintre toate metodele descrise până în momentul de față (metoda însumării eliminărilor, metoda sumării creșterilor, metoda calculării ratei de creștere instantanee, metoda construirii curbei lui Allen, metoda Hynes - Hamilton), cea mai aplicată metodă pentru calcularea producției secundare la larvele de efemeroptere este cea a lui Hynes - Hamilton.

Metoda Hynes - Hamilton

Ca o soluție la problemele majore ridicate de identificarea corectă a unei cohorte, alături de cele legate de cheltuielile legate de colectarea și sortarea multor probe, Hynes sugerează în 1961 o nouă metodă de calcul a producției secundare. Soluția sa a constatat în calcularea producției ca fiind o sumă a pierderilor dintre două grupe de mărimi succesive, mai degrabă decât ca o sumă a pierderilor dintre timpuri succesive. Obiectivul său a fost o aproximare a ratei de producție pentru un grup de specii ale căror efective se pot grupa pe clase de mărimi, fără a fi nevoie de o identificare a cohortelor individuale (Edmondson și Winberg, 1971). Această metodă mai poartă și numele de „metoda frecvenței pe clase de mărimi”.

Erorile conceptuale din metoda originală au fost ulterior parțial corectate de către Hynes și Coleman în 1968, iar Hamilton (1969) îmbunătățește metoda.

Principiul metodei constă în sortarea organismelor din probe în grupuri de dimensiuni (cele la o diferență de 1 mm fiind considerate cele mai convenabile pentru nevertebratele bentonice) și calcularea efectivului de indivizi pentru întreaga perioadă de colectare a probelor, pentru fiecare clasă de dimensiuni; astfel se pot determina pierderile în număr dintre două clase succesive de dimensiuni, care se multiplică cu greutatea medie, în vederea obținerii pierderilor în greutate; acestea înmulțite cu un factor egal cu numărul grupelor de dimensiuni și adunate în final, dau o estimare a producției secundare. Valorile negative trebuie incluse în sumă în mod algebric (Hamilton, 1969; Benke și Waide, 1977).

Această metodă a fost criticată de unii ecologi ca fiind imprecisă și sprijinită de alții deoarece oferă o estimare a producției secundare atunci când nici o altă metodă nu poate fi folosită. Zwick (1975) a avut câteva obiecții la această metodă, în special referitoare la creșterea liniară a indivizilor, însă în accepțiunea lui Hamilton, creșterea neliniară are o mai mică influență asupra estimării producției

totale; în acest scop au fost făcute studii comparative între metodele cunoscute până acum și s-a ajuns la concluzia că metoda lui Hamilton dă rezultatele cele mai corecte, chiar și atunci când e vorba de o creștere neliniară a indivizilor.

Benke aduce în 1979 îmbunătățiri acestei metode, sugerând că producția secundară a larvelor de insecte acvatice calculată astfel, nu ține cont de perioada pe care acestea și-o petrec sub formă de pupă, adulți sau ouă. De aceea, autorul propune înmulțirea producției cu un factor egal cu raportul 365 / IPC, unde IPC este Intervalul de Producție al Cohortei (timpul în zile de la eclozarea larvulei și până la părăsirea mediului acvatic de către adultul aripat). Această modalitate de calcul a fost utilizată de cei mai mulți dintre autorii care au estimat producția secundară a nevertebratelor bentonice în general sau a efemeropterelor în mod special (Dudgeon 1996; Giberson și Galloway, 1985; Iversen și Dall, 1984; McClure și Stewart, 1976; Morin și Bourassa, 1992; Perán *et al.*, 1999; Puig, 1999; Smock și Roeding, 1986; Waters, 1965; Waters și Crawford, 1973; Winterbourne, 1974). În unele situații, aplicarea acestei corecții ar putea duce la supraestimări a producției secundare și de aceea ea nu a fost folosită în toate studiile (Tudorancea *et al.*, 1979).

2.3. Raportul P / B

Raportul dintre producție (P) și biomasa medie anuală (B) reprezintă rata de reciclare a biomasei medii (rata de „turnover”), fiind un parametru deosebit de important care evidențiază în mod semnificativ voltinismul speciei. În funcție de termenii acestui raport se cunosc două tipuri:

- raportul P/B pentru cohortă. Reprezintă raportul dintre producție unei cohorte (reale sau ipotetice) și biomasa medie pentru acel interval de timp în care cohorta are o dezvoltare completă. Această perioadă de timp, după cum am menționat mai sus, a fost denumită de către Benke (1979), Intervalul de Producție al Cohortei (IPC). Biomasa medie pentru IPC se obține prin împărțirea biomasei totale la numărul de clase de dimensiuni. Pentru populațiile de insecte acvatice, valorile acestui raport P/B al cohortei se situează cel mai adesea în jurul valorii de 5 (Benke, 1984; Waters, 1979), însă în diverse condiții, el poate lua valori între 2 și 8 (Waters, 1969);

- raportul P/B anual. Reprezintă producția raportată la biomasa medie pentru întregul an. Valoarea acestei biomase este obținută împărțind biomasa totală la numărul total de date la care au fost prelevate probe (Benke, 1984).

Capitolul 3



CARACTERIZAREA RÂURILOR STUDIATE

3.1. Structura geomorfologică și caracteristicile rețelei hidrografice a râului Crișul Repede

Crișurile și râurile aferente sistemului lor drenează versanții din nord, vest și sud ai Munților Apuseni și o parte din Câmpia de Vest (a Tisei) totalizând o suprafață de 25.537 km², din care 14.880 km² pe teritoriul României. Componentii principali ai sistemului traversează granița spre Ungaria, unde se înmănunchează în cuprinsul zonei de subsidență cunoscută sub denumirea de Câmpia Crișurilor.

Râurile care formează Sistemul Crișurilor sunt de la nord la sud următoarele: Ierul sau Eriul (S = 1437 km², L = 107 km), Barcăul sau Bereteul (S = 1977 km², L = 118 km), Crișul Repede (S = 2425 km², L = 148 km), Crișul Negru (S = 4476 km², L = 144 km) și Crișul Alb (S = 3957 km², L = 238 km). Din cauza lungimii sale ca izvor este socotit Crișul Alb care se întâlnește pe teritoriul Ungariei cu Crișul Negru, formând Crișul Dublu. În acesta se varsă și Crișul Repede, după ce acesta a primit râurile Barcău și Ier. Lungimea totală a râurilor cu afluenții lor este de 3345 km.

Relieful inclus în bazinul Crișurilor este format în proporție de 0.2% din munți înalți (1600 – 1900 m), 0.5% din munți de înălțime mijlocie (1200 – 1400 m), 20.5% din dealuri și podișuri (200 – 400 m) și 52% din câmpii (70 – 100 m).

Sistemul Crișului Repede drenează versanții nordici ai masivelor Gilău – Vlădeasa și Pădurea Craiului, fiind singurul râu care izvorăște din partea de est a acestor munți pe care îi traversează în întregime, trecând peste Câmpia Tisei. Unitățile de relief drenate în parte sau total de acest râu sunt de două tipuri: montane și depresionale. Cele montane au adesea și aspect deluros, cuprinzând patru masive principale: Vlădeasa, la care se adaugă spre est un petec din Gilău, Pădurea Craiului, Plopiș și Meseș. Partea cea mai joasă a bazinului hidrografic este suprapusă peste două golfuri depresionale ce pătrund adânc în inima muntelui: depresiunea Huedin și depresiunea Oradea – Borod. Bazinul său este asimetric deoarece afluenții săi din dreapta care vin dinspre Mezeș și Plopiș, lipsesc aproape cu desăvârșire sau au dimensiuni reduse.

Cursul Crișului Repede s-a format în urma unor captări regresive, prin care râul a traversat cumpăna morfologică dintre masivele Plopiș - Mezeș și Vlădeasa, pătrunzând în Depresiunea Huedinului, unde își are și izvoarele. Cursul lui

superior trece prin mai multe chei și depresiuni tectono-erozive, iar în aval printr-un culoar care se transformă spre Câmpia de Vest într-un golf larg.

Crișul Repede izvorește de la altitudinea de 710 m în apropiere de localitatea Izvorul Crișului, într-o zonă deluroasă. Zona de izvoare are pante relativ mari (cca. 15 m/km), însă între Huedin și Morlaca, unde traversează epigenetic sâmburele cristalin din fundament, pantele râului scad până la 3-5 m/km. Între izvoare și până în aval de Huedin râul este înconjurat de terenuri agricole, fânețe și pajiști umede. Râul părăsește Depresiunea Huedinului în aval de Bologa, după ce primește ca afluent pe Săcuieul ($S = 227 \text{ km}^2$, $L = 41 \text{ km}$).

Începând de la localitatea Poieni, pantele râului cresc din nou la 6-7 m/km, după care acesta pătrunde în Depresiunea Ciucea-Negreni, unde se observă aluvionări puternice, cu o mobilitate mare a albiei. Aici râul are caracter predominant montan, transportând în unele locuri bolovani care ating dimensiunea de 30-40 cm. Depresiunea reprezintă totodată și o mică „piață” de adunare a apelor, unde pe lângă afluentul său cel mai important Drăganul, sosit de sub poalele Vlădesei, primește și alți doi afluenți mai mici: Poicul și Semenii.

Drăganul ($S = 256 \text{ km}^2$, $L = 40 \text{ km}$), cel mai mare afluent al Crișului Repede, izvorăște de la altitudinea de 1500 m de sub Piatra Bohodeiului (1654 m), având o cădere în jur de 26 m/km până la vărsare. Potențialul hidroenergetic al acestui afluent este mare, acesta culegându-și apele de pe versantul vestic al Vlădesei, în condițiile unei umidități deosebit de bogate (scurgerea medie în jur de 800-1200 mm). Panta mare și potențialul hidroenergetic ridicat al acestei văi a permis construirea unui lac de acumulare (120 m înălțimea barajului, 112 mil. m^3 volum și 290 ha suprafață) și a unei hidrocentrale cu o putere instalată de 100 MW (Regulament de exploatare a amenajărilor hidroenergetice din Bazinul Hidrografic al Crișului Repede. Renel – Filiala Electrocentrale Oradea. Uzina Electrică Crișuri).

Crișul Repede părăsește depresiunea Ciucea-Negreni la Bucea, unde râul pătrunde în defileul format între masivul Plopișului din dreapta și culmea Scorușeț-Dealul Mare din stânga, format din șisturi cristaline. În defileu vegetația văii prezintă caracteristicile vegetației etajului montan, valea strânsă fiind acoperită de păduri de fag, iar pe stâncile de calcar apare o vegetație saxicolă.

După defileu, Crișul Repede primește pe cel de-al doilea afluent important, Valea Iadului ($S = 223 \text{ km}^2$, $L = 44 \text{ km}$) care izvorește de sub Vârful Poienilor (1627 m). Imediat după obârșie, acest râu intră în mica depresiune de la Stâna de Vale. De aici râul își formează în masivul eruptiv riolitic un defileu lung, cu multe căderi

mari de apă. Primul său afluent mai important este Valea Leșului, pe care s-a construit un lac de acumulare, Leșul Ursului (59 m înălțimea barajului, 28.4 mil.m³/volum și 148 ha suprafață), folosit pentru hidroenergie (Regulament de exploatare a amenajărilor hidroenergetice din Bazinul Hidrografic al Crișului Repede. Renel – Filiala Electrocentrale Oradea. Uzina Electrică Crișuri). În aval, pe aceeași parte, valea este străjuită de formațiunile calcaroase ale Pădurii Craiului, iar pe partea dreaptă de șisturi cristaline. Afluenții Iadului sunt de dimensiuni reduse, cel mai mare fiind Dașorul ($S = 32 \text{ km}^2$, $L = 8 \text{ km}$).

În aval de Șuncuiș, Crișul Repede pătrunde în defileul carstic epigenetic de la Vad, unde în albia râului apar o serie de izvoare carstice, iar din Peștera Vadului se formează un adevărat pârâu, cu un debit mediu de 212 l/s.

După Vadul Crișului râul primește pe cel mai mare afluent al său din dreapta, Borodul ($S = 116 \text{ km}^2$, $L = 14 \text{ km}$), care își culege apele din apropierea Pietrii Craiului. Pantele mari de 3.5 m/km, se mențin încă între Aleșd și Tileagd, pentru ca apoi să scadă după ce râul iese pe câmpie, la 1m/km. Aici cursul râului este modificat prin construirea lacurilor de acumulare Lugaș, Tileagd și Fughiu.

Malul drept al Crișului Repede este îndiguit aval de Oradea pe o distanță de 23,6 km, iar cel stâng este îndiguit pe o distanță de 11.8 km aval de Tărian, începând de la priza de apă a Canalului Colector al orașului. Digurile construite inițial pentru un debit maxim de 221 m³/s au fost înălțate în mod treptat în decursul timpului (arhivele Apelor Române filiala Oradea). Râul părăsește teritoriul României la câțiva kilometri aval de satul Cheresig.

3.2. Caracterizarea climatică a bazinului Crișului Repede

Bazinul Crișului are o poziție extrem de favorabilă pentru producerea unor cantități mari de apă. Marea majoritate a sistemelor se organizează pe versanți cu expoziție vestică directă, în aria reactivizării orografice a maselor de aer sosite dinspre Oceanul Atlantic. Acestui efect i se suprapune și influența maselor de aer subtropicale, umede, din timpul iernii, care produc precipitații abundente pe versanții expuși spre sud-vest. Prin această dublă influență oceanică în zona de altitudine mare a Bihorului și Vlădeșei se produc precipitații care depășesc 1200 mm și ajung pe alocuri la 1400-1500 mm (observate la Stâna de Vale). Dincolo de această creastă sau mai bine-zis de acest „piept al Crișanei”, în zona de izvoare a Crișului Repede (bazinul Huedin), circuitul apei devine mult mai încetinit, atât

precipitațiile cât și scurgerea medie scăzând cu mai multe zeci și chiar sute de mm la aceeași altitudine (Ujvari, 1972).

Bilanțul hidrologic al Câmpiei Vestice, respectiv al Câmpiei Crișurilor se formează în prezența unui aflux de apă și din regiunile montane și piemontane prin intermediul cursurilor de apă. Albiile tuturor râurilor din această câmpie aluvială sunt în faza procesului de colmatare, situație tipică pentru câmpiile de divagare.

În aria vestică a Munților Apuseni precipitațiile au gradienti de 60-100 mm/100 m altitudine, scurgerea medie de 35-60 mm/100 m (mai mult în carst), iar evapo-transpirația scade la valori de 350-450 mm la altitudini de peste 1000 m.

Un efect deosebit asupra formării circuitului apei îl are marele golf al Beiușului, în care are loc o dirijare a maselor de aer sosite din vest. Astfel scurgerea medie în zona de izvoare a Drăganului și Iadului se ridică până la 1200 mm.

Precipitațiile medii pe întregul bazin al Crișurilor ajung la 743 mm, scurgerea medie la 215 mm, iar evapo-transpirația medie la 526 mm. Rezervele medii anuale asigurate de râuri sunt astfel de 2.84 miliarde m³/an.

Repartiția scurgerii în timpul anului poartă amprenta influenței oceanice accentuate, mai ales în timpul iernii, care pe lângă provocarea viiturilor de toamnă-iarnă în regiunile de dealuri și de câmpie, duce și la acumulări de zăpadă în munți.

În cazul *tipului pericarpatic vestic*, iarna pot fi observate până la 2-6 viituri din topirea zăpezii și din ploile de iarnă. Din cauza topirilor frecvente din timpul iernii, pătura de zăpadă nu se menține în iernile călduroase până la sfârșitul iernii, ci dispare pe la mijlocul lui februarie. În asemenea cazuri (cca. 35%) apele mari de primăvară pot lipsi cu desăvârșire. Viiturile care apar primăvara se formează mai ales din ploi, care însă nu dau volume deosebite. Regimul anticlinal de vară-toamnă al climei generează secete hidrologice de lungă durată în lunile august-septembrie și în octombrie, când multe pâraie seacă.

În cazul *tipului carpatic vestic*, în timpul pătrunderii maselor de aer oceanice iarna topirile se resimt în cazul râurilor de munte. Apele mari de primăvară sunt frecvente cu maxime în martie, aprilie și mai. Volumul mediu maxim lunar se observă în luna aprilie. Viiturile de la începutul verii sunt intense, de scurtă durată și se suprapun mai rar sub forma apelor mari din ploi.

Ca și în alte regiuni ale țării și în bazinul Crișului Repede eroziunea superficială cea mai puternică se întâlnește în regiunile piemontane, precum și în golfurile depresionare, unde pe lângă sedimentările actuale ale materialului grosier

se observă antrenarea din abundență a materialelor fine, mai ales dinspre versanți și trasee. La contactul cu munții, turbiditatea medie a apelor din râuri atinge 500-800 g/m³, iar eroziunea specifică ajunge la 1000-2500 t/ha/an (local și mai mult). Cu toate acestea, intensitatea proceselor rămâne sub cea observată în celelalte bazine din țară (Jiu, Olt, Argeș, Ialomița, Siret). Aceasta se explică prin gradul mai mare de împădurire, prin dominarea unor roci dure, piemonturilor mai puțin extinse precum și prin ploile mai frecvente, dar mai puțin intense.

În privința mineralizării, râul Crișul Repede prezintă o situație deosebită față de alte râuri la care mineralizarea crește de la izvor la vărsare. În zona sa de izvoare și mai ales în Depresiunea Huedin, Crișul Repede are o mineralizare mai mare decât în cursul său mijlociu. Valoarea acestei mineralizări este de 295-320 mg/l, valoare care îl încadrează printre râurile cu mineralizare mijlocie. Această valoare mai ridicată se datorează în primul rând alcătuirii geologice, formată din sedimente mai moi, în special din argile și marne precum și faptului că Izvorul Crișului este situat într-o unitate depresionară cu relief deluros relativ evoluat. În aval de Bratca mineralizarea se reduce sub 200 mg/l datorită afluenților care izvorăsc în zona montană cu roci cristaline eruptive (Henț, Drăgan, Iad); mineralizarea crește din nou după Vadul Crișului la 230 mg/l (Ujvari, 1972).

Temperatura apei din râuri urmează în linii mari temperatura aerului, exceptând perioada rece. Trecerea temperaturii medii lunare peste +1 °C se înregistrează deja în luna februarie în râurile din Câmpia de Vest. Temperatura medie lunară cea mai ridicată se observă în iulie, ajungând la +22 °C în regiunile joase și rămânând în jur de 16-18 °C la altitudini mari. Scăderea temperaturii medii lunare până la sub 1 °C se produce în decembrie. Valorile maxime ale temperaturii apei în câmpie ating 33-34 °C, iar în munții înalți în jur 25-27 °C (Ujvari, 1972).

Fenomenele de îngheț sunt instabile și reduse ca perioadă. Temperaturile din timpul iernii duc la distrugerea repetată a podului de gheață sau chiar la absența lui în circa 40% din cazuri. Aceasta se combină cu efectele apelor carstice calde și cu încălzirea apelor iarna din cauza vitezelor mari în regiunile de munte. Toți acești factori contribuie la o durată medie a podului de gheață de 20-40 de zile, iar a perioadei posibile a fenomenelor de îngheț de circa 80-120 de zile (Ujvári, 1972).

3.3. Solurile din bazinul Crișului Repede

Solurile au o poziție altitudinală. La izvoare sunt reprezentate de soluri brune acide, pe sectoarele superioare de soluri argilo-iluvionare podzolice, iar pe

sectoarele inferioare de soluri brune de pădure (mezobazice), argilo-iluviale, podzolice, pseudogleice și pseudogleizate.

La câmpie predomină solurile cu textură grea și permeabilitate scăzută; existența pachetelor din straturi argilo-prăfoase conduce la crearea unui strat acvifer suprafreatic în orizontul superior al solului. Terenurile agricole sunt dezvoltate pe soluri aluviale tipic gleizate, pe depozite aluviale nisipoase, nisipomâloase și argiloase cu substrat de pietriș.

În regiunea orașului Oradea sunt întâlnite soluri intrazonale. Solurile de luncă cuprind aluviunile și solurile aluviale care s-au format în condiții specifice pedogenetice ale luncilor. În funcție de dezvoltarea morfogenetică a profilului de sol, de la diferențiat până la nediferențiat, deosebim pe luncile Crișului Repede trei trepte de evoluție: aluviuni, soluri aluviale propriu-zise, soluri aluviale de tranziție spre tip genetic de sol (Ujvari, 1972).

Compoziția solurilor are o influență mare asupra râului și asupra biocenozelor din râuri, combinarea cu apele freatice putând să modifice atât compoziția chimică a apei cât și pe cea a sedimentului râului. Apele de scurgere și apele freatice venite de pe terenurile agricole pot să aibă un conținut ridicat de îngrășăminte chimice, pesticide și erbicide. Solurile argilo-iluviale împiedică legătura dintre râu și apele freatice la fel ca și solurile cu roci cristaline, iar solurile calcaroase sunt permeabile și conferă apei un pH ridicat.

3.4. Vegetația

În zonele umede ale râului Crișul Repede au fost identificate 1365 specii de cormofite, 130 asociații. Dintre acestea 337, sunt specii de plante acvatice și palustre și respectiv, 62 de asociații acvatice și palustre (Drăgulescu și Macalik, 1997).

Bazinul Crișului Repede cu decenii în urmă era o regiune bogat împădurită (*Quercus petraea*, *Fagus sylvatica*, *Acer pseudoplatanus*, *Acer platanoides*, *Carpinus betulus*, *Sorbus aucuparia*, etc.). Vegetația ei cuprindea păduri de luncă, de dealuri și pășuni montane. Azi s-au menținut păduri numai în locuri mai îndepărtate de așezările omenești și pe pantele mai puternic înclinate. Pe locul lor s-a instalat vegetația ierboasă a cărei compoziție floristică variază pe scară largă în funcție de stațiune și de intensitatea acțiunilor antropo-zoogene (Csürös *et al.*, 1969)

În bazinul Huedinului, tufișele de luncă dominate de *Alnus glutinosa*, *Salix purpurea*, *S. triandra* și exemplare răzlețe de *S. alba*, *S. fragilis*, *Populus alba* și *P. nigra* mărginesc sub forma unor benzi înguste și întrerupte meandrele Crișului Repede.

În cadrul tufișelor care însoțesc cursul râului Crișul Repede mai jos de Huedin abundă specia *Rudbeckia laciniata*. Vegetația ierboasă este reprezentată prin pajști higro-, mezo- și xerofile care s-au dezvoltat pe locul pădurilor defrișate conform condițiilor staționare locale și au evoluat în funcție de acțiunile antropo-zoogene. Dintre acestea predomină pâlcurile dominate de *Glyceria aquatica*, în care cresc plante higrofile ca: *Scirpus silvaticus*, *Caltha laeta*, *Phalaris arundinacea*, *Oenanthe aquatica*, *Alisma lanceolata*, *Carex acutiformis*, *Mentha aquatica*, *Eleocharis palustris*. În locurile umede în care nivelul apei freatice este ridicat apar pâlcurile de *Phragmites australis* cu *Juncus effusus*, *J. glaucus*, *Carex gracilis*.

În cursul inferior vegetația lemnoasă a dispărut în cea mai mare parte în urma defrișării. Se mai pot vedea pâlcuri izolate de *Salix alba*, *S. fragilis*, *S. triandra*, *S. viminalis*, *Alnus incana*, *Populus alba*, *P. nigra* (Drăgulescu și Macalik, 1997).

Pe cursul celor doi afluenți importanți, Valea Drăganului și Valea Iadului, se mai păstrează pădurile de *Fagus sylvatica*, alături de care vegetația ierboasă se întâlnește doar pe porțiuni mai restrânse. Pe malurile afluenților apar: *Alnus incana*, *Salix alba*, *S. fragilis*, *S. viminalis*, *S. fragilis*, *Betula alba*, *Alnus incana*, *Sambucus racemosus*, *Cerasus avium*, *Populus tremula*, *Fraxinus excelsior*, *Crataegus monogyna*, *Rosa canina*. Vegetația ierboasă care însoțește malurile râurilor este alcătuită din: *Petasites hybridus*, *Mentha aquatica*, *M. longifolia*, *Urtica dioica*, *Lamium rubrum*, *L. album*, *Solanum dulcamara*, *Tussilago farfara*, *Plantago major*, *Galium palustre*, *Symphytum officinale*, *Trifolium hybridum*, *T. album*, *T. repens*, *Filipendula ulmaria*, *Saponaria officinalis*, *Impatiens noli-tangere*, *Rumex acetosella*, *Chrysanthemum leucanthemum*, *Calamagrostis arundinacea*, *Eupatorium cannabinum*, *Origanum vulgare*, *Silene alba*, *Melampyrum bihariense*, *Galeopsis tetrahit*, *Campanula rapunculoides*, *Aegopodium podagraria*, *Arctium tomentosum*, *Festuca pallens*, *Geum urbanum*.

O asociație răspândită odinioară în toată Valea Iadului este cea a liliacului transilvănean (*Syringa josikaea*), un arbust endemic în sud-vestul României. Astăzi se găsește în exemplare izolate, cauza principală a dispariției fiind defrișările ocazionale datorate amenajărilor de cale ferată și a drumurilor (Rațiu *et al.*, 1984).

Comunitățile algale

În cadrul comunităților algale din bazinul Crișului Repede au fost identificate 276 specii de alge, care aparțin la următoarele grupe sistematice: *Cyanophyta* (20 specii), *Bacillariophyta* (179 specii), *Chlorophyta* – *Chlorophyceae* (64 specii), *Chlorophyta* – *Desmidiaceae* (13 specii) și *Euglenophyta* (8 specii) (Momeu *et al.*, 1998).

Flora algală a bazinului Crișului Repede este dominată de elemente euritope, cosmopolite, ubicviste cu largă amplitudine ecologică și de cele care se dezvoltă în ape cu conținut mineral mijlociu sau ridicat. Dintre acestea se semnalează prezența câtorva cu apariție generalizată sau cvasigeneralizată: *Stichococcus minor*, *Pseudococcomixa simplex*, *Phormidium molle*, *Stichococcus bacillaris*, *Achnanthes lanceolata*, *Cymatopleura solea*, *Fragilaria ulna*, *Melosira varians*, *Nitzschia linearis*, *N. palea*, *Surirella angustata*, *Trachelomonas volvocina*, etc. (Momeu și Rasiga, 2000).

Comunitățile algale din zona de izvor se diferențiază de cele de pe cursul mijlociu și inferior. Astfel, flora algală a cursului superior este destul de mozaicată, alcătuită din elemente cu amplitudine ecologică largă și din altele, caracteristice pentru apele curate, cu conținut electrolitic mic sau mijlociu (*Chamaesiphon incrustans*, *Chroococcus limneticus*, *Microspora willeana*, *Monoraphidium indicum*, etc.).

Cursul mijlociu se caracterizează din punct de vedere algofloristic printr-o diversitate remarcabilă (136 specii identificate, cu numărul maxim de diatomee – 97 specii). Cele mai multe sunt și aici elementele euritope, însă apar și specii indicatoare pentru o calitate saprobică bună. Această heterogenitate ecologică este pusă pe seama aportului de specii din afluenți (Valea Drăganului și Valea Iadului).

Flora algală a cursului inferior se remarcă prin creșterea diversității specifice și mai ales prin creșterea numărului de elemente proprii apelor cu conținut electrolitic ridicat și a celor rezistente la saprobitate, până la nivelul critic, precum și a speciilor de ape mai intens eutrofizate. Se remarcă creșterea numărului de alge verzi eutrofe și prezența aproape exclusivă a flagelatelor euglenoide pe această porțiune a râului. Față de cele menționate anterior apar aici o serie de elemente noi specifice apelor eutrofe, cu conținut electrolitic mare: *Aulacoseira ambigua*, *Cyclostephanos invisitatus*, *Cyclotella meneghiniana*, *Denticula kutzingii*, *Pleurosira laevis*, etc. (Momeu et al., 1998).

3.5. Localizarea și descrierea stațiilor de recoltare a probelor

Stațiile de prelevare a probelor au fost alese ținând cont de sectorul de râu, de natura substratului și de existența unor surse potențiale de deteriorare a calității apelor (figura 3.1).

Pentru a investiga efectele schimbării calității apei asupra structurii comunităților biologice în urma traversării de către râu a unui centru urban și / sau industrial, s-au fixat două stații pe Crișul Repede: stația *Fughiu* (amonte de Oradea) și stația *Cheresig* (aval de oraș).

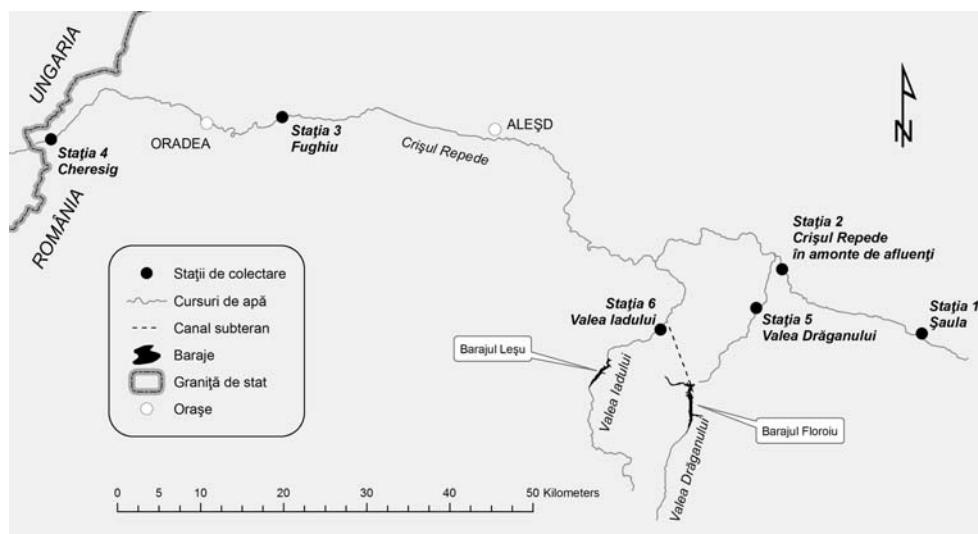


Figura 3.1. Localizarea stațiilor de prelevare a probelor pe râul Crișul Repede.

Pentru a urmări efectele deranjamentului regimului hidrologic, au fost alese două stații pe cei doi afluenți principali: *Valea Drăganului* și *Valea Iadului*. În final, pentru a avea o imagine de ansamblu asupra diversității faunei de nevertebrate bentonice, s-au mai ales alte două stații: una situată la izvoarele râului (*stația Șaula*) și alta situată amonte de intrarea afluenților majori (*stația Amonte Drăgan*).

Stația Șaula a fost aleasă ca fiind reprezentativă pentru sectorul superior al râului. Punctul de colectare a probelor se situează la 5 km aval de Izvorul Crișului Repede (alt: 550 m), loc în care râul formează meandre și este acoperit în proporție de 90-100% de coronamentul unui culoar de arbori și arbuști..

Lățimea albiei în acest punct a fost de 1.5-2 m, iar adâncimea medie a apei de 0.25 m. Substratul a fost format din pietriș și nisip grosier, pe alocuri cu depuneri de mâl. Viteza medie a apei a fost de 0.6 m/s.

Stația Amonte Drăgan este situată pe Crișul Repede, tot în sectorul său superior, la aproximativ 400 m amonte de locul în care acesta primește pe cel mai mare afluent al său, Drăganul (alt: 430 m). Lățimea albiei a fost de 3-5 m la locul de recoltare a probelor, adâncimea medie a apei de 30 cm, iar viteza medie a apei de 0.9 m/s. Substratul este bolovănos, pe alocuri cu pietriș și nisip grosier. Pe pietre se dezvoltă și o biodermă bogată.

La această stație suprafața apei Crișului Repede este acoperită în proporție de aproximativ 40% de coronamentul vegetației lemnoase de pe maluri.

Stația Valea Drăganului este situată pe afluentul cu același nume al Crișului Repede, la 9 km amonte de punctul de confluență (alt: 530 m). La această stație direcția de curgere a apei este S – NE.

Sectorul de râu cercetat în care s-au făcut recoltări de probe se întinde pe o distanță de 150 m, la intrarea în satul Traniș.

Amplasarea stației a fost făcută în acest punct, deoarece aici râul, fiind barat de o stâncă, este nevoit să-și schimbe direcția de curs cu aproape 90° și astfel se creează microhabitate deosebite de restul râului.

La această stație, până în amonte de stâncă, substratul râului este uniform alcătuit din bolovani pe un pat de pietriș și nisip. Pe bolovani se dezvoltă o biodermă bogată, iar între aceștia se acumulează multă substanță organică de proveniență allohtonă (frunze, fragmente de lemne). Lățimea albiei este de 8-10 m, adâncimea medie a apei de 0.30 m, iar viteza medie de curgere de 0.65 m/s.

După ce râul își schimbă direcția de curs, substratul se modifică, astfel că se remarcă prezența a încă două microhabitate distincte de restul râului. Astfel, mijlocul albiei și malul stâng au un substrat uniform alcătuit din pietriș și nisip grosier, cu viteza medie a apei diminuată la 0.4 m/s și cu o adâncime medie a apei de 0.25 m. Toamna în acest loc se acumulează o cantitate impresionantă de frunze și alte resturi lemnoase, în special spre malul stâng, unde viteza apei se domolește permițând formarea unor adevărate depozite de materie organică allohtonă.

Un microhabitat cu totul particular față de restul sectorului de râu cercetat este localizat în aceasta zonă, la malul drept. Aici viteza apei este mult mai mică, scăzând sub 0.3 m/s, iar în lunile în care nivelul apei a fost scăzut, apa aici aproape stagna. Din acest motiv, se creează condițiile optime pentru depunerea unei materii organice foarte fine, pe un substrat alcătuit din nisip fin și măr. În lunile în care nivelul apei este crescut, acest microhabitat se extinde cu câțiva centimetri sub malul înalt pe care cresc exemplare de *Juncus sp.* În acest substrat se întâlnesc și multe bucăți de lemn în descompunere, aduse de apă și sedimentate aici.

În sectorul de 150 m de râu situat în amonte de stâncă suprafața apei este acoperită în proporție de aproximativ 50% de coronamentul vegetației lemnoase de pe maluri (vezi speciile descrise în cap.3.3).

În sectorul superior al acestui afluent au început la sfârșitul anului 1974 lucrările pentru construirea unui baraj de acumulare, amplasat puțin în aval de confluența Drăganului cu Sebeșul, în zona cunoscută sub numele de Floroiu; aici valea prezintă un evident sector de îngustare pe o lungime de cca. 200 m. Deși

lucrările pregătitoare au început în semestru patru al acelui an, turnarea betonului s-a efectuat în anul 1979. Având în vedere ca în primii șase ani de construcție (1979-1984) s-au turnat aproape 70% din betonul inclus în corpul barajului, spre sfârșitul anului 1984 a început procesul de acumulare a apei în lacul Drăgan, iar în luna mai a anului 1985 apa în lac a ajuns la nivelul de 84 m (Pop, 1996). În acest baraj este pompată și apa din captarea Dara și captarea Zărnișoara, aflate pe afluenții cu aceiași nume ai râului Drăgan (Arhivele RENEL, Filiala Electrocentrale Cluj). Tot în acumularea Drăgan este pompată apa din lacul Săcuieu, care a fost obținut prin ridicarea unui baraj pe cursul superior al râului Săcuieu, afluent la Crișului Repede (Pop, 1996). Tot în barajul Drăgan este pompată apa acumulată și în captările Răcad, Valea cu Pești, Anișel, Valea lui Șerp, Rujeț și Bănișor.

Lacul Drăgan are la nivelul normal de retenție o suprafață de 290 ha, întinzându-se pe Valea Drăganului și cea a Sebeșului, apele acestuia fiind adunate de pe o suprafață de 153 km². Deoarece suprafața inițială a bazinului râului Drăgan înainte de anul 1974 a fost de 228 km², în urma acestor construcții hidrotehnice, suprafața actuală a fost redusă la 75 km² (arhivele Apelor Române, filiala Oradea).

Din acest baraj apa este transferată prin aducțiunea principală spre uzina Hidrocentralei Remeți, aflată pe valea râului Iad, centrala acesteia fiind de tip subteran, amplasată la cca. 150 m sub talvegul Văii Bisericii, afluent de dreapta al râului Iad. După uzinare, apa își urmează cursul printr-o galerie de fugă de 9.1 km până la Lacul Munteni I, aflat amonte de satul Munteni (Pop, 1996).

Sub barajul din amonte, albia râului Drăgan este secată deoarece nu este asigurată o deversare din baraj, râul formându-se în aval de baraj, prin aport natural de apă din afluenții săi. Aceștia sunt: Dara și Zărnișoara, afluenți de dreapta, Valea Lungă, afluent de stânga, precum și alte cursuri de apă care, datorită faptului că au lungimea totală sub 5 km, nu sunt codificate, conform Monitorului Oficial. De când s-a construit acest lac, a avut loc o singură golire completă, în data de 28 aprilie 2000 (golire de fund combinată cu golire de suprafață prin descărcătorul de ape mari), ulterior deci anilor de recoltare a probelor (Raport tehnic pentru activitatea de exploatare pe anul 2000. Regia Autonomă de Electricitate RENEL, Filiala Electrocentrale Cluj).

În cei trei ani în care au avut loc colectările de probe (1996-1998) regimul hidrologic al râului Drăgan a fost o singură influențat de barajul Drăgan. Astfel, în data de 27 iulie 1997 atingându-se cota maximă admisă în baraj (de 851 m), a avut loc o deversare de suprafață, care a adus în albia râului Drăgan un volum de apă

de 1010000 m³ (Raportul tehnic pentru activitatea de exploatare pe anul 1997 al RENEL, Filiala Electrocentrale Cluj).

Stația Valea Iadului este amplasată pe afluentul cu același nume (altitudine: 408 m), la 4 km aval de satul Remeți. La această stație direcția de curgere a apei este de la SV la NE. Întreaga vale a râului Iad este săpată în roci carbonatate, aici fiind descrise aproape 250 de peșteri și avene (Tămaș și Vremir, 1997).

Sectorul de râu pe care s-au făcut recoltările se întinde pe o distanță de 150 m, aici râul fiind limitat pe malul stâng de un dig de piatră înalt de 2 m de la patul râului. Din acest motiv substratul uniform alcătuit în restul albiei din bolovani și pietre înfipte într-o matrice de nisip și pietriș bine tasat, este format la malul stâng din rare lespezi foarte mari de piatră între care se acumulează depozite de nisip fin și măr. Tot particular acestui mal este și adâncimea mare a apei, la o distanță mică de mal (adâncimea medie de 0.6 m la 1 m de mal).

Aici albia râului are o lățime de 15-20 m, adâncimea medie a apei (în afara perioadelor cu debit fluctuant) este de 0.45 m, iar viteza medie a apei de 0.9 m/s.

Dacă perioada de timp dintre deversările masive din baraj este mai lungă, pe pietre se dezvoltă o biodermă bogată.

În sectorul de râu în care au fost recoltate probele, suprafața apei este acoperită în proporție de 20% de vegetație lemnoasă, datorită atât digului care mărginește malul stâng, cât și defrișărilor vegetației lemnoase de pe malul drept (acesta a fost efectuată cu ocazia instalării aici a unei rețele de stâlpi de înaltă tensiune).

În sectorul superior al râului Iad a fost construit un baraj de acumulare (Lacul Leșu), la cca. 20 km amonte de satul Remeți. Apa din acest baraj este uzinată în Hidrocentrala Leșu; din aceasta, apa este direcționată printr-o aducțiune principală în galeria de fugă care duce apa de la Hidrocentrala Remeți la Hidrocentrala Munteni I (centrală subterană). Înaintea terminării acestei aducțiuni spre Munteni (anul 1994), apa uzinată în hidrocentrala Leșu era deversată direct în albia râului Iad (Arhivele Regiei Autonome de Electricitate RENEL, Filiala Electrocentrale Cluj). Ulterior acestei construcții (inclusiv anii 1997-1998), debitul râului la stația aleasă pentru studiu a fost influențat doar de deversările din straturile profunde ale Lacului Leșu. În documentele de dare în exploatare a amenajărilor hidroenergetice din Bazinul Crișului Repede se specifică obligativitatea Regiei Apelor Române (Filiala Oradea) de a asigura prin aceste deversări din profundul Lacului Leșu un debit minim de servitute de 0.35 m/s în albia râului Iad.

Aceste deversări din profundalul lacului sunt uneori fluctuante ca debit, fiind mult mai mari în cazul unor viituri mari care umplu barajul peste cotele de siguranță, precum și în momentele în care uzina Leșu nu este în funcțiune, deoarece aceasta a fost prevăzută să funcționeze doar în timpul vârfului de sarcină (Regulament de exploatare a amenajărilor hidroenergetice din Bazinul Hidrografic al Crișului Repede. Renel – Filiala Electrocentrale Oradea. Uzina Electrică Crișuri).

O altă cauză a debitului fluctuant al râului Iad la locul colectării probelor o constituie aportul de apă datorat Castelului de Presiune amenajat pe traseul aducțiunii principale Drăgan-Remeți, în imediata apropiere a Hidrocentralei Remeți. Acesta aduce surplusul de apă din tunel la suprafață, care trece apoi printr-un afluent în râul Valea Bisericii și de aici în râul Iad. De menționat este faptul că în acest afluent care traversează satul Remeți sunt aruncate în mod frecvent cantități mari de rumeguș care apoi ajung în albia râului Iad.

Deversări de apă în albia râului Iad mai au loc ocazional în situațiile:

- în cazul în care aducțiunea Leșu-Munteni este indisponibilă (controale, reparații, etc.), aceasta se poate închide cu un batardou, iar apa uzinată în hidrocentrala Leșu curge direct pe albia râului Iad;
- dacă hidrocentrala Munteni nu funcționează și în acest caz hidrocentrala Remeți deversează apa uzinată, prin albia betonată a Văii Bisericii, direct în râul Iad (Arhivele Regiei Autonome de Electricitate RENEL, Filiala Electrocentrale Cluj).

Stația Fughiu este amplasată pe Crișul Repede în dreptul satului cu același nume (alt: 140 m), la 10 km amonte de orașul Oradea. Direcția de curgere a apei la această stație este E-V.

Râul străbate o câmpie acoperită de culturi agricole, având o lățime de 50-60 m și înregistrează o alternanță de zone cu apă rapidă și zone cu apă adâncă de până la 1 m și viteză de curgere foarte mică. Adâncimea medie a apei la sectorul în care au fost colectate probele este de 40 cm, iar substratul este uniform alcătuit din pietre și pietriș între care se acumulează insulițe de sediment nisipos. Spre maluri acolo unde apa își domolește viteza, sedimentul este format din nisip cu depuneri masive de măr. Pe pietre se dezvoltă o biodermă bogată. Viteza medie a apei la acest sector la data colectării probelor a fost de 0.8 m/s.

La această stație suprafața apei este acoperită în proporție de 10-15 % de vegetația lemnoasă, alcătuită din specii de *Salix*, *Alnus* și *Populus*.

În amonte de această stație au fost construite două lacuri de acumulare: Lugașul de Jos și Tileagd, fiecare cu câte o hidrocentrală. Apa uzinată din Hidrocentrala Lugașul de Jos este condusă în Lacul Tileagd. La ieșirea din acesta este amplasată Hidrocentrala Tileagd. De la această centrală a fost amenajat un canal de fugă pe malul drept al Crișului Repede. Pe acest canal au fost amplasate Hidrocentrala Săcădat și Hidrocentrala Fughiu. Dintre aceste două hidrocentrale numai prima a funcționat în anii colectărilor de probe, cea de a doua, fiind dată în funcțiune după anul 2003. Până în 2003, apa uzinată în hidrocentrala Săcădat nu a fost trimisă spre următoarea hidrocentrală, ci a fost redată râului, în amonte de Fughiu și deci de locul colectării probelor. Regimul hidrologic al Crișului la locul prelevării probelor la data colectării probelor a fost determinat de următoarele:

- Hidrocentrala Tileagd. Debitele din această hidrocentrală sunt efluente direct în Criș sau mai întâi sunt uzinate în hidrocentrala Săcădat și apoi redată Crișului);
- apa evacuată din etanșeitățile celor 4 vane ale golirii din lacul Tileagd;
- apa venită din contrac canalele laterale ale aceleiași lac de acumulare;
- aportul natural de apă din afluenții de stânga ai Crișului Repede (Arhivele Regiei Autonome de Electricitate RENEL, Filiala Electrocentrale Cluj).

Stația Cheresig este situată la 30 km aval de orașul Oradea (altitudine: 94 m) și la 2 km de granița cu Ungaria. Locul de colectare a probelor se află aval de o crescătorie de porci (S.C. Suinprod S.A. Palota) care deversează deșeuri organice în apa râului, în mod direct sau prin ape de infiltrație. Tot amonte de locul de prelevare a probelor funcționează și o tăbăcărie, care are în Crișul Repede deversări de ape uzate, cu conținut de cianuri.

La această albie are o lățime de 60-70 m și un substrat alcătuit din nisip și pietriș cu multe depozite măloase. În aval de stația de prelevare a probelor se află mai multe praguri importante de oxigenare, care mai aduc un aport de oxigen în apa râului, ceea ce permite dezvoltarea unei vegetații submerse abundente, alcătuită mai ales din specii de *Potamogeton* sp. (Sarkany-Kiss *et al.*, 1999).

Viteza medie a apei în acest sector a fost de 0.9 m/s, turbiditatea apei crescută, iar apa avea la datele la care au fost recoltate probele o culoare verzuie (aici fiind prezente condiții prielnice pentru un grad ridicat de eutrofizare).

La această stație suprafața apei Crișului Repede este acoperită în proporție de aproximativ 5-10% de coronamentul vegetației lemnoase de pe maluri, alcătuită din specii de *Salix* și *Alnus*.

Capitolul 4



MATERIAL ȘI METODE

4.1. Colectarea probelor

În scopul colectării unor probe reprezentative pentru întreaga populație și în conformitate cu scopul acestui studiu, s-a întocmit un *program de colectare a probelor*.

În cadrul întocmirii programului de colectare a probelor, o atenție deosebită trebuie să se acorde periodicității cu care se face prelevarea acestora, astfel încât perioada de colectare să acopere tot ciclul de dezvoltare al speciilor respective. Intervalul de timp între colectările succesive trebuie astfel ales încât să nu se omită nici un stadiu din ciclul de viață al organismelor.

Pentru studiile de productivitate secundară a organismelor din bentosul apelor curgătoare se consideră suficient dacă se fac prelevări lunare de probe pentru că aceste organisme au în general ciclul de dezvoltare de aproximativ un an (Winberg, 1971). Pentru efemeropterele care au ciclul de dezvoltare de trei ani (*Palingenia longicauda*), s-au utilizat de asemenea intervale de colectare de o lună (Turcsányi, 1995). Printre autorii care au recurs în mod similar la colectări lunare amintim următorii: Waters și Crawford (1973), Benke și Jacobi (1994), Jacobi și Benke (1991), Winterbourn (1974), Alba-Torcedor (1984, 1990a, 1990b), Breitenmoser-Würsten și Sartori (1995), Campbell *et al.* (1990), Clifford și Barton (1979), Flowers și Hilsenhoff (1978), Giberson și Rosenberg (1994), Grant și Stewart (1980), Hawkins (1986), Huryn și Wallace (1987), Lehmkuhl și Anderson (1970), Lobinske *et al.* (1996), Marchant (1982), Newell și Minshall (1978).

Se recomandă ca perioada de colectare a probelor să fie de minimum un an (Benke, 1984, 1996; Waters și Crawford, 1973). De asemenea trebuie să se țină seama și de tipul de voltinism al speciilor ale căror cicluri de viață se studiază.

Ținând cont de toate aceste considerații s-a întocmit un program de colectare a probelor după modelul randomizat, cu număr de probe și frecvențe de recoltare diferite, în funcție de obiectivele urmărite la fiecare punct de lucru.

4.1.1. Aparat și metode de prelevat probe

Probele de bentos

Recoltarea acestor probe a fost făcută atât calitativ cât și cantitativ.

Pentru recoltarea calitativă s-a utilizat fileul calitativ cu dimensiunile ochiurilor de 250 μm care a fost târât pe substratul râului în timp ce pietrele erau răscolite în amonte de acesta. La acest tip de recoltare am recurs mai ales în primul an (anul supravegherii pilot) în care trebuia să depistăm în râu prezența unor specii a căror răspândire este în strânsă legătură cu particularitățile de mediu. De asemenea a fost utilizat acest mod de colectare pentru exemplarele de efemeroptere care au fost folosite în experiențele de respirație sau de creștere în laborator sau care au făcut obiectul măsurărilor biometrice și a greutății larvelor.

Recoltarea cantitativă în râuri trebuie să țină seama de o serie de factori majori cum ar fi: heterogenitatea substratului, viteza apei, variațiile în debitul râului, modelele de distribuție și microdistribuție spațială a organismelor, adâncimea până la care intră organisme în substrat, stadiu din ciclul de viață în care se află nevertebratele, variațiile condițiilor de mediu (exemplu: prezența podului de gheață, etc.), particularități comportamentale ale nevertebratelor (mișcări în amonte sau în aval atunci când sunt supuse stresului, etc.).

Ținând cont de toate acestea, au fost descrise mai multe aparate de recoltat probe cantitative (Winberg, 1971). Dintre toate acestea pentru studiile noastre a fost ales bentometrul de tip SURBER. Acest tip de aparat destinat prelevării de probe pe râurile mici a fost descris de Surber (1937) și constă dintr-un cadran ce izolează o arie de dimensiuni cunoscute din substrat, având la una din laturi sudată o ramă verticală pe care este montată o plasă.

Aparatul se fixează bine în substrat cu deschiderea plasei astfel orientată încât apa să circule liber prin plasă. Pietrele din cadran se spală cu mâna la gura plasei și se răscolește bine substratul în curentul de apă ce poartă animalele în plasă, după care aparatul este ridicat și proba se transferă într-un bidon. Deși este aproape universal folosit azi în studiile de limnologie, eficiența acestui tip de aparat variază în primul rând de nivelul apei, dar și de alți factori cum ar fi: viteza ei, cantitatea de detritus din sediment, tipul de granulometrie a substratului, heterogenitatea acestuia, etc.

Bentometrul Surber utilizat are o suprafață de 1060 cm^2 . Deoarece fiecare stadiu de viață al efemeropterelor este important în studiile referitoare la ciclul de viață și la producția secundară, bentometrul a fost dotat cu o sită fină cu ochiurile de 250 μm . Această dimensiune este recomandată și utilizată în majoritatea studiilor de macronevertebratele bentonice, pentru a evita pierderea larvulelor (Cuffney *et al.*, 1993).

În zonele cu apă mai adâncă și cu substrat moale (mâlos sau nisipos) a fost folosit aparatul de tip EKMAN cu o suprafață de 225 cm² ; după colectare probele au fost spălate într-un fileu bentonic cu aceeași dimensiune a ochiurilor (250 μm). Acest aparat a fost abandonat după primul an de colectări, deoarece după prelucrarea în laborator a probelor prelevate cu el, am constatat că organismele care fac obiectul acestei lucrări (efemeropterele) nu preferă acest tip de substrat, ele fiind prezente aici în efective extrem de mici. În plus, substratul mâlos și nisipos cu adâncime mare a apei nu se găsește decât într-un singur loc în porțiunea de râu cercetată (zona cu adâncime de aproximativ 2 m din dreptul unei stânci, unde apa lovindu-se de aceasta, își încetinește viteza și se creează astfel un contracurent).

Tot experimental și numai în primul an am utilizat în zonele cu substrat uniform alcatuit din nisip și măr o sondă tubulară, cu suprafața de 19.625 cm².

Probele astfel prelevate și spălate în apa râului au fost transferate în bidoane, cu grijă pentru a nu pierde organisme, după care au fost conservate în formaldehidă 4%.

Probele de sediment

Pentru determinarea fracțiunii dominante a sedimentului și a structurii granulometrice a substratului, precum și pentru măsurarea procentului de substanță organică din acesta, au fost recoltate probe de sediment. Recoltarea acestora a fost făcută manual iar probele au fost transportate în geți frigorifice până în laborator, unde au fost conservate prin congelare până la analiza lor.

Analizele de laborator de granulometrie au fost precedate de măsurători în teren a unor pietre din albia râului (lungime și lățime sau diametru). Alegerea pietrelor s-a făcut randomizat, urmărind un transect pe albia râului. La fiecare stație au fost măsurate astfel un număr de 30-50 de pietre. Metoda a fost descrisă de Wolman (1954) și îmbunătățită ulterior de Statzner și colaboratorii (1988).

Analiza fracțiunilor de sediment de dimensiuni mici și determinarea procentului de substanță organică din sediment au fost făcute în laborator.

4.1.2. Frecvența colectărilor

Deoarece în momentul începerii studiului nu existau date publicate asupra structurii macrozoobentosului din râul Crișul Repede, am recurs în anul 1996 la o supraveghere pilot a unor stații amplasate pe acest râu și afluenții săi. În anii următori (1997 și 1998) s-a avut în vedere un program atât intensiv de colectare a

probelor, cât și unul extensiv, pentru lărgirea ariei în care se studiază structura comunităților bentonice și a asociațiilor de efemeroptere.

Supravegherea pilot a fost făcută în anul 1996 prin stabilirea a două stații pe Crișul Repede, la Fughiu și Cheresig și a unei stații pe un afluent, stația Drăgan. La aceste stații au fost colectate probe calitative și cantitative de trei ori pe an, în sezoanele de primăvară, vară și toamnă (lunile aprilie, iunie și octombrie 1996). La aceste date au fost folosite în paralel cele trei aparate de colectat: bentometrul Surber, aparatul de tip Ekman și sonda tubulară, în scopul aflării celui mai eficient aparat pentru tipul de substrat și grupul de organisme studiat.

În urma prelucrării probelor preliminare s-a stabilit că aparatul care se pretează cel mai bine la tipul de substrat, adâncimea și viteza apei este bentometrul de tip Surber, la celelalte două aparate renunțându-se în anii 1997 și 1998. De altfel, efemeropterele lipsesc pe substratul mâlos sau nisipos (vezi stația Cheresig) unde utilizarea dragii Ekman și a sondei tubulare ar fi fost de preferat (tabel 4.1).

Tabel 4.1. Densitatea medie a efemeropterelor (nr. ind/m²) în probele colectate cu diferite aparate, în 1996 (* nu s-a folosit aparatul, LC = limitele de confidență ale mediei la $\alpha = 0.05$).

aparat	Fughiu		Cheresig		Valea Drăganului	
	<i>densitatea</i>	<i>LC</i>	<i>densitatea</i>	<i>LC</i>	<i>densitatea</i>	<i>LC</i>
Surber	853.77	1107.79	4.72	8.43	1863.21	1309.23
Ekman	22.22	282.36	*	*	311.11	3388.32
Sondă	254.78	468.12	0	0	*	*

Programul intensiv de prelevare s-a desfășurat lunar în timpul sezonului deschis, pe parcursul a doi ani (1997 și 1998), la două stații pe Crișul Repede (Fughiu și Cheresig) și câte una pe afluenții acestuia (stația Valea Drăganului și stația Valea Iadului). Pentru prelevare s-a folosit numai bentometrul Surber.

La Fughiu și Cheresig s-au colectat câte trei probe în fiecare lună în intervalul iunie-octombrie 1997 și aprilie-octombrie 1998; în amândoi anii probele au urmărit un transect transversal în albia râului.

La stațiile aflate pe afluenții Drăgan și Iad s-au colectat probe lunar, în intervalul mai-octombrie 1997 și aprilie-noiembrie 1998.

La aceste stații au fost făcute în fiecare lună câte patru transecte transversale în albia râului, aflate la o distanță de 50 m unul de celălalt. La fiecare transect au fost colectate trei probe (câte una aproape de fiecare mal și una din mijlocul albiei).

În anul 1998 au fost colectate tot câte trei probe / transect, însă au fost executate numai trei transecte aflate tot la distanță de 50 m unul de celălalt.

Tot pe afluenți datorită unor particularități ale malurilor care au făcut posibilă existența unor microhabitate deosebite de restul albiei râului, am recurs la colectarea a câte trei probe paralele cu malul, la mică distanță de acesta. În aceste locuri substratul este format din nisip și măr, iar viteza apei este mult diminuată de configurația malului (vezi capitolul 3.5).

Programul extensiv de recoltare

Pentru a avea o imagine de ansamblu asupra diversității faunei bentonice în general și a larvelor de efemeroptere în mod special pe tot sectorul românesc al râului Crișul Repede, am prelevat probe (cantitative, cu bentometrul Surber) de la încă două stații: Șaula (aflată aval de Izvorul Crișului Repede) și stația Amonte Drăgan, situată pe Crișul Repede înainte de intrarea principalilor afluenți.

La aceste două stații am colectat câte trei probe, în două anotimpuri (vara și toamna), în anii 1997 și 1998. Aceste probe au fost colectate urmărind un transect transversal în albia râului.

Pentru fiecare probă prelevată au fost notate în teren următoarele particularități: adâncimea apei din cadrul bentometrului, tipul de substrat, distanța față de mal, precum și alte particularități cum ar fi: prezența sau absența rumegușului, a algelor filamentoase și/sau a biodermei, resturi menajere ca sticle, plasticuri sau metale aflate pe substrat, etc.

În finalul celor trei ani de studiu, au fost prelevate și prelucrate integral un total de **489 de probe cantitative de bentos**.

Probele de sediment pentru granulometrie și substanță organică au fost prelevate la fiecare stație, în toate campaniile în care au fost colectate și probe de bentos. La fiecare stație a fost prelevat un singur eșantion de sediment, din albia majoră a râului. Excepție fac stațiile de pe Valea Drăganului și Valea Iadului la care au fost prelevate câte două probe, din mijlocul albiei și de lângă mal (malul drept la V. Drăganului și respectiv, cel stâng la V. Iadului); prelevarea acestui ultim eșantion se justifică prin faptul că în acele locuri sunt prezente, datorită condițiilor speciale descrise în capitolul 3.5, microhabitate deosebite de restul albiei.

4.2. Măsurarea parametrilor fizici și chimici ai apei

Următorii parametri fizico-chimici ai apei au fost monitorizați la fiecare deplasare: viteza apei, conținutul în oxigen, temperatura, conductivitatea și pH-ul.

Viteza apei a fost determinată la fiecare deplasare prin metoda descrisă de Welch (1948) și Boyer (1964) cu ajutorul unui obiect plutitor pus pe apă între două puncte aflate la o distanță exactă unul de celălalt (exemplu 25 m). Timpul în care acest obiect parcurge distanța este cronometrat; se fac trei astfel de măsurători (la ambele maluri și mijlocul albiei) și ulterior se calculează media lor (Lind, 1979).

Conținutul în oxigen dizolvat și saturația în oxigen a apei au fost măsurate cu oxigenometrul portabil tip YSI model 55125 care permite ajustarea concentrației de oxigen în funcție de altitudine. La stația de pe Valea Drăganului am făcut două măsurători: una pe sectorul de râu aflat înainte de stânca care deviază traseul râului și una după aceasta, în sectorul de râu în care apa își încetinește mult viteza și nu mai are praguri mari de oxigenare.

Temperatura apei a fost măsurată cu senzorul de temperatură al oxigenometrului, la ora de colectare a probelor.

Conductivitatea a fost măsurată cu conductivimetrul portabil "Oakton" model 35624 - 30, cu acuratețe ± 0.02 .

pH-ul a fost măsurat cu pH-metrul portabil "Oakton" model WD 35661-30, cu acuratețe $\pm 2\%$ FS.

Pentru a evidenția dinamica valorilor de pH, oxigen, conductivitate și temperatură a apei, în decursul a 24 ore au fost monitorizați acești parametri, la un interval de 2 ore. Acest experiment a fost realizat la stațiile aflate pe afluenții Crișului Repede, Valea Drăganului și Valea Iadului.

Au mai fost determinați următorii parametri ai apei: CBO_5 (mg/l), CCOMn (mg/l), cloruri (mg/l), bicarbonați (mg/l), sulfați (mg/l), calciu (mg/l), magneziu (mg/l), sodiu (mg/l), amoniu (mg/l), azotiți, (mg/l), azotați (mg/l), cianuri (mg/l), fenoli (mg/l), detergenți (mg/l), fier (mg/l), fosfor total (mg/l), crom (mg/l), plumb (mg/l), zinc (mg/l), suspensii solide (mg/l), reziduu fix (mg/l), duritate permanentă, temporară și totală ($^{\circ}\text{G}$). În acest scop, am prelevat la fiecare deplasare pe teren probe de 2 l de apă care au fost ținute în frigider până la prelucrarea lor în laborator (care a avut loc în maxim 24 ore de la timpul prelevării). Prelucrarea acestor probe a avut loc în Laboratorul de chimia și biologia apei din cadrul instituției „Apele Române Filiala Oradea”.

4.3. Prelucrarea probelor în laborator

4.3.1. Extragerea și identificarea faunei bentonice

Probele cantitative colectate și conservate în teren conțin o mixtură de măr, pietre, nisip, detritus și organisme. Acestea, în laborator au fost spălate de formol printr-o sită de 250 μm. Proba astfel pregătită a fost triată la stereomicroscop (Nikon SMZ 645) unde organismele au fost separate de substrat, detritus, frunze, lemne, alge, etc. Nevertebratele au fost separate pe diferite categorii taxonomice, numărate și păstrate pentru identificări ulterioare în etanol 70%.

Pentru fiecare probă triată a fost întocmită o fișă care cuprindea: locul și data colectării probei, tipul probei, aparatul cu care a fost prelevată proba și numărul de organisme din fiecare grup sistematic. Au mai fost notate următoarele: prezența / absența din probă a algelor filamentoase, a resturilor menajere (metale, plastici, hârtie), tipul de substrat colectat odată cu proba (pietre, pietriș sau nisip), tipul de materie organică allohtonă (detritus fin / grosier, bucăți de lemn, crenguțe, rumeguș, bucăți de frunze). În cazul probelor care au fost colectate imediat după deversările din lacurile de acumulare și în care existau foarte multe exemplare de cladocere și copepode (taxoni caracteristici ecosistemelor lentice), aceste organisme au fost scoase din probă în număr limitat (50 exemplare pentru identificări); aceste observații au fost trecute riguros pe fiecare fișă de lucru.

Organismele din probă au fost identificate și separate până la nivel de ordin, cu excepția următoarelor grupe: nematode (încrângătură), gasteropode și bivalve (clase), oligochete, hirudinee, acaria, copepoda (subclase), isopode și amfipode (subordine). Larvele de diptere au fost identificate până la nivel de familie.

Pentru identificarea nevertebrate bentonice s-au utilizat determinatoarele următorilor autori: Chiriac și Udrescu (1965) și Tachet *et al.* (1991).

După sortarea organismelor din probe, s-a trecut la identificarea larvelor de efemeroptere până la nivel de specie. Fiecare larvă a fost inițial măsurată individual (vezi capitolul 4.6.1) și ulterior identificată la un stereomicroscop Nikon SMZ 645. Acolo unde a fost cazul am recurs la microdisecții și efectuarea de preparate microscopice, care au fost analizate cu un microscop Nikon YS 100. În total, a fost prelucrat un material format din **120 213 larve de efemeroptere**.

La genurile *Baëtis* și *Ecdyonurus* am identificat larvele mai mari de 2 mm, deoarece cele sub aceste dimensiuni nu au încă formate caracterele care permit departajarea pe specii. Aceste larve au fost totuși măsurate. Excepția a constituit-o specia *Baëtis muticus* la care am putut identifica și larvele mai mici de 2 mm.

Pentru identificarea efemeropterelor am utilizat determinatoarele următorilor autori: Bauernfeind (1994, 1997), Bogoescu și Tăbăcaru (1956), Grandi (1960), Kimmins și Frost (1943), Landa (1969), Macan (1950, 1969, 1970), Müller-Liebenau (1969), Studemann *et al.* (1986) și Ujhelyi (1959).

4.3.2. Analizele granulometrice

Analizele de granulometrie a substratului au fost precedate de măsurători în teren a unor pietre din albia râului (vezi capitolul 4.1.1). Probele aduse în laborator au fost supuse analizelor de granulometrie pentru a determina care este fracțiunea dominantă din acesta, precum și gradul de heterogenitate al sedimentului.

Pentru a identifica fracțiunile de sediment din categoriile „granule” (2-4 mm diametru) și „nisip” (2-0.0625 mm) am utilizat metoda cernerii umede (Folk, 1980).

Metoda cernerii în stare umedă constă în cernerea unei cantități cunoscute de sediment printr-un set de site cu ochiuri de dimensiuni cunoscute și așezate în ordine descrescătoare (de sus în jos). Frațiunea din sediment care rămâne pe fiecare sită este uscată în etuvă la 105 °C până la greutate constantă și apoi este cântărită la balanță. Frațiunea de sediment care a trecut prin toate sitele trebuie analizată prin metoda pipetării, dar la această parte a analizelor s-a renunțat ulterior, deoarece ea prezintă importanță mai mult pentru sedimentul foarte fin, mîlos, care nu a caracterizat nici o stație investigată.

4.3.3. Analizele de substanță organică din sediment

Până la efectuarea analizelor de laborator a probelor de sediment pentru determinarea procentului de substanță organică, acestea au fost păstrate în stare înghețată în congelator.

Procentul de substanță organică a fost determinat prin metoda uscării materialului în etuvă la 105 °C, urmată de calcinarea acestuia în cuptor la 505 °C.

4.4. Experimentarea creșterii larvelor de efemeroptere în laborator

Întrucât larvele de efemeroptere sunt extrem de sensibile la scăderea oxigenului dizolvat din apă, pentru aducerea și menținerea lor în laborator a fost nevoie de conceperea unui sistem închis în care să fie asigurată această condiție. Oxigenul necesar a fost asigurat de crearea unui curent permanent de apă (sistemul circular); acest curent a fost suplimentat de căderi de apă în cadrul sistemului „în cascadă”.

Sistemul de râu circular a fost realizat conform modelelor propuse de Corkum și Hanes (1989), Lowell și Culp (1999), Lowell și colaboratorii (1995), Malmqvist și Sjöström (1987), Wiley și Kohler (1980). Acesta a constatat dintr-o serie de cinci camere experimentale circulare ($h = 10$ cm, $\phi = 13$ cm), în care apa intră cu viteză dintr-un dispozitiv lateral conectat la o pompă de apă submersibilă aflată într-un rezervor (model Resun SP-1200). Din fiecare cameră experimentală apa este recirculată în rezervor prin intermediul unui tub central care străbate baza camerei; capătul distal al tubului este prevăzut cu orificii, evadarea larvelor prin acestea fiind împiedicată de un manșon de sită (foto 4.1).

Acest model experimental a fost folosit pentru larvele speciilor puternic reofile, care au rămas fixate pe substratul alcătuit din pietre așezate în fiecare incintă (*Rhithrogena semicolorata*, *Ecdyonurus dispar*).

Modelul râului „în cascadă” a avut la bază modelele de râu artificial propuse de Holomuzki (1996), Kohler (1985), Corkum și Clifford (1980), la care au fost aduse unele modificări. Acesta a constatat dintr-o serie de cinci camere experimentale paralelipipedice din plexiglass așezate în trepte ($L = 30$ cm, $l = 15$ cm, $h = 14$ cm), astfel încât apa să intre dintr-un subsistem în altul printr-o serie de tuburi aflate în partea superioară. Aceste tuburi au fost așezate pe două rânduri și fiind prevăzute cu dopuri individuale, au permis reglarea atât a debitului cât și a înălțimii coloanei de apă care tranzitează fiecare cameră experimentală (foto 4.2).

Pentru a reduce cât mai mult stresul la care sunt supuse animalele, a fost adus sediment din habitate lor de origine, care a fost mai întâi uscat la 105° C timp de 24 ore. Pentru că au fost utilizate în experiment specii care preferă tipuri diferite de sediment, acesta a fost separat pe cinci fracțiuni care au constituit substratul în fiecare din vasele paralelipipedice din cadrul modelului „în cascadă”. Apa utilizată în ambele sisteme a provenit din râu, după o filtrare prealabilă.

În aceste două sisteme a fost obținut și monitorizat procesul de emergență la *Ephemera danica*, *Ephemerella ignita*, *Rhithrogena semicolorata* și *Ecdyonurus dispar*. Exemplarele acestor specii, în condițiile de laborator în care temperatura apei a fost cu câteva grade mai mare decât cea a râului, și-au definitivat viața larvară. Fiind în stadiu de nimfă, cu pterotecile foarte dezvoltate și închise la culoare sub care se observau conturate aripile, aceste exemplare au putut fi măsurate împreună cu exuvia lăsată în urma emergenței (vezi foto 4.4). De asemenea, a putut fi urmărită transformarea nimfei în subimago precum și a acestuia din urmă stadiu, în imago (foto 4.3 și 4.5).



Foto 4.1. Macheta râului artificial,
modelul „circular”



Foto 4.2. Macheta râului artificial,
modelul „în cascadă”



Foto 4.3. Subimago de *Ephemerella ignita*



Foto 4.4. Exhuvie de *Ephemerella ignita*.



Foto 4.5. Imago de *Ephemera danica* la 2 ore după emergență.

4.5. Evaluarea producției secundare

4.5.1. Biometrie la efemeroptere

Măsurătorile biometrice furnizează date importante pentru caracterizarea organismelor; dimensiunile lineare și masa se află în corelație astfel încât, se poate calcula masa având lungimea, ceea ce permite exprimarea speciilor în termeni de masă; un astfel de calcul nu poate fi făcut prin măsurarea greutateii tuturor organismelor din probe. În acest scop se caută ecuația de regresie care exprimă cel mai bine greutatea corpului în funcție de un parametru morfologic al corpului (coeficientul de determinare să fie cel maxim posibil, la cea mai mică eroare standard a estimării și la un nivel de asigurare cât mai mare). Alegerea celui parametru morfologic al corpului față de care biomasa să fie cel mai bine exprimată are o foarte mare importanță, datorită faptului că acest grup al efemeropterelor prezintă o mare variabilitate a formei corpului.

Cei mai mulți dintre autorii care s-au ocupat de studiul ciclului de viață și al producției secundare recomandă pentru efemeroptere utilizarea lungimii ca și variabilă independentă (Benke, 1984; Benke și Jacobi, 1994; Benke *et al.*, 1998; Dudgeon, 1996; Giberson și Galloway, 1985; Otto și Svensson, 1981; Perán *et al.*, 1999; Svensson, 1977; Waters și Crawford, 1973; Wright *et al.*, 1981). Pentru a testa dacă acest parametru morfologic este cel mai bine corelat cu biomasa, au fost făcute calcule preliminare ce au luat în considerare atât lungimea totală a corpului, cât și lățimea maximă a toracelui și lungimea pterotecilor (Petrovici, 1998).

Lungimea corpului a fost măsurată de la vârful mandibulelor sau clipeusului și până la marginea posterioară a ultimului terg abdominal, la baza cercilor.

În studiile de producție secundară la insectele acvatice este recomandată utilizarea greutății uscate, care se obține prin eliminarea completă a apei din corpul organismelor până la greutate constantă (Edmondson și Winberg, 1971). Uscarea trebuie făcută astfel încât să nu se piardă grăsimile prin volatilizare sau descompunere și astfel să se obțină o greutate mai mică decât cea reală; se recomandă astfel pentru uscarea probelor biologice o temperatură cuprinsă între 50 – 105° C în funcție de grupul studiat și de mărimea probelor. Winberg (1971) recomandă pentru organisme bentonice o temperatură de uscare de 60° C.

Greutatea organismelor care au fost conservate diferă de cea inițială (înainte de conservarea în formol), acesta stabilizându-se la 4 luni de la conservare (Borutski, 1934, după Winberg, 1971). Pentru a evita aceste erori, la calculul ecuațiilor de

regresie au fost utilizate numai animale vii, care au fost aduse din teren în geți frigorifice, ulterior în laborator ele fiind identificate în scurt timp, măsurate și uscate în etuvă la 60⁰ C, timp de 24 de ore. Acest protocol de lucru este recomandat de majoritatea autorilor în studiile de producție secundară la efemeroptere (Benke, 1984; Benke și Jacobi, 1994; Benke *et al.*, 1994; Benke *et al.*, 1998; Dudgeon, 1996; Gaines, *et al.*, 1992; Giberson și Galloway, 1985; Hawkins, 1986; Hury și Wallace, 1987; Otto și Svensson, 1981; Perán *et al.*, 1999; Puig, 1999; Svensson, 1977; Waters și Crawford, 1973; Wright *et al.*, 1981). Cântărirea larvelor a fost făcută cu o balanță analitică Denver M-120, cu o precizie de 0.0001g.

Pentru calcularea ecuațiilor de regresie au fost făcute măsurători pe efective cuprinse între 98 și 25 de indivizi din toate clasele de lungime, aparținând la 14 specii (*Ephemera danica*, *Habroleptoides modesta*, *Habrophlebia lauta*, *Epeorus sylvicola*, *Rhithrogena semicolorata*, *Baëtis rhodani*, *B. muticus*, *B. lutheri*, *Torleya belgica*, *Ecdyonurus venosus*, *Ephemerella ignita* și *Caenis luctuosa*). Nu au putut fi făcute măsurători și cântăriri la speciile care nu au fi putut fi identificate larvele vii, sau care nu au supraviețuit transportului din teren în laborator.

Aceste ecuații de regresii au fost utilizate pentru a calcula biomasa totală a larvelor din probe. În acest scop, toate efemeroptere au fost măsurate imediat după trierea și identificarea lor, inclusiv indivizii din genurile *Baëtis* sp. și *Ecdyonurus* sp. a căror larvule sub 2 mm nu au putut fi identificate până la nivel de specie. În total, au fost măsurate un număr de **113 419 de larve de efemeroptere**.

4.5.2. Calcularea producției secundare

Calculul producției secundare a fost făcut utilizând metoda metoda Hynes – Hamilton, la care au fost aduse corecțiile sugerate de către Benke (1978), prin introducerea în calcul a Intervalului de Producție al Cohortei (vezi capitolul 2). Rata de turnover a biomasei a fost obținută prin calcularea raportului P/B anual, unde P este producția secundară anuală, iar B reprezintă biomasa medie anuală.

4.5.3. Clase de dimensiuni

Pentru a caracteriza structura pe dimensiuni a populațiilor dominante de efemeroptere din Crișul Repede și afluenții săi, a fost folosită drept criteriu, lungimea totală a corpului, fără ceri. Aceasta a fost măsurată cu micrometru ocular la stereomicroscop Nikon SMZ 645, sau prin suprapunere peste hârtie milimetrică, în cazul larvelor de dimensiuni mari, aflate în ultimele stadii de viață

(exemplu: *Ephemera danica*, *Epeorus sylvicola*, *Rhithrogena semicolorata*, *Ecdyonurus venosus*, *E.submontanus*, *E.dispar*, etc.).

Deoarece larvele de efemeroptere prezintă o mare variabilitate de dimensiuni atât intraspecific, între diferite stadii de viață, cât mai ales interspecific, nu a fost posibilă efectuarea de subprobe, fiind astfel măsurate toate larvele din probe.

Pentru analiza ciclului de viață a fost întocmită structura pe clase de dimensiuni a populației, separat pentru fiecare lună din cei doi ani cercetați. Clasele de dimensiuni au fost alese la interval de 1 mm, acesta fiind propus de cei mai mulți dintre autorii care au efectuat studii de producție la efemeroptere.

4.6. Metode statistice utilizate

Densitatea. Reprezintă raportarea speciei la unitatea de suprafață sau de volum. În studiile de zoobentos, cea mai frecventă unitate de suprafață este m².

Densitatea poate fi exprimată în trei moduri: numeric (număr de indivizi/m²), în biomasă (g/m²) sau energetic (cal/m²). În ceea ce privește terminologia, densitatea se folosește și în sensul de *densitate brută* (care se referă la întregul spațiu de viață) sau *densitate ecologică*, în cazul în care densitatea populației este raportată numai la habitatul său caracteristic (Stan, 1995).

$$D = \frac{n_i}{S_p}$$

unde: n_i = numărul total de indivizi pentru specia „i”; S_p = suprafața studiată.

Abundența relativă. Reprezintă exprimarea în procente (%) sau în probabilități a participării fiecărei specii în populația sau biocenoza studiată (Stan, 1995). Se calculează după relația:

$$A = \frac{n_i}{N} \cdot 100$$

în care: n_i = numărul de indivizi ai speciei i , găsiți în probă/ probele studiate; N = numărul total de indivizi, ai tuturor speciilor, din proba sau probele studiate.

Frecvența. Reprezintă proporția în care apare o anumită specie în cadrul tuturor probelor prelucrate (Stan, 1995). Se calculează după relația:

$$F = \frac{N_i}{N_p} \cdot 100$$

în care: N_i = numărul de probe în care apare specia i ; N_p = numărul total de probe analizate.

Diversitatea. A fost calculată cu ajutorul următorilor indici:

Indicele Margalef

Reprezintă o măsură a „bogației de specii” (Clifford și Stephenson, 1975), fiind calculat cu formula:

$$M = \frac{S - 1}{\log N}$$

unde S = numărul total de specii; N = numărul total de indivizi.

Indicele Simpson

$$S = 1 - \sum p_i^2$$

unde p_i reprezintă abundența speciei i care se calculează după formula:

$$p_i = \frac{n_i}{N}$$

Acest indice a fost definit de către Simpson în 1949, fiind ulterior modificat de către Krebs în anul 1972. El reprezintă probabilitatea ca două organisme care sunt extrase randomizat din mediu să aparțină la specii diferite. Valoarea lui numerică variază între 0 (diversitate nulă) și 1 (diversitate maximă).

Indicele Shannon-Wiener

Este cel mai utilizat indice de diversitate, fiind folosit în mod eronat și sub denumirea de „indicele Shannon-Weaver”. Această confuzie se datorează faptului că Shannon a publicat articolul său în care descrie acest indice, în aceeași carte împreună cu un altul făcut în colaborare cu Weaver (Shannon și Weaver, 1949).

Shannon și Wiener au definit în mod independent acest indice care astfel, poartă numele amândouă (Washington, 1984), fiind definit de formula:

$$H' = -\sum p_i \log_2 p_i$$

Acest indice poate avea valoarea 0 atunci când există doar o singură specie și este maxim atunci când toate speciile sunt reprezentate de același număr de indivizi (Ludwig și Reynolds, 1988). Condițiile care limitează aplicarea acestui indice sunt următoarele: probele trebuie să fie luate la întâmplare cu același tip de aparat, iar toate organismele să fie identificate până la nivel de specie. Acest indice a fost aplicat pentru prima dată în ecologie de către Mac Arthur în 1957.

Echitabilitatea. Poate fi calculată folosind formula (Washington, 1984):

$$E = \frac{H'}{H_{\max}}$$

în care $H_{max} = \log S$; S = numărul de specii.

Distribuția spațială. Însemnătatea ecologică a distribuției spațiale a unei populații este multiplă și este în strânsă legătură cu relațiile acesteia cu componentele biotice și abiotice ale ecosistemului respectiv. Au fost stabiliți mai mulți indici pentru determinarea și compararea tipurilor de distribuție spațială, marea majoritate a lor având la bază relația dintre varianță (S^2) și medie ($\bar{x}$).

Pentru studiul de față au fost aleși următorii indici:

1) Raportul $\frac{S^2}{\bar{x}}$; în care: S^2 = varianța; $\bar{x}$ = densitatea medie.

2) Raportul $\frac{S^2(n-1)}{\bar{x}}$;

Acest indice reprezintă de fapt relația de calcul a testului χ^2 în vederea aprecierii semnificației îndepărtării distribuției reale de la distribuția randomizată,

sau altfel spus, semnificația îndepărtării raportului $\frac{S^2}{\bar{x}}$ de la valoarea 1.

3) Indicele David-Moore, 1954 (Elliott, 1971);

$$\frac{S^2}{\bar{x}} - 1$$

4) Indicele Lewis (Elliott, 1971);

$$\frac{S}{\sqrt{\bar{x}}}$$

5) Indicele Green (Green, 1966);

$$\frac{\frac{S^2}{\bar{x}} - 1}{\sum x - 1}$$

Interpretarea rezultatelor obținute prin aplicarea primilor cinci indici de distribuție spațială este redată în tabelul 4.2.

6) Coeficientul de regresie „b” din relația care caracterizează legea lui Taylor.

Acesta reprezintă coeficientul de regresie sau panta dreptei care caracterizează regresia dintre varianță și media aritmetică. Dependența varianței unei populații

de media aritmetică a fost decrisă prima dată de către Taylor (Taylor, 1961, după Botnariuc și Vădineanu, 1982). Ecuația acestei regresii este:

$$\log S^2 = \log a + b * \log \bar{x}$$

Valoarea acestui indice este egală cu unitatea în cazul distribuției spațiale întâmplătoare, este mai mică decât unitatea în cazul populațiilor cu distribuție uniformă și este mai mare decât unitatea dacă populația are o distribuție cu diferite grade de grupare (Elliott, 1971).

Tabel 4.2. Interpretarea indicilor de distribuție spațială (Elliott, 1971)

	Uniformitate maximă	Randomizat	Grupare maximă
$\frac{S^2}{\bar{x}}$	0	1	$\sum x$
$\frac{S^2(n-1)}{\bar{x}}$	0	n-1	$\sum x(n-1)$
$\frac{S^2}{\bar{x}} - 1$ (David și Moore, 1954)	-1	0	$\sum x - 1$
$\frac{S}{\sqrt{\bar{x}}}$ (Lewis)	0	1	$\sqrt{\sum x}$
$\frac{S^2}{\bar{x}} - 1$ $\frac{\sum x}{\sum x - 1}$ (Green, 1966)	$-\frac{1}{\sum x - 1}$	0	1

Factorul de mortalitate

Calcularea mortalității fiecărei clase de dimensiuni a fost făcută prin împărțirea valorii densității medii a claselor de dimensiuni la densitatea medie anuală (Perán *et al.*, 1999).

Analiza datelor și prelucrarea imaginilor au fost realizate utilizând sistemele de programe: EXCEL 2003, STATISTICA 7.0 (StatSoft, Inc.), SYSTAT 4.1 (Systat, Inc.), STATDISK (Addison-Wesley Longman, Inc.), BIODIV 5.2, PAINT SHOP PRO 5.01.

CAPITOLUL 5

PARAMETRII FIZICI ȘI CHIMICI AI APEI ȘI AI SEDIMENTULUI DIN RÂURILE CERCETATE



Particularitățile fizico-chimice, geologice și hidrologice ale unui bazin acvatic reprezintă factorii esențiali care caracterizează mediul abiotic al biocenozelor. Structura unei biocenoze este influențată în mare măsură de factorii fizico-chimici din ecosistemul a cărei componentă este.

Mediul acvatic este foarte complex din punct de vedere al compoziției fizico-chimice. În apa unui râu sunt prezente diferite săruri dizolvate, emulsii, coloizi, gaze (N_2 , CO_2 , O_2), particule solide aflate în suspensie, etc. Aproape toți constituenții chimici provin prin dizolvarea rocii mamă, la care se adaugă poluarea și activitatea vulcanică (acolo unde este cazul). Aceste materiale sunt concentrate prin fenomenul de evaporare și sunt alterate prin interacțiuni biologice și chimice.

Echilibrul unui astfel de ecosistem este fragil, deoarece apele de suprafață au o stabilitate relativă, nerezistând decât la modificări mici ale parametrilor de stare. Organismele acvatice sunt total expuse modificărilor mediului, ele nedispunând de posibilități variate de părăsire a mediului afectat și de instalare într-un nou habitat. Mai mult decât atât, organismele acvatice sunt sensibile la orice variații ale factorilor fizico-chimici locali, astfel încât orice modificare a acestora produce modificări corespunzătoare în structura biocenozei și în compoziția ei specifică. De asemenea sunt afectate proporțiile diferitelor specii, distribuția acestora în spațiu și dinamica lor în timp, precum și relațiile interspecifice.

Variațiile neregulate și de mare amplitudine ale unor factori care depășesc limitele normale (în plus sau în minus) devin factori limitanți, iar efectul lor principal este eliminarea unui număr mare de indivizi din una sau mai multe populații (Botnariuc și Vădineanu, 1982). Una din cauzele principale ale modificării acestor factori fizico-chimici o constituie amplasarea pe râuri a unor centre urbane și / sau industriale care au captări și deversări de ape uzate în râu.

În sectorul inferior al Crișului Repede calitatea apei este puternic influențată de existența centrelor urbane și industriale Aleșd și Oradea, precum și de ridicarea barajelor de acumulare cu hidrocentralele aferente acestora.

În sectorul de râu aflat între confluența cu Valea Iadului și până amonte de Oradea, principalele surse de poluare a râului sunt: canalizarea orașelor Șuncuiș

și Aleșd, S.C. Helios Aleșd (producător de materiale refractare și cărămizi) și S.A. Coca-Cola Bihor Săcădat.

În sectorul de râu aflat în perimetrul orașului Oradea, principalii poluanți sunt: canalizarea orașului Oradea și firmele: Renel R.A., U.E.T. Oradea, S.C. Interoil S.A., S.C. Sinteza S.A., S.N.C.F.R.- Depoul de locomotive Oradea, S.C. Rovex, S.C. Înfrățirea S.A., S.C. Spirt – Drojdie S.A., S.C. Avântul S.A., S.C. Alor S.A.

Folosințele importante și sursele de poluare în aval de Oradea sunt: S.C. Suinprod S.A. Palota (ferma de suine) și S.C. Fibratex S.A. Sîntandrei.

În subbazinul Crișului Repede categoria generală de calitate a cursului principal este categoria I-a de calitate, cu excepția unui tronson de 21 km, aval de Huedin care se încadrează în categoria a II-a de calitate, determinant fiind indicatorul azotați, datorită apelor uzate, evacuate de stația de epurare a orașului Huedin, precum și a unor evacuări nesistematice din zonă („Sinteza anuală privind calitatea apelor în bazinul hidrografic Crișuri”, Apele Române, filiala Oradea).

Analizele bacteriologice efectuate de Apele Române arată că secțiunea râului cuprinsă între Oradea și Cheresig intră în categoria a III-a de calitate.

Aceeași instituție a efectuat analize fizico-chimice pe probele de apă recoltate din forajele cuprinse în subbazinul hidrografic Crișul Repede. Acestea evidențiază depășiri ale limitei de potabilitate pentru următorii indicatori: amoniu, azotiți, substanțe organice exprimate prin CCOMn, fier, iar cu caracter izolat pentru indicatorii: pH, sulfati, azotați, calciu, magneziu, reziduu fix, duritate totală și fenoli (în forajele care fac parte din stația de control a poluării apelor subterane).

Pe cursul continuu al râului Iad barajul de acumulare construit induce profunde modificări atât ale factorilor fizico-chimici ai apei din râu cât și ale sedimentelor acestuia, care la rândul lor provoacă modificări în structura, diversitatea și distribuția organismelor din bentos. Aceste modificări sunt mai evidente datorită deversărilor de apă din profundul acestuia.

În cele ce urmează prezentăm pe rând principalii factori fizico-chimici ai apei și ai sedimentului a căror modificări pot afecta organismele din râu.

5.1. Viteza apei și variațiile regimului hidrologic în râurile studiate

Curentul apei erodează canalul râului, determinând mărimea particulelor substratului, cantitatea și tipul de substanță organică. Din aceste motive el este considerat de către Wetzel și Likens (1979) cel mai important factor abiotic care afectează organismele din râu.

În plus, viteza apei este factorul care determină distribuția speciilor, morfologia corpului la organismele acvatice, precum și adoptarea de către acestea a unor modele comportamentale care să le permită creșterea și dezvoltarea în mediul reofil. Unele specii prezintă adaptări morfologice și comportamentale pentru a trăi în curent puternic, altele în zonele cu apă înceată, puține fiind însă organismele adaptate să trăiască în ambele condiții (Allan, 1995).

Marea majoritate a organismelor bentonice sunt direct influențate de curgerea apei din straturile situate imediat deasupra substratului pe / în care trăiesc, existând astfel două tipuri fundamentale de curgere: cea laminară (pe substrat uniform alcătuit și cât mai puțin rugos, de exemplu nisip fin) și cea turbulentă (care se formează odată cu creșterea heterogenității și a rugozității substratului). În acest din urmă caz, este deosebit de importantă viteza și modelul curgerii în jurul obstacolelor reprezentate de pietrele și bolovanii din substrat.

Având în vedere importanța acestui factor fizic al apei în structura și distribuția nevertebratelor din bentosul râului, l-am măsurat la fiecare deplasare în teren prin metoda obiectului plutitor (vezi capitolul 4), rezultatele fiind prezentate în tabelul 5.1. Pentru stațiile la care am dispus de datele lunare pentru anii 1997-1998, am prelucrat statistic și aceste date („Sinteza privind calitatea apelor în bazinul hidrografic Crișuri, anii 1997 și 1998”, Apele Române, filiala Oradea).

Așa cum reiese și din tabelul 5.1, viteza apei din Crișul Repede scade după Oradea, de la o valoare medie pentru cei doi ani de 1.01 m/s (stația Fughiu) până la 0.85 m/s (stația Cheresig). La ambele stații valorile maxime au fost raportate în luna octombrie din amândoi anii de studiu, 1997 și 1998. În acele luni au avut loc ploi abundente și debitele râului au crescut. Cele mai mici viteze ale apei au fost întâlnite la Fughiu în timpul verii (iulie 1997 și august 1998) iar la Cheresig în timpul primăverii și verii, în mod diferit în cei doi ani (iulie 1997 și mai 1998). Atât amonte cât și aval de oraș, viteza apei nu a diferit semnificativ în 1997 față de 1998.

În cei doi afluenți viteza medie a apei a înregistrat diferențe nesemnificative (la un nivel de probabilitate de 95%) în anul 1997 față de anul 1998 (tabel 5.1).

Comparând însă pentru fiecare afluent vitezele medii ale apei, se constată:

- pentru anul 1997 nu există diferențe semnificative între râul Drăgan față de râul Iad (testul *t-Student*, $\alpha > 0.05$);
- pentru anul 1998 însă, aplicarea testului *t-Student* a scos în evidență că viteza apei în râul Iad a fost în mod foarte semnificativ mai mare ($\alpha < 0.001$) decât cea din râul Drăgan (vezi tabelul 5.1).

Deoarece Drăganul este singurul râu al cărui regim hidrologic nu este afectat de deversări din baraj, apropiindu-se cel mai mult de un regim hidrologic natural, am analizat dinamica vitezei apei în acest râu pe parcursul a 12 luni (date din „Centralizatoare debite râul Drăgan, postul Valea Drăganului, pe anii 1997 și 1998”. Apele Române, filiala Oradea). Astfel, în anul 1997 graficul vitezei apei prezintă un vârf în lunile iunie și iulie, pentru ca apoi acesta să scadă în timpul verii și începutul toamnei (figura 5.1).

Aceasta se datorează atât precipitațiilor abundente din iunie și iulie, cât și aportului de apă din barajul Drăgan în data de 27 iulie 1997 (vezi capitolul 3).

În luna octombrie, viteza apei prezintă un al doilea vârf, însă mult mai mic decât cel de la începutul verii.

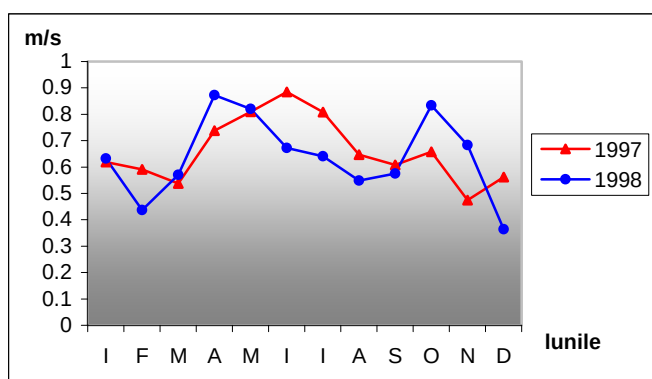


Figura 5.1. Dinamica vitezelor medii lunare a apei în râul Drăgan, 1997-1998.

În anul 1998 graficul vitezei înregistrează două vârfuri, unul ocazionat de topirea zăpezii (martie-aprilie), iar cel de-al doilea datorat ploilor abundente care au căzut în luna octombrie.

Tabel 5.1. Valorile medii anuale și limitele de confidență ($\alpha = 0.05$) pentru parametri fizico-chimici ai apei din Crișul Repede și afluenți, în anii 1997-1998. Rezultatele testului *t-Student* pentru compararea mediilor anuale sunt de asemenea înregistrate în tabel
(ns = nesemnificativ la $\alpha > 0.05$; * = semnificativ la $\alpha < 0.05$; ** = distinct semnificativ la $\alpha < 0.01$).

♦ valori calculate pentru perioada mai-octombrie; □ nu s-au efectuat determinări; ☼ măsurători în teren; ○ date furnizate de Apele Române

	Fughiu			Cheresig		
	1997	1998	t test	1997	1998	t test
Viteza (m/s)☼	0.79 ± 0.26	1.23 ± 0.39	ns	0.87 ± 0.45	0.83 ± 0.35	ns
Debit (m³/s)○	24.35 ± 15.8	18.81 ± 12.97	ns	28.52 ± 15.23	21.84 ± 12.44	ns
Temperatura (°C) ♦☼	17.08 ± 1.64	17.17 ± 2.61	ns	19.33 ± 2.79	19.67 ± 3.85	ns
Oxygen (mg/l)☼	10.83 ± 1.11	10.65 ± 1.26	ns	9.69 ± 1.45	9.89 ± 1.34	ns
pH☼	7.65 ± 0.24	7.63 ± 0.22	ns	7.61 ± 0.2	7.73 ± 0.13	ns
Conductivitate (μS/cm)☼	□	188.57 ± 43.52		□	271.43 ± 90.8	
Reziduu fix (mg/l)○	154.2 ± 13.5	156.33 ± 15.75	ns	213.67 ± 23.72	203.08 ± 24.38	ns
CBO ₅ (mg/l)○	2.63 ± 0.73	1.91 ± 0.55	ns	3.76 ± 1.02	3.19 ± 0.99	ns
CCO-Mn (mg/l)○	2.23 ± 0.25	2.95 ± 0.39	**	3.15 ± 0.27	2.87 ± 0.44	ns
Cloruri (mg/l)○	9.33 ± 2.26	6.17 ± 1.58	*	11.83 ± 2.33	10.08 ± 2.17	ns
Sulfați (mg/l)○	17.78 ± 4.04	15.17 ± 2.82	ns	37.73 ± 8.25	27.53 ± 4.77	*
Calciu (mg/l)○	33.21 ± 3.74	32.63 ± 2.02	ns	41.62 ± 5.19	39.13 ± 2.62	ns
Magneziu (mg/l)○	7.87 ± 2.07	6.08 ± 1.39	ns	10.31 ± 2.64	6.33 ± 1.4	**

	<i>Fughiu</i>			<i>Cheresig</i>		
	1997	1998	<i>t test</i>	1997	1998	<i>t test</i>
Sodiu (mg/l)◊	6.42 ± 1.1	5.62 ± 0.88	ns	12.83 ± 3.25	10 ± 1.79	ns
Potasiu (mg/l)◊	□	□	ns	□	□	ns
Amoniu (mg/l)◊	0.12 ± 0.04	0.12 ± 0.03	ns	0.41 ± 0.17	0.19 ± 0.07	*
Azotiți (mg/l)◊	0.04 ± 0.02	0.03 ± 0.02	ns	0.38 ± 0.2	0.16 ± 0.07	*
Azotați (mg/l)◊	4.53 ± 1	5.68 ± 3.52	ns	7.12 ± 1.71	5.95 ± 1.11	ns
Cianuri (mg/l)◊	0	0		0.0004±0.0005	0	ns
Fenoli (mg/l)◊	0.0025 ± 0.002	0.0022 ± 0.001	ns	0.0053 ± 0.003	0.0035 ± 0.003	ns
Detergenți (mg/l)◊	0.02 ± 0.01	0.01 ± 0.001	**	0.03 ± 0.01	0.01 ± 0.01	**
Fier (mg/l)◊	0.1 ± 0.04	0.12 ± 0.04	ns	0.16 ± 0.06	0.13 ± 0.04	ns
Fosfor total (mg/l)◊	0.03 ± 0.02	0.03 ± 0.02	ns	0.13 ± 0.07	0.13 ± 0.05	ns
Crom (mg/l)◊	0.002 ± 0.004	0	ns	0.0003±0.0006	0	ns
Plumb (mg/l)◊	0.0047 ± 0.004	0.0099 ± 0.007	ns	0.011 ± 0.0074	0.0113 ± 0.009	ns
Zinc (mg/l)◊	0.01 ± 0.001	0.01 ± 0.01	ns	0.02 ± 0.01	0.01 ± 0.01	ns
Bicarbonați (mg/l)◊	118.38 ± 12.14	109.86 ± 11.64	ns	143.21 ± 18.84	127.56 ± 8.61	ns
Duritate permanentă (G)◊	1.85 ± 1.36	1.28 ± 1.07	ns	2.78 ± 1.64	1.46 ± 0.96	ns
Duritate temporară (G)◊	4.99 ± 0.84	5.08 ± 0.38	ns	6.48 ± 0.89	5.87 ± 0.39	ns
Duritate totală (G)◊	6.89 ± 1.46	6.36 ± 1.02	ns	9.27 ± 1.93	7.33 ± 0.8	ns

Tabel 5.1 (continuare).

	<i>Valea Drăganului</i>			<i>Valea Iadului</i>		
	1997	1998	<i>t test</i>	1997	1998	<i>t test</i>
Viteza (m/s)☼	0.66 ± 0.08	0.64 ± 0.1	ns	0.75 ± 0.27	1.18 ± 0.36	ns
Debit (m ³ /s)○	2.42 ± 1.29	2.17 ± 0.98	ns	2.5 ± 1.06	2.68 ± 1.01	ns
Temperatura (°C) ♦☼	10.55 ± 3.2	9.33 ± 3.49	ns	13.9 ± 4.94	11.26 ± 2.8	ns
Oxygen (mg/l)☼	10.7 ± 0.95	9.98 ± 1.48	ns	10.3 ± 1.29	9.53 ± 1.07	ns
pH☼	6.8 ± 0.97	6.86 ± 0.39	ns	6.9 ± 0.47	7.05 ± 0.35	ns
Conductivitate (μS/cm)☼	57.9 ± 14.4	62.6 ± 7.08	ns	165.7 ± 43.13	154.6 ± 29.83	ns
Reziduu fix (mg/l)○	83.5 ± 63.9	54.1 ± 10.7	ns	154.25 ± 96.51	114.5 ± 12.33	ns
CBO ₅ (mg/l)○	□	□		□	□	
CCO-Mn (mg/l)○	2.5 ± 0.28	2.62 ± 1.29	ns	28.4 ± 85.3	4.38 ± 4.28	ns
Cloruri (mg/l)○	5.25 ± 5.72	2.06 ± 1.66	ns	4.25 ± 5.26	3.26 ± 2.77	ns
Sulfați (mg/l)○	9.75 ± 5.4	7.51 ± 3.25	ns	9.03 ± 5.84	7.66 ± 3.46	ns
Calciu (mg/l)○	9.96 ± 4.13	10.1 ± 4.35	ns	33.07 ± 12.25	21.53 ± 6.33	*
Magneziu (mg/l)○	2.87 ± 2.83	1.49 ± 0.92	ns	4.66 ± 5.87	5 ± 2.99	ns
Sodiu (mg/l)○	8.75 ± 10.7	3.2 ± 1.55	ns	8 ± 5.2	2.81 ± 1.64	*
Potasiu (mg/l)○	1.13 ± 1.19	0.66 ± 0.3	ns	1 ± 0.01	0.66 ± 0.37	ns
Amoniu (mg/l)○	0.1 ± 0.11	0.05 ± 0.04	ns	0.13 ± 0.3	0.11 ± 0.19	ns

	Valea Drăganului			Valea Iadului		
	1997	1998	<i>t test</i>	1997	1998	<i>t test</i>
Azotiți (mg/l)◊	0.02 ± 0.03	0.006 ± 0.007	*	0.02 ± 0.02	0.02 ± 0.01	ns
Azotați (mg/l)◊	4.33 ± 3.14	2.34 ± 0.48	ns	5.44 ± 6.19	2.61 ± 0.07	ns
Cianuri (mg/l)◊	□	□		□	□	
Fenoli (mg/l)◊	□	□		□	□	
Detergenți (mg/l)◊	□	□		□	□	
Fier (mg/l)◊	0.14 ± 0.16	0.07 ± 0.04	ns	0.11 ± 0.12	0.06 ± 0.03	ns
Fosfor total (mg/l)◊	□	□		□	□	
Crom (mg/l)◊	□	□		□	□	
Plumb (mg/l)◊	□	□		□	□	
Zinc (mg/l)◊	□	□		□	□	
Bicarbonați (mg/l)◊	46.8 ± 38.4	31.05 ± 11.4	ns	123.08 ± 49.7	82.39 ± 22.08	*
Duritate permanentă (G)◊	0.42 ± 0.28	0.41 ± 0.2	ns	5.75 ± 1.21	4.45 ± 0.87	ns
Duritate temporară (G)◊	1.15 ± 0.71	1.15 ± 0.13	ns	4.6 ± 1.46	3.65 ± 0.94	ns
Duritate totală (G)◊	1.93 ± 0.87	1.57 ± 0.23	ns	0.65 ± 0.15	0.81 ± 0.44	ns

Regimul hidrologic din afluenții Crișului Repede

Regimul hidrologic al Drăganului este un regim foarte apropiat de cel natural, în sensul că debitul râului nu este influențat de deversările din barajul de acumulare aflat în partea sa superioară. În anii în care au fost făcute colectări de probe, a avut loc o singură deversare, în 27 iulie 1997, care a produs creșterea pentru câteva ore a debitului Drăganului cu 16.2 m³/s. În afara acestui eveniment singular, debitul râului nu a mai fost influențat de baraj.

Pe Valea Iadului, debitul râului este aproape constant, fiind asigurat de Regia Apelor Române printr-un debit de servitute, cu excepția perioadelor în care au loc deversări suplimentare de apă din lacul Leșu, sau a perioadelor în care au loc evacuări pe Valea Bisericii ale surplusului de apă din Canalul de Apă de pe aducțiunea principală Drăgan-Remeți (vezi capitolul 3).

Pentru a pune în evidență alterarea regimului hidrologic al râului Iad, au fost căutate variabilele în funcție de care se poate exprima acesta. Pentru aceasta s-au luat în vedere următoarele variabile: debitul, viteza apei, adâncimea ei și cantitatea de precipitații. Pentru acestea au fost calculate valorile medii lunare (pentru primele două) și suma totală lunară (pentru ultima variabilă). Diferitele analize efectuate au condus la concluzia că cea mai bună expresie (din punct de vedere statistic) este cea dintre debitele râurilor și cantitatea totală de precipitații (tabelul 5.2).

Tabelul 5.2. Ecuatiile de regresie și coeficientul de determinare r² dintre debitele râurilor (D) și cantitatea de precipitații (PP) din Valea Drăganului și Valea Iadului, 1997 și 1998.

	r ²	ecuația de regresie
<i>Valea Drăganului</i>		
1997	0.717	$D = -2.312 + 0.0382 * PP$
1998	0.646	$D = 0.1356 + 0.0261 * PP$
<i>Valea Iadului</i>		
1997	0.138	$D = 0.2508 + 0.0031 * PP$
1998	0.076	$D = 0.4159 + 0.0039 * PP$

Analizând aceste ecuații se constată că precipitațiile explică în proporție de peste 70% debitul râului Drăgan în 1997 și de peste 60 % în 1998.

Deși cantitatea de precipitații căzute a variat nesemnificativ pe cele două văi, debitul râului Iad este practic complet independent de acestea, fiind explicat în proporție de doar 13.8 % (în 1997) și 7.6 % (în 1998) de fenomenele meteorologice.

Acest râu nu prezintă variațiile de debit caracteristice anotimpurilor, nefiind influențat primăvara de topirea zăpezii sau de ploile abundente din timpul toamnei. El are un debit constant (de servitute), fiind supus în mod neregulat unor unde de viitură induse antropic, care aduc apă din profundul lacului.

Menționăm că datele referitoare la cantitatea de precipitații și debitele râurilor provin din Arhiva Institutului de Meteorologie și Hidrologie, filiala Oradea, precum și din „Centralizatoarele de debite și precipitații pe râul Drăgan, postul Valea Drăganului pe anii 1997 și 1998”. Apele Române, Filiala Oradea.

Regimul hidrologic din Crișul Repede

Debitul Crișului Repede în sectorul său inferior crește de până la 10 ori față de debitul afluenților, ajungând la valoarea medie de 21.58 m³/s în amonte de Oradea. Până ajunge la stația Cheresig, râul mai primește câțiva afluenți mai mici (ex. Peșea), astfel încât debitul său la ieșirea din țară ajunge la valoarea medie de 25.18 m³/s. Compararea cu testul *t-Student* a valorile medii anuale ale debitului, au rezultat diferențe nesemnificative între anul 1997 față de anul 1998, la ambele stații de pe Crișul Repede (vezi tabelul 5.1).

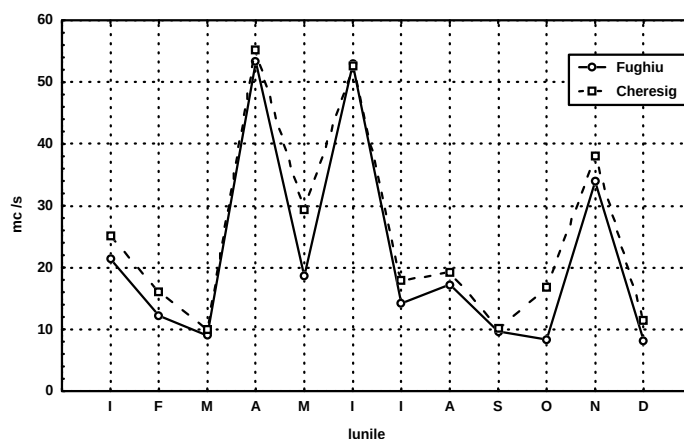


Figura 5.2. Dinamica lunară a valorilor medii ale debitului Crișului Repede la Fughiu și Cheresig, 1997-1998.

Pentru a obține dinamica lunară a debitului au fost calculate valorile medii lunare ale debitului la cele două (figura 5.2).

Se constată astfel o variație sincronă a debitelor la cele două stații, cu valori mai mari în fiecare lună pentru stația aflată în aval. Acest rezultat era de așteptat

din moment ce distanța dintre cele două stații este foarte mică și nu vin afluenți majori care să aducă un aport mare de apă din bazine hidrografice mari, care să aibă regim diferit de precipitații.

Pentru a analiza influența pe care o au cele trei baraje de acumulare asupra debitului râului Crișul Repede am urmărit relația dintre acest parametru și cantitatea de precipitații în fiecare lună din cei doi ani (date obținute din Arhiva Institutului de Meteorologie și Hidrologie, filiala Oradea și din „Centralizatoarele de debite și precipitații pe râul Drăgan, postul Valea Drăganului pe anii 1997 și 1998”, Apele Române, Filiala Oradea). Din analiza rezultatelor prezentate în tabelul 5.3, se constată că similar cu Valea Iadului, nu există o dependență a debitului față de cantitatea de precipitații, acesta fiind strict determinat antropic, prin modalitățile descrise în capitolul 3. În plus, pentru anul 1998 se constată o relație inversă între variabilele analizate, deci o scădere a debitului râului la creșterea precipitațiilor, evidențiată de coeficienții de regresie de semn negativ. Probabil că acele zile cu precipitații au coincis cu uzinarea unor debite mai mici în cele trei hidrocentrale care au debite efluente în Crișul Repede, precum și cu efectuarea de stocuri de apă în baraje.

Tabelul 5.3. Ecuatiile de regresie și coeficientul de determinare r^2 dintre debitele râurilor (D) și cantitatea de precipitații (PP) din Crișul Repede, 1997 și 1998

	r^2	ecuația de regresie
<i>Fughiu</i>		
1997	0.209	$D = 9.249 + 0.254 * PP$
1998	0.002	$D = 19.857 - 0.16 * PP$
<i>Cheresig</i>		
1997	0.206	$D = 14.121 + 0.242 * PP$
1998	0.004	$D = 23.312 - 0.0224 * PP$

5.2. Temperatura apei

Temperatura este inclusă de către Allan (1995) printre cei trei factori fizici majori (alături de viteza apei și de substrat) care influențează procesele și organismele din ecosistemele lotice. Aceasta variază atât în decursul unei zi, cât și sezonally, iar alți factori care o pot influența sunt: climatul, altitudinea, adausul de apă din pânza freatică, precum și procentul în care vegetația ripariană se întinde deasupra albiei râului.

Schimbările sezoniere ale temperaturii râului urmează strâns tendințele sezoniere ale mediei lunare a temperaturii aerului, cu excepția primăverii, când aerul se încălzește mult mai repede decât apa și a iernii, când temperatura apei nu coboară sub 0 °C. Pentru temperaturile deasupra înghețului, Crisp și Howson (1982) sugerează un mod de calcul a mediei săptămânale a temperaturii apei folosind media temperaturii aerului la care se aplică o întârziere de 5-7 zile.

În zona temperată, media anuală a temperaturii apei este cuprinsă între 0-25°C, scăzând odată cu creșterea altitudinii sau a latitudinii.

De asemenea, este cunoscut fenomenul creșterii temperaturii de-a lungul râului, de la izvor la vărsare. Una din cauzele acestei modificări o constituie scăderea influenței pe care o are procesul de umbrire a albiei râului asupra temperaturii apei. Tot spre vărsare râul devine mai inert termic decât la izvoare, datorită volumului mai mare de apă care conservă temperatura.

Un alt aspect al temperaturii apei în râuri este acela că nu există o stratificare pe verticală (ca în lacuri), datorită amestecului permanent cauzat de curentul apei. Astfel temperatura apei în râuri este aproape constantă de la suprafață până la nivelul substratului. Totuși, în râurile mari, în apropierea substratului apa poate avea o temperatură mai mică, dacă aportul de apă din freatic este mare. În consecință, organismele bentonice care trăiesc în și pe sedimente, suportă o temperatură mai mică decât cele care trăiesc în masa apei.

Temperatura apei este în strânsă legătură cu eclozarea ouălor, cu lungimea perioadei de creștere a organismelor, cu procesul de emergență a insectelor adulte și cu tipul de voltinism al fiecărei specii în parte. În astfel de studii, Allan (1995) recomandă însumarea mediilor temperaturilor zilnice de peste 0 °C, sau de peste temperatura pragului de dezvoltare a organismelor (în cazul în care aceasta se cunoaște). Dacă această sumă a temperaturilor scade foarte mult într-un an, unele specii stenoterme pot dispărea din bentos în anii următori, datorită faptului că eficiența lor de hrănire și abilitatea de creștere sunt insuficiente pentru a menține populația sau necesitățile lor de reproducere nu sunt întâlnite.

Pentru a putea face comparații corecte, a fost calculată la toate stațiile media valorilor înregistrate în teren, în intervalul mai-octombrie pentru cei doi ani de studiu. Aceste date prezentate în tabelul 5.1 arată o creștere a temperaturii medii cu aproape 6 °C în râul Crișul Repede, la stațiile aflate la câmpie, comparativ cu afluenții care se găsesc în climat montan. La această încălzire contribuie chiar dacă într-o mai mică măsură și procentul de umbrire al albiei râurilor cu coronamentul

vegetației lemnoase, care scade la mai puțin de jumătate la stațiile aflate lângă Oradea (vezi capitolul 3).

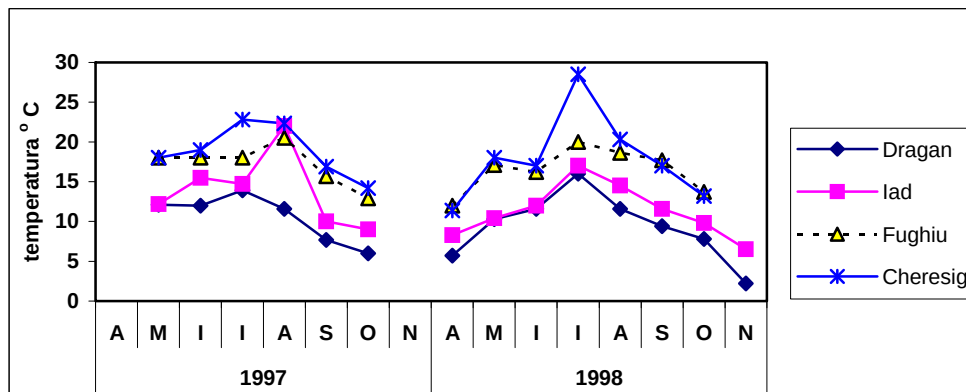


Figura 5.3. Dinamica lunară a temperaturii apei din Crișul Repede și afluenții săi, 1997-1998.

Dinamica lunară a temperaturii apei (figura 5.3) indică în ambii ani de studiu un maxim în luna iulie, cu excepția anului 1997 în care pe Valea Iadului și la Fughiu temperaturile maxime au fost înregistrate în luna august.

Între stația aflată amonte de Oradea și cea aflată în aval, apa Crișului Repede se încălzește în medie cu două grade, cunoscut fiind fenomenul de poluare termică pe care îl suferă un râu în timpul traversării unui oraș. Creșterea debitului râului, precum și scăderea procentului de umbrire al râului în aval de oraș contribuie de asemenea la creșterea temperaturii apei.

Prelucrând numai datele din zilele în care nu au avut loc deversări din barajul Leșu, se constată pentru Valea Iadului o creștere în medie a temperaturii apei cu mai mult de două grade față de Valea Drăganului (vezi tabel 5.1), fenomen explicat de cel puțin doi factori: stația de recoltare a probelor de pe acest prim afluent este situată la o altitudine mai mică decât pe Drăgan, iar procentul de umbrire a albiei este cu 30% mai scăzut în Valea Iadului.

Atât la stațiile de pe Crișul Repede, cât și la cele de pe cei doi afluenți, aplicarea testului *t-Student*, a scos în evidență că media anuală a temperaturii apei în anul 1997 nu a diferit semnificativ față de cea înregistrată în anul 1998 (la un nivel de probabilitate de 95 %).

Pentru a vedea cum variază temperatura apei în decurs de 24 de ore, precum și în vederea punerii în evidență a efectelor deversărilor din baraj asupra

temperaturii apei râului, am efectuat măsurători ale acestui parametru fizic al apei în decursul a 24 de ore. Aceste rezultate sunt prezentate grafic în figura 5.4 și conduc la următoarele concluzii:

- atât în Valea Drăganului cât și în Valea Iadului (în afara deversărilor), temperatura apei urmează variația temperaturii aerului. În intervalul dintre orele 6-24 temperatura apei este cu câteva grade mai mică decât temperatura aerului, diferență care devine tot mai mică spre sfârșitul acestui interval. Între orele 24-6 cele două temperaturi au valori foarte apropiate (vezi figura 5.4 - A și B);
- pe Valea Iadului în condițiile în care nu există deversări din baraj, temperatura apei are o oscilație sinusoidală, revenind în decurs de 24 ore la valoarea inițială (figura 5.4 - B). Aportul de apă din profunzimea lacului de baraj, care a avut loc în momentul indicat prin săgeata din figura 5.4 - C, a provocat o întârziere a încălzirii apei, care a rămas mai rece cu 4 °C decât ar fi trebuit să fie în condiții normale.

În concluzie, prezența barajului Leșu pe cursul râului Iad provoacă în momentul în care au loc deversări neregulate de apă din profundal, o scădere a temperaturii apei cu câteva grade. După trecerea undei de apă rece, temperatura apei din râu revine la valorile normale în decurs de câteva ore de la producerea deversării. Aceste oscilații neregulate ale temperaturii apei din Valea Iadului afectează diversitatea faunei bentonice și ciclul de viață al organismelor în moduri diferite care vor fi abordate în capitolele următoare.

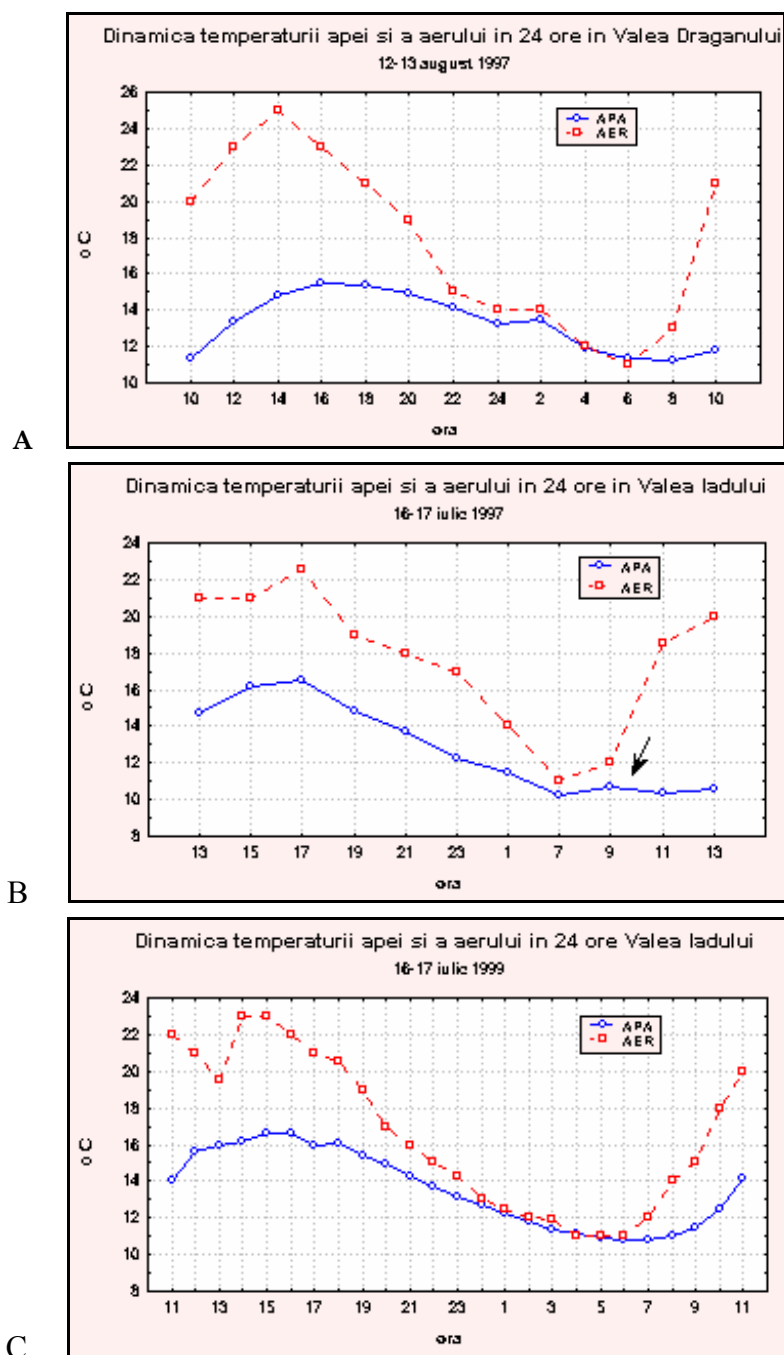


Figura 5.4. Dinamica temperaturii apei și a aerului în 24 de ore în V. Drăganului și V. Iadului

5.3. Conținutul în oxigen al apei

Deoarece oxigenul dizolvat în râurile nepoluate este aproape de saturație, Allan (1995) consideră că în râurile neafectate concentrația oxigenului este din punct de vedere biologic puțin importantă.

Concentrația de oxigen este în strânsă relație cu temperatura și viteza apei, precum și cu tipul de sedimente ale substratului.

În general, studiile de laborator au arătat că animalele care sunt strict dependente de o saturație mare de oxigen (exemplu: plecopterele și efemeropterele), în condițiile în care acesta scade drastic, mortalitatea este mai mică la viteze ale apei crescute. Fluxul continuu și rapid de apă în jurul traheobranhiilor suplinește parțial deficitul de oxigen (Jaag și Ambühl, 1964).

Influenta tipului de substrat asupra oxigenului din apă este evident în condițiile unui substrat foarte heterogen, cu bolovani și pietre, care se constituie în mari praguri de oxigenare. De asemenea, studiile efectuate de Eriksen asupra speciei *Ephemera simulans* arată o rată de consum mult mai mare a oxigenului de către acest efemeropter dacă este pus pe substrat nepreferat (Eriksen, 1963).

În cei doi afluenți ai Crișului Repede concentrația de oxigen din apă este mai mare decât la stațiile situate în sectorul său inferior (vezi tabelul 5.1), fiind cunoscută dependența acestui parametru de temperatura apei. Deoarece la nici o stație nu se remarcă o încărcătură cu substanțe organice care să producă o fermentație anaerobă (fenomen ce ar putea conduce la scăderea concentrației de oxigen), procentul de oxigen din apă este aproape de saturație. La anumite date s-a observat chiar o depășire a valorii de 100 % datorită pragurilor de oxigenare care aduc un supliment de oxigen în apă.

Chiar și la stația Cheresig, la care s-a remarcat cea mai mare valoare a CCOMn și procentul cel mai mare de substanță organică din sediment, concentrația de oxigen a fost mare datorită faptului că în amonte de locul colectării probelor există importante praguri de oxigenare.

Unii autori susțin că dinamica oxigenului în ecosistemele lotice este puternic influențată de producția primară a perifitonului, a plantelor macrofite și a fitoplanctonului, dacă acesta există (Allan, 1995). În Drăgan fitoplanctonul probabil este în cantități foarte mici (viteză mare și adâncime mică a apei, precum și temperatură medie anuală scăzută), în schimb, perifitonul și macrofitele se pot dezvolta mai ales în perioadele din an în care nu au loc fluctuații mari ale nivelului apei și substratul este stabil (de exemplu, lunile de vară). În mod similar, în Valea

Iadului dacă perioada de timp dintre deversări este mare, pe pietre și bolovani se poate dezvolta un perifiton foarte bogat, precum și alge filamentoase a căror fotosinteză aduce un supliment de oxigen în apa râului.

Pe Crișul Repede la stația Fughiu în mod similar nu se poate vorbi de existența în masa apei a unui fitoplancton, în schimb, la toate deplasările în teren s-a remarcat dezvoltarea pe substratul tare a unui perifiton bogat. La stația Cheresig substratul uniform alcătuit din pietriș și nisip nu permite dezvoltarea unui perifiton stabil, în schimb au fost remarcate în anumite sezoane câmpuri întregi de alge macrofite (genul *Potamogeton* sp.). În plus, viteza mică a apei la această stație, împreună cu debitul și adâncimea mare a apei, precum și cantitatea mai mare de nutrienți prezenți pot favoriza apariția unui fitoplancton a cărui fotosinteză să contribuie la creșterea concentrației de oxigen.

Conform datelor sintetizate în tabelul 5.1, la toate stațiile studiate s-au constatat diferențe nesemnificative între media anuală a cantității de oxigen din apă din 1997 față de cea din 1998 (testul *t-Student*, $\alpha > 0.05$).

5.4. pH-ul apei

Creșterea acidității apei din râuri provoacă o reducere a numărului de specii și a densității acestora, existând în general o regresie negativă între valoarea pH-ului și diversitatea zoobentosului (Allan, 1995). Mecanismele prin care acest parametru afectează organismele nu sunt pe deplin cunoscute, scăderea pH-ului conducând la multe schimbări chimice care produc diferite efecte fiziologice și comportamentale.

pH-ul apei râului este influențat în special de tipul de roci traversate de râu. Astfel, ape permanent acide se întâlnesc pe roci tari, greu dizolvabile, iar ape cu pH-ul mai mare de 7 se întâlnesc pe roci sedimentare sau calcite. Recent s-a descoperit că pH-ul apei din râuri este influențat și de către metalele din sol. Astfel, acolo unde Al a fost găsit în cantitate mare, pH-ul râului a fost mai acid, însă în general, s-a constatat că organismele sunt mai sensibile la acțiunea combinată a unui pH scăzut și o cantitate crescută de Al.

pH-ul apei râului poate scădea mult toamna, atunci când au loc căderi masive de frunze care intră în descompunere și eliberează cantități mari de acid humic.

pH-ul apei poate acționa asupra organismelor din râu și în mod indirect prin alterarea hranei. La un pH acid, deși poate organismele ar supraviețui, ele nu își găsesc hrană, deoarece algele nu supraviețuiesc la această aciditate. În plus, la acest

pH este redusă și activitatea microbiană care contribuie la descompunerea materiei organice până la nivele accesibile nevertebratelor.

Mediile valorilor sintetizate în tabelul 5.1 arată un pH mai mare de 7 în sectorul inferior al Crișului Repede și unul sub 7 pentru afluenți, însă diferențele sunt foarte mici (sub unitate).

Râul Drăgan care curge pe șisturi cristaline a avut pH-ul apei mai mic decât râul Iad care curge într-o zonă carstică, însă și aici diferențele au fost nesemnificative. Pe Valea Drăganului a fost înregistrat cel mai acid pH, de 6.19, în luna august 1997 (după datele din „Sinteza privind calitatea apelor în bazinul hidrografic Crișuri în anul 1997”. Apele Române, filiala Oradea).

La Fughiu și Cheresig, apa a avut valori medii ale pH-ului foarte apropiate, la fel fiind și valorile minime și maxime înregistrate, ceea ce conduce la concluzia că orașul, deși are surse de poluare, nu a avut influențe asupra acidității apei din râu.

La toate stațiile studiate s-au constatat diferențe nesemnificative între media anuală a pH-ului apei în 1997 față de cea din 1998 (testul *t-Student*, $\alpha > 0.05$).

5.5. Conductivitatea

Este o evaluare indirectă a salinității apei prin măsurarea conductibilității electrice a apei. Aceasta este influențată de următorii factori: tipul de substrat, climatul (regimul de precipitații), rezistența la eroziune a substratului pe care curge râul, chimismul pânzei freatice, debitul râului, ciclul de dezvoltare a vegetației terestre, etc. (Allan, 1995).

Datele centralizate în tabelul 5.1 arată o creștere semnificativă a conductivității apei Crișului Repede în sectorul său inferior comparativ cu cei doi afluenți. Diferențe semnificative apar și între stațiile aflate aici, în sensul unei creșteri a conductivității în aval de Oradea, aici fiind înregistrată valoarea maximă de 460 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (august 1998).

Existența pe Valea Iadului a rocilor calcaroase, precum și a unui debit de servitute permanent și constant din profundul lacului în râu, a determinat creșterea într-un mod foarte semnificativ a conductivității apei acestui râu comparativ cu Valea Drăganului (testul *t-Student*, $\alpha < 0.001$). Această influență pe care o au barajele cu deversări din straturile profunde a fost observată de majoritatea autorilor care au făcut studii comparative de acest gen (Ogbeibu și Oribhabor, 2001; Puig, 1984; Wright *et al.*, 1994). Kondratieff și Voshell (1981) nu au găsit diferențe între conductivitățile a doi afluenți, unul în regim natural și altul

sub influența unui baraj, însă în cel de-al doilea deversările aveau loc din straturile superficiale ale lacului.

Pentru cei doi afluenți, aplicarea testului *t-Student* la un nivel de probabilitate de 95% a relevat diferențe nesemnificative între conductivitatea apei în anul 1997 față de anul 1998 (vezi tabelul 5.1).

5.6. Reziduul fix

Reprezintă totalul sărurilor dizolvate în apă și în unele cazuri poate fi echivalată cu salinitatea. În mod similar cu conductivitatea și reziduul fix a avut valorile cele mai mari în sectorul inferior al râului, în mod special la stația aflată aval de Oradea (vezi tabel 5.1).

Influența barajului asupra chimismului râului Iad se remarcă și prin creșterea în medie de două ori a reziduului fix în acest râu comparativ cu Valea Drăganului. La această creștere contribuie și compoziția rocilor din Valea Iadului (calcare în principal) care sunt mult mai permeabile și mai dizolvabile decât cele din Valea Drăganului.

5.7. Alți factori chimici ai apei

- Stațiile de pe Crișul Repede (Fughiu și Cheresig)

Datele din tabelul 5.1 evidențiază o creștere a valorilor tuturor parametrilor apei în aval de Oradea. Aceasta creștere este de aproape 100% în cazul următorilor parametri: sulfatii, sodiu, amoniu, azotiți, fenoli, detergenți, fosfor total și crom.

Cianurile nu au fost depistate în apa Crișului Repede la stația Fughiu. În aval de oraș s-au înregistrat o singură dată, în februarie 1997 (0.003 mg/l).

În mod similar, cromul a fost identificat o singură dată, în decembrie 1997 (Fughiu: 0.21 mg/l și Cheresig: 0.003 mg/l), ceea ce avansează ipoteza că poluarea a avut loc în amonte de locul de recoltare a probelor.

Aplicarea testului *t-Student* pentru a compara mediile anuale ale acestor parametri a scos în evidență că aceștia nu au diferit semnificativ ($\alpha > 0.05$) în anul 1997 față de anul 1998; excepție au făcut clorurile și detergenții, care la stația Fughiu în 1997 au avut valori semnificativ și respectiv, distinct semnificativ mai mari în anul 1997 față de anul 1998, precum și CCOMn, care în anul 1998 a fost distinct semnificativ mai mare decât în 1997. La stația Cheresig, în anul 1997 s-au constatat că următorii parametri: sulfati, magneziu, amoniu, azotiți și detergenți, au avut valori semnificativ mai mari decât în anul 1998 (vezi tabelul 5.1).

- Afluenții Crișului Repede, râurile Drăgan și Iad

Înfluența pe care o au deversările din profundul lacului asupra chimismului apei din râul Drăgan se reflectă în creșterea valorilor majorității parametrilor în râul afectat de baraj (tabel 5.1). Însuși debitul râului Iad este asigurat de către eliberarea unui debit de servitute constant, care aduce apă din profundul lacului, unde datorită fenomenului de sedimentare, are loc o concentrare a nutrienților (Allan, 1995; Brittain și Saltveit, 1989; Cushman, 1985; Puig *et al.*, 1987).

Excepție o constituie următorii parametri: sulfați, sodiu, potasiu și fier, care prezintă valori mai mari în râul Drăgan, însă diferențele sunt foarte mici și nesemnificative (test *t-Student*, $\alpha > 0.05$).

Calciu și bicarbonați prezintă diferențe semnificative între cele două râuri, fiind semnificativ mai mari în Valea Iadului care curge pe roci calcaroase, ușor dizolvabile (testul *t-Student*, $\alpha > 0.05$).

Substanța organică din apă (exprimată de CCOMn) are valori medii distinct semnificativ mai mari în râul Iad (16.37 mg/l) față de Drăgan (2.56 mg/l), sursele de poluare ale acestui râu cu materie organică fiind descrise în capitolul 3.

Pentru Valea Drăganului, cu excepția azoților (distinct în cantitate mai mare în 1997), nu au existat diferențe semnificative între valorile celorlalți parametri chimici ai apei. În schimb, pentru Valea Iadului, în anul 1997 s-au înregistrat creșteri semnificative față de anul 1998 la calciu, sodiu și bicarbonați (tabel.5.1).

5.8. Duritatea apei

Datele sintetizate în tabelul 5.1 arată de asemenea o creștere a durității apei după ce Crișul Repede traversează orașul, precum și valori mai mari în acest sector de râu comparativ cu duritatea apei în cei doi afluenți. În aceștia din urmă, s-au înregistrat valori ale durității mai mari în râul care curge pe calcare și are și aport de apă din baraj (Valea Iadului).

5.9. Procentul de substanță organică din sediment

Exprimarea procentuală a cantității de materie organică din sedimentul râului prezintă o mare importanță deoarece ea reprezintă atât o sursă de hrană de importanță majoră pentru organismele care se hrănesc prin filtrarea mărului îmbogățit cu substanțe nutritive, cât și ca suport pentru unele specii (îndeosebi detritusul grosier).

Determinarea lunară a cantității de substanță organică din sedimentul râului pentru sezoanele deschise ale anilor 1997-1998, au condus la rezultatele prezentate sintetic în tabelul 5.4. Existența unor microhabitate diferite la ambele stații aflate pe afluenți, localizate în apropierea unui mal (drept la Valea Drăganului și respectiv, stâng la Valea Iadului), a permis investigarea diferită a procentului de substanță organică. Astfel, acestea fiind caracterizate prin viteză mult diminuată a apei și sediment alcătuit din nisip și pietriș, au permis acumularea unei cantități mai mari de substanțe organice, de regulă ele fiind ocupate de comunități de nevertebrate adaptate acestui tip de substrat. În amândoi anii de studiu, aceste microhabitate au avut un procent de substanță organică mai mare decât în restul râului, iar testarea acestor medii lunare cu testul *t-Student* ($\alpha = 0.05$) nu au scos în evidență diferențe semnificative între cei doi ani. Datorită condițiilor particulare tronsonului de râu studiat, la Valea Drăganului a fost posibilă analizarea procentului de substanță organică dintr-un microhabitat cu totul particular, aflat în mijlocul albiei, după ce râul își schimbă cursul. În acea zonă, sedimentul uniform alcătuit din pietriș, la care se adaugă o adâncime și viteză mică a apei, permite acumularea unei cantități mari de substanță organică, în special în lunile de toamnă (octombrie - noiembrie). Totuși, testarea statistică (testul *t-Student*, $\alpha = 0.05$) nu a scos în evidență diferențe semnificative între acest sediment și restul albiei râului, din punct de vedere al procentului de substanță organică.

Tabelul 5.4. Mediile anuale ale substanței organice (%) din sedimentul Crișului Repede și afluenți și rezultatele testului *t - Student* ($\alpha = 0.05$).

Microhabitat: I = albia majoră a râului; II = lângă mal, substratul alcătuit din nisip, măr și detritus; III = mijlocul albiei, pietriș uniform, adâncime mică a apei.

	Micro-habitate	1997	1998	t test	Media 1997-1998
Valea Drăganului	I	1.755 ± 1.051	1.171 ± 0.561	ns	1.463 ± 0.552
	II	1.991 ± 1.255	1.682 ± 0.767	ns	1.837 ± 0.635
	III	1.641 ± 0.458	1.415 ± 0.452	ns	1.528 ± 0.27
Valea Iadului	I	4.776 ± 5.054	2.419 ± 2.316	*	3.598 ± 2.558
	II	2.984 ± 3.841	3.437 ± 2.154	ns	3.21 ± 1.311
Fughiu		0.521 ± 0.39	0.454 ± 0.47	ns	0.485 ± 0.399
Cheresig		0.591 ± 0.624	0.68 ± 0.594	ns	0.635 ± 0.601

Atât sedimentul din microhabitatele particulare de la maluri, cât și cel din albia majoră a râului, a avut la Valea Iadului un procent de substanță organică mai mare decât din aceleași tipuri de microhabitate din Valea Drăganului, diferențe găsite ca fiind semnificative prin aplicarea testului *t-Student* la un nivel de probabilitate de 95% (test aplicat pentru același tip de habitat, în același an). Încărcarea sedimentului cu substanțe organice la care se adaugă un procent mai mare de substanțe organice și în masa apei (exprimat printr-o valoare mai mare a CCOMn), ilustrează presiunea antropică mai mare la care este supus râul Iad, comparativ cu Drăganul. Descărcarea frecventă a rumegușului în albia betonată a Văii Bisericii, cu 200 m amonte de confluența acesteia cu râul Iad, precum și existența unei păstrăvării în zonă, contribuie la acest procent mai mare a substanțelor organice, atât din în apă, cât și din sediment. De remarcat că, spre deosebire de Valea Drăganului, pentru acest râu, au fost găsite diferențe semnificative între mediile procentului de substanță organică din sediment, pentru cei doi ani. Astfel, în anul 1997 sedimentul din albia majoră a râului Iad a avut un procent de substanță organică semnificativ mai mare decât în anul 1998.

De remarcat este faptul că limitele de confidență ale mediilor anuale ale substanței organice pentru Valea Drăganului, sunt mai mici decât mediile, în amândoi anii de studiu și pentru toate trei microhabitatele; în mod contrastant, pentru Valea Iadului, acestea sunt mult mai mari, depășind chiar și mediile (în anul 1997). Aceasta arată o fluctuație foarte mare a valorilor medii lunare, subliniind astfel și pe această cale determinismul antropic al substanței organice din sediment pentru acest râu.

Pentru stațiile aflate în sectorul inferior al Crișului Repede, datele din tabelul 5.4 arată o încărcare mai mare a substratului cu substanțe organice în aval de oraș, însă aceste diferențe nu au fost semnificative la un nivel de probabilitate de 95% (testul *t-Student*). Tot nesemnificative au fost și diferențele dintre cei doi ani, 1997 și 1998.

O cantitate mai mare a substanței organice în afluenți față de stațiile din sectorul inferior corespunde principiului de „continuum al râurilor” elaborat de Vannote și colaboratorii (1980). Conform acestui principiu, în sectorul montan al râului, procentul mare de substanță organică din sediment este rezultatul acumulării între pietre a unei materii organice grosiere aflate în diferite grade de degradare sub acțiunea fărmîțătorilor, care aici sunt abundente, mai ales în acele sectoare de râu în care gradul mare de umbrire al luciului apei nu permite

dezvoltarea unei faune de nevertebrate raclatoare. În sectorul inferior al râului această substanță organică ajunge din amonte, sub formă de particule fine, care nu mai pot fi reținute în substratul râului, ci plutesc în masa apei, contribuind astfel la creșterea turbidității (Vanotte *et al.*, 1980).

5.10. Granulometria

Implicația și în mod implicit, importanța substratului pentru nevertebratele bentonice este mare, datorită complexității aspectelor acestui factor fizic. El determină turbiditatea apei, crearea de microhabitate preferate de anumite specii, oferă suport pentru dezvoltarea perifitonului cu care se hrănesc organismele raclatoare, acumulează în spațiile dintre pietre materie organică allohtonă, constituie suport pentru fixarea organismelor puternic reofile, etc.

Analiza substratului efectuată atât în teren, cât și în laborator, a condus concluzia că stațiile cu cea mai mare heterogenitate a substratului sunt cele situate pe afluenți, urmate apoi de stația Fughiu și stația Cheresig.

Pentru stația Valea Drăganului, măsurătorile în teren a unui eșantion de 30 de pietre după metoda descrisă în capitolul 4, au condus la concluzia că patul râului este alcătuit în proporție de 31 % din bolovani ($\phi > 256$ mm), 44 % din pietre ($64 \text{ mm} < \phi < 256 \text{ mm}$), 19 % din pietriș foarte grosier și grosier ($8 \text{ mm} < \phi < 64 \text{ mm}$) [dacă luăm în considerare scala descrisă de Cummins (1962)]. Ceea ce rămâne este ocupat de fracțiunile mai mici de 8 mm, care au fost analizate în laborator, rezultatele fiind prezentate sintetic în graficele din figura 5.5. Astfel, se constată că peste 80% din acest sediment mai fin de 8 mm, este alcătuit din pietriș mediu și pietriș fin. Particulele mai fine sunt prezente în proporții nesemnificative, viteza mare a apei nepermițând acumularea acestora.

Microhabitatele din vecinătatea malului, datorită particularitățile lor, au fost analizate separat; acestea au prezentat un sediment fin, alcătuit în proporție de peste 50 % din nisip foarte grosier și grosier ($0.5 \text{ mm} < \phi < 1 \text{ mm}$), aici fiind prezent, chiar dacă în proporție mică și nisipul foarte fin, alături de măr. Această structurare a sedimentului s-a păstrat în decursul perioadei investigate, nefiind afectată major în decursul celor doi ani de studiu.

Pentru Valea Iadului, atât măsurătorile din teren cât și cele din laborator au pus în evidență faptul că sedimentul a avut o granulație mai fină decât cel din Valea Drăganului. Măsurătorile din teren au atestat că patul râului a fost alcătuit în proporție de 25,5 % din bolovani, 51 % din pietre, 23 % din pietriș foarte grosier și

grosier. Restul sedimentului, a fost alcătuit din particule mai fine de 8 mm. Figura 5.5 relevă pentru acest râu dominanța în cadrul acestui sediment mai fin, a particulelor cu diametrul cuprins între 1 și 2 mm, ceea ce corespunde unui nisip foarte grosier conform scalei lui Cummins (1962).

Această caracteristică a râului Iad a fost pusă în evidență atât pentru albia majoră a râului, cât și pentru habitatele de la malul acestuia. Analiza sedimentelor prelevate din aceste locuri au arătat că sedimentele depuse în locurile lipsite de curent, au avut o granulație mai fină decât cele din Valea Drăganului, în aceleași condiții (fiind alcătuite în proporție de peste 60 % din nisip foarte fin).

Transportul sedimentelor fine în cazul deversărilor din profundul lacurilor de acumulare au fost raportate de mai mulți autori (Allan, 1995, Puig *et al.*, 1987), existând astfel o rearanjare a substratului după fiecare undă de viitură generată antropic. Sedimentele fine aduse din profundul lacului sunt depuse aval de baraj, îndeosebi în refugii de la maluri. Tot în timpul acestor unde de viitură artificiale, substratul din albia majoră a râului Iad a fost rulat de viteza mare a apei din acea perioadă, astfel încât, după fiecare perioadă de deversări frecvente, în teren a fost raportată lipsa aproape totală a perifitonului de pe pietre și bolovani.

La stația Fughiu, măsurătorile în teren au scos în evidență un substrat cu granulație mai fină decât în cei doi afluenți, fiind alcătuit în proporție de 65 % din pietre, 21 % din pietriș grosier și foarte grosier. Se constată astfel absența bolovanilor ($\phi > 256$ mm) care ocupau un procent mare din albia celor doi afluenți situați în zona montană. Restul sedimentului, analizat în laborator a scos în evidență dominanța particulelor foarte fine ($\phi < 0.036$ mm).

Heterogenitatea mai mare a sedimentului de la Cheresig a fost remarcată numai la fracțiunea de sediment mai mică de 8 mm. Particulele peste această dimensiune nu au caracterizat sedimentul de la această stație, care a fost alcătuit preponderent din pietriș de diferite dimensiuni și nisip fin spre foarte fin.

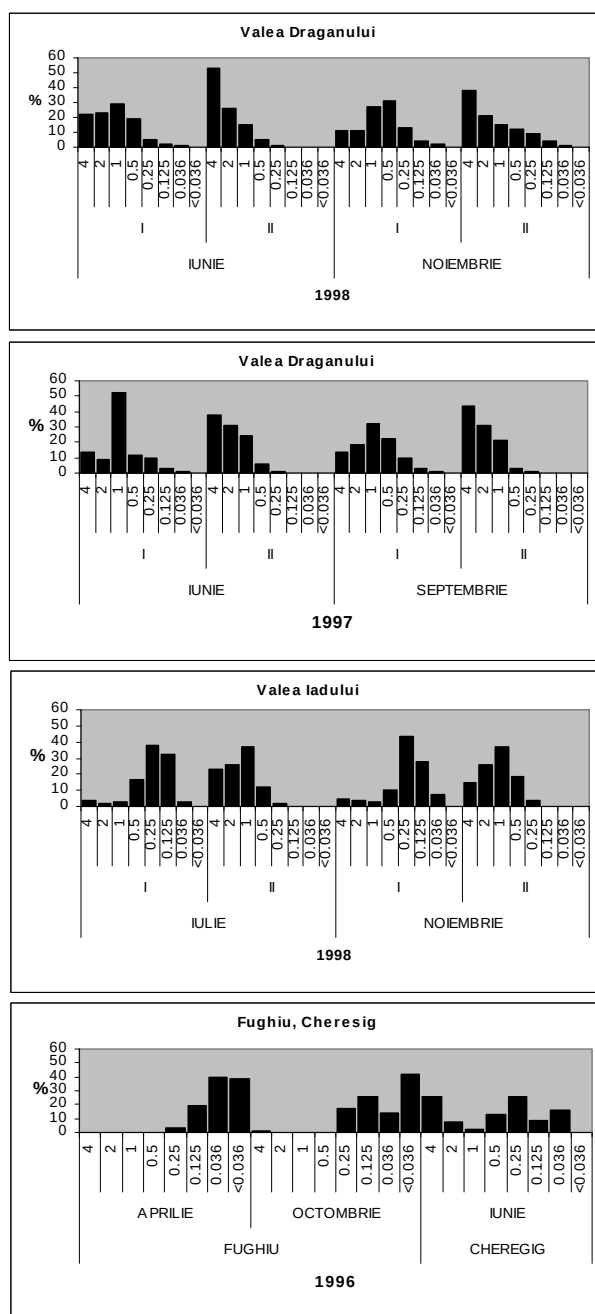


Figura 5.5. Mărimea particulelor substratului în Crișul Repede și afluenți
(I = malurile râului și II = mijlocul albiei).

CAPITOLUL 6

COMUNITĂȚILE DE MACRONEVERTEBRATE BENTONICE DIN RÂURILE CERCETATE



Zoobentosul este o comunitate de animale care trăiește în sau pe sediment și care este dependentă de ciclul de descompunere pentru cea mai mare parte (dacă nu chiar totală) din rezerva de hrană de bază. El este localizat la interfața dintre substratul solid și apă. Tot în această formațiune sunt incluse și animalele și bacteriile care trăiesc în depunerile măloase de la fundul bazinelor acvatice sau din galeriile săpate în substratul solid al albiilor râurilor. Zoobentosul este considerat în aceste ecosisteme acvatice ca fiind fauna principală, prezentând o variație mare a grupelor constitutive.

Prezența sau absența unor grupuri de nevertebrate bentonice, densitatea și abundența acestora, deci cu alte cuvinte, structura și diversitatea comunităților zoobentonice a fost și continuă să fie în atenția hidrobiologilor din toată lumea. Acest interes pentru bentos este justificat de importanța acestui grup de organisme în cadrul ecosistemelor lotice, precum și de utilitatea acestora în studiile de biomonitorizare.

Zoobentosul este unul dintre componentele importante ale râurilor deoarece contribuie substanțial la transformarea materialului de origine alohtonă, care este principala sursă de energie în aceste ecosisteme (cel puțin în unele sectoare ale râului), în biomasă care este utilizată de nivelele trofice superioare (Coffman, *et al.*, 1971; Fisher și Likens, 1973; Cummins, 1974; Anderson și Sedell, 1979).

Descompunerea materiei organice în râuri este realizată în principal de către bacterii, ciuperci și nevertebrate. Multe specii de nevertebrate sunt specializate în consumul detritusului de anumite dimensiuni (frunze, bucăți de lemn, fructe, semințe, etc.) aflat deci în diferite stadii de degradare. Astfel, fărâmițătorii (unele plecoptere și trichoptere, etc.) consumă și fragmentează materie organică grosieră, contribuind astfel la creșterea suprafeței pe care se pot instala coloniile microbiene (care continuă și desăvârșesc procesul degradării). Alte organisme sunt filtratoare și se hrănesc cu materie organică fină care este îmbogățită cu proteinele conținute de bacteriile și de ciupercile de pe aceasta (de exemplu unele specii de efemeroptere, chironomide, plecoptere, trichoptere, etc.). Astfel, zoobentosul este

una dintre verigile importante ale fluxului materiei și energiei în cadrul ecosistemelor lotice.

Alterarea regimului hidrologic natural al râului precum și deteriorarea calității apei prin deversările menajere și industriale au efecte profunde asupra tuturor organismelor din râuri. Nevertebratele din bentosul râurilor sunt utilizate în cele mai multe cercetări de biomonitorizare a ecosistemelor lotice, acestea fiind excelente indicatoare biotice ale calității apei. Aceste organisme prezintă următoarele avantaje:

- sunt larg răspândite și abundente în toate râurile, fiind ușor de colectat și relativ ușor de identificat;
- prin ciclul lor de viață, mai lung decât al altor grupe (exemplu: zooplanctonul), aceste organisme sunt expuse pentru mai mult timp acțiunii substanțelor toxice;
- aceste organisme trăiesc în contact direct cu sedimentul, amplificându-se astfel contactul lor cu poluanții care se acumulează în substrat, mai mult decât în masa apei. Astfel toxinele ajung la concentrații ce pot fi detectate în aceste organisme;
- organismele bentonice răspund repede la stres (cel puțin stadiile sensibile), iar acest răspuns a fost stabilit la diferite tipuri de poluare. De asemenea se cunosc deja și limitele de toleranță a multor specii la diferiți poluanți;
- există o mare varietate de taxoni în comunitățile bentonice și deci, este foarte probabil ca cel puțin câțiva dintre aceștia să reacționeze la modificarea calității apei.

De aceea studiul organismelor bentonice are mult mai multă relevanță și este recomandat în locul unor analize singulare a factorilor chimici ai apei, care indică o situație de moment a calității apei din râu (Reice și Wohlenberg, 1993).

Astfel, având în vedere importanța întregului zoobentos în structura și funcționarea ecosistemelor lotice și ținând cont de locul important pe care îl ocupă efemeroptere în cadrul acestuia, am analizat acest important grup de organisme din punct de vedere al structurii, diversității și dinamicii grupelor care îl compun.

6.1. Structura și diversitatea comunităților macrozoobentonice

În urma trierii a **489 de probe de bentos** și a identificării organismelor până la nivel de ordin (excepție de la acest nivel taxonomic făcând unele grupe (vezi capitolul 4), am obținut o imagine generală asupra structurii zoobentosului din râul Crișul Repede și afluenții majori ai acestuia. Se evidențiază astfel o diversitate

maximă în cei doi afluenți, precum și o scădere a acesteia dinspre sectorul superior al râului spre cel inferior. Această reducere a diversității grupelor majore din bentosul râului este accentuată de prezența orașului Oradea pe cursul râului.

În bentosul celor doi afluenți ai Crișului Repede, a fost găsit un număr mai mare de grupe de organisme decât la stațiile aflate în sectorul inferior al râului. Această modificare a diversității este determinată mai ales de modificarea considerabilă a ponderii pe care fiecare dintre aceste grupe o deține în cadrul bentosului.

Pentru a avea o imagine de ansamblu asupra structurii zoobentosului din Crișul Repede și afluenți, am prelucrat toate probele colectate la fiecare stație, obținând astfel pentru aceste grupe valori medii ale densității, frecvenței și abundenței numerice procentuale pentru cei doi ani în care s-au făcut recoltări intensive de probe (1997 și 1998).

6.1.1. Diversitatea grupelor din bentos în afluenții Crișului Repede, Valea Drăganului și Valea Iadului, în anii 1997-1998

Atât compoziția taxonomică a comunităților bentonice, cât și densitatea și diversitatea grupelor care o compun, este profund modificată de prezența unui lac de acumulare pe cursul râului Iad. Aceste schimbări sunt cu atât mai evidente cu cât acest lac are deversări de ape, care pot aduce schimbări mai mult sau mai puțin majore atât în chimismul râului cât și în granulometria substratului, acestea putând afecta organismele bentonice.

În anii 1997 și 1998 grupele care au fost prezente în toate probele, la toate transectele din râul Drăgan, au fost efemeropterele, chironomidele și coleopterele (frecvențe de 100%, vezi tabelul 6.1), urmate de plecotele, trichoptere (99.41% fiecare) și de acarienii acvatici (98.82%). Frecvențe mari au mai avut în probe și larvele de diptere (alte familii decât chironomidele, frecvența: 98.24%), oligochetele (95.88%) și nematodele (92.35%).

În râul Iad însă, situația a fost diferită, coleopterele nefiind identificate în toate probele (frecvență de numai 95.32%), singurele prezente aici cu frecvență de 100% fiind larvele de efemeroptere și dipterele (atât chironomide, cât și celelalte familii). După acestea, cele mai frecvente organisme au fost oligochetele (99.42%), urmate de trichoptere (98.83%) și acarieni acvatici (97.08%).

Tabel 6.1. Frecvența, abundența numerică procentuală și densitatea medie a grupelor din bentosul râurilor Valea Drăganului (VD) și Valea Iadului (VI), 1997-1998 (L.C. = limite de confidență la $\alpha = 0.05$).

Grup	Abundența %		Frecvența %		Densitatea (nr ind/m ²)	
	VD	VI	VD	VI	VD	VI
nematode	1.61	1.72	92.35	95.91	199.20 ± 691.72	186.14 ± 547.13
oligochete	9.77	24.14	95.88	99.42	1211.06 ± 5154.76	2642.10 ± 6438.30
cladocere	*	*	37.65	68.42	*	*
copepode	*	*	72.35	97.08	*	*
ostracode	0.73	1.62	75.88	70.18	90.75 ± 372.52	173.28 ± 1879.26
acarieni	7.74	10.30	98.82	97.08	972.18 ± 3170.42	1130.13 ± 4181.63
efemeroptere	28.85	21.95	100	100	3591.19 ± 6273.19	2380.74 ± 6066.37
plecoptere	11.12	6.15	99.41	95.91	1386.32 ± 1005.79	668.96 ± 612.84
trichoptere	7.62	3.32	99.41	98.83	950.69 ± 420.87	360 ± 1093.72
coleoptere	9.33	1.37	100	95.32	1170.77 ± 3008.88	148.45 ± 643.3
chironomide	18.79	21.70	100	100	2349.41 ± 1839.27	2356.11 ± 4624.75
alte diptere	3.53	2.32	98.24	100	444.35 ± 1747.45	251.84 ± 491.48
heteroptere	0.04	0.02	15.29	11.70	5.18 ± 42.65	1.86 ± 5.03
colembole	0.07	0.16	35.29	60.82	8.64 ± 15.79	17.63 ± 45.66
odonate	0.01	0.01	7.06	4.09	1.05 ± 3.79	1.29 ± 13.62
ins primitive	0.05	0.29	31.18	47.95	6.63 ± 25.65	31.63 ± 287.42
izopode	0.01	0.02	4.12	8.19	< 1	1.68 ± 9.96
hirudinee	0.01	0.02	8.82	15.20	< 1	2.24 ± 5.61
turbelariate	0.35	0.28	76.47	39.77	43.74 ± 103.46	30.24 ± 287.25
gasteropode	0.29	2.11	68.82	85.38	36.62 ± 201.08	228.4 ± 1102.63
bivalve	0.02	0.03	17.06	16.37	1.96 ± 6.39	3.18 ± 0.94
amfipode	0.09	1.54	44.71	87.72	10.64 ± 2.43	166.24 ± 963.5

Din punct de vedere al abundenței numerice procentuale efemeropterele au dominat în bentosul din râul Drăgan (28.85%), fiind urmate de chironomide (18.79%) și apoi la mare distanță de oligochete (9.77%). În râul Iad însă, situația a fost mult schimbată, prin dominanța numerică a oligochetelor (24.14%), urmate de efemeroptere și chironomide care au avut valori apropiate ale abundenței, de 21.95% și respectiv, 21.7% (vezi figura 6.1).

Diferențe mari între cele două stații au înregistrat larvele de chironomide, care au fost mult mai abundente ca număr în bentosul din Valea Iadului, aici acest parametru având valori foarte apropiate de cel al efemeropterelor (21.95%).

Din punct de vedere al densității numerice exprimate ca număr de ind/m², s-a constatat o scădere foarte mare a acestora la cele mai multe organisme bentonice din râul Iad, comparativ cu râul Drăgan, cu câteva excepții (oligochetele, chironomidele, ostracodele, amfipodele și acarienii).

Larvele de efemeroptere au avut în bentosul din râul Drăgan o densitate medie pentru cei doi ani luați în studiu de 3591.19 ind/m². Tot cu densități mari se dezvoltă aici și chironomidele (2349.41 ind/m²), plecopterele (1386.32 ind/m²), oligochetele (1211.06 ind/m²), coleopterele acvatice (1170.77 ind/m²), acarienii acvatice (972.18 ind/m²) și trichopterele (950.69 ind/m²).

Oligochetele au dezvoltat densități de două ori mai mari în Valea Iadului decât în Valea Drăganului (2642.1 ind/m²), fiind urmate de efemeroptere și chironomide. Larvele de efemeroptere au înregistrat o scădere foarte mare a densității numerice în râul Iad (2380.74 ind/m²) față de Drăgan. Spre deosebire de acestea, larvele de chironomide au avut densități aproape egale în cei doi afluenți, valoarea acestui parametru fiind cu foarte puțin mai mică în râul Iad, decât în râul Drăgan (tabel 6.1).

În cele ce urmează prezentăm comparativ pentru cei doi afluenți, grupele din bentos, caracterizându-le din punct de vedere al frecvenței de apariție în probe, a abundenței numerice procentuale și a densității numerice, precum și a importanței acestora în cadrul bentosului și în studiile de monitorizare a calității apei.

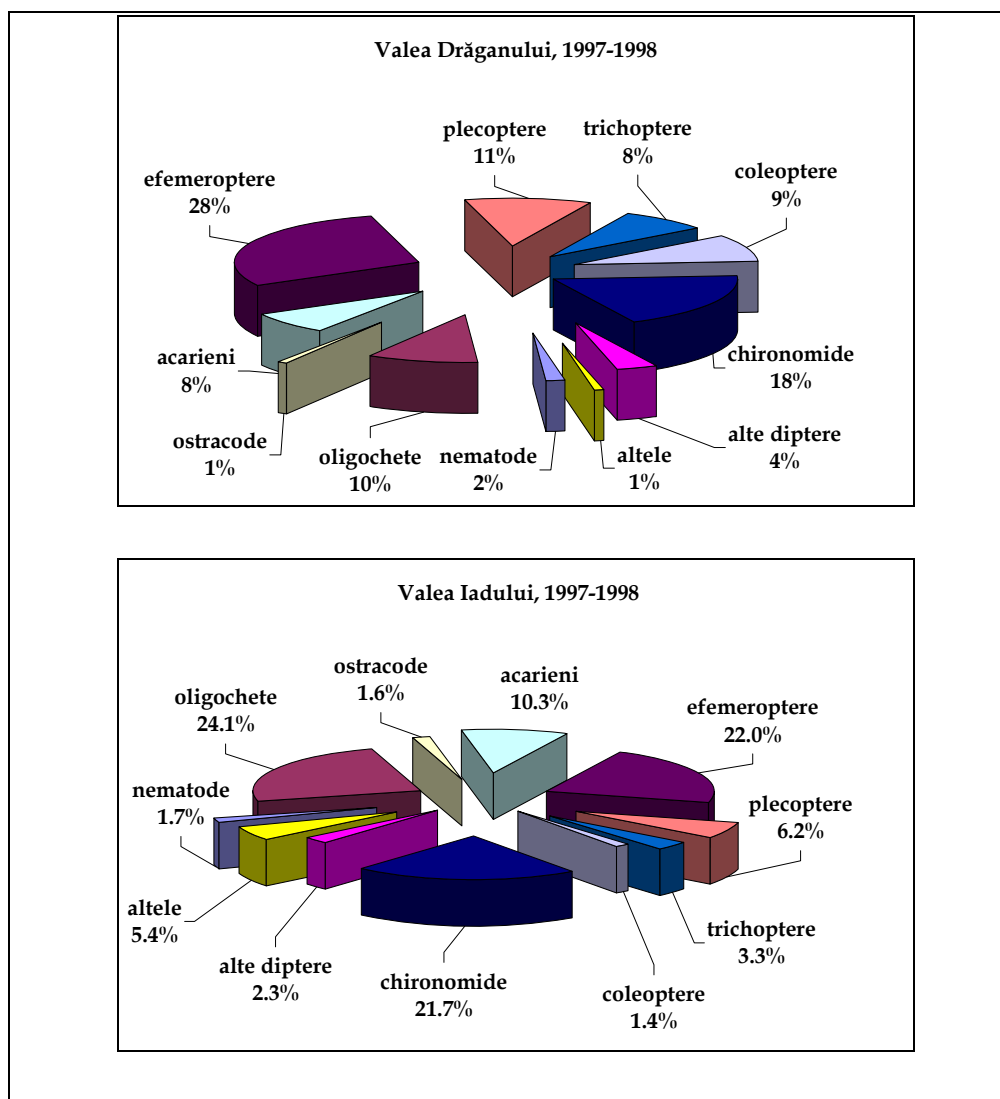


Figura 6.1. Abundența numerică procentuală a principalelor grupe din bentosul râurilor Drăgan și Iad, 1997-1998.

Efemeropterele

Larvele acestor insecte reprezintă unul dintre grupurile cele mai importante din bentosul râurilor. Acestea au aparatul bucal de tip triturator, fiind aproape în exclusivitate detritivore. Este unul din puținele grupuri din zoobentos care are

specii adaptate pentru toate tipurile de habitat, la viteze diferite ale curentului, diverse tipuri de substrat, fiind legate sau nu de prezența algelor macrofite (speciile fitofile). În funcție de tipul de substanță organică care se acumulează în habitate, și-au dezvoltat diferite tipuri de aparate bucale: pentru filtrarea mărului încărcat cu substanțe organice (larvele care trăiesc în galerii săpate în măr), pentru fărâmițarea detritusului grosier, sau pentru raclarea perifitonului de pe pietre și alte suporturi solide (macrofite, bucăți de lemn, frunze aflate în diferite faze ale procesului de degradare). Având adaptări la atât de multe habitate, prezența acestora în râurile Drăgan și Iad cu frecvență de 100 % nu este surprinzătoare.

În Drăgan ele reprezintă grupul care domină din punct de vedere al densității numerice și al abundenței procentuale, fiind identificate la toate transectele și în toate sectoarele din râu studiate.

În râul Iad însă, abundența lor procentuală scade foarte mult, apropiindu-se foarte mult de cea a chironomidelor (21.95%).

De asemenea se constată o scădere și a valorilor densității numerice în râul Iad, care este deranjat hidrologic.

Lucrând pe râul Maritsa (Bulgaria) pentru a evidenția semnificația efemeropterelor ca și constituenți structurali importanți ai bentosului, Russev și Janeva (1983) au constatat că ele reprezintă $\frac{1}{4}$ din abundența numerică procentuală a întregului bentos. Abundența de 28.85% a efemeropterelor din Drăgan și de 21.95% din râul Iad se apropie foarte mult de cea găsită în Bulgaria.

Sintetizând datele studiilor asupra unui număr mare de râuri din regiunea holarctică, Cliford (1980) a calculat o densitate medie a efemeropterelor de 375 ind/m²; în 21% din cazuri valoarea densității era mai mică decât 100 ind/m², iar în 93% din cazuri aceasta a fost mai mică de 700 ind/m².

Reducerea densității numerice medii a larvelor de efemeroptere în aval de un baraj de acumulare din care au loc deversări din straturile profunde, a fost descrisă de Brittain și Saltveit (1989), însă cei doi autori afirmă existența unor răspunsuri diferite la acest stres în funcție de specie. Astfel, ei atribuie unor specii din familia Ephemerellidae o creștere a densității în râurile cu regim hidrologic fluctuant și o reducere în aceste râuri a densității speciilor din familia Heptageniidae (*Rhythrogena* sp., *Ecdyonurus* sp., *Epeorus* sp.).

Pardo și colaboratorii (1998) lucrând comparativ pe un râu aflat în regim hidrologic natural și unul care are în sectorul superior un baraj de acumulare din

care au loc deversări, au constatat o reducere la jumătate a densității și a abundenței larvelor de efemeroptere în cel de-al doilea (Pardo *et al.*, 1998). De asemenea, Ogbeibu și Oribhabor (2001) au remarcat că densitatea și abundența numerică a efemeropterelor este semnificativ mai mică în aval de un baraj.

O densitate de trei ori mai mare a efemeropterelor a fost găsită de Kondratieff și Voshell jr. (1981) în râul aflat în aval de un baraj, comparativ cu un altul care era în regim natural. Acest studiu diferă de celelalte care au urmărit efectele barajelor asupra populațiilor de efemeroptere, prin faptul că deversările de apă au fost făcute prin deversorul de suprafață și nu din straturile profunde ale lacului.

Giberson și Cobb (1995) pun însă sub semnul întrebării efectul negativ pe care îl au aceste deranjări ale regimului hidrologic asupra densității zoobentosului în general și a efemeropterelor în special. Ei sugerează că aceste unde de viitură, dacă nu disturbă substanțial substratul râului, nu afectează fauna bentonică.

Chironomidele

Aceste diptere sunt de asemenea prezente în toate probele de bentos din râurile Drăgan și Iad, având o frecvență de 100%. Atât din punct de vedere al densității numerice, cât și al abundenței procentuale numerice, acest grup domină după cel al efemeropterelor în bentosul râului Drăgan. Situația este similară pentru celălalt afluent, cu mențiunea că acolo acest grup de organisme împreună cu cel descris anterior, au densități și abundențe procentuale numerice mai mici decât cele ale oligochetelor, care domină în acest râu.

Densitățile chironomidelor nu diferă mult între cele două stații. Similar, Ogbeibu și Oribhabor (2001) nu găsesc semnificative diferențele dintre densitățile și abundențele numerice procentuale ale chironomidelor la stația din aval de un baraj care are deversări din straturile profunde, față de cea aflată în amonte.

Comunitățile de chironomide au rol trofic important în râuri, fiind folosite atât la nivel de specie, cât și la nivel de familie, în monitorizarea calității acestora. În Valea Drăganului, Tudorancea și Tudorancea (1998) au identificat un număr de 39 specii de chironomide, dominante fiind din punct de vedere al densității *Orthocladius clarki* și *Cricotopus bicinctus* (cu valori de peste 100 ind/m²). Alte specii care au fost identificate aici cu densități mari sunt: *Cricotopus algarum*, *C.silvestris*, *Polypedilum nubeculosum*, precum și specii ale genului *Euorthocladius*.

Tot la aceeași stație dar cu un an înaintea studiului citat mai sus, Szitó și Mózes (1997) au identificat în bentosul râului Drăgan 16 specii de chironomide (recoltare

de vară), dominante fiind din punct de vedere al densității numerice speciile *Orthocladius thienemanni* și *Micropsectra praecox*. Atât la această stație, cât și pe întreg traseul râului Crișul Repede, nu apare în lista de specii a celor doi autori sus-menționați specia *Epoicocladius ephemerae*, care este ectoparazită pe larvele de efemeroptere ale genului *Ephemera* sp. (specie prezentă în tot Crișul Repede până amonte de Oradea, acolo unde se întâlnește microhabitatul său preferat). Tudorancea și Tudorancea (1998) găsesc această specie prezentă cu frecvențe mari în probele din Valea Drăganului, înregistrând însă o abundență numerică scăzută.

Oligochetele

Sunt prezente cu o frecvență de 95.88% în bentosul râului Drăgan, atingând valori ale densității de peste 1200 ind/m²; această valoare deși este mare comparativ cu alte grupe din bentos, este considerată totuși mică în comparație cu densitatea acestui grup în alte râuri (Pavelescu, 2000; Szitó și Mózes, 1997). În unele râuri poluate intens cu substanță organică, oligochetele pot domina fauna bentonică aproape în exclusivitate, formând adevărate „covoare roșii compacte” (Brinkhurst și Cook, 1974). Aceste organisme pot fi folosite cu succes în evaluarea calității apei, dacă se cunoaște structura faunei de oligochete, după care aceasta se monitorizează în timp.

Oligochetele se întâlnesc în toate mediile de viață, având aproape în exclusivitate un regim de viață vegetarian, chiar dacă sunt adaptate la un sediment alcătuit din pietre și bolovani (familiile Naididae și Enchytreidae) sau la unul alcătuit din măr și nisip (aproape toate celelalte familii). Ele înghit o cantitate mare de sediment, din care extrag o mică parte de nutrienți, din detritus sau din bacteriile asociate cu acesta (Brinkhurst, 1986).

Oligochetele din râul Iad au fost de peste două ori mai abundente și au avut o densitate dublă decât cele din râul Drăgan, fiind prezente cu o frecvență de 100%.

Prezența cu abundențe și densități mai mari a chironomidelor și în special a oligochetelor în Valea Iadului comparativ cu Valea Drăganului indică existența în acest râu a unei cantități mai mari de substanță organică, fapt dovedit și prin analizele de sediment. De asemenea, valoarea parametrului CCOMn din Valea Iadului, arată o încărcare mai mare a apei din acest râu cu substanță organică (vezi capitolul 5). Sursele de încărcare a râului cu materie organică sunt pe Valea Iadului reprezentate de gospodăriile așezate pe malul râului, de la baraj până la locul de colectare a probelor (mai multe decât pentru râul Drăgan). O altă sursă o constituie

frecvențele descărcări de rumeguș pe Valea Bisericii care apoi sunt transportate de apă în albia râului Iad.

Plecopterele

Aceste organisme sunt printre cei mai importanți constituenți ai faunei bentonice din Drăgan. Ele ating densități de peste 1300 ind/m² în Drăgan și de peste 660 ind/m² în râul Iad, apărând în probe cu o frecvență de peste 99% (respectiv, 95.91% în râul Iad). Datorită sensibilității lor deosebite față de condițiile de mediu, plecopterele apar doar în ape de calitate superioară, foarte bine oxigenate, ele găsindu-se de regulă în sectoarele superioare ale râurilor.

Plecopterele au un regim de hrană foarte variat, în funcție de specie: unele sunt vegetariene, mărunțind materia organică alohtonă grosieră, sau consumând părți din vegetația submersă, iar altele sunt exclusiv carnivore, hrănindu-se cu larve de chironomide, simuliide, efemeroptere, etc. Sunt și specii cu regim de hrană mixt, fiind primar carnivore sau primar detritivore (Roback, 1974).

Pentru Drăgan, specia care domină numeric este *Nemoura cinerea*, care este detritivoră. Au mai fost identificate la această stație speciile: *Isoptera rivulorum*, *Perla marginata*, *P. maxima* și *Dinocras megacephala* (Buzan și Sárkány-Kiss, 1997). În râul Iad specia care domină numeric este tot *Nemoura cinerea* (Buzan și Sárkány-Kiss, 1997).

Coleopterele

Atât stadiile larvare cât și adulții coleopterelor acvatice sunt prezente în toate probele recoltate la stația de pe râul Drăgan (frecvența de 100%), cu valori ale densității de peste 1000 ind/m² și abundență numerică procentuală de peste 9% în cadrul totalului de nevertebrate din bentos.

Deoarece ca adulți sunt foarte mobile, putând intra sau ieși din mediul acvatic cu mare ușurință, Roback (1974) nu recomandă ca acest grup de organisme să fie folosit în studiile asupra calității apei din râuri. Ele sunt însă importante în cadrul ecosistemelor lotice în care trăiesc, fiind prădătoare atât în stadiul larvar cât și ca adulți (familia Dytiscidae), omnivore în ambele stadii (familia Haliplidae), omnivore ca adulți dar prădătoare în stadiu de larvă (familia Gyrinidae), sau vegetariene în ambele stadii (familia Donaciinae).

În râul Iad frecvența cu care apar coleopterele în probe este mare (95.32 ind/m²), însă densitatea și abundența lor numerică este foarte scăzută. Probabil dese deranjări ale regimului hidrologic fac ca acest râu să nu fie mediu de viață

propice dezvoltării acestui grup de nevertebrate bentonice. Cobb și colaboratorii raportează o scădere la jumătate a densității coleopterelor în râuri, după ce acestea au fost supuse stresului hidrologic (Cobb *et al.*, 1992).

Trichopterele

Larvele acestor insecte ating în Drăgan densități de peste 900 ind/m², fiind găsite în peste 99% din probe, aceasta datorită faptului că acest grup prezintă specii adaptate la toate habitatele prezente în râuri. Prin regimul lor de hrană atât detritivor (consumând fracțiuni mari sau fine de detritus), cât și carnivor (multe specii fiind prădători activi), precum și datorită faptului că sunt printre constituenții majori ai hranei peștilor, trichopterele sunt o verigă importantă a lanțurilor trofice în ecosistemele lotice. În plus, aceste larve prezintă o sensibilitate mare față de gradul de degradare a calității apelor, fiind folosite cu succes în studiile de monitorizare.

În râul Iad însă, toți parametrii calculați pentru acest grup au valori mult mai mici, la aproape jumătate față de valorile pentru râul Drăgan. Scăderi la jumătate a densității plecopterelor după deranjări ale substratului datorate stresului hidrologic sunt raportate și de către Cobb și colaboratorii (Cobb *et al.*, 1992).

Bogătean a identificat la stația Valea Drăganului în anul 1997 un număr de 11 specii, dintre care specia dominantă ca abundență numerică și densitate este *Sericostoma flavicorne*, urmată de *Rhyacophila tristis* (Bogătean, 1999). Larvele primei specii sunt larve fărâmițătoare, care se hrănesc cu particule de substanță organică aflate în diferite stadii de degradare (Wiggins, 1977), în timp ce trichopterele din genul *Rhyacophila* sp. sunt carnivore prădătoare, adaptate la viteze mari ale curentului apei (Edington și Hildrew, 1981).

Același autor a identificat în 1998 un număr de 8 specii, menționând ca dominantă *Cheumatopsyche lepida* care este omnivoră, ea construindu-și plase cu care filtrează apa și reține particulele de hrană aflate în suspensie (Bogătean, 2002).

În vara anului 1997 au fost montate în albia râului Drăgan capcane pentru a surprinde procesul de emergență a insectelor acvatice. În aceste capcane au fost prinse femele adulte de *Rhyacophila nubila* și *Ecclisopteryx dalecarlica* (determinate de N.Ștefan și L.Ujvaroszi, date nepublicate). Din această ultimă specie nu au fost identificate larve în probele de bentos.

Tot Bogătean identifică în râul Iad un număr de 11 specii de trichoptere, dintre care domină tot *Cheumatopsyche lepida* (Bogătean, 2002). În fileele cu care am

recoltat adulții zburători în vara anului 1997 de pe vegetația ripariană și de deasupra apei au fost capturate numai trichoptere din speciile *Rhyacophyla nubila* și *Hydropsiche pellucida* (determinate de N.Ștefan și L.Ujvaroszi, date nepublicate).

Acarienii acvatici

Trei dintre cele șase stadii postembrionare ale acestor organisme sunt stadii inactive care nu se hrănesc (prelarva, protonimfa și tritonimfa). Larva, care este al doilea stadiu din ciclul de viață, este parazită pe insecte acvatice: Collembola, Odonata, Plecoptera, Hemiptera, Thysanoptera, Coleoptera, Diptera, Trichoptera. Atât penultimul stadiu al dezvoltării (deutonimfa), cât și adultul, sunt prădători activi care se hrănesc cu microcrustacei (Ostacoda, Cladocera și Copepoda); adulții câtorva specii sunt paraziți pe moluștele acvatice, hrănindu-se cu țesuturile moi ale gazdei (Di Sabatino *et al.*, 2000). În unele cazuri, s-a demonstrat că unii acarieni se hrănesc cu rotifere (Proctor, 1997), cu ouăle altor acarieni acvatici (Martin, 1998), sau chiar cu exemplare ale acelorași specii (Schmid-Araya și Schmid, 2000).

Multe din speciile de acarieni acvatici sunt indicatori foarte sensibili la perturbările fizice și chimice ale ecosistemelor în care trăiesc, fiind folosite în studiile de biomonitorizare a calității apei (Di Sabatino *et al.*, 2000).

La stația de pe Valea Drăganului, au fost găsiți acarieni în probe cu o abundență numerică de peste 7% și o densitate de 734.4 ind/m², aceste organisme apărând în aproape toate probele de bentos, indiferent de tipul de substrat (frecvență de 98.8%). Acest grup este printre puținele care au înregistrat în râul Iad densități și abundențe numerice mult mai mari decât în râul Drăgan (1130.13 ind/m² și respectiv, 10.30%).

Larvele de diptere (altele decât chironomide)

Acestea apar în probele de bentos cu frecvențe de peste 98% în Valea Drăganului și de 100% în Valea Iadului, atingând însă densități mult mai mici decât cele ale dipterelor chironomide. Dintre familiile cele mai frecvent întâlnite la aceste două stații sunt: Simuliidae, Ceratopogonidae, Blephariceridae, Limoniidae, Rhagionidae, Psychodidae, Dixidae, Culicidae, Tipulidae și Empididae.

Familia Simuliidae reprezintă în Drăgan peste 50% dintre larvele de diptere, (altele decât chironomide) și peste 37% în râul Iad. Fiind legate de un anumit biotop reprezentat de ape repezi și puțin adânci, apar în probele de bentos din Drăgan cu o frecvență de numai 66.47%. În râul Iad însă, datorită fluctuațiilor frecvente de nivel ale apei, aceste organisme găsesc mai puține biotopuri preferate,

apărând astfel doar în 53.22% din probe. Simuliidele prezintă un disc în partea terminală a corpului cu care se fixează pe pietre și vegetația submersă, având un aparat bucal foarte bine specializat pentru a filtra hrana aflată în suspensii. Sunt omnivore, hrănindu-se cu detritus fin aflat în suspensie, precum și cu bacteriile și zooplanconul (Cladocera și Copepoda) care vin în contact cu aparatul său bucal.

Familia Ceratopogonidae apare cu o frecvență de peste 90% în probele din Drăgan și 67.84% în râul Iad. Din totalul de larve de diptere altele decât chironomide, ceratopogonidele reprezintă 27.9% (în Valea Drăganului) și 12.33% (în Valea Iadului). Cele mai comune specii din râuri sunt prădătoare, dar există și specii care filtrează particule fine de materie organică (Roback 1974).

Familia Blephariceridae este prezentă în râul Iad cu abundențe și densități numerice mult mai mici decât în râul Drăgan. De asemenea, frecvența cu care apar aceste diptere în probele din râul Iad este de peste trei ori mai mică decât în probele din Drăgan (24.71% și respectiv, 7.02%).

Dipterele din această familie sunt organisme raclatoare, care trăiesc în zonele cu ape repezi, bine oxigenate, prinzându-se cu cele șase discuri adezive de pietre și macrofite. Fiind foarte sensibile la orice tip de deteriorare a calității apei, aceste diptere sunt indicatoare de apă în care nu există poluare cu substanțe chimice.

Nematodele

Apar în probele din Drăgan cu o frecvență de peste 90%, totalizând însă o abundență numerică procentuală foarte mică, de numai 1.61%. Densitatea lor atinge valori de 199.21 ind/m².

În râul Iad, frecvența lor atinge valori mai mari decât în Drăgan (95%), însă valorile densităților numerice și cele ale abundențelor procentuale nu diferă semnificativ între cele două râuri.

Ostracodele

Deși apar cu o frecvență destul de mare în probele din Drăgan (75.88%), ostracodele prezintă o abundență numerică de doar 0.73% și o densitate de 90.75 ind/m². Ele sunt omnivore, hrănindu-se cu alge și detritus fin, fiind cantonate în zonele cu ape liniștite de pe lângă maluri, precum și în mediul hiporeic. Referindu-se la ostracodele apelor dulci din Europa, Danielopol susține existența mai multor specii epigene care au antene adaptate la înot, comparativ cu numărul speciilor care trăiesc în habitatele interstițiale sau în apele carstice (Danielopol, 1977).

În râul Iad însă, deși frecvența cu care apar ostracodele în probe este mai mică decât în Drăgan (70.18%), acestea ating densități mult mai mari (173.28 ind/m²). Această situație poate fi pusă pe seama faptului că acest râu, curgând printr-o zonă carstică, are aport de apă din mediul cavernicol, care ar putea aduce în albia râului aceste organisme. Puinean și colaboratorii descriu o situație similară pentru râul Barcău în care, la o distanță foarte mică de izvor (Izbucul Mare), ostracodele sunt prezente în densități și abundențe numerice procentuale foarte mari, de 10776 ind/m² și respectiv, 31.15% (Puinean, *et al.*, 1998).

Amfipodele

Aceste crustacee au atins în Drăgan densități de 10.64 ind/m², frecvența lor ajungând la 44.71%. Importanța acestui grup constă în principal în modul lor de nutriție detritivor (contribuind astfel la mărunțirea materiei organice alohtone), precum și în faptul că ele constituie o parte importantă a hranei peștilor. Au apărut mai frecvent în probele recoltate în apropierea malului, aceste organisme preferând o viteză mai mică a apei.

Datorită prezenței în substratul râului Valea Iadului a unei cantități mai mari de materie organică, amfipodele au apărut aici cu o frecvență de 87.72%, ajungând la densități de 166.24 ind/m². Aceste organisme sunt cantonate în zonele de la maluri (în special malul stâng al râului Iad), unde apa are o viteză mică și astfel se pot forma depozite mari de materie organică.

Cladocerele și copepodele

Acești microcrustacei caracteristici faunei planctonice au fost identificați în probele de bentos cu frecvențe mari în amândouă râuri cercetate. Prezența acestora în probe este rezultatul intrării lor odată cu masa de apă în bentometru, în timpul recoltării. Dintre cladocere au fost identificate speciile *Daphnia galeata* și *Alona guttata* (determinate de C.Tudorancea și M.Dordea, date nepublicate), specii care sunt tipic planctonice. Foarte rar apare în probele de bentos specia *Alona quadrangula* (determinată de G.Mara, date nepublicate), care fiind nectobentonice și macrofitofilă, trăiește în râuri, în locurile cu substrat mâlos sau nisipos, cu mult detritus sau în locurile cu vegetație submersă (Negrea, 1983).

În Valea Iadului însă, atât cladocerele cât și copepodele apar cu frecvențe mult mai mari în probe decât în Drăgan (68.42% și respectiv, 97.08%), fiind aduse odată cu apa provenită din Lacul Leșu.

Pentru aceste organisme nu au fost calculate abundența și densitatea, deoarece ele nefiind specii bentonice, au apărut doar accidental în probele de bentos.

În bentosul râului Drăgan mai apar diverse alte organisme, care prezintă o abundență numerică totală de 0.93% și care aparțin la următoarele grupe:

♦ Moluștele

Reprezintă 0.31% din totalul indivizilor faunei bentonice din Drăgan, fiind reprezentate de gastropode și bivalve (abundențe de 0.29% și respectiv, 0.02%). Gastropodele au fost prezente cu o frecvență de peste 68% în probe și au avut o densitate de 36.62 ind/m². Specia prin care este reprezentat aproape exclusiv acest grup este *Ancylus fluviatilis* (familia Ancyliidae), a cărei prezență este dependentă de existența în substratul râului a lepezilor, bolovanilor sau a pietrelor, pe care stă fixată. Se hrănește prin raclarea perifitonului dezvoltat pe acest substrat. De asemenea, este considerată o specie foarte sensibilă la deteriorarea calității apei. Deși în literatură este citată ca fiind o specie strâns legată de un curent rapid de apă (Sansoni, 2001), a fost găsită și în probele colectate din microhabitate cu apă lină.

Moluștele bivalve au fost prezente în bentosul din Drăgan cu o frecvență de 17%, ajungând la o densitate de 1.96 ind/m², fiind cantonate la malurile râului, în zonele în care apa este adâncă și există depuneri mari de nisip și măr. Specia cea mai frecventă a fost *Pisidium casertarum* (M. Petrescu, date nepublicate).

În Valea Iadului, datorită unei cantități mai mari de materie organică fină cantonată mai ales la malul stâng al râului, moluștele au reprezentat 2.14% din totalul organismelor din bentos, fiind reprezentate de gastropode (2.11%) și bivalve (0.03%). Dintre gastropode, *Ancylus fluviatilis* a fost specia cea mai frecvent întâlnită, în special pe lepezile mari de la malul stâng între care se depune o cantitate mare de măr și nisip (densitate de 228.4 ind/m²).

Și moluștele bivalve au apărut în probele din râul Iad cu o densitate mai mare decât în Drăgan, cele mai frecvente fiind și aici speciile genului *Pisidium* sp. (cu o densitate de 3.18 ind/m²).

♦ Planariile (Clasa Turbellaria)

Aceste organisme au avut în Drăgan o densitate de peste 43 ind/m². Ele au apărut cu o frecvență destul de mare (76.5%), fiind reprezentate în general de specii carnivore, care se hrănesc cu rotifere, crustacei mici sau cu larve de insecte, căutându-și în mod activ hrana, pe care o parazitează cu secrețiile tegumentare.

Fiind destul de sensibile la poluanți, planariile sunt folosite în multe studii de biomonitorizare a calității apelor.

Pentru Valea Iadului, aceste organisme au înregistrat valori mai mici decât cele din Drăgan, la toți parametrii calculați (densitate de 30.24 ind/m², frecvență 39.77% și abundența numerică procentuală de 0.28%).

♦ Heteropterele

Aceste insecte au avut o densitate de 5.18 ind/m² în Drăgan și au apărut în probe cu o frecvență de 15.29%, fiind cantonate cu predilecție în zonele cu apă liniștită. Acești parametri calculați pentru râul Iad au avut valori mai mici (tabelul 6.1). Majoritatea speciilor de heteroptere acvatice sunt carnivore prădătoare, hrănindu-se cu alte insecte acvatice, microcrustacei sau acarieni. Unele specii au un regim mixt de hrană (erbivor, detritivor și carnivor), hrănindu-se cu microfauna bentonică, alge și detritus, iar altele sunt în exclusivitate erbivore (Sansoni, 2001).

♦ Colembolele acvatice

Colembolele sunt insecte primitive, nearipate, care trăiesc pe pietrele ude de pe malul apei, pe suprafața apei, sau în bentos (foarte puține specii). Astfel aceste insecte au fost capturate în bentometru și au apărut în probele de bentos din Drăgan și Iad cu frecvențe de 35.29% și respectiv 60.82%, atingând densități de 8.64 ind/m² și respectiv, 17.63 ind/m². Aceste organisme nu sunt folosite în studiile de monitorizare a calității apei.

♦ Hirudinee

Deoarece sunt ectoparazite fie temporar (sugând lichidele corpului la moluște, crustacei, insecte, oligochete, pești sau mamifere), fie permanent, în special pe pești, hirudineele au fost mai rar întâlnite în probele de bentos. Unele specii sunt prădătoare hrănindu-se cu oligochete sau cu larve de insecte (Sansoni, 2001).

S-au întâlnit în probele din Drăgan cu frecvențe și densități mai mari decât în cele colectate din râul Iad (vezi tabelul 6.1).

♦ Izopode

Acestea au apărut ocazional în amândoi afluenți ai Crișului Repede, densitățile lor fiind mai mici de 1 ind/m² (râul Drăgan) și 2 ind/m² (râul Iad). Au apărut cu frecvențe mai mari în probele colectate din microhabitatele în care apa a avut o viteză mică și în care s-a putut astfel acumula o cantitate mai mare de detritus. Sunt organisme detritivore și fiind foarte rezistente la poluare, izopodele nu sunt citate în literatură ca fiind buni bioindicatori (Sansoli, 2001).

♦ Odonatele

Aceste insecte care în formă larvară sunt acvatice și prădătoare, s-au întâlnit în bentosul celor două râuri cu frecvențe și densități mici. În Drăgan au fost capturate în probele colectate din zonele de lângă malul stâng, după stâncă, acolo unde apa își încetinește mult viteza. Indivizii capturați la această stație au aparținut speciei *Onychogomphus forcipatus* (determinate de A. Huber, date nepublicate). În ansamblu, acest grup de insecte nu prezintă o sensibilitate mare la deteriorarea calității apei, fiind specii tolerante la valorile extreme ale multor parametri chimici ai apei. Din acest motiv, Roback (1974) nu recomandă utilizarea larvelor de odonate în studiile de monitorizare a calității apei.

♦ Accidental au mai apărut în probe și alevini de pești, în special în probele colectate din râul Drăgan, după ce acesta își schimbă cursul datorită stâncii care îi barează drumul. În această porțiune, se formează biotopuri cu apă lină și puțin adâncă, favorabile dezvoltării puietului de pește, care uneori este surprins în bentometru. Tot în acest mod au mai fost colectați și câțiva adulți de boișteni (*Phoxinus phoxinus*), precum și chișcari (Clasa Cyclostomata). Aceste organisme vertebrale au fost însă imediat eliberate, înainte ca proba să fie conservată.

În râul Iad au fost de asemenea, surprinși în probe puiet de pește și ciclostomi, aici întâlnindu-se cel mai mare număr de indivizi capturați într-un bentometru (35 alevini de pește, într-o probă colectată de la malul stâng al râului, în august 1998).

De asemenea, în probele de bentos au apărut și *hidre*, a căror prezență nu a intrat în calculele ulterioare de densitate, frecvență sau abundență numerică.

6.1.2. Diversitatea grupelor din bentos în sectorul superior al Crișul Repede, la zona de izvor (stația Șaula) și înainte de confluența cu afluenții săi majori (stația Amonte Drăgan), în anii 1997-1998

Datorită situației particulare acestui râu, care izvorând într-o regiune colinară prezintă în regiunea de izvor un curs de apă lin, pe un pat uniform alcătuit din nisip și pietriș, în această zonă diversitatea este mai mică decât în sectoarele aflate în aval. Astfel, la stația Șaula dominante ca abundență procentuală și densitate numerică au fost oligochetele și amfipodele, urmate de chironomide și efemeroptere (figura 6.2). Din acest sector lipsesc plecopterele, odonatele, planariile și gasteropodele. Cu frecvență de 100% (tabelul 6.2) au fost găsite următoarele grupe: oligochete, efemeroptere, diptere, hirudine și amfipode.

La stația aflată în amonte de confluența cu afluenții, crește diversitatea faunei bentonice a Crișului Repede, prin apariția plecopterelor, odonatelor, planariilor și a gastropodelor (tabel 6.2). Aici au dominat ca abundență procentuală și densitate numerică dipterele chironomide și trichopterele, fiind urmate de oligochete și efemeroptere (figura 6.2). Cu o frecvență de 100% au apărut în probele grupele: nematode, oligochete, acarieni acvatici, efemeroptere, trichoptere, diptere (chironomide și alte familii).

Oligochetele

Reprezintă peste jumătate din macronevertebratele zonei de izvor a Crișului Repede (abundență 60.12%). Substratul uniform alcătuit din nisip și pietriș, cu multă materie organică, asigură condiții favorabile dezvoltării acestor organisme a căror densitate numerică a ajuns la peste 8000 ind/m². Această valoare reprezintă cea mai mare densitate medie a oligochetelor (pentru cei doi ani investigați) înregistrată la cele șase stații luate în studiu în bazinul Crișului Repede.

La stația aflată în amonte de afluenți, densitatea oligochetelor scade până la 2350.63 ind/m², cu o abundență numerică de numai 11.43%.

În tot sectorul de râu aflat între izvoare și afluenți, aceste organisme apar în probe cu o frecvență de 100%.

Amfipodele

Atât adâncimea foarte mică a apei în zona de izvor, precum și gradul mare de acoperire al albiei râului cu vegetație lemnoasă (peste 90%) și chiar 100% pe sectoare mari de râu, ce asigură o cantitate mare de materie organică, asigură condiții optime dezvoltării amfipodelor. Aceste crustacee detritivore fărâmițătoare, au înregistrat o densitate de peste 2000 ind/m² și o abundență numerică de 15.42%, apărând în probe cu o frecvență de 100%.

Crescând viteza apei și scăzând concomitent habitatele cu acumulări mari de frunze, care sunt favorabile dezvoltării acestor organisme, în bentosul Crișului Repede amonte de afluenți, densitatea amfipodelor scade la sub 2 ind/m², reprezentând doar 0.01% din totalul faunei bentonice. Scade de asemenea și frecvența lor (11.11%), apărând doar în probele colectate aproape de maluri.

Tabel 6.2. Frecvența, abundența numerică procentuală și densitatea medie a grupelor din bentosul râului Crișul Repede la stația Șaula (S) și stația situată amonte de confluența cu Valea Drăganului (CRD), 1997-1998 (LC = limite de confidență la $\alpha = 0.05$).

Grup	Abundența %		Frecvența %		Densitatea (nr ind/m ²)	
	S	CRD	S	CRD	S	CRD
nematode	0.44	0.44	91.67	100.0	60.53 ± 49.95	91.98 ± 669.27
oligochete	60.12	11.43	100	100	8202.8 ± 62232.4	2350.6 ± 15363.3
cladocere						
copepode	*	*	91.67	77.78	*	*
ostracode	0.36	0.10	75.00	55.56	49.53 ± 69.92	14.94 ± 109.88
acarieni	0.08	0.26	50.00	100	11.01 ± 59.93	47.17 ± 119.87
efemeroptere	7.93	6.41	100	100	1081.76 ± 3036.7	1233.49 ± 5384.15
plecoptere		0.34		77.78		70.75 ± 499.46
trichoptere	2.54	22.00	91.67	100	346.7 ± 2846.91	4457.5 ± 26990.7
coleoptere	0.14	0.56	66.67	88.89	18.87 ± 139.85	110.06 ± 559.39
chironomide	8.69	56.56	100	100	1186.2 ± 11897.08	10743.7 ± 42134.2
alte diptere	2.43	1.73	100	100	330.97 ± 3006.74	295.6 ± 39.96
colembole	0.03		25.00		4.72 ± 0.1	
odonate		0.01		22.22		2.36 ± 9.99
ins. primitive	0.02	0.04	16.67	22.22	3.14 ± 39.96	6.29 ± 39.96
hirudinee	1.62	0.09	100	44.44	220.91 ± 1967.86	19.65 ± 189.79
turbelariate		0.01		11.11		< 1
gasteropode		0.02		22.22		4.72 ± 59.93
bivalve	0.17		75.00		22.8 ± 9.99	
amfipode	15.42	0.01	100	11.11	2104.56 ± 14234.55	1.57 ± 19.98

Trichopterele

La stația Șaula, larvele acestor insecte deși apar cu o frecvență mare (91.67%), nu reprezintă decât 2.54% din totalul faunei bentonice, realizând densități mici, de 346.7 ind/m².

În mod particular stației Amonte Valea Drăganului, în bentosul Crișului Repede, trichopterele au atins cea mai mare valoare a densității medii (aproape 4457.5 ind/m²) întâlnită în acest râu. Ele au reprezentat 22% din organismele bentonice, având o frecvență de 100%.

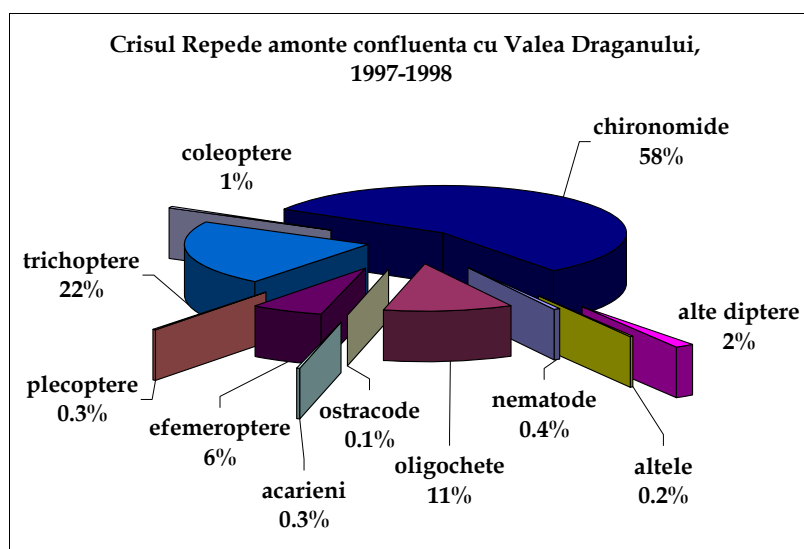
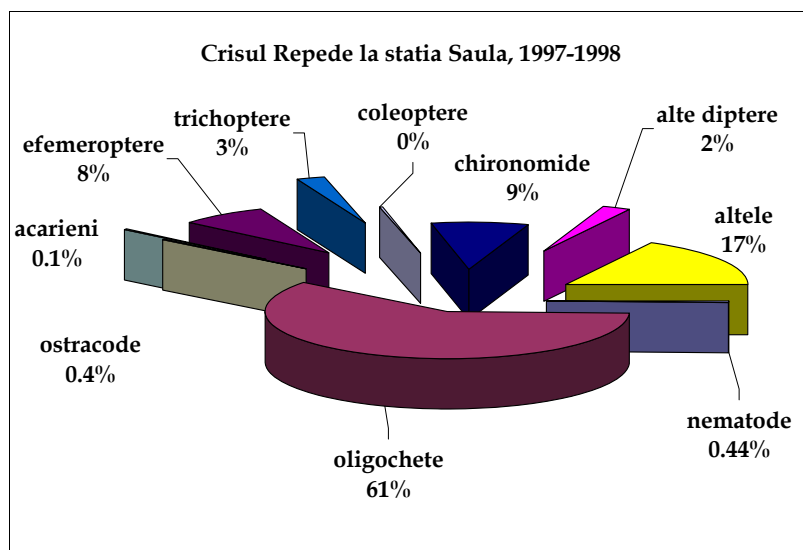


Figura 6.2. Abundența numerică procentuală a principalelor grupe din bentosul râului Crișului Repede la stațiile Șaula și amonte Drăgan, 1997-1998.

Chironomidele

Această familie de diptere a dominat ca abundență și densitate numerică la Șaula, după amfipode și oligochete. Cantitatea mare de materie organică a permis aici dezvoltarea unor densități de peste 1100 ind/m².

În mod similar trichopterelor și chironomidele de aici au înregistrat cele mai mari valori ale mediei densității din Crișul Repede și afluenți (de peste 10700 ind/m²). Aceste diptere au avut o abundență de peste 50% și o frecvență de 100%.

Efemeropterele

La amândouă stații au fost prezente cu frecvențe de 100%, având valori ale abundențelor procentuale numerice apropiate (7.93% la Șaula și 6.41% la stația Amonte Drăgan). Densitățile lor medii au avut valori de peste 1000 ind/m².

Plecopterele

Deși sunt citate în literatură ca fiind tipice zonei de izvor, aceste insecte lipsesc la stația Șaula. Apar în probele colectate amonte de confluența cu Drăganul, cu o frecvență de 77.8%, reprezentând doar 0.34% din totalul faunei bentonice.

Larvele de diptere (altele decât chironomidele)

La amândouă stații acestea au fost prezente cu o frecvență de 100%, realizând densități de 330.97 ind/m² la Șaula și 295.6 ind/m² amonte de afluenți.

Familia Simuliidae a reprezentat peste 85% din totalul larvelor de diptere (altele decât chironomide) la stația Șaula. Amonte de afluenți ponderea acestei familii în cadrul larvelor de diptere înregistrează o scădere până la 13.17%.

Ceratopogonidele reprezintă 1.43% și 16.01% dintre diptere la Șaula și respectiv, amonte de confluența cu Drăganul.

Familia Blephariceridae nu a fost identificată la Șaula, viteza apei mică de aici neasigurând condiții prielnice dezvoltării acestor diptere. În schimb, pe pietrele situate în curenții puternici din mijlocul albiei Crișului Repede (amonte afluenți), aceste insecte își găsesc condiții optime de dezvoltare, ele reprezentând 16.01% din totalul larvelor de diptere din alte familii decât Chironomidae.

Restul procentelor este reprezentat de diptere aparținând familiilor Limoniidae, Rhagionidae, Psychodidae, Culicidae, etc.

Nematodele

Prezintă abundențe numerice egale la ambele stații (0.44%), fiind prezente cu frecvențe de peste 90% la Șaula și respectiv, 100% amonte de afluenți. Densitățile lor numerice nu au atins 100 ind/m² (tabel 6.2).

Ostracodele

Pentru acești microcrustacei toți trei parametri calculați au avut valori mai mari pentru stația Șaula comparativ cu cea aflată amonte de confluența cu afluenții (tabel 6.2). Însă, chiar și la izvoare, ostracodele nu au reprezentat mai mult de 0.4% din totalul faunei bentonice, cu densități de sub 50 ind/m².

Acarienii acvatici

Substratul fin de la Șaula care este alcătuit din nisip și pietriș nu poate permite dezvoltarea unei biodermă propriu-zise, cu alge filamentoase și cu mușchi, care să asigure habitate preferate de acarieni (frecvență de 50% și densitate de 11.01 ind/m²). Aceștia apar cu precădere în Crișul Repede amonte de afluenți, unde au fost găsiți în toate probele (frecvență de 100% și densitate de 47.17 ind/m²).

Copepodele

Originea acestor microcrustacei care nu aparțin faunei bentonice și care totuși au fost capturați în bentometru cu o frecvență de 91.67% la Șaula și de 77.78% în amonte de confluența Crișului Repede cu Drăganul, poate fi pusă pe seama comunicării albiei majore a râului cu apele stagnante ale bălților adiacente râului, și/sau a comunicării acesteia cu pânza freatică. Cladocerele, care au fost prezente la toate celelalte stații de pe Crișul Repede și afluenți, nu au fost găsite în aceste două stații din sectorul său superior.

Coleopterele acvatice

Adulții și larvele acestor insecte au fost mai frecvente și mai abundente ca număr la stația amonte de afluenți, unde au înregistrat și valoarea cea mai mare a densității medii pentru acest sector superior de râu, de 110.06 ind/m².

Colembolele

Lipsesc din probele colectate amonte de afluenți, fiind prezente numai la Șaula, cu frecvență și densitate medie mică (25% și respectiv, 4.72 ind/m²).

Odonatele

La stația Șaula, deși în timpul deplasărilor de vară au fost observați pe vegetația ripariană adulții acestor insecte, în probele de bentos nu au fost identificate larvele lor. La stația aflată amonte de confluența cu Drăganul, odonatele au avut o frecvență de 22.22% și o densitate medie de 2.36 ind/m².

Hirudineele

Aceste nevertebrate au fost prezente la Șaula în toate probele recoltate (frecvență de 100%), unde au realizat o valoare medie a densității de peste 200

ind/m². Apariția la această stație a unui număr atât de mare de hirudinee va putea fi explicată numai în urma unor determinări până la nivel de specie, identificând astfel grupul funcțional din care fac parte speciile dominante (prădătoare sau ectoparazite temporar pe moluște, oligochete, insecte acvatice sau vertebrate).

Planariile

Lipsește din bentosul de la Șaula, întâlnindu-se numai în amonte de afluenți cu o frecvență foarte mică, de 11.11% și realizând o densitate medie de sub 1 ind/m².

Moluștele

Moluștele gastropode au fost prezente numai în probele colectate din Crișul Repede amonte de confluența cu Drăganul (frecvență de 22.22% și densitate medie de 4.72 ind/m²), fiind reprezentate aproape exclusiv de indivizi din specia *Ancylus fluviatilis*, cantonați pe pietre și bolovani.

La Șaula au lipsit gastropodele, în schimb numai aici au apărut bivalvele, cu o frecvență de 75% și care au avut o densitate medie de peste 22 ind/m².

6.1.3. Diversitatea grupelor din bentos în sectorul inferior al Crișul Repede, la stațiile Fughiu și Cheresig, în anii 1997-1998

Așa cum reiese și din studiile preliminare efectuate asupra comunităților bentonice din Crișul Repede (Petrovici și Szatmári, 1998), diversitatea faunei de nevertebrate din acest râu se modifică foarte mult în urma traversării de către acest râu a centrului urban și industrial Oradea.

În sectorul de râu aflat între confluența cu Valea Iadului și până în amonte de Oradea, pe Crișul Repede s-au ridicat trei baraje de acumulare, fiecare cu câte o hidrocentrală. Tot în acest sector, principalele surse de poluare a râului sunt: canalizarea orașelor Șuncuiș și Aleșd și firmele S.C. Helios Aleșd (producător de materiale refractare și cărămizi) și S.A. Coca-Cola Bihor Săcădat.

În sectorul aflat între priza de apă a orașului Oradea și până la ieșirea din țară, calitatea apei este brusc modificată pe parcursul acestor aproximativ 40 km. Câțiva dintre principalii poluanți sunt: canalizarea orașului Oradea și firmele Renel R.A. U.E.T. Oradea, S.C. Interoil S.A. Oradea, S.C. Sinteza S.A. Oradea. Cele mai multe dintre aceste unități figurează în rapoartele Apelor Române Oradea ca având ape efluente în Crișul Repede, „insuficient epurate” („Sinteza privind calitatea apelor în bazinul hidrografic Crișuri. Anii 1997 și 1998”. Apele Române, filiala Oradea).

Toate aceste unități și folosințe degradează apa Crișului Repede, astfel încât diversitatea grupurilor bentonice la ieșirea râului din țară (la stația Cheresig) este mult redusă (figura 6.3).

La stația aflată în amonte de oraș (Fughiu), sunt prezente toate grupele de organisme bentonice care au fost identificate și în afluenții Crișului Repede, însă abundența lor procentuală și mai ales densitatea lor numerică diferă foarte mult față de afluenți (vezi figura 6.3). La această stație oligochetele și chironomidele domină numeric, având valorile abundențelor foarte apropiate, împreună realizând peste 70% din totalul faunei bentonice. Trichopterele și efemeropterele totalizează împreună sub 25% din restul faunei bentonice de la Fughiu, iar nematodele și acarieni acvatici aproape 3%. Celelalte grupuri de nevertebrate au avut valori de sub 1% (tabel 6.3). Se constată astfel dominanța grupelor de organisme colectoare și filtratoare, care conform principiului de „continuum al râului”, înlocuiesc în acest sector al râului organismele fărâmițătoare și raclatoare prezente în sectorul superior al râului (Vannote *et al.*, 1980).

La stația aflată în aval de Oradea (Cheresig) dispar complet unele grupuri de organisme mai specializate, care au cerințe ecologice stricte, iar altele, deși au fost identificate în probe, au avut densități extrem de mici, de sub 1 ind/m². Astfel, nu au mai apărut în probe plecopterele care sunt unele dintre cele mai sensibile organisme la poluare. De asemenea, au lipsit complet din bentos larvele de odonate, precum și amfipodele.

Cauza dispariției plecopternelor la Cheresig poate fi pusă atât pe seama poluării, cât și creșterii cu câteva grade a temperaturii apei la această stație, fiind cunoscută sensibilitatea acestor organisme la încălzirea apei și implicit deci, la o scădere a oxigenului dizolvat (Allan, 1995).

În cele ce urmează prezentăm comparativ grupele zoobentonice pentru cele două stații aflate în amonte și în aval de Oradea, caracterizându-le din punct de vedere al frecvenței de apariție în probe, a abundenței numerice procentuale și a densității numerice.

Chironomidele și oligochetele

Aceste grupuri au fost prezente în toate probele de bentos, având frecvențe de 100% la ambele stații. Abundențele lor numerice procentuale adunate reprezintă peste 70% din totalul faunei bentonice de la Fughiu și peste 94% din cea de la Cheresig. La ambele stații densitățile lor numerice sunt mult mai mari decât la

oricare altă stație aflată pe afluenți (peste 3000 ind/m² la Fughiu și peste 4000 ind/m² la Cheresig).

Tabel 6.3. Frecvența, abundența numerică procentuală și densitatea medie a grupelor din bentosul râului Crișul Repede la stațiile Fughiu (F) și Cheresig (C), 1997-1998 (LC = limite de confidență la $\alpha = 0.05$).

Grup	Abundența %		Frecvența %		Densitatea (nr ind/m ²)	
	F	C	F	C	F	C
nematode	1.31	4.22	94.44	94.44	104.18 ± 570.24	402.47 ± 2773.56
oligochete	35.41	52.44	100	100	3317.74 ± 7361.72	4363.12 ± 14451.17
cladocere	*	*	97.22	77.78	*	*
copepode	*	*	100	97.22	*	*
ostracode	0.08	0.03	25.00	13.89	8.54 ± 51.37	2.74 ± 29.11
acarieni	1.51	0.17	86.11	38.89	156.74 ± 741.48	13.52 ± 67.93
efemeroptere	11.63	0.34	97.22	50.00	1179.16 ± 9582.74	28.03 ± 100.46
plecoptere	0.01		2.78		< 1	
trichoptere	12.24	0.38	100	61.11	1479.2 ± 13817.57	35.35 ± 158.11
coleoptere	0.20	0.01	41.67	8.33	24.08 ± 237.46	1.08 ± 2.28
chironomide	35.87	41.85	100	100	3946.5 ± 11643.93	4081.4 ± 34135.51
alte diptere	0.44	0.21	100	100	40.93 ± 103.32	21.16 ± 234.6
colembole	0.06	0.01	8.33	5.56	4.72 ± 59.93	< 1
odonate	0.01		2.78		< 1	
ins primitive	0.07	0.03	16.67	13.89	5.88 ± 69.07	2.74 ± 29.11
izopode	0.08	0.20	33.33	38.89	8.27 ± 49.09	15.77 ± 96.47
hirudinee	0.52	0.01	16.67	11.11	50.04 ± 619.9	1.08 ± 2.28
turbelariate	0.45	0.08	36.11	16.67	43.35 ± 510.87	8.09 ± 97.04
gasteropode	0.02	0.02	19.44	11.11	1.75 ± 6.28	2.16 ± 4.57
bivalve	0.01	0.01	8.33	5.56	1.12 ± 14.27	< 1
amfipode	0.09		38.89		10.02 ± 24.54	

Dacă din punct de vedere al abundenței numerice la Fughiu, cele două grupuri au o pondere aproape egală ($\approx 35\%$), la Cheresig oligochetele au valori mai mari

decât chironomidele (52.44% față de 41.44%). Aceste rezultate sunt în concordanță cu analizele de apă și sediment, care arată o încărcare mai mare cu substanțe organice la Cheresig (capitolul 5), ceea ce asigură un mediu favorabil dezvoltării oligochetelor la această stație.

Trichopterele

Este grupul de organisme care alături de larvele de efemeroptere indică cel mai bine degradarea calității apei Crișului Repede în urma traversării orașului Oradea. Astfel, dacă la Fughiu trichopterele au reprezentat 12.24% din totalul faunei bentonice, fiind prezente cu o frecvență de 100%, la stația Cheresig abundența lor numerică a scăzut până la valoarea de 0.38%, iar frecvența lor de apariție a fost de 61.11%. De asemenea, densitatea lor numerică a scăzut foarte semnificativ, de la 1479 ind/m² în amonte de oraș, la numai 35.35 ind/m² în aval.

De remarcat este faptul că la stația Fughiu trichopterele au o densitate mult mai mare decât în oricare dintre afluenți. Identificarea larvelor din bentos până la nivel de specie, precum și stabilirea modului de nutriție (detritivor sau carnivor) va explica dacă densitatea mare a trichopterelor la Fughiu este rezultatul găsirii aici a unei hrane preferate în cantitate mare (detritivorele), a unei lipse de concurenți la aceasta (alte organisme fărâmițătoare), sau a unor prăzi abundente (trichopterele prădătoare).

În fileele cu care s-au colectat adulți zburători de pe vegetația ripariană au fost capturați în 1997 indivizi aparținând speciilor *Hydropsyche bulbifera*, la stația Fughiu și *Hydropsyche instabilis*, la stația Cheresig (determinate de N.Ștefan și L.Ujvaroszi, date nepublicate). Aceste date însă sunt insuficiente pentru a ne putea explica densitatea mai mare a trichopterelor de la Fughiu în comparație cu cea din afluenți.

Efemeropterele

Similar grupului anterior descris, efemeropterele indică de asemenea, o degradare majoră a calității apei la Cheresig. Așa cum arată și studiile preliminare asupra diversității acestui grup în Crișul Repede (Petrovici și Tudorancea, 2000), se constată o scădere a numărului de specii la jumătate după ce râul străbate orașul. De la o densitate de 1179.11 ind/m² la Fughiu, cu o frecvență de peste 97%, se ajunge aval de oraș la o densitate de numai 28 ind/m² și o frecvență de doar 50%.

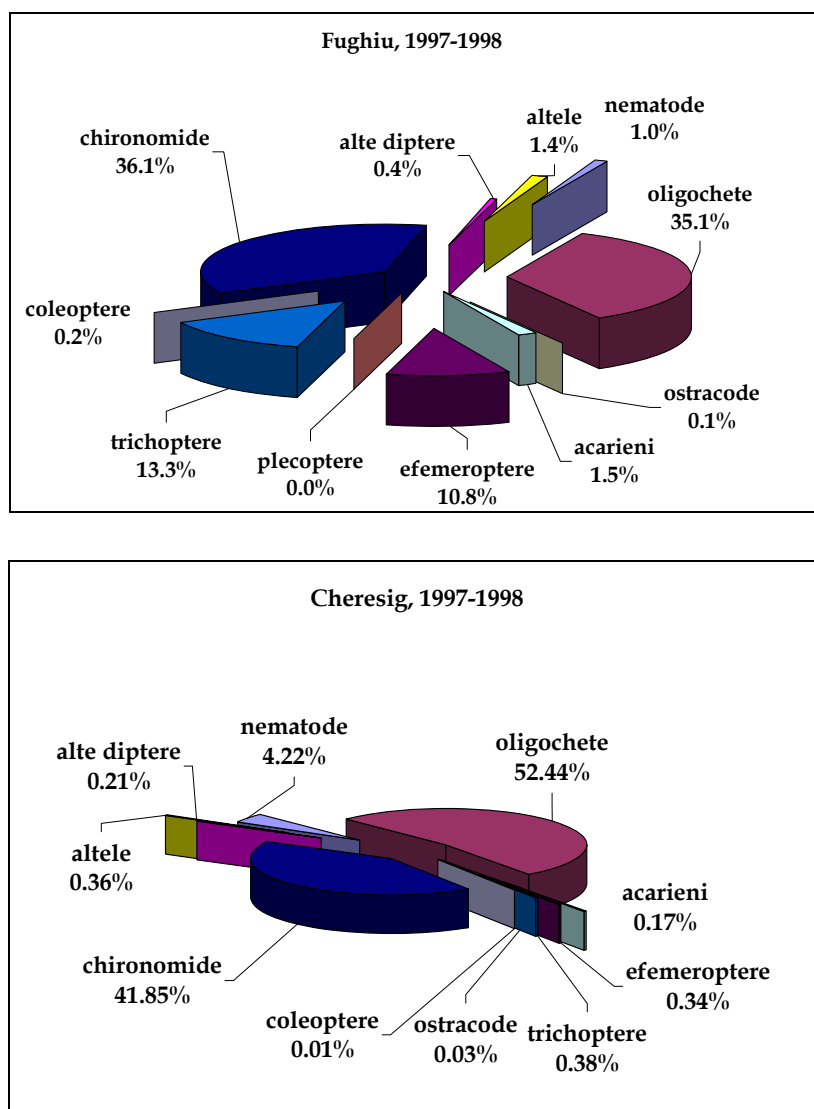


Figura 6.3. Abundența numerică procentuală a principalelor grupe din bentosul râului Crișul Repede, la stațiile Fughiu și Cheresig, 1997-1998.

Specia *Baëtis vernus* care a fost identificată la Cheresig nu are cerințe ecologice stricte, suportând un grad mai ridicat de degradare a apei (Găldean, 1992). Această specie a fost de asemenea, printre puținele identificate și în bentosul Someșului Mic, după ce acesta traversează orașul Cluj Napoca (M.Petrovici, date nepublicate).

Acarienii acvatici

Au apărut în probele de la stația Fughiu cu o frecvență de peste 86%. Spre deosebire însă de cei doi afluenți, în care ponderea acestor organisme era mai mare, la Fughiu și în general, în sectorul inferior al râului, ei reprezintă sub 2% din totalul faunei bentonice. De asemenea, densitatea lor este mică, ajungând la valori de 156.74 ind/m² la Fughiu și 13.52 ind/m² la Cheresig.

Nematodele

Frecvența cu care apar în probe are valori identice pentru ambele stații de pe Crișul Repede (94.44%), însă la Cheresig ele au o densitate de patru ori mai mare decât la Fughiu. Cantitatea mare de substanță organică care se află în sedimentul râului în aval de Oradea permite aici dezvoltarea unei populații de nematode cu o densitate mult mai mare decât în oricare alt sector al râului sau afluenții săi.

Cladocerele și copepodele

Barajele de acumulare Lugașu și Tileagd construite în amonte de Oradea au fiecare câte o hidrocentrală cu debite efluențe mai mult sau mai puțin direct în albia Crișului Repede. Din această cauză în timpul colectării probelor la Fughiu au ajuns în plasa bentometrului cladocere și copepode, cu o frecvență de 97.22% și respectiv, 100%. O parte din aceste organisme planctonice au apărut și în probele colectate la Cheresig (cu frecvențe mai mici, vezi tabel 6.3) .

Plecopterele

Aceste insecte au apărut accidental în câteva probe la Fughiu (2.78% frecvență), cu densități de sub 1 ind/m². Prezența lor poate fi pusă și pe seama fenomenului de drift, care ar putea aduce aici exemplare din amonte sau din afluenți.

Larvele de diptere (altele decât chironomide)

Deși au fost prezente în toate probele colectate la cele două stații (frecvență 100%), au avut densități mici de numai 40.94 ind/m² la Fughiu și 21.16 ind/m² la Cheresig. Au fost reprezentate de specii din familiile: Simuliidae, Ceratopogonidae, Rhagionidae, Psychodidae și Culicidae. De la ambele stații au lipsit larvele dipterelor din familia Blephariceridae care sunt indicatoare de apă în care nu există poluare cu substanțe chimice (Sansoni, 2001).

Moluştele

Aceste organisme au reprezentat la ambele stații 0.03% din totalul faunei. Dintre gastropodele identificate la Fughiu s-au aflat și câteva exemplare de *Ancylus fluviatilis*, însă populația acestui gasteropod nu este aici atât de dezvoltată ca în afluenții Crișului Repede și dispare cu desăvârșire în aval de orașul Oradea.

Moluştele bivalve au avut densități mici la ambele stații. La Fughiu au apărut cu precădere în probele colectate la mică distanță de malul drept. În amonte de locul de colectare a acestor probe, într-un substrat alcătuit din măr și nisip fin este prezentă o populație de *Unio crassus*. De asemenea, în probe au mai fost găsite și exemplare din specia *Pisidium casertarum* (M.Petrescu, date nepublicate).

Planariile, hirudineele, colembolele, coleopterele acvatice, ostracodele și izopodele s-au găsit la ambele stații cu densități și abundențe numerice foarte mici.

Odonatele și amfipodele

Au fost identificate numai amonte de oraș, cu abundențe numerice extrem de mici, de 0.01% și respectiv, 0.09%. Ele au lipsit din fauna bentonică de la Cheresig.

În probele colectate la Fughiu au apărut cu regularitate *hidre*, uneori în cantități foarte mari, în special în probele colectate în lunile iunie și octombrie din anul 1997. Prin transparența corpului acestor organisme primitive au fost surprinse de multe ori în plin proces de digestie, larve de chironomide și efemeroptere în primele stadii de viață (specii ale genului *Baëtis* sp.). Pentru aceste organisme nu au fost calculate valorile densității, abundenței sau frecvenței, prezența lor fiind doar menționată pe fișele de lucru. La Cheresig nu au fost prezente hidre în probe.

6.2. Dinamica sezonieră și anuală a grupelor din bentosul râului Crișul Repede și afluenții săi majori

Dinamica sezonieră a grupelor majore de nevertebrate bentonice din râul Crișul Repede și cei doi afluenți principali s-a urmărit pe perioada celor doi ani, 1997 și 1998, separat la fiecare stație de prelevare.

6.2.1. Dinamica macronevertebratelor bentonice din afluenții Crișului Repede, Valea Drăganului și Valea Iadului

Valea Drăganului. În bentosul acestui afluent toate grupele de nevertebrate (cu excepția acarienilor acvatici și a plecopterelor) prezintă o creștere a densității

de la sezonul de primăvară spre vară, culminând cu valorile cele mai mari în timpul toamnei (figura 6.4).

În timpul primăverii domină numeric larvele de plecoptere, a căror densitate scade la jumătate în timpul verii și toamnei, în același mod în ambii ani de studiu. Acest model de dinamică sezonieră diferă de cel al celorlalte grupe de insecte, a căror densitate crește spre vară și toamnă. Această deosebire este datorată probabil procesului de emergență al speciilor de plecoptere dominante care are loc la sfârșitul primăverii. O explicație corectă a acestui model de dinamică este posibilă dacă s-ar cunoaște structura pe specii a comunităților de plecoptere, deoarece acestea prezintă cicluri de viață diferite în funcție de specie, de altitudine și de suma temperaturilor anuale. Unele specii de plecoptere prezintă chiar stadii larvare care durează mai mulți ani. În plus, Zwick (1996) a introdus „teoria depozitelor de ouă” prin care sugerează că ouăle odată depuse nu eclozează în același timp, unele putând rezista în formă „dormandă” un timp îndelungat (220 zile la genul *Dinocras* sp. și până la 3 ani la alte specii ale familiei Perlidae). Nu se cunoaște încă mecanismul care stă la baza acestei adaptări și nici cauzele care determină încetarea acestei stări și începerea procesului de ecloziune din ouă.

Plecopterele fiind caracteristice zonelor cu temperaturi scăzute (Allan, 1995; Hynes, 1976; Zwick, 1996), dezvoltă densități mari la începutul și în timpul primăverii. Knight și colaboratorii (1976) au pus în evidență la unele specii fenomenul de creștere a biomasei la temperaturi scăzute, aproape de valoarea de îngheț.

Larvele de efemeroptere prezintă o dinamică inversă plecopterele, având densități mici primăvara și mari toamna, când încep să fie capturate în probe și larvele proaspăt eclozate din ouăle depuse în timpul verii.

Larvele de diptere (aici fiind incluse toate familiile, inclusiv chironomidele) prezintă densitățile cele mai mari în lunile de vară, după care acestea scad în timpul toamnei și ajung la valorile cele mai mici primăvara devreme.

Oligochetele, un alt grup important din bentos au înregistrat densități mult mai mari în al doilea an de studiu (1998), deși acestea au variat în mod similar în ambii ani, cu valori mici în timpul primăverii, care apoi cresc vara și ajung la valori maxime în timpul toamnei. În mod similar oligochetelor și trichopterele au avut densitățile cele mai mari în timpul toamnei.

Valea Iadului. Spre deosebire de Valea Drăganului în care densitatea nevertebratelor bentonice crește spre toamnă, în Valea Iadului aceasta are valorile maxime în timpul verii, la aproape toate grupele, cu excepția oligochetelor în toamna anului 1997 (vezi figura 6.4).

Larvele de efemeroptere prezintă în acest afluent densități mai mari în timpul verii și toamnei; particulară este situația din timpul verii anului 1998, când efemeropterele au apărut cu abundențe ridicate, atingând valori de două ori mai mari față de anul precedent. Detaliile privind ciclul de viață al tuturor efemeropterelor de la această stație și în mod special al speciilor dominante, vor explica această creștere semnificativă a densității din anul 1998.

Plecopterele își păstrează aici modelul dinamicii sezoniere din râul Drăgan, cu densitățile cele mai mari primăvara și cu valorile cele mai scăzute în timpul toamnei. În mod similar, larvele de diptere au avut și aici densitățile cele mai mari în timpul toamnei, în ambii ani de studiu.

Oligochetele prezintă, ca și în Drăgan, o creștere progresivă a densității din lunile de primăvară spre toamnă, similar în cei doi ani, cu excepția anului 1998, în care acestea au prezentat contrar așteptărilor, o densitate mult mai mică toamna decât în tot restul anului.

6.2.2. Dinamica macronevertebratelor bentonice din sectorul superior al Crișului Repede

Crișul Repede în sectorul de izvor (stația Șaula). La această stație se constată dominanța în bentos a crustaceelor amfipode, care reprezintă 97% din nevertebratele care au fost grupate în grupul "alte" din figura 6.5. Acestea au prezentat densități diferite în cei doi ani de studiu, în 1998 fiind mult mai abundente decât în 1997. În vara anului 1998 densitatea amfipodelor a înregistrat o valoare maximă, de aproape 6000 ind/m².

Similar amfipodelor și oligochetele au prezentat în anul 1997 densități mai mari decât în 1998. Acestea au prezentat însă o dinamică sezonieră diferită în cei doi ani: astfel, în 1997 oligochetele au avut densități mai mari în timpul toamnei, ajungând până la 20610 ind/m², iar în 1998 ele au fost mai abundente în timpul verii, însă densitatea lor la acea dată nu a depășit valoarea de 4200 ind/m² (figura 6.5).

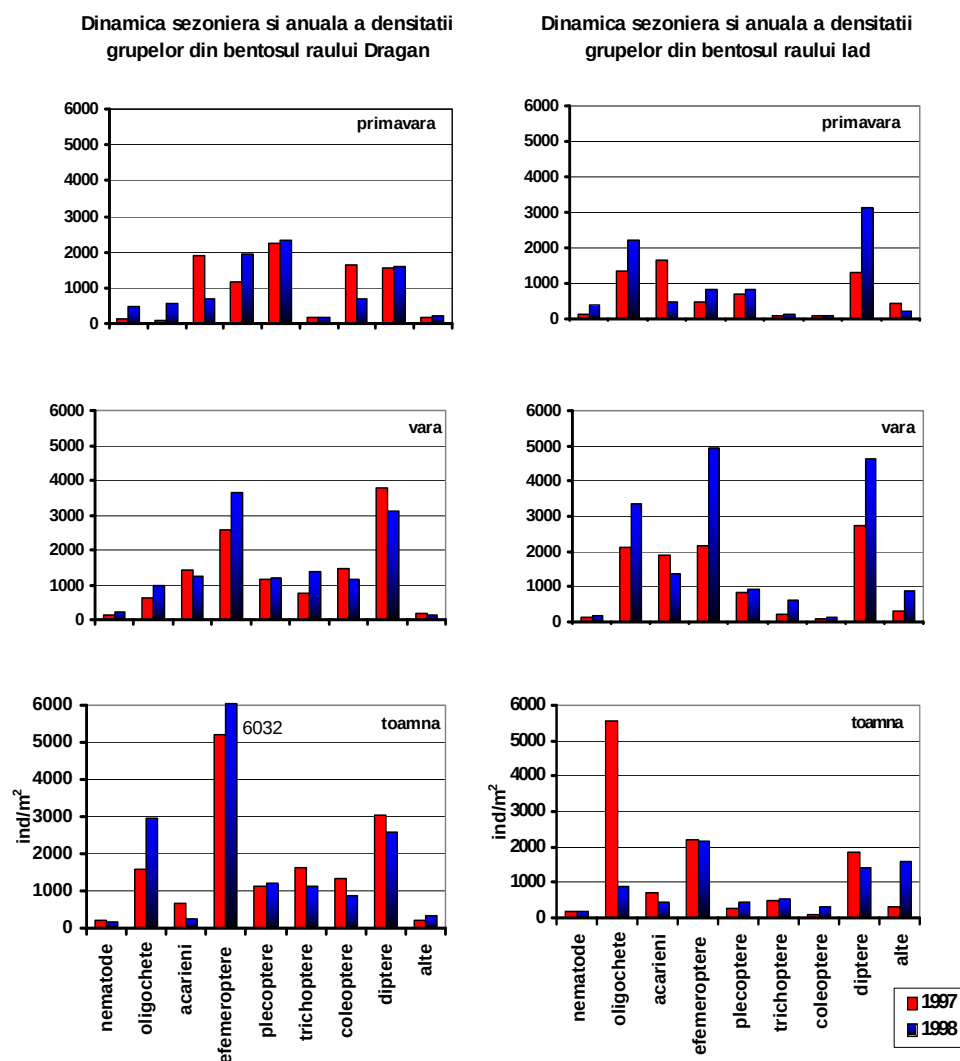


Figura 6.4. Dinamica sezonieră și anuală a densității grupelor din bentosul râurilor Drăgan și Iad, 1997-1998.

Următorul grup care a dominat în bentosul Crișului Repede la izvoare a fost cel al larvelor de diptere, reprezentat în proporție de 98% de familia chironomidelor. Acestea au prezentat același model de dinamică sezonieră în

amândoi anii de studiu, înregistrând densități mai mari în timpul verii. În anul 1997 chironomidele au fost mai abundente în bentos decât în 1998.

Larvele de efemeroptere, care au avut densități mai mari în timpul verii în amândoi anii de studiu, au prezentat o scădere bruscă în anul 1998 de la o valoare de peste 2500 ind/m² din timpul verii, la numai 44 ind/m² în toamnă. Numărul mic de probe colectate, precum și frecvența redusă a prelevărilor de probe la aceste două stații din sectorul superior al Crișului Repede, nu permit investigarea ciclului de viață al speciilor dominante de efemeroptere, care ar putea explica această dinamică sezonieră și anuală.

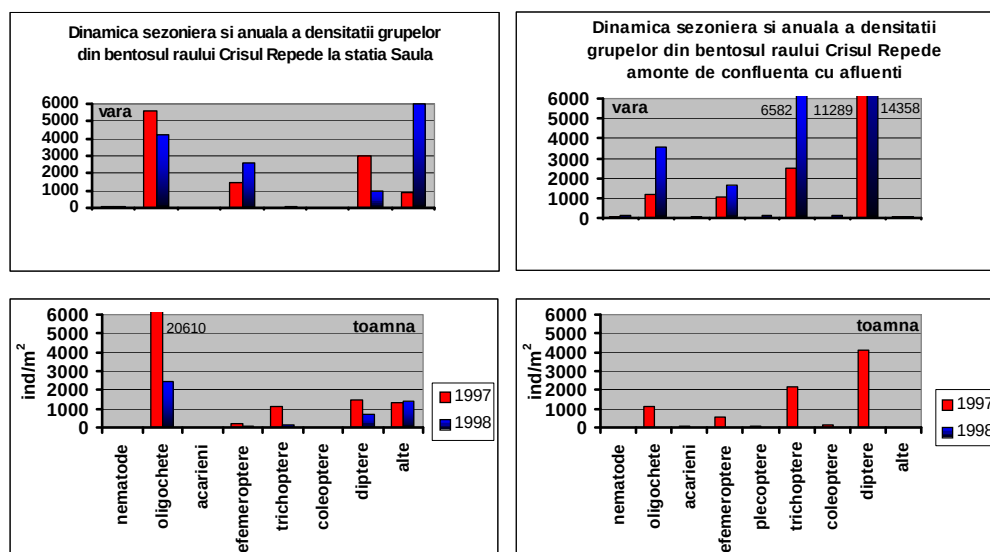


Figura 6.5. Dinamica sezonieră și anuală a densității grupelor din bentosul râului Crișul Repede la stațiile Șaula și amonte de confluența cu afluenții, 1997-1998.

Crișul Repede amonte de intrarea afluenților (stația Amonte Drăgan). Lipsa probelor de toamnă din anul 1998 de la această stație nu poate permite o analiză a dinamicii densităților nevertebratelor din bentosul Crișului Repede amonte de confluența cu principalul său afluent, râul Drăgan. Se poate remarca însă că în anul 1997 toate grupele de organisme au avut densități mai mari în timpul verii, comparativ cu toamna aceluiași an.

Dipterele (majoritatea larve de chironomide) au dominat vara în bentosul de la această stație, având valori ale densității de peste 11000 ind/m². Densitatea acestor diptere din timpul verii anului 1998 (14358 ind/m²) este cea mai mare înregistrată vreodată, la cele șase stații stabilite pe Crișul Repede și afluenții săi.

În mod similar chironomidelor, larvele de trichoptere au avut la această stație cea mai mare densitate înregistrată în cursul celor doi ani de studiu în întreg râul (6582 ind/m², în timpul verii anului 1998).

6.2.3. Dinamica macronevertebratelor bentonice din sectorul inferior al Crișului Repede.

Așa cum reiese și din analiza structurii și a diversității bentosului prezentată în capitolul anterior, în sectorul inferior al Crișului Repede se constată o scădere a densității anumitor grupe până la dispariția lor completă în anumite perioade ale anului. Această scădere până la dispariție a unor grupe are loc concomitent cu creșterea densității altor grupe, mai rezistente la degradarea calității apei (oligochetele și chironomidele).

Deoarece în anul 1997, datorită viiturilor mari din timpul lunilor de primăvară, colectările de probe au început numai în luna iunie, din figura 6.6 lipsesc datele cu privire la această perioadă.

Tot datorită apelor mari la data recoltării probelor de toamnă din anul 1998, la ambele stații de pe Crișul Repede, toate nevertebratele bentonice au prezentat densități cu mult mai mici decât cele din anul 1997.

Crișul Repede amonte de Oradea (stația Fughiu). În timpul primăverii la această stație domină ca densitate numerică oligochetele, după care acestea încep să scadă în timpul verii și toamnei, diferit în cei doi ani.

Larvele de diptere prezintă o dinamică similară cu cea din Drăgan și Iad, în sensul prezenței în bentos cu densități mai mici primăvara și toamna și cu valori maxime vera. În 1998, densitățile dipterelor au fost mai mici decât în anul precedent.

Similar cu celelalte stații și la Fughiu trichopterele au densitățile cele mai mici primăvara, valorile acestora urmând să crească spre sfârșitul verii și începutul toamnei (figura 6.6).

La această stație, speciile de efemeroptere dominante (*Caenis luctuosa* și *Potamanthus luteus*) diferă de cele de pe afluenți și chiar sunt specifice numai

acestei stații (Petrovici și Tudorancea, 2000). În plus, întreaga comunitate de efemeroptere de la Fughiu este diferită de cele din afluenți, având un indice de similaritate de 42%. Toate aceste diferențe dintre această stație și cele de pe afluenți (râurile Drăgan și Iad) explică deosebiriile dintre dinamica densității efemeropterelor de la Fughiu, care arată o valoare maximă în sezonul de toamnă.

Așa cum reiese și din figura 6.6, datorită apelor mari din timpul toamnei, se constată o scădere drastică a densității efemeropterelor din bentosul râului, aceste organisme fiind cele mai expuse în timpul viiturilor datorită modului lor activ de viață. În plus, datorită apelor mari (de exemplu: 70 cm la 3 m distanță de mal în data de 21.10.1998) nu a fost posibilă dispunerea probelor prelevate de-a lungul unui transect transversal propriu-zis în albia râului, acestea fiind colectate foarte aproape una de alta, ceea ce a dus automat la surprinderea unor microhabitate aproape identice și poate, nu cele mai favorabile dezvoltării acestor larve. Apele mari produc și dispersarea organismelor, ceea ce determină obținerea de valori mici ale densităților acestora.

Crișul Repede aval de Oradea (stația Cheresig)

În aval de orașul Oradea se constată în bentosul râului în toate sezoanele din cei doi ani de studiu dominanța nevertebratelor care suportă o deteriorare mai mare a calității apei (oligochetele, chironomidele și nematodele) și la o scădere drastică a celor sensibile (efemeropterele și trichopterele).

Primăvara la această stație au dominat în bentos oligochetele, care au atins în anul 1998 densitățile cele mai mari găsite pentru nevertebratele din Crișul Repede (peste 18000 ind/m²). Această valoare este comparabilă cu cea găsită de Pavelescu și Tudorancea (2000) la stația Apahida, pe Someșul Mic, aval de orașul Cluj-Napoca. În timpul verii densitatea lor a scăzut puternic, apoi a crescut spre toamnă (exceptând toamna anului 1998 când și aceste organisme au fost afectate de viituri).

Larvele de diptere (chironomide în special) au prezentat la Cheresig o creștere a densității din primăvară spre toamnă, moment în care au ajuns la densitatea cea mai mare înregistrată pentru acest grup de organisme în Crișul Repede, de aproape 14000 ind/m² (figura 6.6).

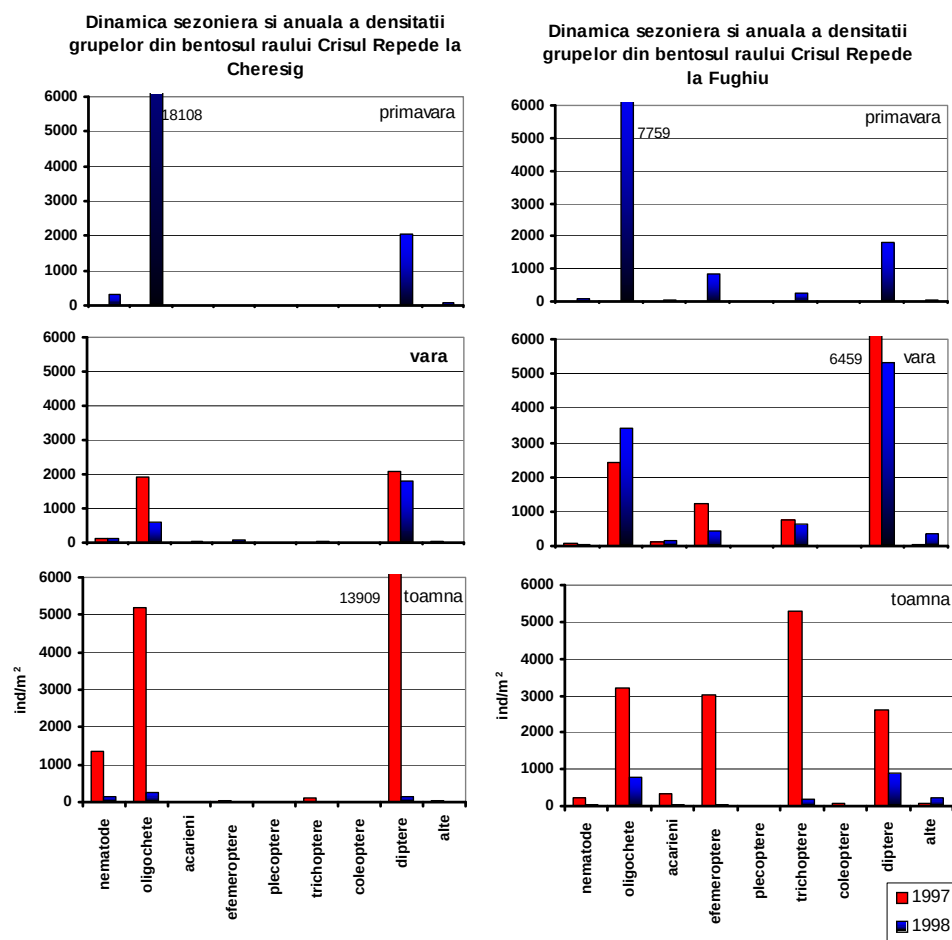


Figura 6.6. Dinamica sezonieră și anuală a densității grupelor din bentosul râului Crișul Repede la Cheresig și Fughiu, 1997-1998.

CAPITOLUL 7

STRUCTURA ȘI DINAMICA POPULAȚIILOR DE EFEMEROPTERE DIN RÂURILE CERCETATE



7.1. Compoziția pe specii a comunităților de efemeroptere din Crișul Repede și afluenții săi

În urma prelucrării unui material format din **120 213 larve de efemeroptere**, conținut în probele cantitative de bentos colectate în intervalul 1996-1998, au fost identificate în bentosul Crișului Repede și afluenți, un număr de **38 specii** de efemeroptere (tabelul 7.1). Aceste specii aparțin la **14 genuri** grupate în **8 familii**.

Sintetizând datele rezultate dintr-un număr mare de cercetări efectuate pe râurile din regiunea holarctică, Clifford (1980) a ajuns la concluzia că 96% din speciile cunoscute de efemeroptere aparțin familiilor: Heptageniidae, Baetidae, Ephemerellidae, Leptophlebiidae, Ephemeridae, Caenidae și Siphonuridae. Pe Crișul Repede și afluenții săi, aceste familii (cu excepția ultimei din care nu a fost găsită nici o specie) au conținut aproape 95% din numărul de specii identificate (vezi figura 7.1).

Dintr-un număr total de 14 genuri identificate, un procent de $\frac{3}{4}$ este reprezentat de familiile Heptageniidae (4 genuri) și respectiv, Baetidae, Ephemerellidae și Leptophlebiidae (fiecare cu 2 genuri).

În același studiu prezentat mai sus, Clifford (1980) a găsit că pentru întreaga regiune holarctică, genurile cele mai abundente în specii sunt *Baëtis* și *Ephemerella*. Pe Crișul Repede și afluenții săi a fost găsit genul *Baëtis* cu cele mai multe specii (10), urmat de *Ecdyonurus* (7 specii). Genul *Ephemerella* a fost reprezentat de numai 4 specii, la fel ca genul *Caenis*. Aceste patru genuri dominante au conținut aproape 66% din numărul total de specii identificate.

Cele 38 specii identificate au avut o distribuție diferită în bentosul de la diferite stații, puține fiind speciile care au fost prezente atât de-a lungul întregului curs investigat, cât și în cei doi afluenți.

Tabel 7.1. Lista speciilor de efemeroptere identificate în Crișul Repede și afluenți, 1996-1998.

ORDINUL EPHEMEROPTERA
SUBORDINUL RECTRACHEATA
Infraordinul Lanceolata
Superfamilia Leptophlebioidea
Familia Leptophlebiidae ULMER 1820
Genul Habrophlebia EATON, 1881
<i>Habrophlebia lauta</i> EATON, 1884
Genul Habroleptoides SCHÖNEMUND, 1929
<i>Habroleptoides modesta</i> HAGEN, 1864
Superfamilia Ephemeroidea
Familia Polymitarcyidae BANKS, 1990
Genul Ephoron WILLIAMSON, 1802
<i>Ephoron virgo</i> (OLIVIER, 1791)
Familia Potamanthidae ALBARDA, 1888
Genul Potamanthus PICTET, 1843
<i>Potamanthus luteus</i> (LINNAEUS, 1767)
Familia Ephemeridae LATREILLE, 1810
Genul Ephemera LINNAEUS, 1758
<i>Ephemera danica</i> MÜLLER, 1764
<i>Ephemera vulgata</i> LINNAEUS, 1758
Infraordinul Pannota
Superfamilia Caenoidea
Familia Ephemerellidae KLAPÁLEK, 1909
Genul Ephemerella WALSH, 1862
<i>Ephemerella ignita</i> (PODA, 1761)
<i>Ephemerella notata</i> EATON, 1887
<i>Ephemerella krieghoffi</i> (ULMER, 1919)
<i>Ephemerella major</i> (KLAPÁLEK, 1905)
Genul Torleya LESTAGE, 1917
<i>Torleya belgica</i> (LESTAGE, 1917)
Familia Caenidae NEWMAN, 1853
Genul Caenis STEPHENS, 1835
<i>Caenis luctuosa</i> (BÜRMEISTER, 1839)
<i>Caenis rivulorum</i> (EATON, 1884)
<i>Caenis horaria</i> (LINNAEUS, 1758)
<i>Caenis macrura</i> (STEPHENS, 1835)

SUBORDINUL SETISURA

Familia Heptageniidae NEEDHAM, 1901

Genul *Epeorus* EATON, 1881

Epeorus sylvicola (PICTET, 1865)

Genul *Rhithrogena* EATON, 1881

Rhithrogena semicolorata (CURTIS, 1834)

Genul *Ecdyonurus* EATON, 1865

Ecdyonurus dispar (CURTIS, 1834)

Ecdyonurus submontanus (LANDA, 1969)

Ecdyonurus venosus (FABRICIUS, 1775)

Ecdyonurus austriacus (KIMMINS, 1958)

Ecdyonurus insignis (EATON, 1870)

Ecdyonurus aurantiacus (BURMEISTER, 1839)

Ecdyonurus macani THOMAS & SOWA, 1970

Genul *Heptagenia* WALSH 1863

Heptagenia sulphurea (MÜLLER, 1776)

Heptagenia flava ROSTOCK, 1877

SUBORDINUL PISCIFORMA

Infraordinul Imprimata

Familia Baetidae LEACH, 1815

Genul *Baëtis* LEACH, 1815

Baëtis alpinus (PICTET, 1843)

Baëtis fuscatus (LINNAEUS, 1761)

Baëtis lutheri MULLER-LIEBENAU, 1967

Baëtis melanonyx (PICTET, 1843)

Baëtis niger (LINNAEUS, 1761)

Baëtis rhodani (PICTET, 1843)

Baëtis muticus (LINNAEUS, 1758)

Baëtis tenax (EATON, 1870)

Baëtis vernus CURTIS, 1834

Baëtis scambus EATON, 1870

Genul *Centroptilum* EATON, 1869

Centroptilum luteolum (MÜLLER, 1776)

Centroptilum pennulatum (EATON, 1870)

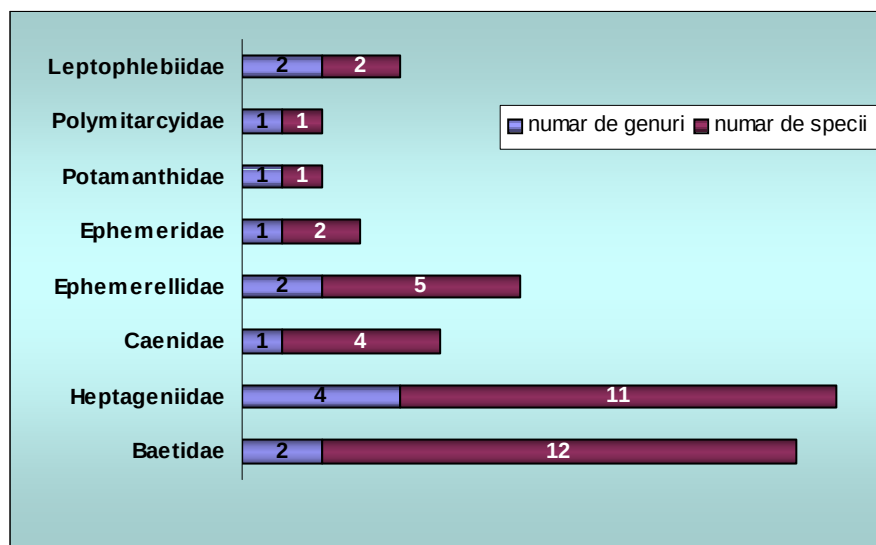


Figura 7.1. Numărul de specii și genuri de efemeroptere identificate în Crișul Repede și afluenți, în 1996-1998.

Conform datelor sintetizate în tabelul 7.2, numai speciile *Baëtis fuscatus* și *Baëtis vernus* au fost identificate în tot Crișul Repede, ele fiind prezente și în Valea Drăganului și Valea Iadului. Specia *Baëtis lutheri* este de asemenea prezentă în tot râul și afluenții săi, cu excepția zonei de izvor. În mod similar, o altă specie care a fost găsită în aproape tot râul și afluenții săi este *Ephemerella ignita*, a cărei distribuție în Crișul Repede este limitată de prezența orașului Oradea.

Din totalul de 38 de specii identificate în bazinul Crișului Repede, cele mai multe au fost identificate în cei doi afluenți, Drăgan (73.7%) și Iad (76.3%).

În regiunea sa de izvor, Crișul Repede prezintă doar 15.8% dintre speciile identificate în tot cursul său; această sărăcie de specii se regăsește și aval de Oradea, la ultima stație investigată, Cheresig. Cel mai mare număr de specii de efemeroptere din Crișul Repede a fost găsit înainte de confluența cu afluenții (44.7%). Această valoare a scăzut spre aval (la Fughiu fiind identificate doar 34.2% dintre specii).

În cele ce urmează prezentăm distribuția familiilor de efemeroptere de-a lungul Crișului Repede și din cei doi afluenți.

Tabel 7.2. Distribuția speciilor de efemeroptere în Crișul Repede și afluenți, 1996–1998 (linia punctată semnalează apariția speciei numai în probele calitative). S=Șaula, CRD=Crișul Repede amonte Drăgan, F=Fughiu, C=Cheresig, VD=Valea Drăganului, VI=Valea Iadului.

	Crișul Repede				Afluenți	
	S	CRD	F	C	VD	VI
<i>Habrophlebia lauta</i>						
<i>Habroleptoides modesta</i>						
<i>Ephoron virgo</i>						
<i>Potamanthus luteus</i>						
<i>Ephemera danica</i>						
<i>Ephemera vulgata</i>						
<i>Ephemerella ignita</i>						
<i>Ephemerella notata</i>						
<i>Ephemerella krieghoffi</i>						
<i>Ephemerella major</i>						
<i>Torleya belgica</i>						
<i>Caenis luctuosa</i>						
<i>Caenis rivulorum</i>						
<i>Caenis horaria</i>						
<i>Caenis macrura</i>						
<i>Epeorus sylvicola</i>						
<i>Rhithrogena semicolorata</i>						
<i>Ecdyonurus dispar</i>						
<i>Ecdyonurus submontanus</i>						
<i>Ecdyonurus venosus</i>						
<i>Ecdyonurus austriacus</i>						
<i>Ecdyonurus insignis</i>						
<i>Ecdyonurus aurantiacus</i>						
<i>Ecdyonurus macani</i>						
<i>Heptagenia sulphurea</i>						
<i>Heptagenia flava</i>						
<i>Baëtis alpinus</i>						
<i>Baëtis fuscatus</i>						
<i>Baëtis lutheri</i>						
<i>Baëtis melanonyx</i>						
<i>Baëtis niger</i>						
<i>Baëtis rhodani</i>						
<i>Baëtis muticus</i>						
<i>Baëtis tenax</i>						
<i>Baëtis vernus</i>						
<i>Baëtis scambus</i>						
<i>Centroptilum luteolum</i>						
<i>Centroptilum pennulatum</i>						

Familia Leptophlebiidae ULMER

Această familie a fost identificată în Crișului Repede numai pe cursul său superior și în cei doi afluenți, fiind reprezentată de speciile *Habrophlebia lauta* (foto 7.2) și *Habroleptoides modesta* (foto 7.1). Aceasta din urmă nu a fost identificată în zona de izvor a râului, ea fiind caracteristică zonelor cu acumulări mari de detritus din apele reci, rapid curgătoare.

Familia Polymitarcyidae BANKS

Este reprezentată de către o singură specie *Ephoron virgo* (foto 7.3). Aceasta fiind caracteristică cursurilor mari de apă, cu zone bogate în sediment mâlos și nisipos, a fost identificată numai în Crișul Repede la stația Fughiu. Este o specie săpătoare, a cărei larve își sapă galerii în formă de „U” deschise la ambele capete, în care stau ascunse ziua și din care ies după hrană mai mult în timpul nopții. Referindu-se la evoluția faunei de efemeroptere în râurile din România, Găldean (1992) prognozează pentru această specie care își sapă galerii în malurile nisipoase ale râurilor mari, o scădere numerică a populațiilor în viitor, cauza principală fiind regularizarea râurilor. În cei doi afluenți nu a fost identificată această specie.

Familia Potamanthidae ALBARDA

Este de asemenea, reprezentată de către o singură specie, *Potamanthus luteus* (foto 7.4). Larvele târătoare ale acestei specii preferă să stea sub pietre sau în alte locuri ferite de curent, cu substrat nisipos sau mâlos, cu acumulări mari de detritus organic. Fiind dependentă de aceste condiții, specia este întâlnită în râurile mari din zona colinară, în care domină procesele de transport (sau în afluenți, spre zonele de vărsare). Ele se camuflează cu resturi de plante și animale aflate parțial în descompunere, acestea fiind folosite și ca hrană. În Crișul Repede a fost identificată doar în sectorul inferior al acestuia, atât amonte de Oradea, cât și în aval de acest oraș. Nu a fost identificată în afluenți.

Familia Ephemeridae LATREILLE

Din cele patru specii descrise pentru România (Bogoescu, 1958) în Crișul Repede au fost identificate doar două: *Ephemera danica* (foto 7.5) și *E.vulgata*. Ambele au același mod de viață, trăind în galerii în formă de „U”, pe care și le sapă cu ajutorul mandibulelor și a primei perechi de picioare, care este foarte bine

dezvoltată (foto 7.6). Poate și înota, prin mișcări de unduire a corpului, pe distanțe scurte. Se hrănește cu detritus asociat cu alge și bacterii, pe care le obține prin filtrarea mълului. Este frecventă în zona litorală a râurilor, acolo unde întâlnește substrat nisipos. În pâraiele repezi de munte poate fi întâlnită la maluri sau în depunerile de sediment fin ale golfurilor create de meandrele râului, acolo unde curentul este mult încetinit. În astfel de condiții a fost întâlnită specia *Ephemera danica* în Valea Drăganului și Valea Iadului. Kolkamp și Both (1978) au studiat această specie în mai multe râuri din Europa și au găsit-o ocupând în primele stadii de viață microhabitatele cu nisip, iar ca și nimfă în ultimul stadiu, pe cele formate din nisip și pietriș. În Crișul Repede această specie a fost întâlnită numai la Fughiu, lipsind aval de Oradea, unde deși substratul ar fi fost favorabil speciei, calitatea inferioară a apei nu a permis dezvoltarea ei.

La toate stațiile în care a fost identificată *E.danica*, pe larvele acestei specii a fost observat ectoparazitul *Epoicocladius ephemeræ* (Diptera: Chironomidae) (foto 7.7).

Ephemera vulgata a fost identificată numai în râul Drăgan, ocupând aproape același habitat ca și *E.danica*, fiind însă mult mai rară decât aceasta. Edmunds și McCafferty (1996) au remarcat preferențialitatea acestei specii pentru substraturile alcătuite din depuneri mълoase cu nisip fin.

Familia Ephemerellidae Klapálek

Această familie descrisă de Clifford (1980) ca fiind una dintre cele mai frecvente în regiunea holarctică, a fost reprezentată în Crișul Repede și afluenții săi prin cinci specii.

Ephemerella ignita este cea mai răspândită specie (foto 7.8), fiind întâlnită pe parcursul întregului curs al Crișului Repede. Orașul constituie o barieră pentru această specie, ea dispărând din bentosul râului la Cheresig. Este o specie oportunistă, a cărei larve târătoare stau ascunse în vegetația submersă. Dacă aceasta nu este bine dezvoltată, ele se târăsc printre pietre, la adăpost de curent.

Este omnivoră, hrănindu-se atât cu detritus și alge, cât și cu cadavrele congenerilor sau ale altor specii acvatice. În perioada maturării ovarelor, la larvele din care vor apărea femele, au fost raportate și cazuri de canibalism, ele prădând larvulele și larvele din aceeași specie (Bogoescu, 1958). Corkum (1980) a observat și fotografiat la larvele altei specii de *Ephemerella* (*E.inermis*) atacul acestora asupra exemplarelor de Tanytarsini (Diptera: Chironomidae).

Având adaptări la mai multe tipuri de habitat, *E.ignita* este întâlnită atât în pâraie repezi, cât și în apele lin curgătoare, fiind descrise deosebiri mari cu privire la dimensiuni și colorit în funcție de habitat. Astfel, în pâraiele repezi de munte larvele sunt de obicei mai mici și mai închise la culoare, iar în apele de câmpie sunt mai mari și prezintă culori mai deschise (Schoenemund, 1930). Găldean (1992) prognozează pentru această specie oportunistă o dezvoltare progresivă în râurile din România, concomitent cu reducerea până la dispariție a altora.

Ephemerella major este o specie mai rară, fiind întâlnită numai în Crișul Repede și doar la stația Fughiu. Trăiește preferențial pe pietrele acoperite de mâl și alge, având corpul masiv adaptat pentru târârea pe substrat. Pe corpul puternic păros rămân fixate alge și diatomee, care le conferă un camuflaj bun.

Ephemerella notata și *E.krieghoffi* (sin. *Ephemerella mucronata* BENGTSSON, 1909, sin. *Chitonophora krieghoffi* ULMER, 1919) au fost întâlnite numai în Valea Iadului aval de baraj, lipsind din Drăgan și Crișul Repede. Aceste două specii au fost considerate de către Brittain și Saltveit (1989) ca fiind favorizate de regularizările albiei râurilor, fiind întâlnite cu precădere în aval de barajele de acumulare.

Din genul *Torleya*, care are în regiunea holarctică două specii, în Crișul Repede și afluenți a fost identificată o singură specie (*T.belgica*). Alba-Torcedor și Sánchez-Ortega (1982) consideră că de fapt, acest gen este reprezentat de o singură specie (cea mai sus amintită) eliminând astfel specia *T.major* (KLAPÁLEK, 1905) de pe lista speciilor din Europa.

T.belgica (foto 7.9) a fost întâlnită în Crișul Repede amonte de intrarea afluenților, precum și în aceștia din urmă. Este o specie târătoare, a cărui corp masiv îi asigură stabilitate pe substrat.

Pe partea dorsală a toracelui și a abdomenului, dar și pe cap și femurele picioarelor și abdomen, se dezvoltă masiv colonii de alge filamentoase și diatomee, care oferă larvei un foarte bun camuflaj. Acest fenomen a fost observat în special la larvele colectate din Valea Iadului (foto 7.10), unde au fost identificate speciile din perifitonul raclat de pe tegument. Astfel, matricea de bază a fost constituită din filamentele algei verzi *Uronema* sp., între care erau prinse diatomee din genurile *Cymbella*, *Synedra*, *Diatoma*, *Navicula*, *Nitzschia*, *Gomphonema*, *Cocconeis* și alge albastre din genurile *Phormidium* și *Oscillatoria*.

De remarcat este faptul că prima semnalare a speciei *Torleya belgica* în România a fost făcută de Tăbăcaru, pentru Valea Iadului, înaintea construirii barajului Leșu (teză de licență, date nepublicate).

Familia Caenidae NEWMAN

Din această familie fac parte următoarele specii identificate în Crișul Repede: *Caenis luctuosa*, *C. macrura*, *C. rivulorum* și *C. horaria*. Aceste două din urmă specii au fost colectate și în cei doi afluenți.

Caenis luctuosa (sin. *C. moesta*, vezi foto 7.11) este o specie frecventă în toată Europa, fiind întâlnită atât în ecosistemele lotice cât și în cele lentice (Perán *et al.*, 1999); preferă apele mai puțin rezezi și mai calde, cu substrat mîlos și nisipos, bogat în detritus fin, caracteristice sectoarelor de râu în care domină procesele de transport și depunere.

În aceste condiții a fost identificată în Crișul Repede înainte de afluenți (puține exemplare) și la Fughiu, unde întâlnind condiții optime, se dezvoltă în densități mari. Fiind o specie tolerantă atât la mineralizări mari, cât și la poluarea organică a apei (Belfiore, 1983), *C. luctuosa* a fost una dintre puținele specii întâlnite aval de Oradea. Nu a fost identificată în apele rezezi și reci din afluenții Crișului Repede.

Caenis macrura a fost identificată la Fughiu și Cheresig, această specie preferând un substrat alcătuit din pietriș și nisip, cu depozite de frunze și detritus fin. Este o specie destul de rezistentă la poluare.

Caenis rivulorum este prezentă atât în Crișul Repede (dar numai înainte de confluența cu afluenții săi), cât și în afluenți. Nu este o specie cu anumite preferințe referitoare la substrat sau viteză a curentului, ea întâlnindu-se atât în curentul puternic din mijlocul albiei, cât și în depozitele de detritus și nisip din micile golfuri, sau în vegetația submersă (Alba-Torcedor și Millán, 1978).

Deși este considerată o specie oportunistă, fiind totodată și una din cele mai comune specii de Caenidae din Europa, *Caenis horaria* (foto 7.12) a fost capturată în Crișul Repede numai la stația Fughiu și în cei doi afluenți. Trăiește atât în zonele ferite de curent dintre bolovani și pietre, cât și pe substratul format din pietriș și nisip, cu bogate depozite de mîl și detritus organic. Existența ei este legată de sectoarele mijlocii și în special, de cele inferioare ale râurilor, unde dominante sunt procesele de depunere și acumulare (Găldean, 1992).

Familia Heptageniidae NEEDHAM

Aceasta este familia cu cele mai multe genuri identificate în bazinul Crișului Repede: *Epeorus* (o specie), *Rhithrogena* (o specie), *Ecdyonurus* (șapte specii) și *Heptagenia* (două specii). Toate speciile care aparțin acestei familii sunt specii reofile, cu corpul puternic aplatizat (foto 7.13), ce trăiesc în apele bine oxigenate și repezi, din pâraurile și sectoarele de râu caracterizate de procese de eroziune.

Totuși, în cadrul aceste familii, Găldean (1992) sugerează că larvele de *Epeorus* și *Rhithrogena* sunt mult mai reofile decât cele din genurile *Ecdyonurus* și *Heptagenia*. Aceste două genuri (*Epeorus* și *Rhithrogena*) au specii raclatoare, care se hrănesc cu perifitonul dezvoltat pe substratul tare, format din bolovani și pietre. Larvele de *Heptagenia* și câteva specii de *Ecdyonurus* (în special grupul *dispar*) depind mai mult de depozitele de detritus, provenite din degradarea materiei organice de origine allohtonă.

Epeorus sylvicola trăiește pe bolovanii și pe pietrele din apele repezi, reci și bine oxigenate din Valea Drăganului și Iadului, având corpul foarte puternic aplatizat pentru a rezista în curent rapid (foto 7.14).

Deoarece branhiile nu sunt folosite în mod activ pentru ventilație, ci mai mult ca organe de fixare pe substrat, larvele acestei specii sunt dependente de un conținut ridicat de oxigen în apă, care este asigurat de un curent rapid și o temperatură scăzută a apei. Fiind foarte sensibilă la poluarea organică a apei, este o specie a cărei distribuție este puternic restrânsă de către influența antropică. Totodată această specie este considerată a fi un foarte bun indicator al calității apei. Brittain și Saltveit (1989) consideră specia *E.sylvicola* extrem de defavorizată de regularizarea râurilor, precum și de construirea de baraje de acumulare; în aval de lacurile de acumulare care au deversări de suprafață sau din profundal, cei autori au remarcat o scădere semnificativă a densității populațiilor, până la dispariția completă a speciei.

În mod similar speciei anterioare și *Rhithrogena semicolorata* (foto 7.15) este puternic reofilă, fiind de asemenea, o specie defavorizată de regularizări și construirea de baraje. Branhiile acestei specii sunt dezvoltate și formează o ventuză cu care larva stă fixată pe pietre, în curent puternic. Ea a fost identificată atât în Crișul Repede amonte de confluența cu Drăganul, cât și în cei doi afluenți.

Cele șapte specii de *Ecdyonurus* identificate în bazinul Crișului Repede au apărut aproape în mod exclusiv în cei doi afluenți. Specia *E.dispar* este o excepție,

fiind prezentă și în sectorul de râu cuprins între izvor și confluența Crișului cu Drăganul, fiind una dintre cele mai puțin sensibile specii ale genului. Tot o excepție constituie și *E.macani* care a fost identificată numai în Crișul Repede amonte de afluenți, aceasta fiind și prima semnalare a speciei în România.

Celelalte patru specii de *Ecdyonurus*: *E.submontanus*, *E.venosus* (foto 7.16), *E.austriacus* și *E.aurantiacus* sunt specii comune celor doi afluenți ai Crișului Repede, iar *E.insignis* a fost găsită numai în râul Drăgan.

Heptagenia sulphurea este o specie frecvent întâlnită în cursul mijlociu și inferior al râurilor, uneori chiar la malul lacurilor mari. Are corpul puternic aplatizat, trăind pe suprafața inferioară a pietrelor și sub bucățile mari de lemn în descompunere aflate pe patul albiei. Caracteristică speciei este variabilitatea foarte mare în cadrul aceleiași populații a coloritului tegumentului (care poate avea toate nuanțele între galben deschis și maro închis). Această specie a fost identificată în probele cantitative colectate la Fughiu, însă larve de *H.sulphurea* au fost găsite și la Cheresig, în cadrul colectărilor de probe calitative. Aceste probe au fost luate de la malul stâng al râului, de pe rădăcinile de *Salix* sp. care sunt scăldate de apă. Deoarece nu au fost găsite larve din această specie în nici o probă luată cu Surber-ul, ea nu va apare în cadrul calculelor ulterioare.

Heptagenia flava a fost identificată numai în Valea Iadului (puține exemplare), această specie nefiind tipică pentru râurile repezi de munte, ea găsindu-se frecvent în regiunile colinare, în sectoarele mijlocii și inferioare ale râurilor mari.

Familia Baëtidae LEACH

În conformitate cu concluziile lui Clifford (1980) referitoare la această familie pe care o consideră cea mai abundentă în regiunea holarctică, în Crișul Repede și afluenții săi au fost identificate 12 specii care aparțin acestei familii. Acestea fac parte din două genuri: *Baëtis* (10 specii) și *Centroptilum* (2 specii).

Baëtis fuscatus și *Baëtis vernus* sunt singurele specii care au fost prezente în tot cursul Crișului Repede, începând de la izvoare și până la ieșirea acestuia din țară, inclusiv în cei doi afluenți. *B.vernus* este una din cele mai tolerante specii la degradarea calității apei, fiind întâlnită și pe aproape toate tipurile de substrat. Preferă însă habitatele cu vegetație submersă din segmentele de râu dominate de fenomenele de transport și sedimentare. Specia *Baëtis fuscatus*, care de asemenea a fost găsită în tot cursul râului, preferă însă habitatele cu pietriș grosier sau fin din

regiunile în care domină procesele de eroziune, sau cele cu pietriș fin sau nisip grosier din zonele dominate de fenomenele de transport (Găldean, 1992).

B.scambus este foarte asemănătoare cu cele două specii de *Baëtis* descrise mai sus, în trecut existând serioase probleme referitoare la identificarea acestei specii. Schoenemund (1930) afirma că cerințele ecologice ale acestei specii sunt mai apropiate de cele ale speciei *B.vernus* decât de cele ale speciei *B.fuscatus*, mai ales ca acesta din urmă preferă mai mult apele calcaroase.

Baëtis alpinus este o specie oligosaprobă, microtermă, care trăiește în ape a căror temperatură este cuprinsă între 5 – 13 °C, având un optim de dezvoltare la 8 – 11 °C (Bogoescu și Tăbăcaru, 1956). Este o specie bine adaptată mediului reofil, preferând zonele cu sediment stabil (bolovani, pietre, bucăți de lemn submerse), aflate în curent puternic. Se hrănește cu perifitonul de pe pietre și are o respirație mai mult cutanee decât branhială. Larvele din primele stadii sunt localizate în cascade unde viteza apei este maximă, iar nimfele se deplasează pentru a emerge în zonele în care viteza apei este mai mică. La această specie mărimea metacercului este invers proporțională cu viteza medie a apei în care trăiește larva.

În regiunile montane de la altitudine mai joasă, această specie poate fi găsită în compania speciei *B.melanonyx*, cu care împarte aceleași habitate. Ambele specii au fost identificate în Valea Drăganului și Valea Iadului, însă *B.alpinus* a mai apărut și în probele colectate în Crișul Repede înainte de confluența cu afluenții săi. Probabil că la această stație a fost prezentă și specia *B.melanonyx*, însă numărul mic de probe și frecvența lor redusă de colectare nu au permis capturarea speciei.

Specia *Baëtis muticus* a fost identificată numai în afluenți, aceasta trăind preferențial pe substrat nisipos și mălos, cu depozite de detritus fin mărunțit. Poate fi găsită și pe vegetația submersă.

Apariția pe lista de specii a râurilor Drăgan și Iad a speciei *Baëtis niger* se datorează fenomenului de drift, cele câteva exemplare găsite în probe provenind cel mai probabil din niște brațe laterale ale râului, cu vegetație bogată sau sediment alcătuit din măr și acumulări masive de detritus. Bogoescu (1956) a constatat apariția acestei specii împreună cu *B.muticus*, fiind însă cu mult mai rară decât aceasta din urmă.

Baëtis rhodani (foto 7.17) a fost găsită de către Clifford (1980) în urma sintetizării datelor din peste 100 de studii, ca fiind specia cea mai abundentă din regiunea paleartică. Deși Schoenemund (1930) o semnalează ca fiind prezentă în toate apele

curgătoare, neavând ecologice cerințe deosebite referitoare la calitatea apei, iar Hellawell (1986) o clasează printre speciile tolerante la o poluare moderată, în Crișul Repede nu a fost identificată în sectorul de izvor și aval de Oradea. Referindu-se la *B.rhodani*, Găldean (1992) preconizează o dezvoltare progresivă a acestei specii în viitor, în detrimentul altora, care nu sunt specii oportuniste.

Asemănătoare cu această specie este *Baëtis tenax* care a fost descrisă pentru prima dată la noi în țară de către Tăbăcaru, pe două pârâuri din regiunea Suceava (Tăbăcaru, 1956). În Crișul Repede a fost identificată la Fughiu și în cei doi afluenți.

Centroptilum luteolum este o specie care trăiește în acele zone din râuri și pârâuri în care curentul este moderat, pe sub pietre, preferând însă zonele cu pietriș fin sau nisip. Se hrănește cu perifitonul pe care îl raclează cu perii de pe suprafața internă a laciniei. A fost identificată numai la stația Valea Iadului.

Centroptilum pennulatum (sin. *Pseudocentroptilum pennulatum* EATON, 1870, *Procloeon pennulatum* EATON, 1870) a apărut în probele colectate în amândoi afluenți, deoarece nu este o specie atât de termofilă ca și *C.luteolum*. Preferă însă același tip de substrat aflat lângă malurile expuse ale râului.

7.2. Prezența și importanța larvelor de efemeroptere în cadrul macrozoobentosului din Crișul Repede

Larvele de efemeroptere sunt prezente în bentosul Crișului Repede, pe tot sectorul românesc al râului, de la izvor și până la ieșirea din țară, inclusiv în cei doi afluenți principali, Drăganul și Iadul. Ele au avut o frecvență de 100% în probele cantitative colectate în anii 1996-1998, la toate punctele de prelevare. Abundența lor numerică procentuală a variat în funcție de locul prelevării probelor (vezi tabelele 6.1, 6.2, 6.3 și figurile 6.1, 6.2, 6.3, capitolul 6). Astfel, pe cursul principal al râului efemeropterele au avut cea mai mare pondere în cadrul macrozoobentosului la stația Fughiu (11.63%). Înainte de confluența Crișului Repede cu principalii săi afluenți (stația Amonte Drăgan) abundența acestor insecte are valori mai mici decât în zona de izvor, la stația Șaula (6.41% față de 7.93%). În cei doi afluenți a căror curs este în regiuni montane și submontane, abundența lor numerică are valori mai mari decât pentru întreg cursul Crișului Repede (28.85% în Valea Drăganului și 21.95% în Valea Iadului).

7.3. Diversitatea și echitabilitatea comunităților de efemeroptere la stațiile de pe Crișul Repede și afluenții săi

În ciuda schimbărilor în direcțiile de cercetare și în concepte, diversitatea a rămas una din temele centrale de studiu în ecologie. Aceasta este recunoscută ca fiind un indicator al stării de maturitate și stabilitate a unui ecosistem (Odum, 1971) și este reprezentată de numărul de specii și de echitabilitatea abundenței lor.

Pentru a face comparații între diversitatea efemeropterelor de la fiecare stație din Crișul Repede și afluenții săi, au fost calculați indicii consacrați de diversitate Margalef, Simpson și Shannon-Wiener, precum și indicele de echitabilitate, rezultatele fiind prezentate în tabelul 7.3 și tabelul 7.4.

În Crișul Repede s-a constatat o bogăție mai mare în specii înainte de intrarea afluenților, care apoi a scăzut treptat în sectorul inferior, fapt ilustrat prin indicele Margalef care reflectă spectrul calitativ. Stația cu cea mai săracă faună de efemeroptere a fost cea situată la izvoare (Șaula). Tot acest indice arată o diversitate mai mare în râurile Drăgan și Iad decât în Crișul Repede.

Analiza informațională a diversității exprimată prin indicele Shannon-Wiener arată însă un rezultat aparent contradictoriu comparativ cu cel ilustrat prin indicele Margalef. Astfel, pentru Crișul Repede valorile cele mai mari ale diversității aparțin stației Fughiu. De la această stație valoarea diversității scade atât spre aval cât și spre amonte, ajungând la valori subunitare (0.71 la Cheresig și 0.81 la Șaula). În concordanță cu rezultatele exprimate prin indicii Margalef și Simpson și indicele Shannon-Wiener indică pentru cei doi afluenți o diversitate a faunei de efemeroptere mai mare decât pentru Crișul Repede.

Tabelul 7.3. Valorile medii ale indicilor de diversitate și echitabilitate la cele șase stații de pe Crișul Repede și afluenți, pentru intervalul mai 1997- noiembrie 1998. S=Șaula, CRD=Crișul Repede amonte Drăgan, F=Fughiu, C=Cheresig, VD=Valea Drăganului, VI=Valea Iadului.

	CRIȘUL REPEDE				AFLUENȚI	
	S	CRD	F	C	VD	VI
<i>Margalef</i>	1.59	5.3	3.33	2.41	5.4	6.03
<i>Simpson</i>	0.28	0.47	0.65	0.46	0.78	0.8
<i>Shannon-Wiener</i>	0.81	1.57	1.75	0.71	2.9	2.86
<i>Echitabilitatea</i>	0.41	0.46	0.64	0.47	0.64	0.63
<i>Numărul de specii</i>	6	17	13	6	27	29
<i>Număr de indivizi</i>	1376	1042	4020	119	65672	43608

Tabel 7.4. Statistica descriptivă a valorilor medii pentru indicii de diversitate și echitabilitate ai efemeropterelor din Crișul Repede (CR) și afluenți, între mai 1997 și noiembrie 1998.

	Media	LC ($\alpha=0.05$)	Mediana	Minim	Maxim	Std.Dev.
Shannon Wiener						
Șaula	0.81	1.06	0.70	0.22	1.63	0.67
CR amonte Drăgan	1.57	1.58	1.21	1.18	2.30	0.64
Fughiu	1.75	0.21	1.84	1.18	2.19	0.33
Cheresig	0.71	0.41	0.95	0.00	1.52	0.65
Valea Drăganului	2.90	0.23	3.03	2.30	3.57	0.41
Valea Iadului	2.86	0.20	2.88	2.13	3.39	0.35
Simpson						
Șaula	0.72	0.42	0.78	0.38	0.93	0.26
CR amonte Drăgan	0.53	0.56	0.65	0.27	0.67	0.22
Fughiu	0.38	0.07	0.39	0.24	0.55	0.10
Cheresig	0.54	0.22	0.48	0.00	1.00	0.34
Valea Drăganului	0.22	0.04	0.22	0.11	0.34	0.07
Valea Iadului	0.20	0.03	0.20	0.13	0.33	0.06
Echitabilitatea						
Șaula	0.41	0.41	0.38	0.15	0.70	0.26
CR amonte Drăgan	0.46	0.51	0.35	0.33	0.69	0.20
Fughiu	0.64	0.11	0.61	0.40	0.96	0.17
Cheresig	0.47	0.27	0.67	0.00	1.00	0.43
Valea Drăganului	0.64	0.06	0.66	0.50	0.80	0.10
Valea Iadului	0.63	0.04	0.63	0.46	0.72	0.07

Echitabilitatea aproape egală, însă destul de mică a speciilor de efemeroptere din cei doi afluenți (0.64 pentru Valea Drăganului și 0.63 pentru Valea Iadului) este datorată apariției multor specii comune sau particulare fiecărei stații în parte, cu un număr foarte mic de indivizi. Un exemplu elocvent este specia *Baëtis niger*, din care în ambii afluenți au fost identificate doar câteva exemplare. În mod similar, la stația Fughiu echitabilitatea scăzută (egală cu cea din afluenți) este datorată

aparitiei în probe a unor exemplare izolate din speciile: *Ephemerella major*, *Baëtis lutheri* și *Ephemerella ignita*.

Limitele de confidență ale mediei tuturor indicilor de diversitate (vezi tabelul 7.4) sunt mai mari pentru stațiile Șaula și Crișul Repede amonte Drăgan datorită numărului mic de probe colectate la aceste stații (incluse în programul extensiv de prelevare).

Testarea indicelui Shannon-Wiener

Pentru a decide dacă există diferențe semnificative între valorile medii ale indicelui Shannon-Wiener calculat pentru fiecare stație, a fost utilizat testul neparametric Mann-Whitney *U*. În acest caz ipoteza nulă (H_0) presupune că indicii calculați nu diferă semnificativ la un nivel de probabilitate de 99% ($\alpha < 0.01$), iar H_1 este inversa ipotezei nule; rezultatele testării sunt prezentate sintetic în tabelul 7.5.

Tabel 7.5. Comparatia diversității (indicele Shannon-Wiener) la stațiile de pe Crișul Repede și afluenții săi cu testul Mann-Whitney *U*, la un nivel de asigurare de 99% (+ + diferențe semnificative; – – diferențe nesemnificative). CRD = Crișul Repede amonte Drăgan.

	CRD	Fughiu	Cheresig	V.Drăganului	V.Iadului
Șaula	– –	++	– –	++	++
	CRD	– –	– –	++	++
		Fughiu	++	++	++
			Cheresig	++	++
				V.Drăganului	– –

Conform acestui test, diversitățile efemeropterelor din cei doi afluenți exprimate prin indicele Shannon-Wiener nu diferă semnificativ între ele, deși indicele Margalef arată o bogăție mai mare de specii pentru Valea Iadului. Aceasta se datorează aportului extrem de mic în cadrul probelor a unor specii care au apărut numai în acest afluent (este vorba de speciile: *Ephemerella notata*, *E. krieghoffi*, *Centroptilum luteolum* și *Heptagenia flava*). În schimb comunitățile de efemeroptere din cei doi afluenți diferă foarte semnificativ față de oricare dintre stațiile de pe Crișul Repede, chiar și la un nivel de asigurare mai mare de 99% ($\alpha < 0.001$).

Diversitatea efemeropterelor de la izvoarele Crișului Repede nu diferă semnificativ față de cea de la ieșirea acestuia din țară, la ambele stații numărul de specii fiind foarte mic. Singura stație față de care diferă semnificativ este cea de la

Fughiu, care nu este sub influența orașului. O altă pereche de stații care diferă semnificativ este Fughiu-Cheresig, evidențiindu-se astfel efectul impactului antropic asupra diversității efemeropterelor din sectorul inferior al Crișului Repede și cu siguranță și efectul substratului care este diferit între cele două stații.

Dinamica lunară a indicilor de diversitate și echitabilitate

Numărul mic de probe recoltate la stațiile Șaula și Crișul Repede amonte Drăgan nu permite urmărirea unei dinamici lunare a diversității exprimată prin indicele Shannon-Wiener, însă se poate observa o tendință antagonistă a acestuia. Astfel la cele două stații punctele de maxim și minim sunt în oglindă (vezi figura 7.2), unei diversități mari din timpul verii la stația aflată amonte de afluenți corespunzându-i o diversitate minimă la Șaula. Spre toamnă fauna de efemeroptere de la izvoare prezintă o creștere a diversității, concomitentă cu scăderea acesteia la stația amonte de afluenți. În luna septembrie indicii de diversitate de la cele două stații au valori apropiate (1.63 pentru Șaula și 1.18 pentru amonte afluenți). Numărul mic de probe colectate la aceste două stații nu permite analiza ciclului de viață al speciilor dominante pentru a ne putea explica această variație a diversității efemeropterelor.

La stațiile aflate în sectorul inferior al Crișului Repede se observă o variație mai mare a indicelui Shannon-Wiener pentru stația aflată aval de oraș (vezi figura 7.2), fapt dovedit și de limitele mai mari de confidență ale mediei pentru această stație (la același nivel de probabilitate), comparativ cu stația amonte de oraș. Această variație a diversității de la Cheresig este foarte mare, de la valori ale indicelui Shannon-Wiener de peste 1, până la dispariția completă a larvelor de efemeroptere din bentos (în lunile iulie 1997, aprilie, iulie, septembrie și octombrie 1998).

Deși mediile indicelui Shannon-Wiener nu diferă semnificativ pentru cei doi afluenți, ilustrarea variației în timp a acestuia reprezentată în figura 7.2, arată următoarele: în anul 1997 cu excepția lunilor de toamnă, fauna de efemeroptere a râului Drăgan a avut o diversitate mai mare decât cea din râul Iad. Tot exceptând aceste luni (în care indicii de diversitate suferă o scădere la ambele stații), asistăm la o variație sincronă a acestor indici: în luna mai diversitatea scade la ambele stații și crește apoi spre mijlocul verii. În acel moment pentru Drăgan a fost înregistrată valoarea maximă, după care valoarea indicelui scade în mod constat până în luna

octombrie. Pentru râul Iad diversitatea a fost aproape egală în toate lunile de vară și a crescut puțin în luna septembrie, revenind apoi în octombrie.

În primăvara și toamna anului 1998 în mod surprinzător, diversitatea larvelor de efemeroptere a fost mai mare pentru râul Iad, comparativ cu Drăganul. Pentru amândoi afluenții se observă începând cu prima lună de vară o creștere a diversității, care are valori aproape egale pentru intervalul iulie-august. Această creștere a diversității pentru râul Iad continuă până în septembrie, după care aceasta începe să scadă până la sfârșitul toamnei.

Pentru Drăgan indicele Shannon-Wiener a avut valori maxime în august, apoi a scăzut treptat spre toamnă.

Indicele de echitabilitate calculat a prezentat o dinamică lunară similară cu cea a indicelui Shannon-Wiener, la toate stațiile de pe afluenți și de pe Crișul Repede, cu excepția stației Cheresig, unde în intervalul mai-iunie 1998 acești doi indici au avut o evoluție antagonică. Astfel scăderea diversității a fost însoțită de o creștere a echitabilității, sărăcia de specii identificate fiind compensată de o mai echitabilă distribuție a abundenței acestora (vezi figura 7.3).

Factorii care influențează diversitatea larvelor de efemeroptere

Pentru a înțelege diferențele dintre diversitățile comunităților de efemeroptere de la diferite stații, au fost căutate variabilele sau parametrii care ar putea explica cel mai bine variațiile diversității între stații. Pentru aceasta, diversitatea a fost exprimată atât prin media indicelui Shannon-Wiener pentru cei doi ani (1997-1998) la fiecare stație, cât și prin numărul de specii identificate la fiecare stație (S). De asemenea, am luat în considerare și echitabilitatea (E). Aceste analize au fost făcute luând în considerare doar stațiile care au intrat în programul intensiv de studiu.

În scopul alegerii variabilelor care influențează semnificativ diversitatea faunei de efemeroptere a fost compusă inițial matricea de corelații Pearson între factorii fizico-chimici și cei trei indici ai diversității, urmată de matricea analogă a lui α (nivelul de probabilitate a acestor corelații). Datorită numărului mare al factorilor utilizați a fost nevoie de realizarea a trei astfel de perechi de matrici (vezi tabel 7.6).

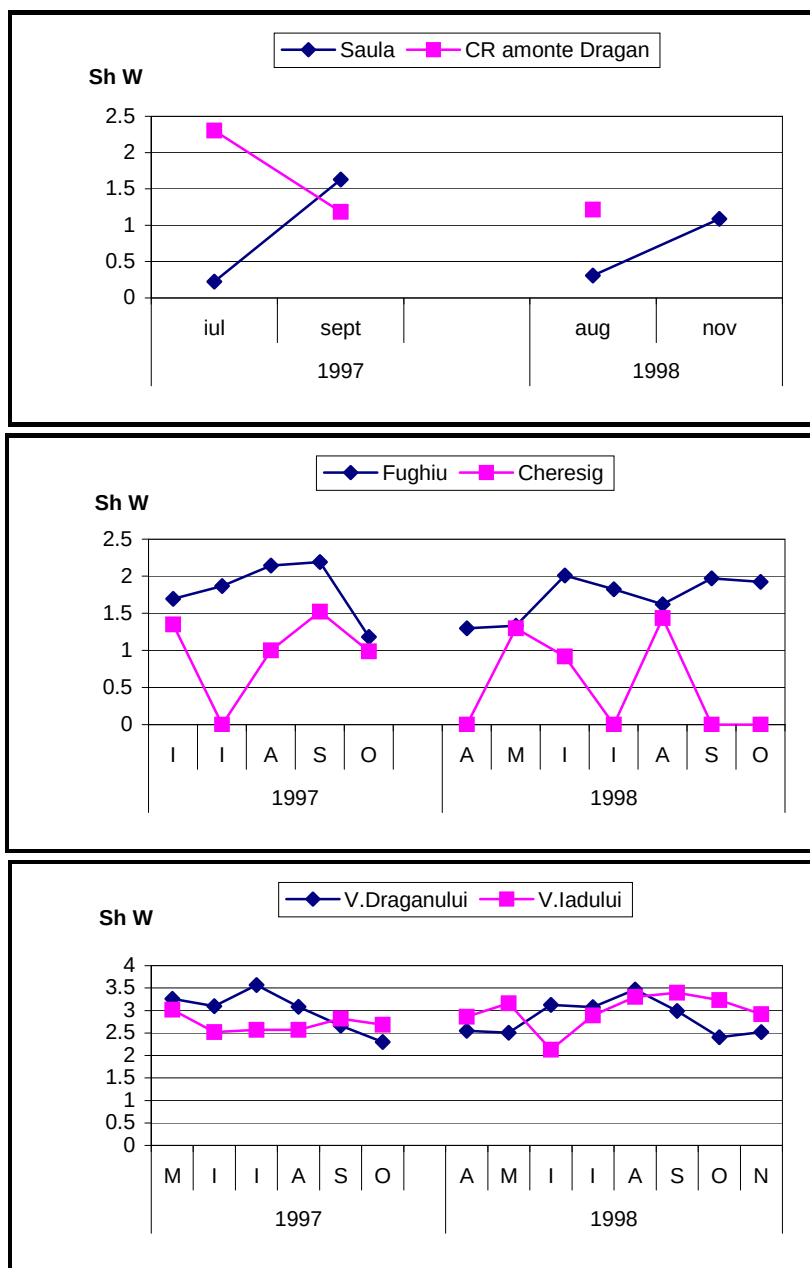


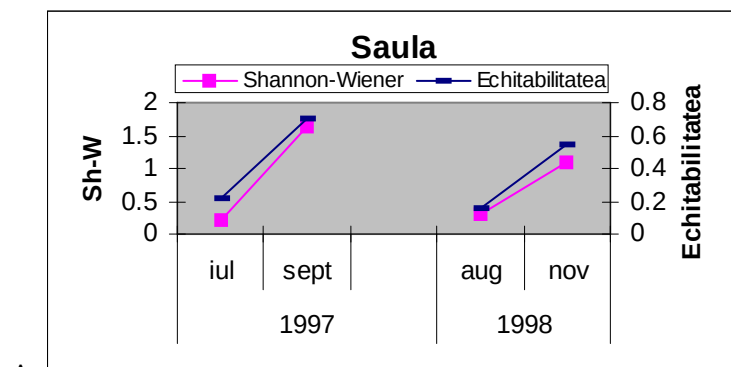
Figura 7.2. Dinamica lunară a indicelui Shannon-Wiener la stațiile de pe Crișul Repede și afluenți, 1997-1998.

Analizând matricele de corelații Pearson din tabelul 7.6, se observă că nu există corelații semnificative la un nivel de probabilitate de peste 95% între diversitate și următoarele variabile: altitudinea, viteza apei, oxigenul, calciu, magneziu, amoniu, fier, bicarbonați și duritate totală.

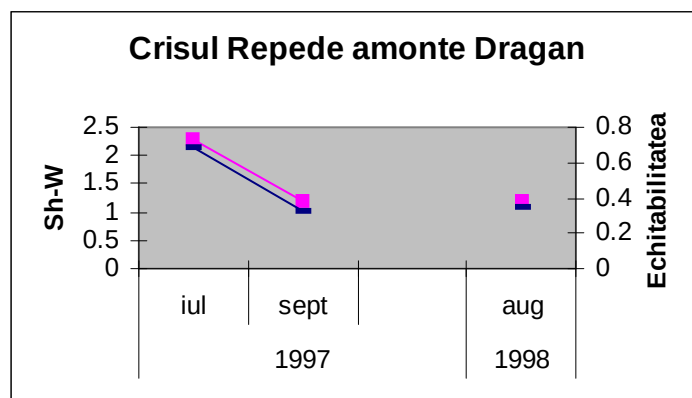
Urmărind relația altitudine-diversitatea faunei de efemeroptere, Breitenmoser și Sartori (1995) au lucrat în intervalul de altitudine: 1670 - 1030 m și au obținut o corelație negativă, semnificativă la $\alpha = 0.038$. Aceeași relație a fost găsită și pentru fauna de efemeroptere a masivului Retezat, pentru intervalul de altitudine: 2040 - 1200 m (Petrovici, *date nepublicate*). Coborând spre nivelul mării, diversitatea efemeropterelor ajunge în corelație negativă cu altitudinea, în mare parte datorită creșterii temperaturii apei (Brittain, 1982). Pentru fauna de efemeroptere din bazinul Crișului Repede, diversitatea a fost corelată negativ cu altitudinea, doar la nivelul de probabilitate de 90% ($\alpha < 0.1$).

Lipsa unei corelații semnificative la un nivel de asigurare de 95% a diversității cu oxigenul din apă este de așteptat deoarece atât în Crișul Repede cât și în afluenți, nivelul acestuia se apropie de saturație, în toate cazurile și la toate stațiile de prelevare. Chiar și la Cheresig, râul primește un aport considerabil de oxigen prin intermediul pragurilor artificiale construite pe patul râului în aval de Oradea). De asemenea, viteza râului se păstrează în jurul valorii de 1 m/s, indiferent de stația de prelevare.

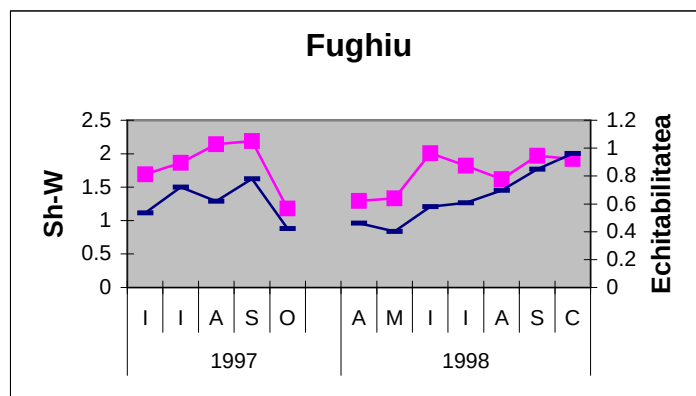
Ca și în cazul altitudinii, corelații semnificative ale diversității cu oxigenul au fost constatate numai la un grad de probabilitate mic (90%), acest caz fiind printre puținele în care corelația este de semn pozitiv (creșterea concentrației de oxigen din apă fiind corelată cu o creștere a diversității efemeropterelor).



A.



B.



C.

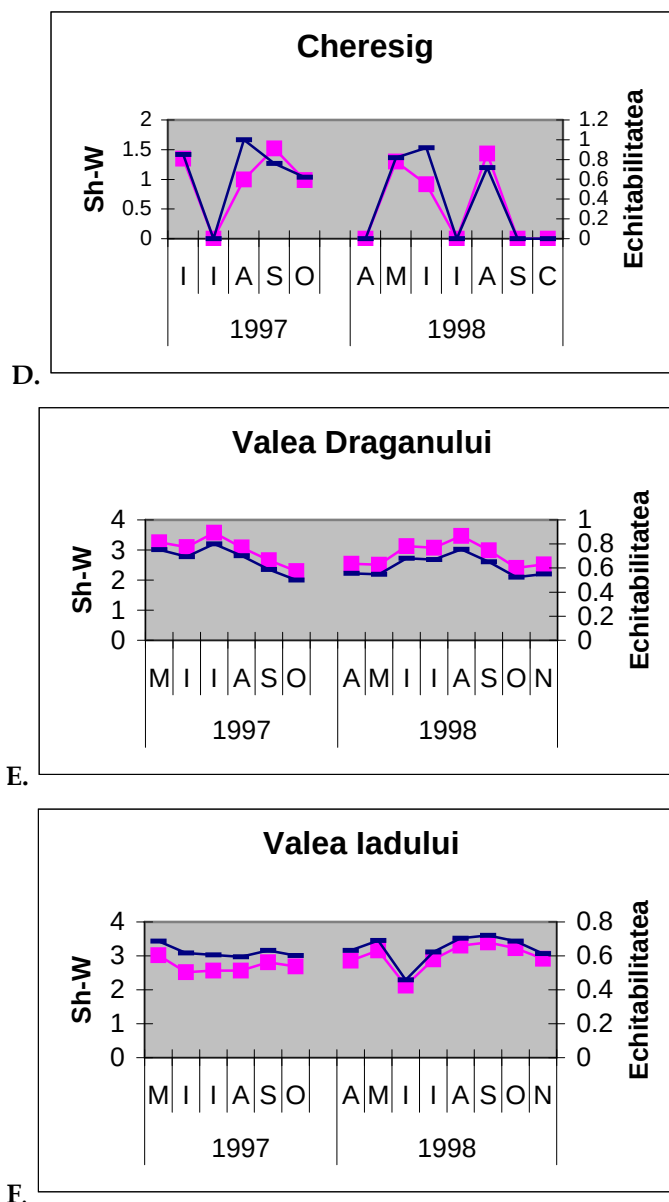


Figura 7.3. Dinamica lunară a diversității (indicele Shannon-Wiener) și echitabilității efemeropterelor din Crișul Repede și afluenți, 1997-1998.

Tabel 7.6. Matricea de corelații Pearson dintre factorii fizico-chimici ai apei și diversitatea efemeropterelor din Crișul Repede și afluenți (H = indicele Shannon-Wiener, S = numărul de specii, E = echitabilitatea, ALT = altitudinea, V = viteza apei, D = debit, T = temperatura, pH, OXI = oxigen, CCOMn, Rf = reziduu fix, Cl = cloruri, Sf = sulfați, Ca = calciu, Mg = magneziu, Na = sodiu, NH = amoniu, NO₃ = azotați, NO₂ = azotiți, Fn = fenoli, DET = detergenți, Fe = fier, Bic = bicarbonați, DP = duritate permanentă, DT = duritate totală).

MATRICEA DE CORELAȚII PEARSON

	S	H	E	ALT	V	D	T	pH	OXI
S	1.000								
H	0.984	1.000							
E	0.744	0.845	1.000						
ALT	0.938	0.924	0.621	1.000					
V	0.389	0.512	0.873	0.169	1.000				
D	-0.986	-0.956	-0.650	-0.974	-0.244	1.000			
T	-0.944	-0.952	-0.713	-0.991	-0.285	0.964	1.000		
pH	-0.952	-0.919	-0.578	-0.992	-0.131	0.989	0.973	1.000	
OXI	0.933	0.930	0.653	0.998	0.205	-0.966	-0.997	-0.984	1.000

MATRICEA DE PROBABILITĂȚI

	S	H	E	ALT	V	D	T	pH	OXI
S	0.000								
H	0.016	0.000							
E	0.256	0.155	0.000						
ALT	0.062	0.076	0.379	0.000					
V	0.611	0.488	0.127	0.831	0.000				
D	0.014	0.044	0.350	0.026	0.756	0.000			
T	0.056	0.048	0.287	0.009	0.715	0.036	0.000		
pH	0.048	0.081	0.422	0.008	0.869	0.011	0.027	0.000	
OXI	0.067	0.070	0.347	0.002	0.795	0.034	0.003	0.016	0.000

MATRICEA DE CORELAȚII PEARSON

	S	H	E	CCO Mn	Rf	Cl	Sf	Ca	Mg	Na
S	1.000									
H	0.984	1.000								
E	0.744	0.845	1.000							
CCOMn	0.575	0.467	0.227	1.000						
Rf	-0.836	-0.893	-0.779	-0.032	1.000					
Cl	-0.989	-0.999	-0.824	-0.481	0.889	1.000				
Sf	-0.935	-0.980	-0.932	-0.428	0.867	0.972	1.000			
Ca	-0.795	-0.839	-0.668	0.031	0.987	0.840	0.786	1.000		
Mg	-0.879	-0.900	-0.675	-0.135	0.978	0.904	0.835	0.986	1.000	
Na	-0.804	-0.882	-0.988	-0.374	0.752	0.865	0.958	0.637	0.670	1.000

MATRICEA DE PROBABILITĂȚI

	S	H	E	CCOMn	Rf	Cl	Sf	Ca	Mg	Na
S	0.000									
H	0.016	0.000								
E	0.256	0.155	0.000							
CCOMn	0.425	0.533	0.773	0.000						
Rf	0.164	0.107	0.221	0.968	0.000					
Cl	0.011	0.001	0.176	0.519	0.111	0.000				
Sf	0.065	0.020	0.068	0.572	0.133	0.028	0.000			
Ca	0.205	0.161	0.332	0.969	0.013	0.160	0.214	0.000		
Mg	0.121	0.100	0.325	0.865	0.022	0.096	0.165	0.014	0.000	
Na	0.196	0.118	0.012	0.626	0.248	0.135	0.042	0.363	0.330	0.000

MATRICEA DE CORELAȚII PEARSON

	S	H	E	NH	NO ₃	NO ₂	Fn	DET	Fe	Bic	DP	DT
S	1.000											
H	0.984	1.000										
E	0.744	0.845	1.000									
NH	-0.805	-0.899	-0.977	1.000								
NO ₃	-0.946	-0.982	-0.848	0.926	1.000							
NO ₂	-0.799	-0.887	-0.996	0.984	0.885	1.000						
Fn	-0.981	-1.000	-0.855	0.904	0.979	0.896	1.000					
DET	-0.981	-1.000	-0.855	0.904	0.979	0.896	1.000	1.000				
Fe	-0.854	-0.888	-0.905	0.858	0.815	0.925	0.899	0.899	1.000			
Bic	-0.730	-0.780	-0.620	0.771	0.879	0.651	0.768	0.768	0.449	1.000		
DP	-0.971	-0.982	-0.774	0.865	0.990	0.822	0.977	0.977	0.786	0.870	1.000	
DT	-0.792	-0.835	-0.660	0.804	0.918	0.695	0.824	0.824	0.522	0.995	0.913	1.000

MATRICEA DE PROBABILITĂȚI

	S	H	E	NH	NO ₃	NO ₂	Fn	DET	Fe	Bic	DP	DT
S	0.000											
H	0.016	1.000										
E	0.256	0.155	1.000									
NH	0.195	0.101	0.023	1.000								
NO ₃	0.054	0.018	0.152	0.074	1.000							
NO ₂	0.201	0.113	0.004	0.016	0.115	1.000						
Fn	0.019	0.000	0.145	0.096	0.021	0.104	1.000					
DET	0.019	0.000	0.145	0.096	0.021	0.104	0.000	1.000				
Fe	0.146	0.112	0.095	0.142	0.185	0.075	0.101	0.101	1.000			
Bic	0.270	0.220	0.380	0.229	0.121	0.349	0.232	0.232	0.551	1.000		
DP	0.029	0.018	0.226	0.135	0.010	0.178	0.023	0.023	0.214	0.130	1.000	
DT	0.208	0.165	0.340	0.196	0.082	0.305	0.176	0.176	0.478	0.005	0.087	1.000

Corelații puternice și semnificative la nivelul de probabilitate minim de 95% ($\alpha < 0.05$) au fost găsite între diversitatea exprimată de diferiți indici și pH, debitul apei, temperatură, cloruri, sulfați, azotiți, azotați, sodiu și duritate permanentă. Pentru aceste perechi de variabile au fost încercate pe calculator diferite modele de regresii, atât pe date logaritmice, cât și nelogaritmice. Cele mai bune relații sub aspectul erorii standard de estimare (ES), al coeficientului de determinare r^2 și al nivelului de asigurare (α), sunt redată prin intermediul următoarelor ecuații de regresii (abrevierile sunt cele prezentate în tabelul 7.6, iar * este operatorul de înmulțire):

$S = 193.484 - 24.01 * \text{pH}$	$r^2 = 90.7\%; \text{ ES } \pm 4.14; \alpha < 0.05$
$H = 3.109 - 0.082 * D$	$r^2 = 91.4\%; \text{ ES } \pm 0.376; \alpha < 0.05$
$S = 30.313 - 0.897 * D$	$r^2 = 97.3\%; \text{ ES } \pm 2.22; \alpha < 0.05$
$H = 6.021 - 0.262 * T$	$r^2 = 90.6\%; \text{ ES } \pm 0.392; \alpha < 0.05$
$H = 3.991 - 0.0296 * \text{Cl}$	$r^2 = 99.9\%; \text{ ES } \pm 0.048; \alpha < 0.01$
$S = 39.121 - 3.12 * \text{Cl}$	$r^2 = 97.9\%; \text{ ES } \pm 1.988; \alpha < 0.05$
$H = 3.538 - 0.09 * \text{Sf}$	$r^2 = 96\%; \text{ ES } \pm 0.255; \alpha < 0.05$
$H = 5.539 - 0.734 * \text{NO}_3$	$r^2 = 96.5\%; \text{ ES } \pm 0.24; \alpha < 0.05$
$S = 54.422 - 7.518 * \text{NO}_3$	$r^2 = 89.5\%; \text{ ES } \pm 4.398; \alpha < 0.05$
$E = 0.62 - 0.664 * \text{NO}_2$	$r^2 = 99.3\%; \text{ ES } \pm 0.239; \alpha < 0.01$
$E = 0.806 - 0.029 * \text{Na}$	$r^2 = 97.6\%; \text{ ES } \pm 0.255; \alpha < 0.05$
$H = 3.65 - 1.321 * \text{DP}$	$r^2 = 96.5\%; \text{ ES } \pm 0.239; \alpha < 0.05$
$S = 35.509 - 13.879 * \text{DP}$	$r^2 = 94.3\%; \text{ ES } \pm 3.244; \alpha < 0.05$

O caracteristică comună a tuturor acestor relații este faptul că sunt de semn negativ, semnificând o scădere a diversității efemeropterelor la creșterea parametrilor fizici (debit și temperatură) și a concentrației acestor factori chimici ai apei (pH, cloruri, sulfați, azotați, azotiți, sodiu, duritate permanentă). În toate aceste cazuri, modificările diversității efemeropterelor sunt explicate în proporție de peste 90% de către variațiile acestor factori fizico-chimici ai apei, erorile standard situându-se, cu unele excepții, sub valoarea 2.

Cele mai puternice și mai semnificative regresii au fost găsite între perechile de variabile: indicele Shannon-Wiener – cloruri ($\alpha = 0.001$) și echitabilitate – azotiți ($\alpha = 0.004$), cunoscută fiind sensibilitatea efemeropterelor la acești poluanți. La

Cheresig, valoarea medie a concentrației azotiților a fost de 0.38 mg/l în anul 1997 și 0.16 mg/l în anul 1998, înregistrându-se o valoare maximă de 1.07 mg/l în septembrie 1997. Deși sursele de poluare sunt prezente și înainte de Fughiu, la această stație valoarea medie a azotiților a fost de 0.03 mg/l, fiind apropiată de cea din cei doi afluenți, Valea Drăganului (0.01 mg/l) și Valea Iadului (0.02 mg/l). Limita superioară de toleranță pentru azotiții din apă pentru aproape toate speciile și familiile de efemeroptere a fost înregistrată de Roback (1974) la valoarea de 0.01 mg/l. Dacă acceptăm această valoare limitativă și pentru efemeropterele din Crișul Repede, ecuația de regresie negativă obținută mai sus reflectă scăderea diversității acestora aval de Oradea, unde concentrația de azotiți din apă depășește de peste 25 de ori valoarea maximă de toleranță.

Pentru factorii fizico-chimici care au fost găsiți în relație semnificativă cu diversitatea, am încercat diferite modele de regresii duble, dintre care cele mai bune din punct de vedere al erorii standard, nivelului de probabilitate și al coeficientului de determinare sunt următoarele două:

$$\begin{array}{ll} H = 3.046 - 0.004 * D * T & r^2 = 95.1\%; \text{ ES } \pm 0.282; \alpha < 0.05 \\ H = 2.95772 - 0.00659 * CI * Sf & r^2 = 94.5\%; \text{ ES } \pm 0.3; \alpha < 0.05 \end{array}$$

Aceste ecuații arată că următoarele două cupluri de variabile: debit-temperatură și cloruri-sulfati determină în proporție de 95.1% și respectiv, 94.5% diversitatea efemeropterelor exprimată de indicele Shannon-Wiener.

În concluzie, putem afirma că unii factorii fizico-chimici ai apei, cum ar fi pH, debit, temperatura, sulfatii, clorurile, azotații, azotiții, sodiu, sunt factori determinanți pentru diversitatea faunei de efemeroptere, fapt ilustrat prin corelații semnificative la un nivel de asigurare de cuprins între 95-99%. Alții, cum ar fi altitudinea și oxigenul, devin semnificativi numai la un nivel de asigurare mai mic (90%). Influența altor factori precum altitudinea, viteza apei, CCOMn, reziduul fix, calciu, magneziu, amoniu, fenoli, detergenți, fier, bicarbonați și duritatea temporară, nu a putut fi pusă în evidență prin analize de corelații, aceștia probabil încadrându-se în limitele de toleranță ale speciilor care sunt prezente la stațiile respective. Toate aceste corelații nu prezintă o importanță majoră în caracterizarea efemeropterelor ca indicatori valoroși ai calității apei, deoarece au luat în considerare indicii de diversitate care exprimă doar bogăția de specii a

comunităților. Influența factorilor abiotici asupra diversității, biomasei și producției unor specii de efemeroptere va fi evidențiată în capitolele următoare.

7.4. Relația lungime – greutate pentru larvele de efemeroptere din Crișul Repede și afluenți

Atât pentru a caracteriza populațiile de efemeroptere în termeni de densitate numerică și de biomasă, cât și pentru studiile de producție secundară care fac obiectul capitolelor viitoare, prezentăm în cele ce urmează datele de biometrie a larvelor de efemeroptere.

Relația lungime – greutate a fost calculată conform cu Elliot (1971) și Krebs (1989). Ca și variabilă independentă a fost aleasă lungimea (mm), iar cea dependentă a fost biomasă (g). Speciile la care s-au putut efectua aceste măsurători pe animale vii au fost următoarele: *Ephemera danica*, *Habroleptoides modesta*, *Habrophlebia lauta*, *Epeorus sylvicola*, *Rhithrogena semicolorata*, *Baëtis rhodani*, *B. muticus*, *B. lutheri*, *Torleya belgica*, *Ecdyonurus venosus*, *Ephemerella ignita* și *Caenis luctuosa*. Aceste specii au provenit de la trei stații distincte: Valea Drăganului, Valea Iadului și Fughiu.

Verificarea inițială a distribuției datelor, împreună cu diferite tipuri de regresii încercate pe calculator, au demonstrat că în general, regresiile pe date logaritmăte (ambele variabile, logaritm în baza naturală) sunt cele mai bune din punct de vedere al erorii standard de estimare, al coeficientului de determinare și al nivelului de asigurare (un r^2 cât mai mare la o ES cât mai mică și la un $\alpha < 0.05$ sau chiar $\alpha < 0.001$). Ecuația dreptei unei astfel de relații este după cum se știe $y = a * x^b$ care prin logaritmare devine $\ln y = \ln a + b \ln x$. Doar la *Ephemera danica* din Valea Drăganului, a fost necesară logaritmare doar a unei singure variabile (cea dependentă), obținându-se astfel o funcție exponențială după modelul: $y = a * b^x$.

Pentru fiecare specie am calculat coeficienții ecuațiilor de regresie și am testat semnificația liniilor de regresie pentru întreaga populație, utilizând testul t-Student. La toate speciile coeficientul „b” a fost testat ca fiind diferit de „0” ceea ce a indicat existența unei corelații reale între lungime și biomasă.

A fost făcută de asemenea testarea coeficienților de corelație (r) și a celor de regresie (b) utilizând testul t-Student; în toate cazurile am obținut o respingere a ipotezei nule și deci, existența unei corelații reale între lungime și biomasă.

Ecuatiile de regresie obținute la diferite specii și la diferite stații sunt prezentate în tabelul 7.7, în care toate variabilele sunt exprimate în valori reale, pe date originale obținute prin antilogaritmare.

Deoarece la genurile *Baëtis* sp. și *Ecdyonurus* sp. nu au putut fi identificate până la nivel de specie larvulele aflate în primele stadii de viață, am calculat ecuațiile de regresie de mai jos utilizând un eșantion de indivizi care au aparținut mai multor specii ale acestor genuri. Testarea prin testul *t-Student* a coeficienților de regresie și a coeficienților de corelație, au relevat validarea ecuațiilor pentru întreaga populație și respectiv, existența unei corelații reale între lungimea corpului și biomasa acestuia.

Baëtis sp.

$$G = 0.003069 * L^{2.748} \quad r = 0.935; \quad ES \pm 0.406; \quad \alpha = 0.001, N = 63$$

Ecdyonurus sp.

$$G = 0.009578 * L^{2.816} \quad r = 0.979; \quad ES \pm 0.642; \quad \alpha = 0.001, N = 39$$

Pentru obținerea datelor de biomasă totală și pentru studiile de producție secundară totală a fost necesară calcularea unei ecuații de regresie la nivel de întreg grup al efemeropterelor (vezi figura 7.4). Aceasta a fost făcută utilizând un eșantion format din 376 de indivizi aparținând la un număr de 17 specii (colectate din afluenți), prin logaritmarea ambelor variabile, obținând următoarea ecuație de regresie:

Ord. Ephemeroptera:

$$G = 0.005728 * L^{2.699} \quad r = 0.914; \quad ES \pm 0.522; \quad \alpha = 0.0001$$

Coeficientul de corelație al acestei din urmă ecuații este mai mic decât cei obținuți la nivel de specie, sau chiar de gen, deoarece în eșantionul de date care a stat la baza compunerii acestei funcții putere au fost puse laolaltă mai multe specii care variază foarte mult din punct de vedere al formei corpului, fiind atât larve torenticole cu corpul puternic aplatizat (*Ecdyonurus* sp., *Rhithrogena* sp., *Epeorus* sp.), cât și larve înotătoare (*Baëtis* sp.), târătoare (*Caenis* sp., *Ephemerella* sp., *Potamanthus* sp.) și săpătoare (*Ephemera* sp.)..

Tabel 7.7. Ecuatiile de regresie dintre lungimea corpului (mm) și greutatea uscată (mg) la unele specii de efemeroptere
(α =nivelul de asigurare; VD=Valea Drăganului; VI=Valea Iadului; F=Fughiu, N=numărul de indivizi).

Specia/stația	Ecuția de regresie	Coef de corelație, r	Eroarea standard, ES	α	N
<i>Ephemera danica</i> / VD	$G = 0.00312 * L^{2.046}$	0.98	± 0.335	<0.001	26
<i>Ephemera danica</i> / VI	$G = 0.0727 * e^{0.309*L}$	0.997	± 0.102	<0.0001	21
<i>Habroleptoides modesta</i> / VD	$G = 0.01842 * L^{2.841}$	0.991	± 1.148	<0.001	94
<i>Habroleptoides modesta</i> / VI	$G = 0.00146 * L^{3.313}$	0.985	± 0.947	<0.001	27
<i>Epeorus sylvicola</i> / VD	$G = 0.004602 * L^{2.976}$	0.956	± 0.29	<0.001	32
<i>Epeorus sylvicola</i> / VI	$G = 0.784 * L^{0.097}$	0.986	± 0.002	<0.05	21
<i>Rhithrogena semicolorata</i> / VD	$G = 0.002457 * L^{2.135}$	0.962	± 2.19	<0.001	43
<i>Rhithrogena semicolorata</i> / VI	$G = 0.001806 * L^{2.245}$	0.95	± 0.0322	<0.001	33
<i>Torleya belgica</i> / VI	$G = 0.00928 * L^3$	0.999	$\pm 8.4*10^{-5}$	<0.01	17
<i>Habrophlebia lauta</i> / VD	$G = 0.9996 * L^{0.0002}$	0.999	± 0.001	<0.00001	18
<i>Baëtis rhodani</i> / VD	$G = 0.00645 * L^{3.531}$	0.975	± 1.083	<0.001	24
<i>Baëtis rhodani</i> / VI	$G = 0.00356 * L^{3.651}$	0.991	± 0.301	<0.001	38
<i>Baëtis muticus</i> / VI	$G = 0.03473 * L^{2.282}$	0.987	± 1.338	<0.001	27
<i>Ecdyonurus venosus</i> / VD	$G = 0.00915 * L^{2.184}$	0.959	± 0.08	<0.001	12
<i>Ephemerella ignita</i> / VD	$G = 0.00421 * L^{2.421}$	0.976	± 0.245	<0.05	54

Specia/stația	Ecuația de regresie	Coef de corelație, r	Eroarea standard, ES	α	N
<i>Ephemera ignita</i> / VI	$G = 0.0058 * L^{2.138}$	0.975	± 2.15	<0.01	35
<i>Caenis luctuosa</i> / F	$G = 0.00543 * L^{3.217}$	0.98	± 0.278	<0.05	30
<i>Potamanthus luteus</i> / F	$G = 0.00721 * L^{2.526}$	0.99	± 0.135	<0.05	29

Tabel 7.8. Ecuațiile de regresie dintre lungimea corpului (mm) și greutatea uscată (mg) la efemeroptere din literatură (r = coeficientul de corelație; ? = valoare necitată).

Ecuația de regresie	r	Specia	Referința
$G = 0.0071 * L^{2.832}$	?	Ephemeroptera	Benke, et al., 1999
$G = 0.0053 * L^{2.875}$	?	Baëtidae	Benke, et al., 1999
$G = 0.0054 * L^{2.772}$	?	Caenidae	Benke, et al., 1999
$G = 0.0103 * L^{2.676}$	?	Ephemerellidae	Benke, et al., 1999
$G = 0.0034 * L^{2.764}$	?	Ephemeridae	Benke, et al., 1999
$G = 0.0108 * L^{2.754}$	?	Heptageniidae	Benke, et al., 1999
$G = 0.0047 * L^{2.686}$	?	Leptophlebiidae	Benke, et al., 1999
$G = 0.0067 * L^{2.5979}$	0.982	<i>Baëtis lutheri</i>	Puig, 1999
$G = 0.0033 * L^{3.2}$	0.90	<i>Baëtis</i> sp.	Smock, 1980

Ecuția de regresie	<i>r</i>	Specia	Referința
$G = 0.0055 * L^{2.5663}$	0.81	<i>Baëtis fuscatus</i>	Meyer, 1989
$G = 0.0024 * L^{3.1152}$	0.824	<i>Baëtis rhodani</i>	Meyer, 1989
$G = 0.0019 * L^{3.238}$	0.885	<i>Baëtis</i> sp.	Meyer, 1989
$G = 0.0034 * L^{3.345}$	0.98	<i>Rhithrogena semicolorata</i>	Wenzel <i>et al.</i> , 1989
$G = 0.0043 * L^{3.347}$	0.991	<i>Ecdyonurus venosus</i>	Wenzel <i>et al.</i> , 1989
$G = 0.0087 * L^{2.885}$	0.986	<i>Epeorus sylvicola</i>	Wenzel <i>et al.</i> , 1989
$G = 0.0055 * L^{2.704}$	0.782	<i>Habrophlebia lauta</i>	Wenzel <i>et al.</i> , 1989
$G = 0.0077 * L^{2.9154}$	0.981	<i>Caenis luctuosa</i>	Puig, 1999
$G = 0.0004 * L^{4.0148}$	0.81	<i>Baëtis muticus</i>	Meyer, 1989
$G = 0.0031 * L^{2.864}$	1.00	<i>Ephemera danica</i>	Otto și Svensson, 1981; Svensson, 1977
$G = 0.01 * L^{2.5504}$	0.97	<i>Baëtis</i> sp.	Breitenmoser-Würsten și Sartori, 1995
$G = 0.0138 * L^{2.5603}$	0.98	<i>Rhithrogena</i> sp.	Breitenmoser-Würsten și Sartori, 1995
$G = 0.031 * L^{1.54}$	0.959	<i>Caenis</i> sp.	Rogers, 1982
$G = 0.1024 * L^{2.51}$	0.964	<i>Ephemerella</i> sp.	Benke și Jacobi, 1994

Testarea coeficienților de regresie și a celor de corelație pentru această ecuație (testul *t-Student*), a condus la respingerea ipotezei nule și deci la validarea acestora.

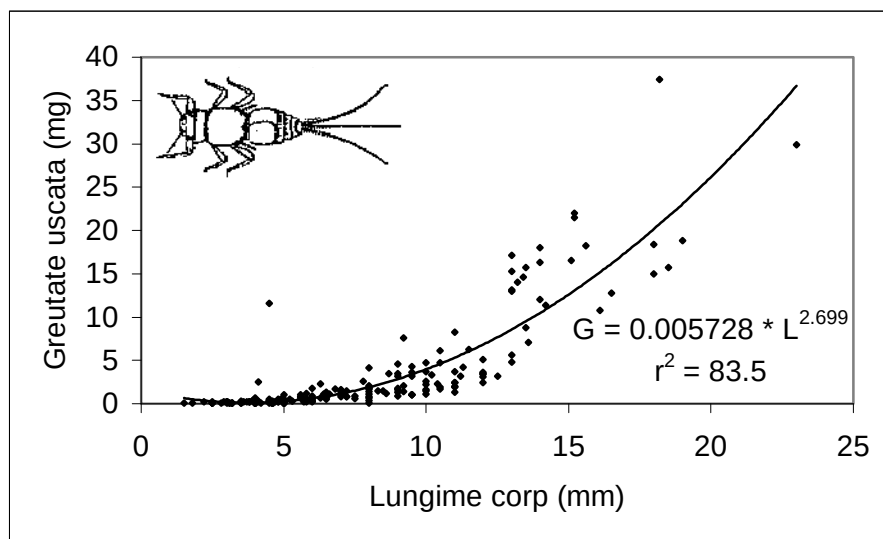


Figura 7.4. Relația lungime-greutate uscată pentru larvele de efemeroptere din afluenții Crișului Repede.

Aceste rezultate concordă cu cele prezentate în tabelul 7.8 în care sunt prezente rezultatele unor autori care au avut referiri la speciile care au fost identificate și în Crișul Repede și afluenții săi: Breitenmoser-Würsten și Sartori (1995); Benke și Jacobi (1994); Benke și colaboratorii (1999); Meyer (1989); Otto și Svensson (1981); Puig (1999); Rogers (1982); Smock (1980); Svensson (1977); Wenzel și colaboratorii (1989). În toate aceste lucrări, coeficientul de regresie b a avut valori cuprinse între 2 și 4. Valorile aceluiași coeficient obținute pentru efemeropterele din Crișul Repede s-au înscris între aceleași limite, cu excepția speciilor *Habrophlebia lauta* din Valea Drăganului și *Epeorus sylvicola* din Valea Iadului. Pentru aceste două specii, valoarea subunitară a coeficientului de regresie b este compensată printr-o valoare mai mare a parametrului a (intercepția dreptei de regresie cu ordonata).

7.5. Populațiile dominante din structura asociațiilor de efemeroptere din Crișul Repede și afluenți

Pentru caracterizarea structurii unor populații de efemeroptere am utilizat următorii indici structurali: frecvența, abundența numerică procentuală și

densitatea exprimată atât ca număr de indivizi, cât și ca biomasă. Un alt scop al acestor analize a fost cel al aflării care sunt speciile dominante la fiecare stație, deoarece rolul comunităților de efemeroptere poate fi caracterizat de populațiile constante și cu pondere de reprezentare mare (vezi figura 7.5). Calcularea biomasei a fost făcută numai la stațiile aflate în cadrul programului intensiv de studiu. Rezultatele analizelor acestor indici, reflectă următoarele:

La **stația Șaula**, două din cele 6 specii identificate, au ocupat împreună un procent de peste 90% din totalul efemeropterelor. *Baëtis vernus*, specie prezentă cu o frecvență de 100%, a dominat din punct de vedere al densității numerice (vezi tabelul A.1.1). Cu o frecvență de peste 66% a fost identificată specia *B.fuscatus*, care a prezentat și ea densități numerice mari, comparativ cu celelalte specii componente ale comunității.

Stația Crișul Repede amonte de afluenți

Deși a înregistrat o frecvență mai mică (sub 78%), *Baëtis lutheri* a dominat net la această stație, reprezentând aproape 70% din totalul efemeropterelor identificate. Această specie a înregistrat și cea mai mare densitate numerică, a cărei medie a atins valoarea de peste 700 ind/m². Cu frecvențe mari ($F > 50\%$) au mai fost găsite și speciile: *Baëtis fuscatus*, *Ephemerella ignita*, *Ecdyonurus dispar* și *Caenis rivulorum*, a căror populații au avut densități mult mai mici decât cea a speciei dominante. În tot Crișul Repede, doar la această stație a fost identificată specia *Ecdyonurus macani*, însă cu densități mici, de sub 15 ind/m².

Stația Fughiu

La această stație populațiile care au dominat din punct de vedere al densității numerice sunt *Caenis luctuosa* și *Potamanthus luteus*, acestea două având și frecvențe mari (75% și respectiv, peste 88%). Împreună cele două specii au realizat peste 65% din totalul larvelor de efemeroptere de la această stație. Fiind o specie de talie mare, biomasă medie înregistrată de *Potamanthus luteus* a fost cu mult mai mare decât cea a speciei care domină numeric, *Caenis luctuosa* (168.17 mg/m² față de 43.63 mg/m²). Grandi descrie larvele speciei *Potamanthus luteus* ca având lungimea la emergență de 12 mm, iar pentru larvele de *Caenis luctuosa*, o lungime de 4.5 - 6 mm (Grandi, 1960).

Atât din punct de vedere al frecvenței mari, cât și din cel al densității numerice și al abundenței procentuale, specia *Baëtis vernus* a dominat fauna de efemeroptere de la **stația Cheresig**. În mod similar cu stația Șaula, următoarea care a dominat este *B.fuscatus*, însă amândouă nu au ajuns la o densitate medie de 10 ind/m².

Frecvențele reduse atât ale acestor două specii, cât și a celorlalte care au fost identificate la Cheresig, conduc la concluzia că populațiile de aici au avut efective foarte mici, nu au fost stabile sau că exemplarele capturate au provenit din amonte, fiind aduse de drift. În sprijinul acestei concluzii pledează și datele de biomasă medie lunară pentru intervalul 1997-1998 la întreg grup al efemeropterelor, care are valoarea de 2.22 mg/m².

Stația Valea Drăganului

La stația de pe acest afluent al Crișului Repede, în structura asociațiilor de efemeroptere au fost prezente 27 de specii. Condiția de constanță exprimată prin valori ale frecvenței numerice mai mari de 50% a fost îndeplinită de următoarele specii: *Habroleptoides modesta*, *Rhithrogena semicolorata*, *Ephemerella ignita*, *Baëtis rhodani*, *B. muticus*, *Ecdyonurus dispar*, *Ephemerella danica*, *Habrophlebia lauta*, *Ecdyonurus venosus*, *Baëtis fuscatus* și *B. lutheri*. Dintre acestea, considerăm ca și specii dominante numai *Habroleptoides modesta* (cu o densitate medie lunară de aproape 1200 ind/m² și 729.76 mg/m²), care singură, a realizat o abundență numerică de peste 25% din totalul larvelor de efemeroptere. Această specie a fost prezentă în peste 94% din probele colectate de la această stație.

Bucșa în 1974 a realizat un studiu de referință al faunei de efemeroptere (larve) a râului Drăgan, în acea perioadă nefiind construit încă în sectorul său superior barajul Floroiu. Autorul anticipa următoarele: „*trecerea de la biotopul actual caracterizat prin pietre și pietriș, temperatura apei scăzută, în jur de 5-15 °C și faună de tip reofil, la un biotop caracterizat prin curentul apei redus, fund alcătuit din depuneri nisipoase și detritus, va duce la modificarea factorilor abiotici și biotici din această zonă. În urma acestor schimbări, unele elemente vor dispărea, ca de exemplu formele reofile, altele se vor adapta la noile condiții. Zooplanctonul se va dezvolta mult. Toate acestea vor duce probabil la apariția unei faune calitativ noi.*” (Bucșa, 1975).

Datorită planului de amenajare și exploatare hidroenergetică a bazinului Crișului Repede care prevede uzinarea apei din barajul Floroiu în U.H. Remeți și U.H. Munteni I și II, regimul hidrologic al râului Drăgan nu este afectat de deversări din acest baraj; singura modificare se rezumă la reducerea bazinului hidrologic al acestui râu de trei ori. În aceste condiții, modificările anticipate de Bucșa în anul 1974 nu au avut loc în sensul menționat de autor, ci doar din punct de vedere al reducerii considerabile a debitului râului, asociate cu scăderea fenomenului de eroziune și transport; toate acestea conduc la modificări ale formei și pantei albiei precum și la o scădere a adâncimii apei. În 1974 la stația localizată în

dreptul satului Lunca Vișagului au fost identificate opt specii de efemeroptere (aparținând la trei familii) dintre care două nu au mai fost regăsite în intervalul 1996-1998 (*Ecdyonurus forcipula* și *E.helveticus*). Dintre speciile găsite de autor ca fiind specii dominante și constante pentru Valea Drăganului, *Baëtis alpinus* și *Rhithrogena semicolorata*, doar ultima și-a păstrat acest atribut în anii 1997-1998. Specia care a dominat detașat fauna de efemeroptere din 1997-1998 ca densitate numerică și biomasă (*Habroleptoides modesta*), este citată de Bucșa ca fiind extrem de rară în 1974, nefiind întâlnită în sectorul de râu de la Lunca Vișagului, ci doar mult mai în aval de acest sat. În cele trei luni în care autorul a făcut recoltări cantitative și calitative, deși metodologia de recoltare a fost diferită de cea din 1997-1998, ar fi trebuit să fie capturată specia.

În urma acestor constatări, avansăm ipoteza că *H.modesta* și-a extins arealul de răspândire după construirea barajului Floroiu, avansând mult în amonte, de la sectorul de râu aflat înainte de confluența Drăganului cu Crișul Repede; astfel, ea a luat locul speciilor puternic reofile (ca și *Baëtis alpinus*, *Ecdyonurus forcipula* și *E.helveticus*), dominând net în fauna de efemeroptere a râului.

Deși prezintă cu densitate numerică mai mică (139.5 ind/m²), *Ephemerella danica* este a doua din punct de vedere al biomasei (318.19 mg/m²), fiind specia cu talia cea mai mare dintre toate speciile identificate la această stație [media 20 mm după Grandi (1960), maxim 33 mm după Wright și colaboratorii (1981)]. Fiind legată de un anumit biotop, această specie a avut o frecvență mică și a realizat o abundență numerică de numai 2.83%.

Următoarele specii care au dominat atât din punct de vedere al densității numerice, cât și din cel al biomasei sunt *Rhithrogena semicolorata* și *Ephemerella ignita*, ambele având atât frecvențe cât și abundențe mari.

Stația Valea Iadului

Asociația de efemeroptere din Valea Iadului include 29 specii. Speciile întâlnite cu o frecvență mai mare de 50% au fost: *Baëtis rhodani*, *Ephemerella ignita*, *Ecdyonurus dispar*, *Rhithrogena semicolorata*, *Baëtis fuscatus* și *Torleya belgica*. Dintre acestea, deși primele patru au prezentat densități apropiate ca valoare, numai *Baëtis rhodani* este considerată specie dominantă la această stație, datorită frecvenței mari (aproape 90%) și a abundenței numerice de peste 23% (figura 7.5: a-f).

Următoarele specii care domină din punct de vedere al densității numerice sunt *Rhithrogena semicolorata*, *Ephemerella ignita* și *Baëtis fuscatus*.

Din punct de vedere al densității în termeni de biomasă uscată, situația a fost inversată, prin dominanța speciei cu talia cea mai mare (*Ephemera danica*), urmată de *Ephemerella ignita* și *Rhithrogena semicolorata* și doar apoi, de către *Baëtis rhodani*.

Bucșa descrie pentru Valea Iadului în anul 1974, imediat după construcția și darea în folosință a barajului Leșu, un număr de opt specii, care au fost regăsite și în fauna de efemeroptere a râului Iad în anii 1997-1998 (Bucșa, 1975). Numărul mic de specii identificate se datorează atât efortului mic de prelevare (puține colectări calitative), cât și probabil faptului că, existența de puțin timp a barajului nu a permis faunei de efemeroptere să repopuleze teritoriile afectate de lucrările hidroenergetice.

Comparând fauna de efemeroptere a unui râu aflat în regim natural cu cea a unui râu afectat de deversări din baraj, Giberson și Cobb (1995) au găsit deosebiri în ceea ce privește compoziția acestora pe specii. Astfel, în râul aflat în regim natural au fost identificate 10 specii, dintre care trei totalizau o abundență de peste $\frac{3}{4}$ din totalul comunității. În mod contrastant, pentru râul afectat, șase specii din cele 17 identificate în total, au avut același procent din abundența totală. Aceste rezultate nu au fost regăsite pentru cei doi afluenți ai Crișului Repede. Pentru aceste două râuri, comunitățile de efemeroptere alcătuite din 27 specii (Valea Drăganului) și 29 specii (Valea Iadului), au avut aproape același număr de specii a căror abundență cumulată a depășit valoarea de 75% (7 specii pentru Valea Drăganului și respectiv, 6 specii pentru Valea Iadului).

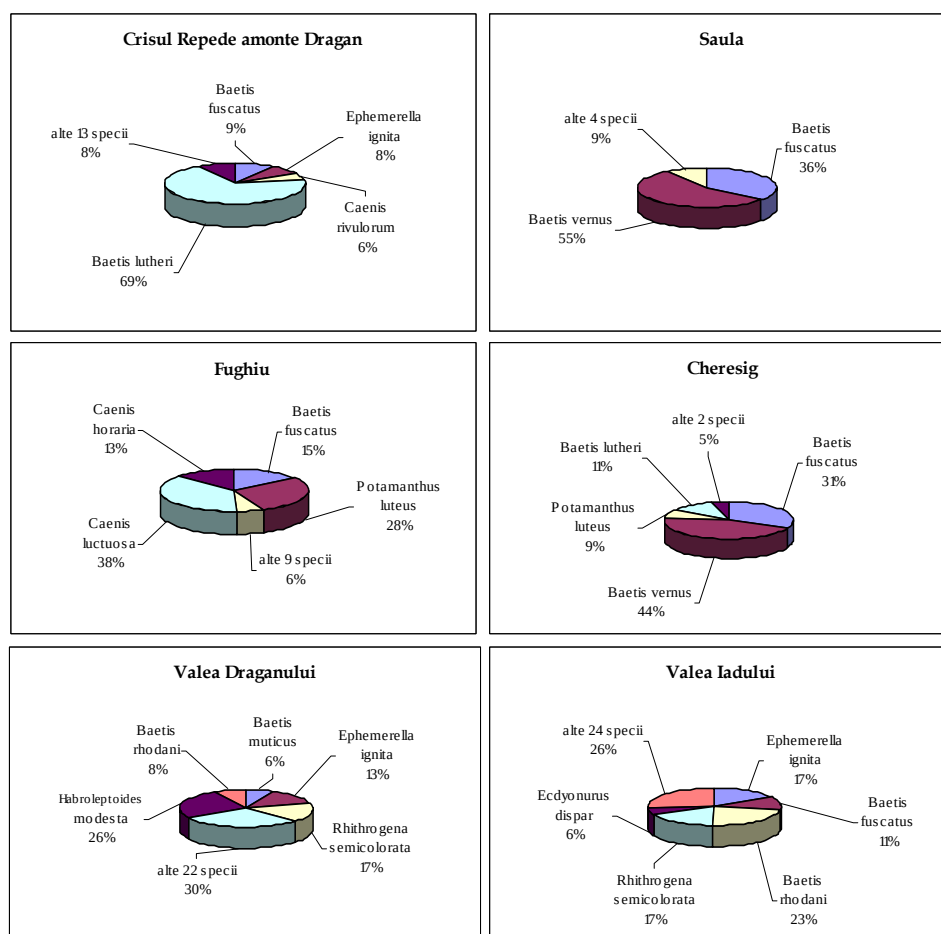


Figura 7.5. Abundența numerică relativă a speciilor dominante de efemeroptere din Crișul Repede și afluenți, 1997-1998.

7.6. Analiza de varianță (ANOVA) pentru densitățile efemeropterelor la stațiile studiate

Deși nu au foarte mare relevanță aceste analize la nivel de grup, am aplicat analiza de varianță pe date transformate prin logaritmare (testul ANOVA), pentru a decide dacă există sau nu deosebiri semnificative între valorile medii lunare a efectivelor larvelor de efemeroptere. În urma acestor analize sintetizate în tabelul 7.9 și tabelul 7.10 au rezultat următoarele:

► La toate cele patru stații, compararea mediilor densității la nivel de întreg grup al efemeropterelor au evidențiat diferențe nesemnificative în anul 1997 față de anul 1998. Una din cauzele acestui rezultat poate fi faptul că în acest interval de timp nu au intervenit în ecosistemele respective factori perturbatori care să influențeze populațiile de efemeroptere din punct de vedere al densității numerice (tabel 7.9);

► Analizând varianțele densităților medii pentru intervalul 1997-1998 la nivel de grup și luând în calcul simultan stațiile de pe Crișul Repede și afluenți, au fost puse în evidență diferențe foarte semnificative între stații (tabel 7.10).

► Aplicând analiza de varianță separat pe cupluri de stații, rezultă că din punct de vedere al mediei densității numerice, valorile densităților efemeropterelor din aval de Oradea se deosebesc foarte semnificativ față de stațiile de pe afluenți și numai semnificativ ($\alpha < 0.05$) față de cele aflate amonte de oraș. Întregul grup al efemeropterelor de la stația aflată amonte de baraj (Valea Iadului) nu are o densitate care să difere semnificativ față de cea de la stația Fughiu. De asemenea, nu au putut fi puse în evidență diferențe semnificative între mediile densităților (1997-1998) pentru cei doi afluenți ai Crișului Repede, acestea diferențiindu-se prin densități diferite la nivel de specie, precum și prin spectrul de specii dominante.

Tabel 7.9. Rezultatele testelor de analiză de varianță (ANOVA) pentru media densităților pentru anii 1997 și 1998 a efemeropterelor la nivel de grup (gl = grade de libertate; α = nivel de probabilitate calculat; *ns* = nesemnificativ).

	gl	F	α
Fughiu 1997 – Fughiu 1998	1 ; 10	2.778485 <i>ns</i>	0.126504
Cheresig 1997 – Cheresig 1998	1 ; 10	0.042757 <i>ns</i>	0.840334
V. Drăganului 1997 – V. Drăganului 1998	1 ; 12	0.583139 <i>ns</i>	0.459836
V. Iadului 1997 – V. Iadului 1998	1 ; 12	0.744772 <i>ns</i>	0.405055

Tabel 7.10. Rezultatele testelor de analiză de varianță (ANOVA) pentru media densității anilor 1997-1998 a efemeropterelor la nivel de grup (gl = grade de libertate; α = nivel de probabilitate calculat; ns = nesemnificativ; * = semnificativ; ** = distinct semnificativ; *** = foarte semnificativ, VD = Valea Drăganului, Vi = Valea Iadului).

	gl	F	α
Fughiu – Cheresig – VD – VI	3 ; 48	12.17338 ***	0.0000005
Fughiu – Cheresig	1 ; 21	5.620744 *	0.027395
V. Drăganului – V. Iadului	1 ; 26	2.597988 ns	0.119074
V. Drăganului – Fughiu	1 ; 24	13.92005 **	0.001037
V. Drăganului – Cheresig	1 ; 24	35.54974 ***	0.000004
V. Iadului – Fughiu	1 ; 24	4.094611 ns	0.054293
V. Iadului – Cheresig	1 ; 24	16.86172 ***	0.000403

7.7. Structura și dinamica populațiilor dominante de efemeroptere

După cum reiese din subcapitolele anterioare, populațiile constante și dominante într-o asociație au un rol important în desfășurarea proceselor ecologice fundamentale, reprezentând verigi importante de transfer a energiei de la un nivel trofic la celălalt. De aceea este necesară o analiză detaliată a evoluției acestor populații sub aspect structural.

7.7.1. Dinamica mărimii populațiilor dominante

O populație poate avea efective numerice relativ mici asociate cu o biomasă mare îndeplinind un rol important în acumularea și transferul energiei de la un nivel trofic inferior la cel superior, comparativ cu o alta, care are densități numerice foarte mari asociate cu o biomasă mică și care joacă un rol important în procesul de mineralizare a substanței organice (Botnariuc și Vădineanu, 1982). În acest sens a fost luată în considerare pentru caracterizarea populațiilor dominante, densitatea atât numerică (ind/m²), cât și cea de biomasă (mg/m²).

Dinamica mărimii populațiilor aparținând speciei *Habroleptoides modesta*

Aceasta specie comună celor doi afluenți ai Crișului Repede, a fost considerată ca fiind specie dominantă în Valea Drăganului, luând în considerare media pe anii 1997-1998 a tuturor parametrilor: abundență (25.8%), frecvență (94.67%) și densitate (1199.99 ind/m²; 729.76 mg/m²).

Analiza de varianță (ANOVA) nu a scos în evidență diferențe semnificative între densitatea medie a populației pentru cei doi ani de studiu, 1997 și 1998, atât

din punct de vedere numeric ($F_{1,12 \text{ gl}} = 0.052$; $\alpha = 0.823$), cât și ca biomasă ($F_{1,12 \text{ gl}} = 0.587$; $\alpha = 0.458$). Urmărind dinamica lunară a densității în cei doi ani (figura 7.6) se constată că populația prezintă o creștere a efectivului și biomasei din primăvară spre vară; această creștere continuă și la începutul toamnei, culminând în luna octombrie, când densitatea populației atinge un maxim de 3097.97 ind/m² în anul 1997 (1866.47 mg/m²) și de 3831.9 ind/m² în anul 1998 (4039.43 mg/m²).

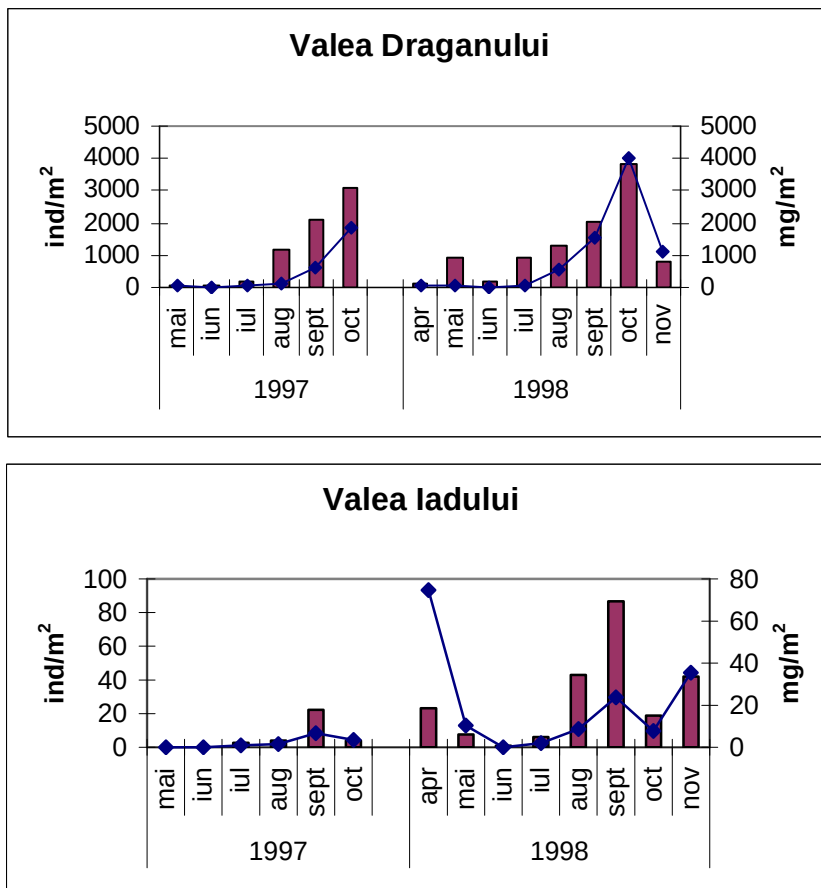


Figura 7.6. Dinamica densităților numerice (coloane) și de biomasă (linii) ale populațiilor speciei *Habroleptoides modesta* din afluenții Crișului Repede, în intervalul 1997-1998.

A fost urmărită dinamica populației de *H.modesta* și din râul Iad, deși această specie nu este dominantă în acest râu (figura 7.6). Spre deosebire de populația din Valea Drăganului, cea din Valea Iadului a prezentat densități mai mici, atât

numerice, cât și ca biomasă. Aceste rezultate sunt susținute și de rezultatele analizei de varianță (ANOVA) pentru densitatea numerică a populațiilor acestei specii din cele două râuri (medii pe 1997-1998), care arată că cele două populații diferă foarte semnificativ ($F_{1;26 \text{ gl}} = 14.34$; $\alpha = 0.000813$).

Densitatea speciei *Habroleptoides modesta* din Valea Iadului înregistrează un maxim mai devreme cu o lună decât în Drăgan (septembrie). Fiind o specie puțin frecventă în Valea Iadului, nu a fost posibilă studierea ciclului de viață a populației din acest râu, care ar fi putut da informații suplimentare în scopul explicării acestei dinamici diferite a densității.

Dinamica mărimii populațiilor aparținând speciei *Rhithrogena semicolorata*

Această specie este dominantă în ambii afluenți ai Crișului Repede. Testarea mediilor densității numerice prin analiza de varianță (ANOVA) a scos în evidență diferențe nesemnificative ale acesteia pentru cele două râuri ($F_{1;26 \text{ gl}} = 1.092421$; $\alpha = 0.305556$).

Atât densitatea ca biomasă, cât și cea numerică au avut o variație sincronă în anul 1997 în amândouă râuri (figura 7.7). În primăvara acelui an (luna mai), ambele populații au fost reprezentate prin efective mici, alcătuite din indivizi de talie mare. Scăderea numărului și a biomasei la sfârșitul primăverii și în timpul verii, coincide cu emergența larvelor aflate în ultimul stadiu de dezvoltare larvară. Din ouăle depuse în timpul verii de către acești adulți, încep în timpul toamnei să se dezvolte larvulele, care trecând de primele stadii de viață, încep să fie capturate în probe, realizând astfel o creștere a efectivului populației, cu o biomasă redusă. Această dinamică a fost pusă în evidență și de către Breitenmoser-Würsten și Sartori (1995), pentru populațiile de *Rhithrogena semicolorata* din râul Saane (Elveția)

În mod similar, la începutul primăverii anului 1998 (aprilie), indivizii își continuă creșterea, atingând un prim maxim al biomasei în luna mai, în amândoi afluenții. În momentul începerii procesului de emergență, scăderea numărului de indivizi este asociată cu o scădere a biomasei care părăsește mediul acvatic. Din acest moment, cele două populații au avut o dinamică diferită. Astfel, în Valea Drăganului, creșterea efectivului populației prin intrarea larvulelor de la începutul verii (luna august), a continuat până în luna octombrie, după care a avut loc o scădere atât a numărului, cât și a biomasei. În Valea Iadului, aceste intrări în

populație din luna august au fost mult mai mari decât pentru Valea Drăganului, însă a avut loc o scădere aproape continuă a efectivului și a biomasei în intervalul septembrie-noiembrie 1998.

Testarea mediilor anuale ale densității numerice și de biomasă prin testul ANOVA (vezi tabelul 7.11) au scos în evidență faptul că, la un nivel de probabilitate de 95%, acestea nu au diferit semnificativ la aceeași stație între cei doi ani de studiu. În mod similar, densitățile nu au diferit nici în cadrul aceluiași an între cele două stații aflate pe râuri diferite (Drăgan și Iad).

Tabel 7.11. Valorile indicelui *F* pentru testul de varianță (ANOVA) aplicat la valorile medii anuale ale densității numerice (*italics*) și de biomasă (**bold**) ale larvelor speciei *Rhithrogena semicolorata* din Valea Drăganului (VD) și Valea Iadului (VI), la $\alpha = 0.05$ (*ns* = nesemnificativ)

	V.D 1997	V.D 1998	V.I 1997	V.I 1998
V.D 1997		0.044 ns	0.507 ns	
V.D 1998	<i>0.9044 ns</i>			1.433 ns
V.I 1997	<i>0.534 ns</i>			0.007 ns
V.I 1998		<i>0.655 ns</i>	<i>0.867 ns</i>	

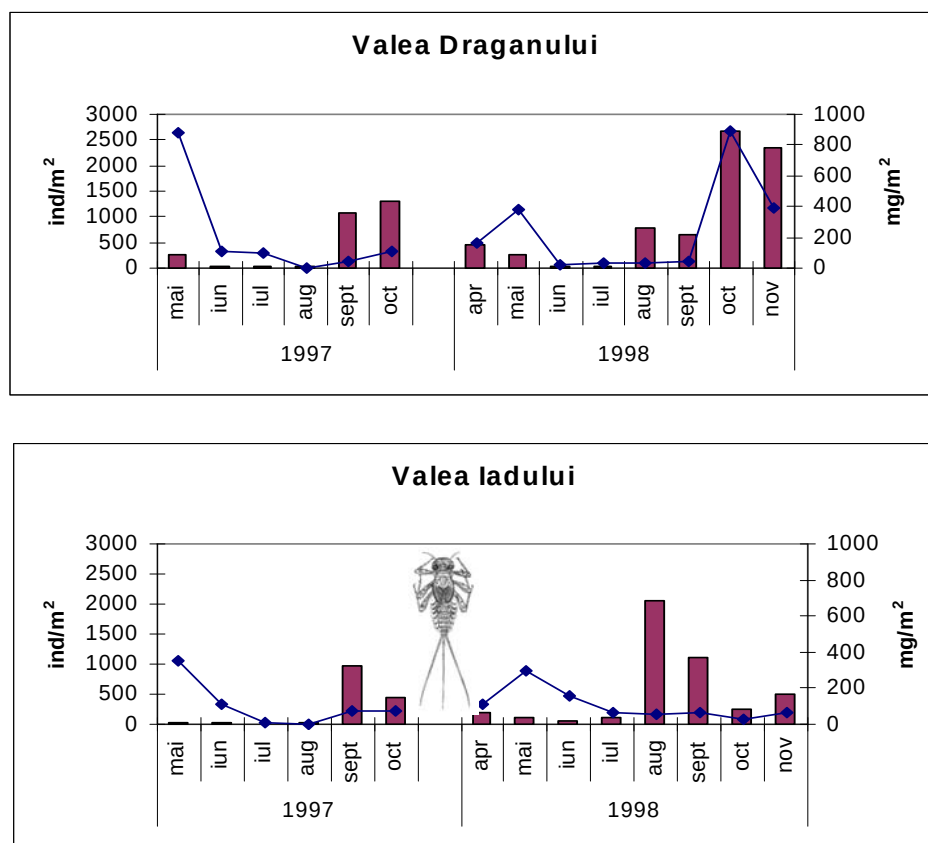


Figura 7.7. Dinamica densităților numerice (coloane) și de biomasă (linii) ale populațiilor speciei *Rhithrogena semicolorata* din afluenții Crișului Repede, în intervalul 1997-1998.

Dinamica mărimii populațiilor aparținând speciei *Ephemerella ignita*

Această specie cosmopolită pentru care Găldean (1992) prognozează o dezvoltare progresivă în râurile din România în detrimentul altor specii, a fost găsită ca specie dominantă în cei doi afluenți, ea apărând însă și în tot Crișul Repede, de la izvoare până amonte de Oradea.

Densitatea medie a speciei din Valea Drăganului în intervalul 1997-1998 nu a diferit semnificativ față de cea din Valea Iadului ($F_{1;26 \text{ gl}} = 0.304357$; $\alpha = 0.585875$). În schimb, aplicarea aceluiași test (ANOVA) pentru populațiile din afluenți comparativ cu cea de la Fughiu, a relevat diferențe distinct semnificative între

Valea Drăganului și Fughiu ($F_{1;24 \text{ gl}} = 8.108765$; $\alpha = 0.008887$) și respectiv, semnificative între Valea Iadului și Fughiu ($F_{1;24 \text{ gl}} = 6.800983$; $\alpha = 0.015428$).

Analiza valorilor medii anuale ale densității numerice și de biomasă (testul ANOVA) a evidențiat că acestea nu au diferit semnificativ în 1997 față de 1998 nici între stații și nici în cadrul aceleiași stații (vezi tabelul 7.12).

În anul 1997 populația de *Ephemerella ignita* din Valea Drăganului a prezentat o creștere atât ca biomasă cât și ca efectiv numeric, din primăvară și până în mijlocul verii. După acest moment, în care adulții părăsesc mediul acvatic, scăderea densității a continuat pe toată durata toamnei, această specie fiind considerată de către Studemann și colaboratorii ca fiind o specie univoltină, estivală, care petrece sezonul hiemal sub formă de ouă (Studemann *et al.*, 1986). În primăvara anului următor, din aceste ouă începe procesul de ecloziune, care este pus în evidență printr-o creștere mai întâi a efectivului numeric, iar apoi, odată cu înaintarea spre vară, are loc și o creștere a biomasei (vezi figura 7.8).

O dinamică similară a prezentat în intervalul 1997-1998 și populația din Valea Iadului, cu deosebirea că în ambii ani, biomasa a atins valoarea maximă cu o lună întârziere față de Valea Drăganului.

Tabel 7.12. Valorile indicelui F pentru testul de varianță (ANOVA) aplicat la valorile medii anuale ale densității numerice (italics) și de biomasă (bold) ale larvelor speciei *Ephemerella ignita* din Valea Drăganului (V.D) și Valea Iadului (V.I), la $\alpha = 0.05$ (*ns* = ne semnificativ).

	V.D 1997	V.D 1998	V.I 1997	V.I 1998
V.D 1997		0.9978 ns	0.0018 ns	
V.D 1998	<i>0.01 ns</i>			0.0265 ns
V.I 1997	<i>0.0531 ns</i>			0.0001 ns
V.I 1998		<i>0.0207 ns</i>	<i>0.132 ns</i>	

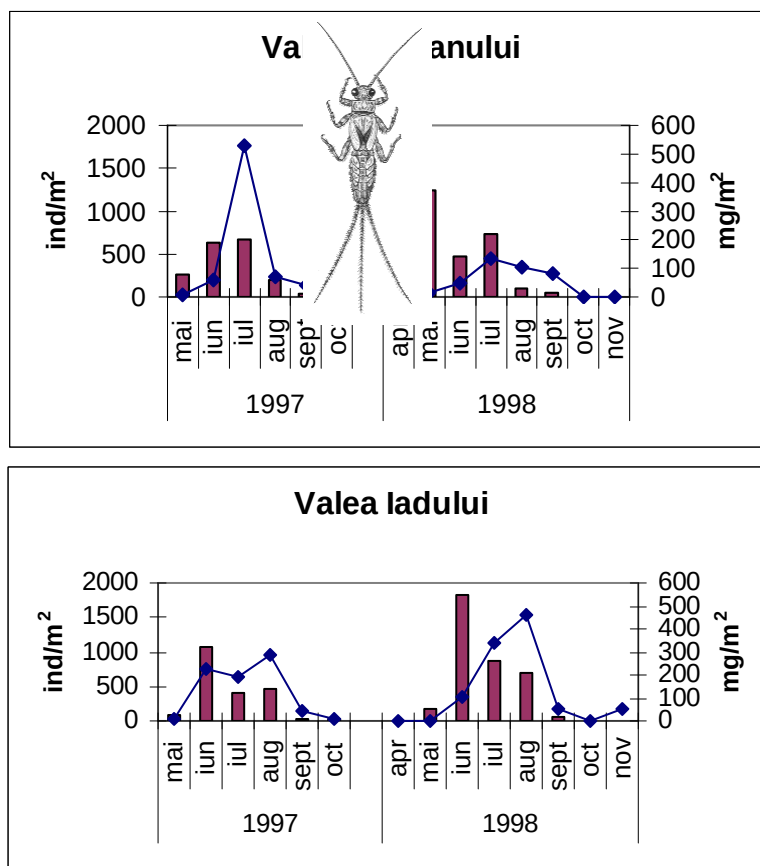


Figura 7.8. Dinamica densităților numerice (coloane) și de biomasă (linii) ale populațiilor speciei *Ephemera ignita* din afluenții Crișului Repede, în intervalul 1997-1998.

Dinamica mărimii populațiilor aparținând speciei *Baëtis rhodani*

Această specie frecvent întâlnită în aproape toate apele curgătoare și mai puțin pretențioasă față de calitatea apei, a fost găsită ca fiind specia dominantă în Valea Iadului. Ea a fost frecvent întâlnită și în Valea Drăganului și la Fughiu, însă cu densități și frecvențe mici.

Aplicând analiza de varianță (ANOVA) pe valorile medii ale densității în 1997-1998, nu au fost depistate diferențe semnificative între stațiile aflate pe afluenți ($F_{1;26 \text{ gl}} = 3.336; \alpha = 0.0793$). În schimb, densitatea populației de la Fughiu diferă

distinct semnificativ ($\alpha < 0.01$) față de cea din Valea Drăganului ($F_{1;24 \text{ gl}} = 9.392$) și foarte semnificativ ($\alpha < 0.001$) față de cea din Valea Iadului ($F_{1;24 \text{ gl}} = 32.63$).

Nu au fost găsite diferențe semnificative între mediile anuale ale densităților numerice și de biomasă între cele două stații și în cadrul aceleiași stații (vezi tabelul 7.13). O singură excepție a fost înregistrată, în anul 1997, când biomasa medie a acestei specii din Valea Drăganului a diferit semnificativ la un nivel de probabilitate de 95% față de cea din Valea Iadului.

Populația din Valea Drăganului, nefiind printre cele dominante, nu prezintă un model al dinamicii densității lunare evident, comparativ cu cel al populației din Valea Iadului (vezi figura 7.9). Aceasta din urmă evidențiază existența a două generații pe an, una care a iernat sub formă de larve de talie mare și care emerge la sfârșitul primăverii și începutul verii, cea de-a doua fiind rezultatul procesului de ecloziune a tinerei generații din ouăle depuse în timpul verii. Aceasta își definitivează dezvoltarea în aceeași vară, la sfârșitul căreia emerge și depune ouă din care iese generația care iernează sub formă de larve. Avansăm astfel ipoteza că *Baëtis rhodani* prezintă în Valea Iadului un ciclu de viață bivoltin hiemal/estival, rezultat obținut și de Studemann și colaboratorii pentru populațiile din Elveția (Studeman *et al.*, 1986). Tot două generații pe an au fost găsite pentru această specie și de către următorii autori: Andersen *et al.*, 1978; Benech, 1972; Elliot, 1967; Macan, 1980; Sander, 1981; Thibault, 1971).

Tabel 7.13. Valorile indicelui F pentru testul de varianță (ANOVA) aplicat la valorile medii anuale ale densității numerice (italics) și de biomasă (bold) ale larvelor de *Baëtis rhodani* din Valea Drăganului (VD) și Valea Iadului (VI), la $\alpha=0.05$ (*ns*=neseemnificativ; *=semnificativ).

	V.D 1997	V.D 1998	V.I 1997	V.I 1998
V.D 1997		0.82 ns	7.694 *	
V.D 1998	<i>0.227 ns</i>			1.237 ns
V.I 1997	<i>4.138 ns</i>			0.027 ns
V.I 1998		<i>1.0064 ns</i>	<i>0.036 ns</i>	

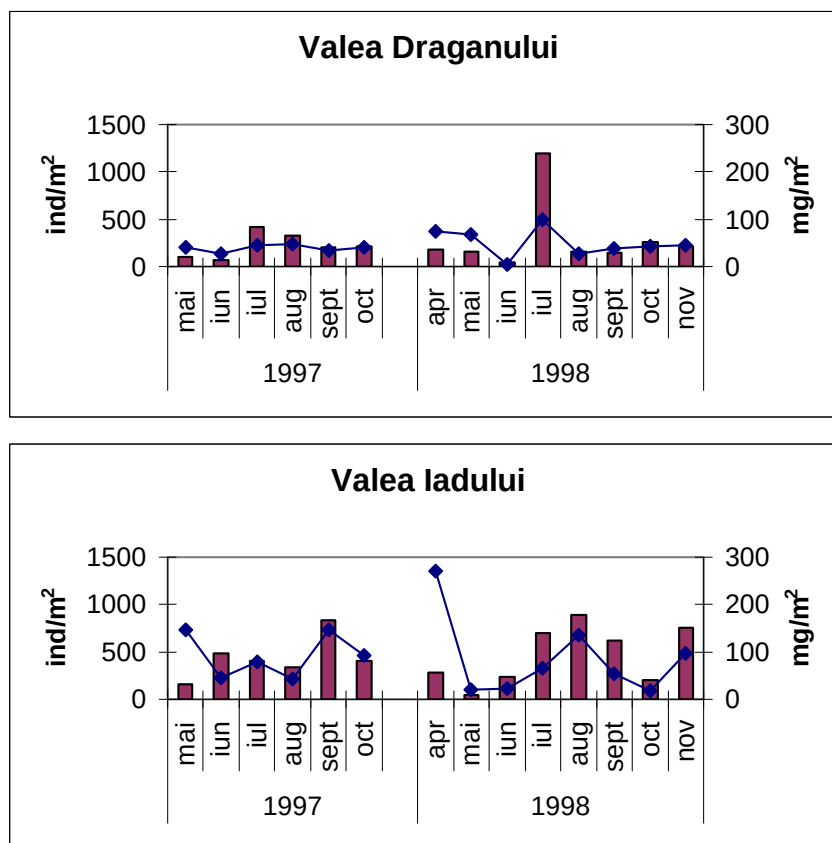


Figura 7.9. Dinamica densităților numerice (coloane) și de biomasă (linii) ale populațiilor speciei *Baëtis rhodani* din afluenții Crișului Repede, în intervalul 1997-1998.

Dinamica mărimii populațiilor aparținând speciei *Baëtis fuscatus*

Deși este întâlnită la toate stațiile, această specie este dominantă doar în V.Iadului. Densitățile medii numerice pentru 1997-1998 testate cu testul ANOVA nu diferă semnificativ la un nivel de probabilitate de 95%, pentru perechile de stații: V.Drăganului-V.Iadului; V.Drăganului-Fughiu; V.Iadului-Fughiu și Fughiu-Cheresig. Singurele diferențe găsite au fost între densitățile medii numerice ale populației de la Cheresig și V.Drăganului ($F_{1;24 \text{ gl}} = 9.9427$; $\alpha = 0.0043$) și respectiv, V.Iadului ($F_{1;24 \text{ gl}} = 5.2072$; $\alpha = 0.0316$).

Tabel 7.14. Valorile indicelui *F* pentru testul de varianță (ANOVA) aplicat la valorile medii anuale ale densității numerice (*italics*) și de biomasă (**bold**) ale larvelor speciei *Baëtis fuscatus* din Valea Drăganului (V.D) și Valea Iadului (V.I), la $\alpha = 0.05$ (*ns* = nesemnificativ).

	V.D 1997	V.D 1998	V.I 1997	V.I 1998
V.D 1997		0.4644 ns	1.4186 ns	
V.D 1998	<i>0.269 ns</i>			1.9607 ns
V.I 1997	<i>0.8353 ns</i>			0.0124 ns
V.I 1998		<i>2.2147 ns</i>	<i>0.093 ns</i>	

Analiza de varianță (ANOVA) aplicată mediilor anuale ale densității numerice și de biomasă relevă diferențe nesemnificative ale acestora în 1997 față de 1998, atât între stații, cât și la aceeași stație (vezi tabelul 7.14).

Deși densitatea speciei *Baëtis fuscatus* din Valea Drăganului este mai mică decât cea din Valea Iadului, dinamica ei lunară este similară pentru cei doi afluenți, înregistrându-se câte două vârfuri în fiecare din cei doi ani de studiu (vezi figura 7.10). La specia din Valea Iadului, aceste două vârfuri (iunie și septembrie 1997 și respectiv, iunie și august în 1998) deoarece semnalizează atât efective cât și biomase maxime, avansează ipoteza unui ciclu de viață bivoltin de tip estival. Aceasta presupune existența a două generații în timpul verii și iernarea speciei în bentosul râului sub formă de ouă. Lipsa din probele recoltate în lunile de toamnă (octombrie-noiembrie) a oricăror larve de *Baëtis fuscatus*, precum și absența acestora din probele recoltate în lunile de primăvară (aprilie-mai), sunt argumente care vin să sprijine această presupunere.

Acest tip de ciclu de viață în care cele două generații se succed deosebit de rapid în decursul primăverii și verii a mai fost descris pentru *B. fuscatus* și de către următorii autori: Landa (1968); Macan (1979); Müller-Liebenau (1969); Sowa (1979); Studemann *et al.* (1986).

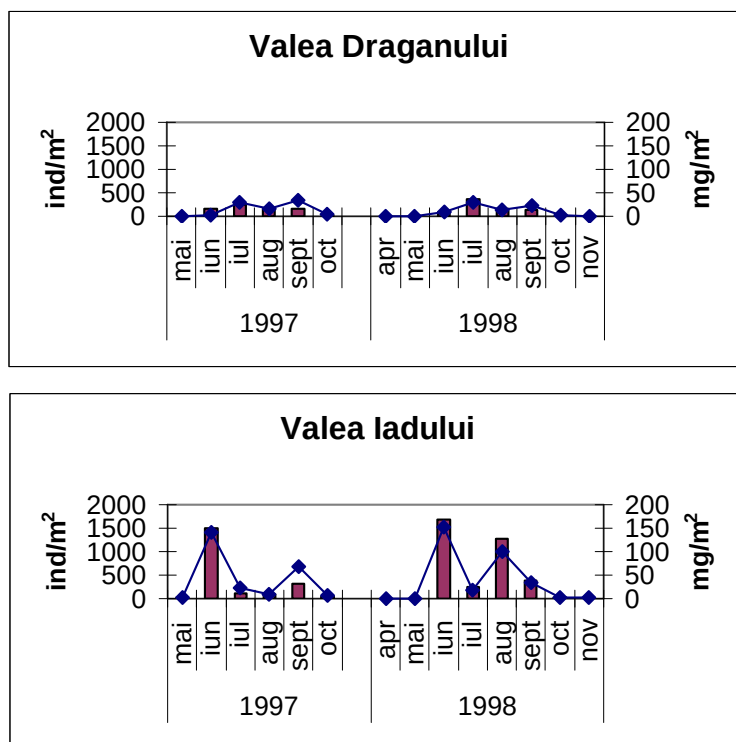


Figura 7.10. Dinamica densităților numerice (coloane) și de biomasă (linii) ale populațiilor speciei *Baëtis fuscatus* din afluenții Crișului Repede, în intervalul 1997-1998.

Dinamica mărimii populațiilor aparținând speciei *Caenis luctuosa*

Această specie a fost găsită cu densitatea numerică cea mai mare în Crișul Repede, la stația Fughiu. Din punct de vedere al densității ca biomasă, aceasta este depășită numai de specia *Potamanthus luteus*, care prezintă o talie mult mai mare, comparativ cu *Caenis luctuosa*.

Deși apare și la Cheresig, densitățile numerice ale celor două populații diferă distinct semnificativ, la un nivel de probabilitate de peste 99% (testul ANOVA: $F_{1;22 \text{ gl}} = 9.1637$).

Testele de varianță (ANOVA) aplicate mediei anuale a densității reflectă diferențe distinct semnificative între efectivele numerice din cei doi ani ($F_{1;10 \text{ gl}} = 10.215$) și ne semnificative între biomase ($F_{1;10 \text{ gl}} = 1.0067$).

Densitățile cele mai mari în anul 1997 au fost atinse în luna iunie (vezi figura 7.11). Graficul densităților lunare prezintă un al doilea vârf în lunile de toamnă (septembrie-octombrie). Biomasa maximă atinsă în luna iunie, precum și creșterea densității numerice însoțită de o biomasă mică în lunile de toamnă, vin să argumenteze existența la începutul verii a unei generații care începe emergența, din ouăle cărora se dezvoltă în toamnă tânăra generație. Însă lipsa unor probe de primăvară în anul 1997, precum și a celor din toamna anului 1998 (în ambele cazuri apele mari după ploi îndelungate împiedicând recoltarea probelor), face nesigură apartenența speciei *Caenis luctuosa* la un ciclu de viață de tip bivoltin, de tip hiemal-estival, cu o generație de iarnă și una de vară. Perán și colaboratorii au raportat pentru această specie în mod similar, densități foarte mici în luna septembrie, după ploile de toamnă, considerând-o o specie foarte sensibilă la viituri (Perán *et al.*, 1999).

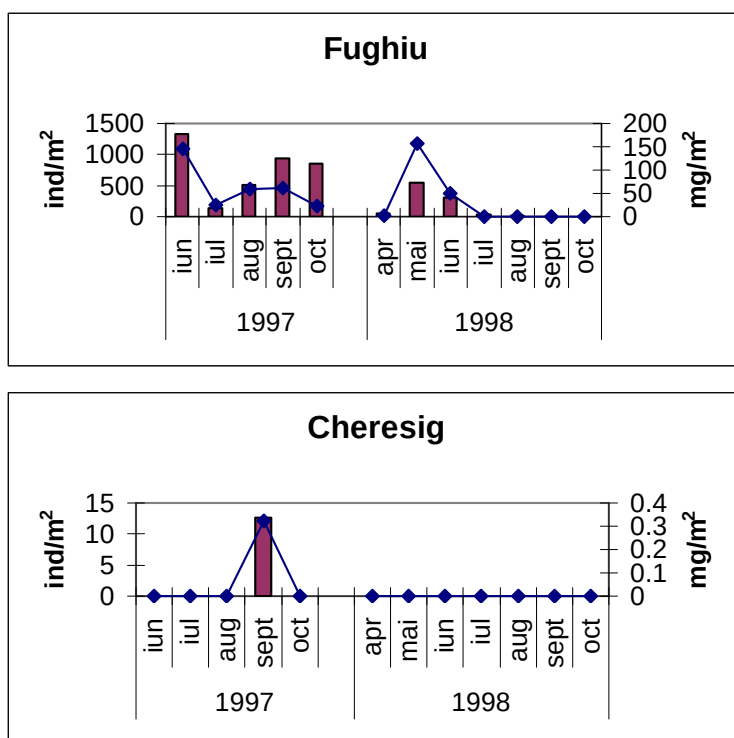


Figura 7.11. Dinamica densităților numerice (coloane) și de biomasă (linii) ale populațiilor speciei *Caenis luctuosa* din Crișul Repede, în intervalul 1997-1998.

Dinamica mărimii populațiilor aparținând speciei *Potamanthus luteus*

Această specie de talie mare a dominat ca și biomasă în cadrul comunității de efemeroptere de la Fughiu în intervalul 1997-1998. Densitatea acestei specii a diferit semnificativ față de cea calculată pentru această specie la Cheresig (testul ANOVA: $F_{1;22\text{ gl}} = 6.1296$).

Urmărind mediile anuale ale densității (testul ANOVA) se constată diferențe nesemnificative între anul 1997 față de anul 1998, atât din punct de vedere numeric ($F_{1;10\text{ gl}} = 0.9351$; $\alpha = 0.35$), cât și din cel al biomasei ($F_{1;10\text{ gl}} = 1.8111$; $\alpha = 0.208$).

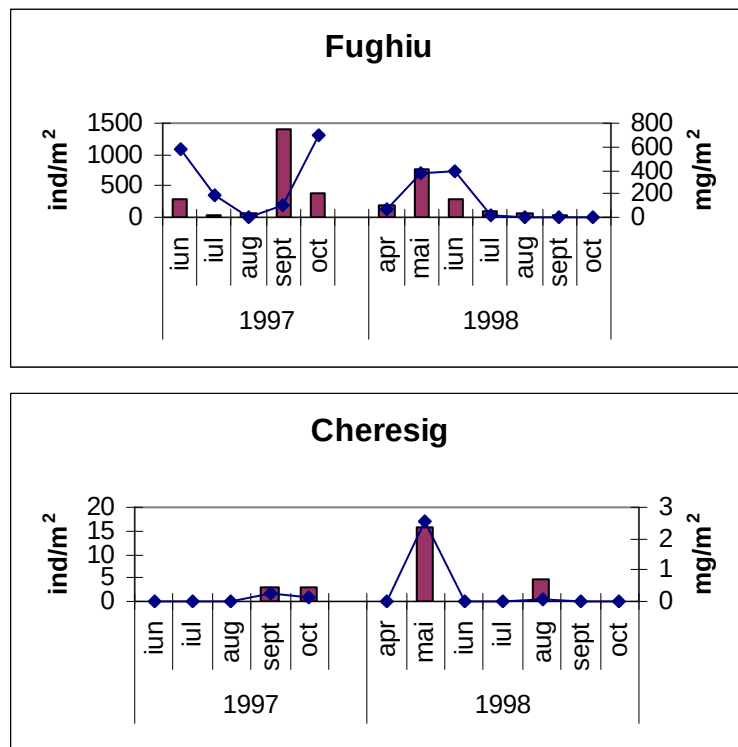


Figura 7.12. Dinamica densităților numerice (coloane) și de biomasă (linii) ale populațiilor speciei *Potamanthus luteus* din Crișul Repede, în intervalul 1997-1998.

Evoluția mediilor densității lunare ilustrată grafic în figura 7.12 evidențiază la începutul verii anului 1997 existența în bentos a unei populații alcătuită din puțini indivizi de talie foarte mare, care își încep în acea perioadă procesul de emergență. Aceasta conduce la o scădere atât a biomasei, cât și a efectivului numeric, până la

sfârșitul verii și începutul toamnei. Pentru acel moment, vârful curbei densității numerice asociat cu o foarte ușoară creștere a biomasei marchează momentul în care larvulele eclozate din ouăle depuse în timpul verii ating dimensiunea la care pot fi capturate în fileul bentonic. Aceste larve au o creștere rapidă în timpul toamnei, astfel încât petrec sezonul hiemal la dimensiuni și biomase relativ mari. Un astfel de ciclu de viață univoltin de tip hiemal, a fost descris pentru *P. luteus* și de către Macan (1970) și Studemann *et al.*, (1986). O iernare a larvelor la dimensiuni mari urmată de o emergență în timpul primăverii a fost descrisă și de către Schoenemund (1930).

7.7.2. Modele de distribuție spațială

Distribuția spațială a unei populații naturale este un parametru care ilustrează atât gradul de heterogenitate al mediului, cât și relațiile acelei populații cu alte populații care aparțin la aceeași specie sau nu. De asemenea, acest parametru reflectă și relațiile din interiorul aceleiași populații, în special cele legate de reproducere, hrănire, teritorialitate și alte verigi comportamentale. Valorile indicilor de distribuție spațială au fost calculați numai pentru populațiile constante și dominante în bentos la stațiile care au fost studiate în mod intensiv, fiind redată în tabelul 7.15.

Speciile analizate au prezentat în majoritatea cazurilor o distribuție grupată, cu câteva excepții, aceasta fiind dovedită prin testele χ^2 , indicele David-Moore și indicele Lewis. Aplicarea testului Green a permis atât compararea gradului de grupare a indivizilor în diferite momente ale anului, cât și a gradului de grupare a indivizilor care aparțin la specii diferite sau a populațiilor de la diferite stații.

La stația Fughiu, specia *Caenis luctuosa* a prezentat în general o distribuție grupată, cu excepția lunii iulie din amândoi anii de studiu. Pentru această perioadă a anului, rezultatele testelor χ^2 , David-Moore și Lewis au condus la concluzia că specia a avut o distribuție de tip randomizat spre uniform. În luna august din anul 1998, această specie și-a păstrat distribuția de tip randomizat, distribuție de asemenea atestată de toți acești indici. Valorile negative ale testelor David-Moore (foarte aproape de valoarea -1 care caracterizează o uniformitate maximă) și ale indicelui Green, aplicate pentru probele colectate în luna iulie 1997, arată de asemenea, această abatere a distribuției de la cea general întâlnită, de tip grupat. În

toate aceste cazuri, densitatea speciei a fost mică, iar indivizii s-au regăsit în probele colectate în efective foarte apropiate ca valori.

Valoarea cea mai mare a indicelui Green, care exprimă gradul cel mai mare de grupare a indivizilor din această specie a fost întâlnită în luna septembrie 1997 (0.64); în anul următor, datorită apelor mari care au caracterizat toamna anului 1998, această specie nu a mai apărut în probe.

Specia *Potamanthus luteus* a prezentat în toate lunile studiate, o distribuție grupată, dovedită prin toți indicii calculați (vezi tabelul 7.15). Gradul de grupare al indivizilor acestei specii exprimat prin indicele Green, crește la începutul și pe parcursul toamnei, fapt dovedit atât în 1997, cât și în 1998, cu excepția momentelor cu ploi mari (luna octombrie 1998).

La stația Cheresig, pentru cele două specii care au fost găsite cu densitățile medii cele mai mari (*Baëtis vernus* și *B. fuscatus*), testarea distribuției spațiale a condus la următoarele concluzii:

⇒ *Baëtis vernus* a fost prezent în probele de bentos cu excepția lunilor iulie 1997, aprilie și septembrie-octombrie 1998, având aproape întotdeauna o distribuție grupată, cu un grad foarte mare de grupare, exprimat prin valori apropiate sau chiar egale cu unitatea în lunile mai și iunie 1998. În două luni, august 1997 și iulie 1998, indicii David-More și Lewis atestă o distribuție întâmplătoare a speciei;

⇒ *Baëtis fuscatus*, a lipsit din probele de bentos recoltate în cinci din cele 12 luni investigate. În mai mult de jumătate din lunile în care specia a fost prezentă, ea a avut o distribuție întâmplătoare, fapt dovedit prin indicii David-Moore și Lewis; în restul lunilor distribuția deși a fost grupată, gradul de grupare al indivizilor a fost mic (vezi tabelul 7.15).

Aceste rezultate, împreună cu constatarea că densitatea speciilor a avut valori foarte mici (*B. vernus* – maximă: 27.27 ind/m², medie: 9.35 ind/m²; *B. fuscatus* - maximă: 60.61 ind/m², medie: 8.2 ind/m²), conduc la concluzia că specia *Baëtis vernus* poate avea la această stație o populație stabilă, care însă are efective extrem de mici, cantonate în anumite zone ale albiei râului, în care își găsește microhabitatul preferențial; pentru *B. fuscatus* în schimb, avansăm ipoteza că nu are o populație stabilă în acest sector de râu, indivizii capturați în mod sporadic în probe provenind din aval de stație, fiind probabil aduși de către drift.

La stația Valea Drăganului, pentru toate cele trei specii investigate, toți indicii calculați au atestat o distribuție agregată, cu diferite grade de grupare a indivizilor,

exprimate prin valori diferite ale indicelui Green (vezi tabelul 7.15). *Habroleptoides modesta* a prezentat în anul 1997 un grad mai ridicat de grupare primăvara și la începutul verii, după care acesta a început să scadă în mod constant, până în luna octombrie. Anul următor, specia nu și-a mai păstrat acest model de dinamică sezonieră a gradului de grupare a indivizilor.

Rhithrogena semicolorata a prezentat același model de dinamică a gradului de agregare a indivizilor, cu o creștere a indicelui Green din primăvară spre vară. Valorile maxime au fost înregistrate în ambii ani în luna iulie, după care acestea au avut un declin spre toamnă.

Ephemerella ignita a prezentat un maxim de agregare al indivizilor în luna mai, din ambii ani. În timpul toamnei, acest grad de agregare a început să scadă, ajungând în anul 1997 la o valoare minimă a indicelui Green de 0.02 pentru luna octombrie; această dinamică s-a păstrat și în toamna anului următor, când după o valoare minimă a indicelui Green de 0.04 pentru luna septembrie, au urmat două luni în care nu a mai putut fi pusă în evidență o dispersie grupată a speciei. Pentru aceste două luni, toți trei indicii (χ^2 , David-Moore și Lewis) au scos în evidență o distribuție randomizată.

La stația Valea Iadului, cele patru specii de efemeroptere care au dominat în bentos au prezentat, cu câteva excepții, o distribuție grupată. Pentru *Baëtis rhodani* și *Ephemerella ignita*, indicele Lewis a evidențiat o distribuție întâmplătoare (iulie 1997) și respectiv, o distribuție întâmplătoare spre uniformă (aprilie 1998). Specia *Baëtis fuscatus*, cu excepția lunilor aprilie și mai 1998 în care nu a fost identificată nici o larvă, a prezentat o distribuție grupată, cu un maxim al indicelui de grupare Green în luna octombrie 1998.

Pentru a compara tipul de distribuție spațială a populațiilor care aparțin la specii diferite a fost utilizat parametrul b din legea lui Taylor, care este independent de mărimea probei, media calculată și de numărul de indivizi din probă (Botnariuc și Vădineanu, 1982). Acest parametru reprezintă coeficientul de regresie sau panta drepte care caracterizează dependența varianței de media aritmetică. A fost calculată ecuația drepte de regresie dintre varianță și medie pentru fiecare specie dominantă la cele patru stații investigate (vezi figurile 7.13-7.23).

Din analiza ecuațiilor de regresie reiese că valorile coeficienților de regresie b pentru toate speciile analizate au prezentat fluctuații cuprinse în intervalul: 1.594 (*Baëtis fuscatus*, Cheresig) și 2.2759 (*Caenis luctuosa*, Fughiu), toate fiind valori

semnificativ mai mari decât unitatea (testul *t-Student*). Aceasta reliefează că distribuția tuturor acestor specii dominante a fost de tip grupată, în intervalul de prelevare 1997-1998.

Pentru a verifica dacă distribuția grupată a unei specii a variat sau nu de la un an la altul, a fost calculată câte o ecuație de regresie pentru fiecare an de studiu, iar testarea diferențelor dintre ani a fost făcută utilizând testul F. Rezultatele acestor analize (tabelul 7.16) evidențiază în mod separat, pentru fiecare an de studiu, o distribuție grupată a indivizilor din toate speciile (valorile coeficienților de regresie *b* fiind semnificativ mai mari decât 1.00, iar coeficienții de corelație *r* sunt cu o sigură excepție peste 91%). Compararea valorilor anuale ale coeficientului de regresie *b*, pentru toate speciile dominante de efemeroptere, au arătat că distribuția spațială nu a diferit semnificativ în anul 1998 față de 1997 ($\alpha < 0.01$); Excepție face numai specia *Baëtis fuscatus* de la Cheresig, a cărei distribuție spațială a fost găsită că diferă semnificativ în cei doi ani ($F = 51.528$, $\alpha < 0.05$), ceea ce vine să confirme ipoteza că această specie nu dezvoltă o populație stabilă la stația aflată aval de Oradea, indivizii capturați în probe provenind din amonte.

Compararea gradului de grupare al indivizilor diferitelor specii dominante la cele patru stații utilizând testul F (Kanji, 1993), la $\alpha < 0.01$ (vezi tabelul 7.17) a condus la următoarele concluzii:

⇒ la 33 dintre cele 54 perechi de specii dominante, gradul de grupare a indivizilor a înregistrat diferențe înalt semnificativ, la un nivel de probabilitate de 99%;

⇒ la stația Fughiu, speciile dominante *Caenis luctuosa* și *Potamanthus luteus* nu diferă semnificativ din punct de vedere al gradului de grupare;

⇒ speciile *Baëtis vernus* și *B. fuscatus* prezente aval de oraș (Cheresig), au avut un grad de grupare care a diferit înalt semnificativ atât între aceste două specii, cât și dacă le comparăm cu toate speciile dominante la Fughiu, V. Drăganului sau V. Iadului; acesta întărește concluzia că la Cheresig, din cauza degradării progresive a apei Crișului aval de oraș, efemeropterele nu mai găsesc condiții propice dezvoltării;

⇒ la Valea Drăganului, speciile care domină nu diferă din punct de vedere al gradului de grupare, cu excepția cuplului de specii: *Habroleptoides modesta* – *Rhithrogena semicolorata*;

⇒ gradul de grupare al indivizilor din specia *Baëtis rhodani* de la Valea Iadului diferă semnificativ de cel al tuturor celorlalte specii dominante de la aceeași stație;

⇒ comparând speciile care sunt comune unor stații din Crișul Repede și afluenți s-a constatat că gradul de grupare al acestora nu diferă semnificativ la un nivel de probabilitate de 99%. Astfel, *Rhithrogena semicolorata* și *Ephemerella ignita* prezintă o distribuție spațială de tip contagios, cu grade de grupare care nu diferă semnificativ în V. Drăganului față de V. Iadului, deși ele diferă din punct de vedere al densității numerice și de biomasă la cele două stații. Aceasta conduce la concluzia că tipul de distribuție spațială este o caracteristică a speciei, populațiile din zone diferite având atât similarități în interacțiunea lor cu mediul, cât și aceleași mecanisme proprii de răspuns. Excepție face specia *Baëtis fuscatus*, a cărui grad de grupare a indivizilor diferă înalt semnificativ la Cheresig față de Valea Iadului, prima stație neoferind speciei condiții de dezvoltare a unei populații stabile.

Tabelul 7.15. Indicii de distribuție spațială pentru speciile dominante din Crișul Repede și afluenții săi, în 1997-1998 ($I = S^2 \sqrt{x}$).

CRÎȘUL REPEDE, stația FUGHIU

Caenis luctuosa	1997					1998						
	VI	VII	VIII	IX	X	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
I	111.88	0.32	22.74	190.98	73.09	1.75	9.70	20.85	0.33	1.00	-	-
I (n-1), testul χ^2	223.76	0.63	45.48	381.96	146.18	3.50	19.40	41.70	0.67	2.00	-	-
T. David-Moore	110.88	-0.68	21.74	189.98	72.09	0.75	8.70	19.85	-0.67	0.00	-	-
Testul Lewis	10.58	0.56	4.77	13.82	8.55	1.32	3.11	4.57	0.58	1.00	-	-
Testul Green	0.26	-0.02	0.14	0.64	0.27	0.05	0.05	0.20	-0.08	0.00	-	-
Potamanthus luteus	1997					1998						
	VI	VII	VIII	IX	X	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
I	15.34	1.80	1.95	119.76	27.87	3.59	31.39	29.10	3.86	7.12	4.43	-
I (n-1), testul χ^2	30.68	3.60	3.89	239.52	55.74	7.17	62.78	58.21	7.72	14.24	8.86	-
T. David-Moore	14.34	0.80	0.95	118.76	26.87	2.59	30.39	28.10	2.86	6.12	3.43	-
Testul Lewis	3.92	1.34	1.40	10.94	5.28	1.89	5.60	5.39	1.97	2.67	2.10	-
Testul Green	0.16	0.06	0.05	0.26	0.23	0.05	0.12	0.33	0.10	0.38	0.57	-

CRIȘUL REPEDE, stația CHERESIG

Baëtis vernus	1997					1998						
	VI	VII	VIII	IX	X	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
I	1.40	-	0.50	5.38	4.43	-	2.00	2.00	1.00	12.67	-	-
I (n-1), testul χ^2	2.80	-	1.00	10.75	8.86	-	4.00	4.00	2.00	25.33	-	-
T. David-Moore	0.40	-	-0.50	4.38	3.43	-	1.00	1.00	0.00	11.67	-	-
Testul Lewis	1.18	-	0.71	2.32	2.10	-	1.41	1.41	1.00	3.56	-	-
Testul Green	0.10	-	-0.50	0.63	0.57	-	1.00	1.00	-	0.69	-	-

Baëtis fuscatus	1997					1998						
	VI	VII	VIII	IX	X	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
I	1.40	-	0.50	-	1.00	-	1.00	1.00	-	10.30	2.00	-
I (n-1), testul χ^2	2.80	-	1.00	-	2.00	-	2.00	2.00	-	20.60	4.00	-
T. David-Moore	0.40	-	-0.50	-	0.00	-	0.00	0.00	-	9.30	1.00	-
Testul Lewis	1.18	-	0.71	-	1.00	-	1.00	1.00	-	3.21	1.41	-
Testul Green	0.10	-	-0.50	-	-	-	-	-	-	0.24	1.00	-

stația VALEA DRĂGANULUI

Habroleptoides modesta	1997						1998							
	V	VI	VII	VIII	IX	X	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
I	15.97	13.50	27.62	187.25	262.80	217.59	10.94	163.53	25.07	368.33	268.81	188.68	850.76	288.44
I (n-1), testul χ^2	207.58	175.46	359.03	2434.28	3153.62	2611.11	109.36	1471.78	250.74	3683.28	2688.07	1886.84	8507.62	2884.38
T. David-Moore	14.97	12.50	26.62	186.25	261.80	216.59	9.94	162.53	24.07	367.33	267.81	187.68	849.76	287.44
Testul Lewis	4.00	3.67	5.26	13.68	16.21	14.75	3.31	12.79	5.01	19.19	16.40	13.74	29.17	16.98
Testul Green	0.15	0.15	0.11	0.10	0.09	0.05	0.07	0.17	0.11	0.35	0.18	0.08	0.19	0.30
Rhithrogena semicolorata	1997						1998							
	V	VI	VII	VIII	IX	X	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
I	19.45	4.38	6.96	4.33	112.62	118.40	24.11	29.69	3.53	10.06	200.01	61.95	248.93	203.97
I (n-1), testul χ^2	252.89	56.96	90.43	56.28	1351.46	1420.80	241.12	267.21	35.28	100.59	2000.12	619.47	2489.34	2039.70
T. David-Moore	18.45	3.38	5.96	3.33	111.62	117.40	23.11	28.69	2.53	9.06	199.01	60.95	247.93	202.97
Testul Lewis	4.41	2.09	2.64	2.08	10.61	10.88	4.91	5.45	1.88	3.17	14.14	7.87	15.78	14.28
Testul Green	0.05	0.06	0.11	0.06	0.08	0.06	0.04	0.10	0.11	0.27	0.22	0.08	0.08	0.07
Ephemerella ignita	1997						1998							
	V	VI	VII	VIII	IX	X	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
I	45.55	89.32	36.63	17.37	3.57	1.58	1.25	282.32	32.03	59.67	9.94	3.33	1.00	1.00

*Evaluarea calității apei râului Crișul Repede utilizând larvele de efemeroptere (Insecta: Ephemeroptera)
ca bioindicatori*

I (n-1), testul χ^2	592.12	1161.13	476.19	225.75	42.89	18.97	12.50	2540.92	320.32	596.71	99.40	33.29	10.00	10.00
T. David-Moore	44.55	88.32	35.63	16.37	2.57	0.58	0.25	281.32	31.03	58.67	8.94	2.33	0.00	0.00
Testul Lewis	6.75	9.45	6.05	4.17	1.89	1.26	1.12	16.80	5.66	7.72	3.15	1.82	1.00	1.00
Testul Green	0.11	0.09	0.04	0.06	0.05	0.02	0.08	0.21	0.06	0.07	0.08	0.04	-	-

stația VALEA IADULUI

Baëtis rhodani	1997						1998							
	V	VI	VII	VIII	IX	X	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
I	24.31	72.76	35.00	52.58	184.44	223.43	64.77	11.33	41.45	155.06	101.18	95.91	7.34	51.45
I (n-1), testul χ^2	316.09	945.94	454.96	683.54	2397.71	2904.64	647.74	101.96	414.54	1550.63	1011.82	959.06	73.35	514.45
T. David-Moore	23.31	71.76	34.00	51.58	183.44	222.43	63.77	10.33	40.45	154.06	100.18	94.91	6.34	50.45
Testul Lewis	4.93	8.53	5.92	7.25	13.58	14.95	8.05	3.37	6.44	12.45	10.06	9.79	2.71	7.17
Testul Green	0.10	0.10	0.06	0.10	0.15	0.37	0.19	0.24	0.15	0.19	0.10	0.13	0.03	0.06
Rhithrogena semicolorata	1997						1998							
	V	VI	VII	VIII	IX	X	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
I	5.62	4.60	1.00	5.45	64.36	96.90	28.13	33.47	7.69	82.36	285.72	77.08	12.70	22.08
I (n-1), testul χ^2	73.04	59.77	13.00	70.90	836.67	1259.69	281.28	301.24	76.94	823.64	2857.16	770.81	126.96	220.83
T. David-Moore	4.62	3.60	0.00	4.45	63.36	95.90	27.13	32.47	6.69	81.36	284.72	76.08	11.70	21.08
Testul Lewis	2.37	2.14	1.00	2.34	8.02	9.84	5.30	5.79	2.77	9.08	16.90	8.78	3.56	4.70
Testul Green	0.09	0.12	0.00	0.08	0.04	0.14	0.12	0.28	0.11	0.68	0.12	0.06	0.04	0.04
Ephemerella ignita	1997						1998							
	V	VI	VII	VIII	IX	X	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI

I	12.31	25.19	46.95	43.39	3.62	19.08	0.60	15.05	111.61	190.53	104.98	11.95	1.92	2.60
I (n-1), testul χ^2	160.06	327.48	610.29	564.03	47.00	248.00	6.00	135.42	1116.09	1905.26	1049.80	119.49	19.20	26.00
T. David-Moore	11.31	24.19	45.95	42.39	2.62	18.08	-0.40	14.05	110.61	189.53	103.98	10.95	0.92	1.60
Testul Lewis	3.51	5.02	6.85	6.59	1.90	4.37	0.77	3.88	10.56	13.80	10.25	3.46	1.39	1.61
Testul Green	0.09	0.02	0.08	0.06	0.06	0.58	-0.10	0.07	0.05	0.19	0.13	0.14	0.23	0.16
Baëtis fuscatus	1997							1998						
	V	VI	VII	VIII	IX	X	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
I	3.76	77.73	10.18	16.20	16.36	5.06	-	-	263.68	20.12	64.48	69.85	7.96	1.98
I (n-1), testul χ^2	48.92	1010.48	132.34	210.54	212.73	65.84	-	-	2636.85	201.23	644.79	698.50	79.62	19.78
T. David-Moore	2.76	76.73	9.18	15.20	15.36	4.06	-	-	262.68	19.12	63.48	68.85	6.96	0.98
Testul Lewis	1.94	8.82	3.19	4.02	4.05	2.25	-	-	16.24	4.49	8.03	8.36	2.82	1.41
Testul Green	0.09	0.03	0.05	0.13	0.03	0.07	-	-	0.13	0.07	0.04	0.16	0.39	0.11

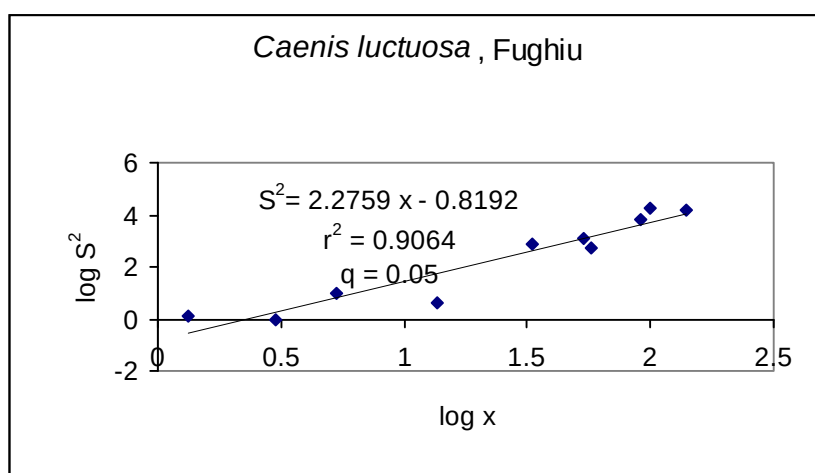


Figura 7. 13. Dreapta și ecuația de regresie a valorilor logaritmăte ale varianței (S^2) și mediei (x) numărului de indivizi, pentru specia *Caenis luctuosa*, la stația Fughiu, 1997-1998.

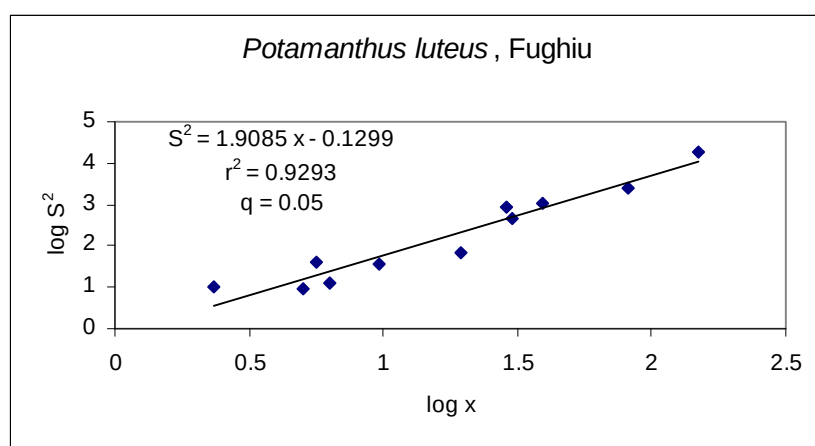


Figura 7. 14. Dreapta și ecuația de regresie a valorilor logaritmăte ale varianței (S^2) și mediei (x) numărului de indivizi, pentru specia *Potamanthus luteus*, la stația Fughiu, 1997-1998.

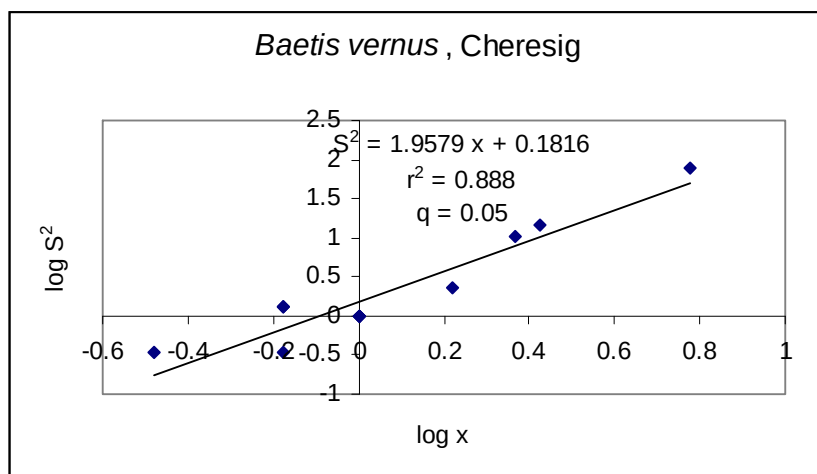


Figura 7. 15. Dreapta și ecuația de regresie a valorilor logaritmăte ale varianței (S^2) și mediei (x) numărului de indivizi, pentru specia *Baetis vernus*, la stația Cheresig, 1997-1998.

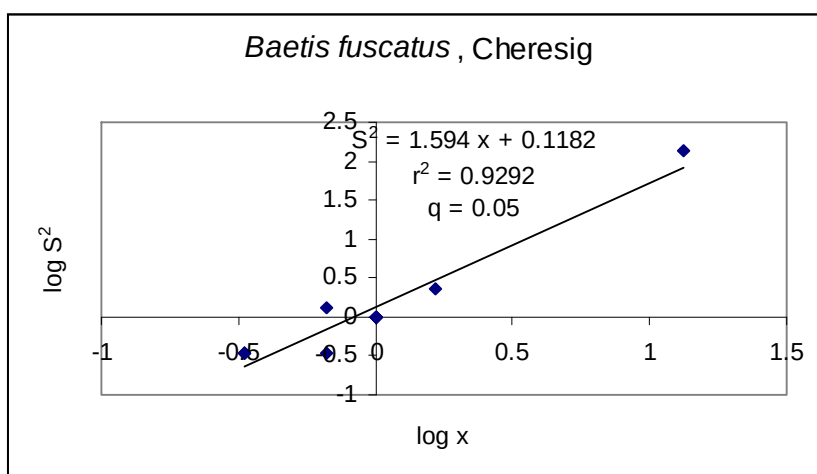


Figura 7. 16. Dreapta și ecuația de regresie a valorilor logaritmăte ale varianței (S^2) și mediei (x) numărului de indivizi, pentru specia *Baetis fuscatus*, la stația Cheresig, 1997-1998.

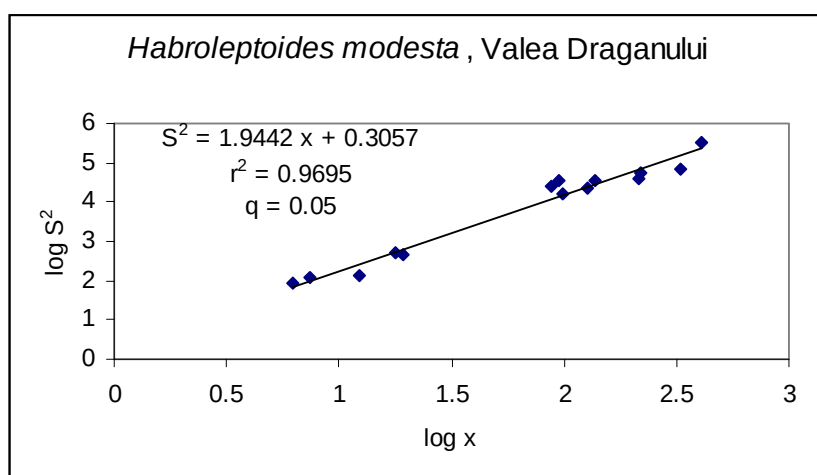


Figura 7. 17. Dreapta și ecuația de regresie a valorilor logaritmăte ale varianței (S^2) și mediei (x) numărului de indivizi, pentru specia *Habroleptoides modesta*, la stația Valea Drăganului, 1997-1998.

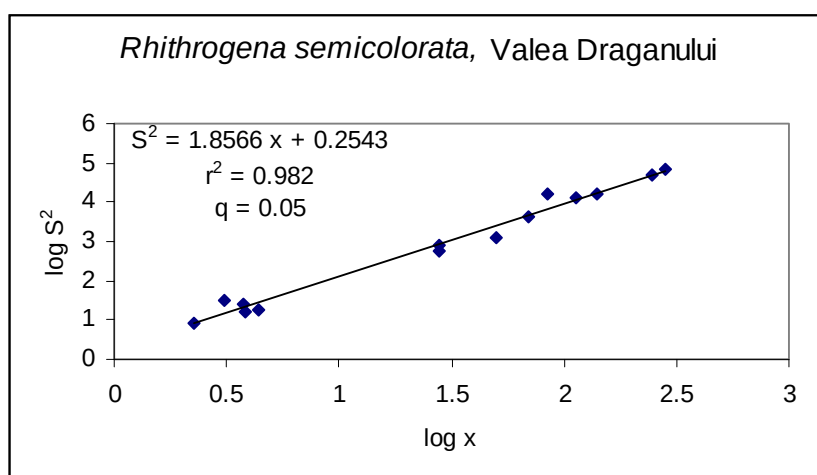


Figura 7. 18. Dreapta și ecuația de regresie a valorilor logaritmăte ale varianței (S^2) și mediei (x) numărului de indivizi, pentru specia *Rhithrogena semicolorata*, la stația Valea Drăganului, 1997-1998.

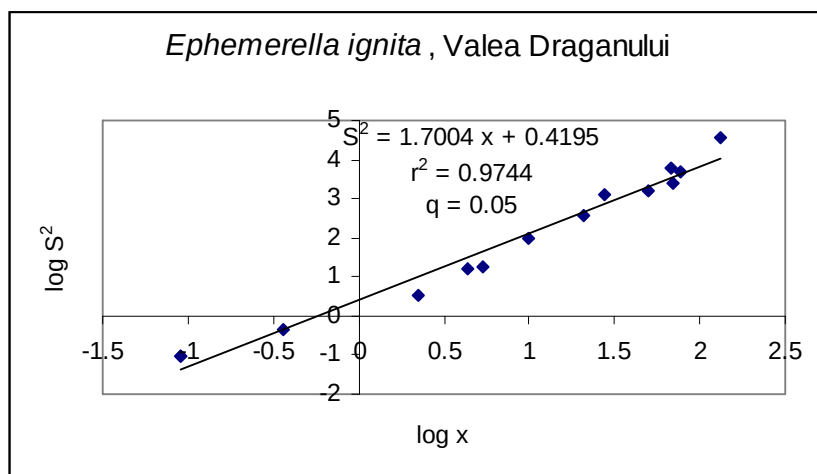


Figura 7. 19. Dreapta și ecuația de regresie a valorilor logaritmice ale varianței (S^2) și mediei (x) numărului de indivizi, pentru specia *Ephemerella ignita*, la stația Valea Drăganului, 1997-1998.

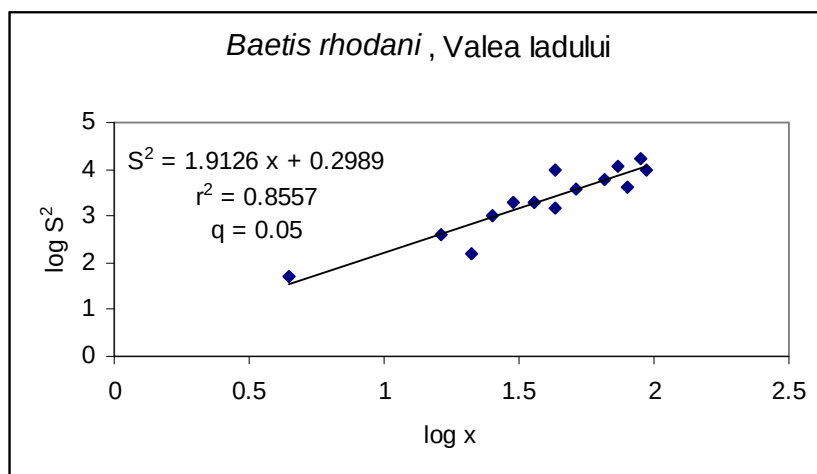


Figura 7. 20. Dreapta și ecuația de regresie a valorilor logaritmice ale varianței (S^2) și mediei (x) numărului de indivizi, pentru specia *Baetis rhodani*, la stația Valea Iadului, 1997-1998.

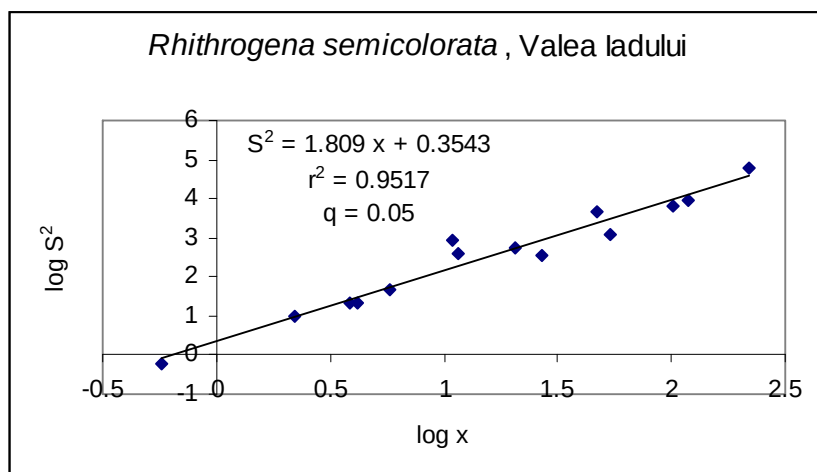


Figura 7. 21. Dreapta și ecuația de regresie a valorilor logaritmăte ale varianței (S^2) și mediei (x) numărului de indivizi, pentru specia *Rhithrogena semicolorata*, la stația Valea Iadului, 1997-1998.

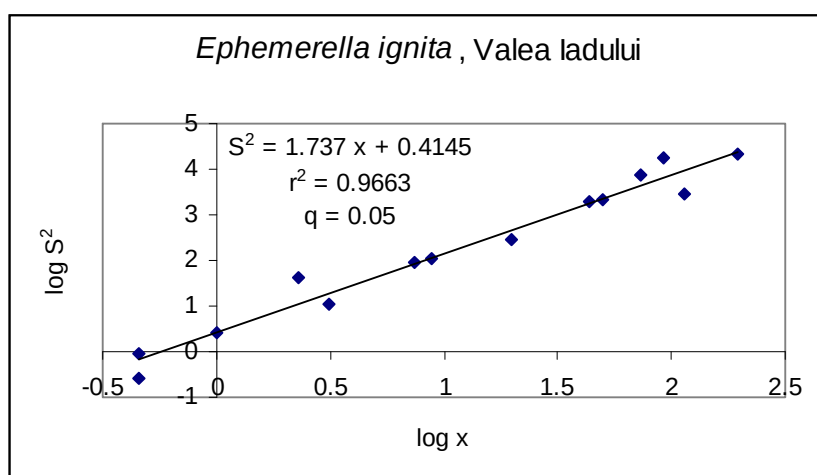


Figura 7. 22. Dreapta și ecuația de regresie a valorilor logaritmăte ale varianței (S^2) și mediei (x) numărului de indivizi, pentru specia *Ephemerella ignita*, la stația Valea Iadului, 1997-1998.

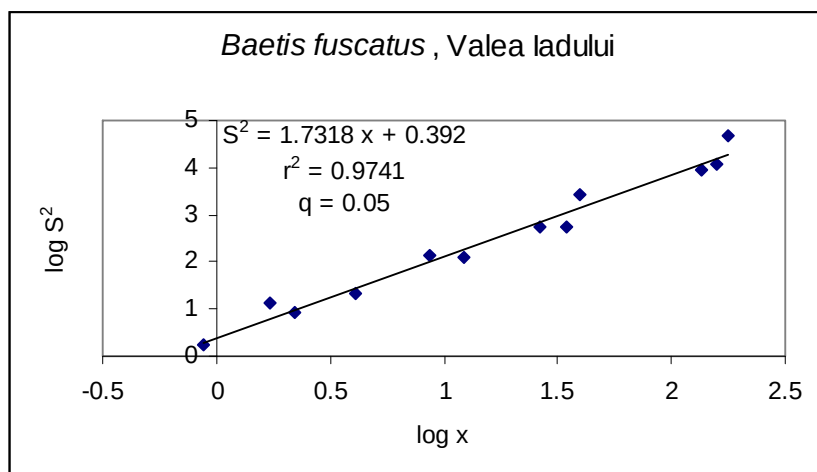


Figura 7. 23. Dreapta și ecuația de regresie a valorilor logaritmăte ale varianței (S^2) și mediei (x) numărului de indivizi, pentru specia *Baetis fuscatus*, la stația Valea Iadului, 1997-1998.

Tabelul 7.16. Parametrii ecuațiilor de regresie dintre varianța (S^2) și media numărului de indivizi (x), calculate anual, pentru speciile dominante din Crișul Repede și afluenții săi (r = coeficientul de corelație; b = coeficientul de regresie; F = valoarea testului F pentru coeficientul de regresie, $\alpha < 0.01$).

<i>Specia / stația</i>	<i>anul</i>	<i>r</i>	<i>Ecuația de regresie</i>	<i>F</i>
<i>Caenis luctuosa</i>	1997	0.99	$S^2 = 3.7552 x - 3.5309$	3.855
Fughiu	1998	0.97	$S^2 = 1.9245 x - 0.4368$	
<i>Potamanthus luteus</i>	1997	0.99	$S^2 = 2.2797 x - 0.6767$	4.029
Fughiu	1998	0.94	$S^2 = 1.5745 x - 0.2851$	
<i>Baëtis vernus</i>	1997	0.99	$S^2 = 2.7114 x - 0.0538$	3.797
Cheresig	1998	0.96	$S^2 = 1.8519 x - 0.2927$	
<i>Baëtis fuscatus</i>	1997	0.91	$S^2 = 1.2663 x - 0.008$	51.528*
Cheresig	1998	0.98	$S^2 = 1.6207 x - 0.1882$	
<i>Habroleptoides modesta</i>	1997	0.99	$S^2 = 1.7793 x + 0.5175$	1.101
Valea Drăganului	1998	0.98	$S^2 = 2.1561 x - 0.0623$	
<i>Rhithrogena semicolorata</i>	1997	0.99	$S^2 = 1.8882 x + 0.1532$	3.161
Valea Drăganului	1998	0.99	$S^2 = 1.8078 x + 0.3776$	
<i>Ephemerella ignita</i>	1997	0.99	$S^2 = 2.0622 x - 0.1196$	2.614
Valea Drăganului	1998	0.99	$S^2 = 1.6705 x + 0.5066$	
<i>Baëtis rhodani</i>	1997	0.89	$S^2 = 2.1724 x - 0.0391$	1.89
Valea Iadului	1998	0.94	$S^2 = 1.8356 x - 0.3572$	
<i>Rhithrogena semicolorata</i>	1997	0.99	$S^2 = 1.8735 x + 0.264$	3.288
Valea Iadului	1998	0.92	$S^2 = 1.6279 x + 0.648$	
<i>Ephemerella ignita</i>	1997	0.96	$S^2 = 1.4126 x + 0.778$	2.531
Valea Iadului	1998	0.99	$S^2 = 1.8405 x + 0.3354$	
<i>Baëtis fuscatus</i>	1997	0.99	$S^2 = 1.6666 x + 0.3522$	1.502
Valea Iadului	1998	0.99	$S^2 = 1.7426 x + 0.4912$	

Tabelul 7.17. Valorile testului F la $\alpha < 0.01$ pentru compararea coeficienților de regresie dintre varianța (S^2) și media numărului de indivizi ($\bar{x}$), pentru speciile dominante din Crișul Repede și afluenții săi, în perioada 1997-1998 (Cl = *Caenis luctuosa*; Pl = *Potamanthus luteus*; Bv = *Baëtis vernus*; Bf = *Baëtis fuscatus*; Hm = *Habroleptoides modesta*; Rs = *Rhithrogena semicolorata*; Ei = *Ephemerella ignita*; Br = *Baëtis rhodani*; F = Fughiu; C = Chersig; D = Valea Drăganului; I = Valea Iadului).

	Cl/F	Pl/F	Bv/C	Bf/C	Hm/D	Rs/D	Ei/D	Br/I	Rs/I	Ei/I	Bf/I
Cl/F											
Pl/F	1.134										
Bv/C	735.7	648.8									
Bf/C	159.7	140.9	4.605								
Hm/D	6.912	7.838	5085	1104							
Rs/D	3.695	4.19	2718	590.2	1.871						
Ei/D	1.409	1.243	521.9	113.3	9.741	5.207					
Br/I	2.826	2.492	260.3	56.52	19.53	10.44	2.005				
Rs/I	1.709	1.938	1257	272.9	4.045	2.162	2.408	4.829			
Ei/I	1.457	1.653	1072	232.8	4.742	2.535	2.054	4.119	1.172		
Bf/I	1.95	2.212	1435	311.9	3.544	1.89	2.749	5.512	1.14	1.338	



Foto 7.1. *Habroleptoides modesta*



Foto 7.2. *Habrophlebia lauta*



Foto 7.3. *Ephoron virgo*



Foto 7.4. *Potamanthus luteus*

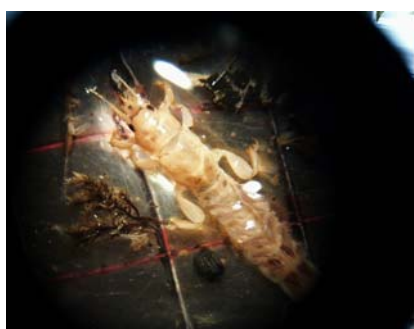


Foto 7.5. *Ephemera danica*



Foto 7.6. *Ephemera danica* (profil)



Foto 7.7. Larvă de *Ephemera danica* din Valea Drăganului parazitată de larvele dipterului chironomid *Epoicocladius ephemerae*.



Foto 7.8. *Ephemerella ignita*



Foto 7.9. *Torleya belgica*



Foto 7.10. *Torleya belgica* din Valea Iadului, camuflată cu colonii de alge.



Foto 7.11. Larvă de *Caenis luctuosa*



Foto 7.12. *Caenis horaria*



Foto 7.13. *Ecdyonurus dispar*



Foto 7.14. *Epeorus sylvicola*



Foto 7.15. *Rhithrogena semicolorata*



Foto 7.16. *Ecdyonurus venosus*



Foto 7.17. *Ecdyonurus* sp. (larvulă)



Foto 7.17. *Baëtis rhodani*

(Foto: Milca Petrovici, 2003)

CAPITOLUL 8

CICLUL DE VIAȚĂ AL SPECIILOR DOMINANTE DE EFEMEROPTERE DIN RÂURILE CERCETATE



În studiile de producție secundară un rol important îl deține cunoașterea ciclului de viață. Aceasta presupune cunoașterea structurii pe dimensiuni a populației, a raporturilor cantitative dintre indivizii de vârste diferite, a duratei de dezvoltare a indivizilor și a numărului de generații dintr-un an. De asemenea, cunoașterea ciclului de viață și a tipului de voltinism sunt importante pentru înțelegerea și explicarea ratei de reciclare a speciei.

Ciclul de viață al efemeropterelor este extrem de diferit, nu doar între specii, ci și în cadrul aceleiași specii, el fiind puternic influențat atât de factorii de mediu (altitudinea, temperatura apei și a aerului, etc.), cât și de factorii intrinseci (competiția intraspecifică pentru hrană, ciclul de viață al prădătorilor/prăzii, etc.).

Pentru a caracteriza structura pe dimensiuni a populațiilor dominante și constante de efemeroptere din Crișul Repede și afluenți, au fost diferențiate pentru fiecare specie clase de dimensiuni cu intervalul de 1 mm. Toate larvele capturate în probele cantitative colectate lunar în sezoanele deschise ale anilor 1997-1998 au fost măsurate și împărțite apoi în clase de dimensiuni, realizându-se astfel structura pe clase de dimensiuni a populațiilor. Aceasta este ilustrată grafic în figurile 8.1-8.22, în care clasele de dimensiuni sunt reprezentate pe abscisă, iar frecvența indivizilor pe ordonată.

8.1. Structura pe clase de dimensiuni a populației, ciclul de viață și tipul de voltinism al speciei *Habroleptoides modesta*

Așa cum a fost pus în evidență și în capitolul 7, *Habroleptoides modesta* a dominat net în fauna de efemeroptere a râului Drăgan în ambii ani de studiu, apărând în probele colectate cu o frecvență de peste 90%.

Dimensiunea minimă la care a putut fi capturată specia a fost de 0.1 mm, iar cea maximă de 9 mm, la această lungime a corpului fiind deja bine conturate aripile în interiorul pterotecilor care își schimbă culoarea devenind negre, larva aflându-se în ultimul stadiu al dezvoltării larvare.

Alcătuind structura pe clase de dimensiuni a populației pe cei doi ani, 1997 și 1998 (figura 8.1 și figura 8.2), se constată prezența în populație în lunile de

primăvară a unor indivizi de talie mare, care au iernat deci, sub formă de larve în ultimele stadii de viață. Fenomenul de emergență a acestor exemplare probabil începe primăvara timpuriu; din pontă depusă de aceste femele începe eclozarea tinerei generații, care începe să ocupe un procent din ce în ce mai mare în cadrul populației. Apariția tinerei generații are loc simultan cu scăderea numărului până la dispariția completă a indivizilor de talie mare. Acest fenomen în anul 1998 a avut loc mai timpuriu decât în anul precedent, în luna mai existând foarte puțini indivizi de talie mare, care au dispărut apoi complet în luna iunie. Prin însumarea temperaturilor medii lunare care au fost peste valoarea de 0 °C [propusă de Allan (1995)], s-a ajuns pentru anul 1998 la valoarea de 66.2 °C; astfel se explică precocitatea fenomenului de emergență din acest an, față de anul 1997 în care această însumare a condus la valoarea de 56.1 °C (Arhivele Institutului de Meteorologie și Hidrologie, filiala Oradea).

Această tânără generație a început să crească pe parcursul lunilor de vară, ajungând în luna noiembrie la dimensiuni mari, acest fapt fiind mai bine evidențiat în anul 1998 în care colectarea de probe a continuat până în luna noiembrie. Aceste rezultate susținute de datele referitoare la dinamica densității numerice și de biomasă prezentate în capitolul 7.7.1, vin să sprijine apartenența speciei *Habroleptoides modesta* în cadrul efemeropterelor cu ciclu de viață univoltin, de tip hiemal (la care iernarea are loc sub formă de larve de talie mare). Deși este o specie cu un areal larg de răspândire în Europa, ea nu a făcut obiectul multor studii asupra ciclului de viață, în literatura consultată neîntâlnindu-se date referitoare la tipul de voltinism al acestei specii.

8.2. Structura pe clase de dimensiuni a populației, ciclul de viață și tipul de voltinism al speciei *Rhithrogena semicolorata*

Deoarece această specie este dominantă în amândoi afluenții Crișului Repede, am realizat structura pe clase de dimensiuni a populațiilor separat pe cele două râuri (vezi figurile 8.3, 8.4, 8.5 și 8.6).

Valea Drăganului

În acest afluent populația a avut o structură pe clase de dimensiuni similară în cei doi ani de studiu, remarcându-se prin iernarea sub formă de larve de talie mică (în jur de 60% din populație situându-se în clasa de dimensiune 1.1-2 mm). Tot în acest moment de toamnă, populația a avut și densitatea cea mai mare (vezi figura 7.7). Deoarece au avut o rată de creștere mică în primele stadii (temperatura

scăzută nefavorizând creșterea), ele au ajuns în primăvara anului următor (aprilie) tot la dimensiuni mici, însă ritmul lor de creștere a fost accentuat de încălzirea apei, astfel încât, spre sfârșitul primăverii și începutul verii au început să apară în populație larvele în ultimul stadiu, care își încep procesul de emergență. Acest fenomen este pus în evidență în graficul 7.7 prin faptul că, în luna mai atât în 1997 cât și în 1998, biomasa înregistrează un prim punct de maxim. Din ouăle depuse de acești adulți începe să eclozeze tânăra generație, moment remarcat în graficele 8.3 și 8.4 încă din luna iulie. Acest fenomen este însă continuu și atinge un maxim în lunile de vară și începutul toamnei (august-septembrie). O lungă perioadă de emergență a fost descrisă la *Rhithrogena semicolorata* și de către Macan (1969), care o consideră în mod similar, o specie univoltină, de iarnă, cu emergența în mai-iunie și cu procesul de eclozare care apare abia din luna august. Datorită acestei tinere generații care începe să apară din ouăle depuse, densitatea speciei atinge spre sfârșitul toamnei valorile maxime.

Valea Iadului

Deși densitatea speciei *Rhithrogena semicolorata* a fost mai mică în Valea Iadului decât cea a populației din Valea Drăganului, așa cum a fost pus în evidență și în capitolul 7.7, analiza de varianță ANOVA a scos în evidență că această diferență nu este semnificativă.

Structura pe clase de dimensiuni a acestei populații este asemănătoare cu cea pentru Valea Drăganului, în ambii ani de studiu, prezentând doar mici diferențe. Astfel, în Valea Iadului s-a remarcat existența în populație a unei proporții mai mare de indivizi de talie mare în lunile de primăvară. Altitudinea mai mică la care se află stația pe acest afluent, comparativ cu cea de pe Valea Drăganului, la care se adaugă un procent de numai 30% de umbră a luciului de apă, contribuie la o încălzire mai rapidă a apei în timpul primăverii, ceea ce determină începerea procesului de emergență mai repede în Valea Iadului decât în Drăgan. În plus, în timpul iernii, deversările ocazionale din barajul Leșul Ursului, ridică temperatura apei cu câteva grade (chiar dacă pentru scurt timp), ceea ce contribuie de asemenea la avansarea creșterii larvelor. În rest, ambele populații prezintă același model de ciclu de viață, fiind deci specie univoltină de tip hiemal, petrecându-și sezonul de repaus rece sub formă de larve de talie mică.

Céréghino și Lavandier (1998) lucrând pe un râu din Pirinei, Franța, care este de asemenea influențat de deversările din baraj, au găsit pentru *Rhithrogena semicolorata*, de asemenea model de tip univoltin de tip hiemal. La stația aflată în

amonte de baraj, juvenilii acestei specii au apărut în bentos în luna august și au crescut până la sfârșitul toamnei. În timpul sezonului rece, larvele și-au încetinit ritmul creșterii, aceasta fiind reluată și accentuată în timpul primăverii. Pentru stațiile aflate în aval de baraj cei doi autori au constatat că deversările de apă mai rece din timpul verii au produs o apariție întârziată a larvelor (luna septembrie), care și-au continuat însă creșterea pe tot parcursul iernii, fenomen favorizat de creșterea temperaturii apei în sezonul rece cu câteva grade, datorită deversărilor din profundul lacului de acumulare.

Această specie a mai fost definită tot ca și univoltină de tip hiemal și de către Breitenmoser-Würsten și Sartori (1995), care au studiat ciclul de viață al unei populații din râul Saane (Elveția). În mod similar cu aceste rezultate au fost și cele ale Brooker și Morris (1978) Hefti și Tomka (1990), Müller-Liebenau (1966), Wise (1980). Studeman și colaboratorii săi (1986), de asemenea atribuie un caracter univoltin speciei, cu mențiunea că fiind o specie sensibilă, ea dispăre în porțiunile regularizate ale râurilor.

De menționat este faptul că, în condiții de laborator a fost obținut procesul de emergență la o temperatură a apei de 21.5 °C, în decurs de două zile de la aducerea larvelor în laborator. Acest proces a fost avansat de temperatura mai mare a apei din sistem, comparativ cu cea din râu la data colectării larvelor (21 °C și respectiv, 15 °C). Captivitatea și stresul transportului au contribuit de asemenea, la urgentarea emergenței, deoarece larvele nu au mai crescut la dimensiunea maximă observată în natură și în cadrul probelor colectate; astfel, cămășile pupale lăsate în urma emergenței adulților au măsurat numai 10.8 mm.

8.3. Structura pe clase de dimensiuni a populației, ciclul de viață și tipul de voltinism al speciei *Ephemerella ignita*

Această specie oportunistă a cărei răspândire este în continuă expansiune în detrimentul altor specii sensibile la schimbările calității apei din râuri, a fost găsită ca fiind a treia specie dominantă în amândoi afluenții Crișului Repede. Densitatea medie a speciei a fost mai mare în râul Iad decât în râul Drăgan (vezi tabel A.1.1, din anexe), însă după cum reiese și din capitolul 7.7.1, analiza de varianță a densităților medii lunare (ANOVA) nu a scos în evidență diferențe semnificative între cele două stații, atât în anul 1997 cât și în 1998.

Histogramele reprezentând structura pe clase de dimensiuni a populațiilor din Valea Drăganului și Valea Iadului care au fost ridicate pe baza măsurătorilor a

peste 2000 larve în fiecare an (figurile 8.7, 8.8, 8.9 și 8.10) scot în evidență un ciclu de viață univoltin, cu o perioadă de emergență a adulților în lunile iulie-septembrie pentru Drăgan și iunie-septembrie pentru râul Iad. De menționat că absența din figura 8.8 a reprezentării lunii noiembrie se datorează faptului că în probele recoltate în acel timp nu au fost prezente larvele acestei specii.

Pentru ambele stații este evident faptul că marea majoritate a larvelor din primele stadii de viață apar în populație în decursul primăverii, aceasta corespunzând lunii mai din amândoi anii de studiu. Această constatare conduce la concluzia că populația petrece sezonul rece sub formă de ouă, concluzie la care au ajuns și Studemann și colaboratorii săi (1986), pentru populația dintr-un râu elvețian, precum și Alba-Tercedor (1990b) pentru mai multe râuri în Spania. Aceste date sunt similare și cu cele obținute de Céréghino și Lavandier (1998), care în mod asemănător descrie această specie pentru Franța ca fiind univoltină, cu o lungă perioadă de diapauză a ouălor între lunile noiembrie și iunie. Altitudinea mai înaltă la care cei doi au efectuat studiile a condus la decalajul față de populațiile din studiul de față, la care marea majoritate a larvelor apar în luna mai. Tot pentru luna mai sau începutul lunii iunie semnalează și Macan (1969) procesul de eclozare a ouălor, urmat de o dezvoltare accelerată a larvelor care își definitivează ciclul de viață într-o lună, două; astfel, la începutul lunilor de toamnă (septembrie), doar câteva exemplare răzlețe au mai putut fi capturate în probe.

Conform graficelor din figurile 8.7 și 8.8 o foarte mică parte din populația din râul Drăgan a ajuns abia în luna octombrie a anului 1997 la dimensiunile maxime, zborul lor având loc sau în acel moment, sau în primăvara anului 1998. Acest fenomen nu a fost pus în evidență pentru populația din Valea Iadului. Pentru aceasta în schimb, graficele din figurile 8.9 și 8.10, sugerează apariția în lunile de toamnă (octombrie 1997 și octombrie-noiembrie 1998) a unei tinere generații care cel mai probabil că provine din ouăle depuse de primii adulți care au emers la începutul verii aceluiași an. Acest eșantion de indivizi este însă în cantitate foarte mică, reprezentând aproape în totalitate specia în probele colectate în toamna anului 1998. Eclozarea acestor indivizi din ouăle depuse în timpul verii este susținută de constatările lui Thibault (1971) și Elliott (1978), care raportează o perioadă minimă de diapauză de două luni pentru ouăle acestei specii. Prezența în populație a unei a doua generații, chiar în cantitate extrem de mică, a fost de asemenea sugerată de către Pleskot (1958), Hynes (1961), Elliott (1967, 1978), Wise (1980), Rosillon (1986). Alba-Tercedor (1990b), deși a pus în evidență pentru luna

octombrie o a doua generație (chiar și în cantitate foarte mică), consideră că în mod cert, aceasta nu va putea supraviețui lunilor de iarnă.

Pentru România, Miron (1959) descrie specia *Ephemerella ignita* ca având perioada de zbor cuprinsă între sfârșitul lunii iunie și mijlocul lunii septembrie, temperatura optimă de roire fiind în jurul valorii de 18 °C.

8.4. Structura pe clase de dimensiuni a populației, ciclul de viață și tipul de voltinism al speciei *Baëtis rhodani*

Similar speciei anterioare, *Baëtis rhodani* este una dintre cele mai oportuniste specii de efemeroptere, ea luând locul multor specii sensibile în momentul în care calitatea apei se degradează în urma lucrărilor hidroenergetice sau în urma încărcării apei cu substanțe poluante.

Această specie a dominat în cadrul faunei de efemeroptere a râului Iad, în ambii ani de studiu. Deși ea nu a fost specie dominantă și pentru râul Drăgan, pentru comparație, a fost realizată structura pe clase de dimensiuni a populațiilor din ambii afluenți ai Crișului Repede (figurile 8.11, 8.12, 8.13 și 8.14).

Densitatea speciei a fost mai mare în râul influențat de baraj, însă analiza de varianță (ANOVA) nu a scos în evidență că această diferență ar fi fost semnificativă (vezi capitolul 7.7) Unii autori (Armitage, 1976; Lillehammer și Saltveit, 1984; Raddum și Fjellheim, 1993) au găsit în mod similar, o creștere a densității și a dominanței speciei *Baëtis rhodani* în râurile cu albia regularizată sau în cele aflate aval de un baraj de acumulare. Studiind efectele regularizării unui râu submontan asupra comunității de efemeroptere, Derka (1998) a găsit, de asemenea, o dominanță netă a speciei *B. rhodani*, care în decurs de trei ani a ajuns să aibă o densitate de 50 de ori mai mare.

Fiind specia cu cea mai mare abundență în regiunea paleartică (Clifford, 1980), a fost subiectul pentru multe studii asupra ciclului de viață și tipul de voltinism (Andersen *et al.*, 1978; Benech, 1971, 1972, Benech și Vignes, 1972; Bengtsson, 1973; Bretsch, 1965; Elliott, 1967; Ghetti *et al.*, 1979; Harker, 1952; Humpesch, 1979; Landa, 1968; Larsen, 1968; Macan, 1957, 1970, 1980; Pleskot, 1958, 1961; Sander, 1981; Sowa, 1979; Thibault, 1971; Thorup, 1963, 1973). Marea majoritate a acestor autori au descris un ciclu de viață bivoltin, însă există și menționări de una sau trei generații în decursul unui an. La plasticitatea ecologică a acestei specii, o contribuție importantă o aduce existența unui domeniu foarte

larg al temperaturii de eclozare, cuprins între 0 și 27.5 °C, precum și un succes foarte mare al eclozării, de 99% (Benech și Vignes, 1972).

În Valea Iadului, *Baëtis rhodani* apare ca având un ciclu de viață bivoltin (figurile 8.13 și 8.14). Astfel, generația care a petrecut iarna sub formă de larve de dimensiuni mari, își începe procesul de emergență în lunile de primăvară (aprilie-mai). Acest moment este evidențiat și prin scăderea densității acestei specii atât ca și număr de indivizi, cât mai ales ca biomasă (vezi figura 8.9). Din ouăle depuse de această generație încep să eclozeze începând cu luna iunie, larvulele care vor forma o a doua generație, cea de vară. Procesul de ecloziune continuă până spre toamnă, moment în care are loc o a doua roire (lunile septembrie-octombrie), în urma căreia se va forma generația de iarnă. Macan (1969) a scos în evidență, în mod similar, existența a două generații, una de iarnă care crește încet pe tot parcursul sezonului rece, și una de vară, a cărei creștere este accelerată în lunile călduroase de vară.

Prezența larvelor de dimensiuni mici aproape în toată perioada investigată de timp, este o dovadă a polivoltinismului acestei specii, care prezintă în mod sigur cel puțin două generații pe an. Această teorie a fost confirmată și de către Alba-Tercedor (1984), însă Brittain (1982) susține că, prezența larvelor mici tot timpul anului se datorează dezvoltării foarte lente a acestora, mai degrabă decât a unei lungi perioade de eclozare; el își argumentează teoria cu constatarea că, la *B. rhodani* majoritatea ouălor își termină perioada de incubare în mai puțin de 5 zile, în condițiile unei temperaturi de peste 5 °C. Pentru Valea Iadului, existența a (cel puțin) două perioade în care au fost găsite în probe nimfe cu pterotecile foarte bine dezvoltate și negre, gata de a emerge, confirmă existența unui ciclu de viață bivoltin.

În Valea Drăganului această specie prezintă un ciclu de viață similar, cu mențiunea că aici, momentul care marchează o creștere bruscă a densității numerice a speciei datorită ecloziunii în masă a tinerei generații este în luna iulie, spre deosebire de Valea Iadului, unde acest fenomen are loc în luna august.

Aceste rezultate care atestă pentru specia *Baëtis rhodani* din afluenții Crișului Repede un ciclu de viață bivoltin, cu lungi perioade de zbor, de depunere a ouălor și de eclozare a larvulelor, a fost descrisă și de Céréghino și Lavandier (1998) pentru un râu din Franța, influențat și el în mod similar Văii Iadului de către deversări din baraj.

8.5. Structura pe clase de dimensiuni a populației, ciclul de viață și tipul de voltinism al speciei *Caenis luctuosa*

Ca la majoritatea speciilor din familia Caenidae, ciclul de viață al speciei *Caenis luctuosa* este foarte flexibil, depinzând într-o foarte mare măsură de condițiile locale ale habitatului (Clifford, 1982). Astfel, ea a fost raportată ca fiind univoltină în condițiile unei latitudini mari, sau în regiuni muntoase (Brittain, 1974; Alba-Tercedor, 1981; Mol, 1983), în timp ce pentru Europa Centrală, Landa (1968) o descrie ca fiind bivoltină, cu o generație de iarnă și una de vară. Pentru populațiile cantonate în râurile din regiunile semiaride ale sudului Spaniei, Perán și colaboratorii săi (1999) remarcă un multivoltinism dat de existența a patru generații care au un timp foarte scurt de dezvoltare (între 90 și 210 zile).

Tot pentru Spania (regiunea de SE), Puig (1999) descrie această specie ca fiind multivoltină, prezentând o generație care eclozează primăvara devreme și își definitivează ciclul de viață în timpul aceleiași veri; din ouăle depuse de aceste exemplare, i-a naștere o a doua generație care este alcătuită din mai multe cohorte, în urma unui proces de ecloziune diferențiată care se întinde pe tot parcursul verii. Această din urmă generație își petrece iarna sub formă de larve de talie mare, care vor emerge în primăvara viitoare.

În Crișul Repede specia *Caenis luctuosa* a fost găsită dominantă la stația Fughiu, în ambii ani de studiu, din punct de vedere al densității numerice; luând în considerare datele de biomasă, această specie este depășită doar de *Potamanthus luteus*, a cărui larve sunt de talie mult mai mare decât *Caenis luctuosa*.

Această specie a fost prezentă și aval de Oradea, însă analiza de varianță (ANOVA) a scos în evidență diferențe distinct semnificative între densitățile celor două populații (vezi capitolul 7.7). Testarea prin același test a densităților speciei de la stația Fughiu, pentru cei doi ani de studiu, a scos în evidență diferențe semnificative. Aceasta se datorează pe de-o parte faptului că perioadele de colectare a probelor au fost diferite în 1997 față de 1998, fiind incluse luni diferite în care densitatea depindea de momentul în cadrul ciclului de viață în care se afla specia; pe de altă parte, lunile septembrie și octombrie din anul 1998 datorită apelor foarte mari, au putut fi colectate numai probe din imediata vecinătate a malului.

Chiar și în condițiile descrise mai sus, realizarea structurii pe clase de dimensiuni a populației (figurile 8.19 și 8.20) a scos în evidență apariția în probele colectate în luna mai (1998) a larvelor aflate în ultimul stadiu, cu pterotecile deja

negre, care se presupune că au iernat la dimensiuni mari. Acest moment este sincronizat cu o creștere a densității datorată intrării în populație a unui procent mare de larve în primele stadii viață. Acest fenomen a continuat și în lunile care au urmat, până în toamnă, fapt pus în evidență mai ales în anul 1997 când condițiile meteorologice au permis colectarea de probe semnificative în lunile de toamnă. Din aceste motive, este nesigur tipul de voltinism al acestei specii, aceasta putând avea un ciclu de viață bivoltin, cu o generație de iarnă și una de vară. Însă existența unei perioade lungi de emergență, depunere a ouălor și ecloziune, ar putea face posibilă prezența mai multor cohorte în timpul verii.

8.6. Structura pe clase de dimensiuni a populației, ciclul de viață și tipul de voltinism al speciei *Potamanthus luteus*

Datele din literatură cu privire la ciclul de viață și voltinismul lui *Potamanthus luteus* sunt foarte puține, deoarece nu este o specie frecvent întâlnită. Totuși, la Fughiu a realizat în 1997 și 1998 populații cu densități mari, atât în termeni numerici, cât și de biomasă, ceea ce a făcut posibilă structurarea pe clase de dimensiuni a populației prezentată grafic în figurile 8.21 și 8.22.

Fenomenul de emergență începe pentru această specie la sfârșitul primăverii și este caracteristic lunilor iunie și iulie, când părăsirea mediului acvatic de către acești indivizi este evidențiată prin scăderea progresivă a densității. Din ouăle depuse de această generație apare la sfârșitul verii și mai ales la începutul toamnei o nouă generație. Aceasta prezintă un ritm rapid de creștere în timpul toamnei, astfel încât o mare parte dintre indivizi ajung în luna octombrie la dimensiuni mari, la care și iernează. Larvele care supraviețuiesc iernii își continuă creșterea în primăvara anului următor, din ele rezultând adulții care vor emerge la începutul verii. Din figura 8.22 lipsesc datele din lunile octombrie, iar cele pentru luna septembrie provin din probe colectate în regim de viitură. Toate aceste rezultate vin în sprijinul afirmației că *Potamanthus luteus* în condițiile de la stația Fughiu are un ciclu de viață univoltin de tip hiemal, la care iernarea are loc sub formă de larve de dimensiuni mari. Acest model a fost descris și de către Macan (1970), Studemann *et al.* (1986) și Schoenemund (1930).

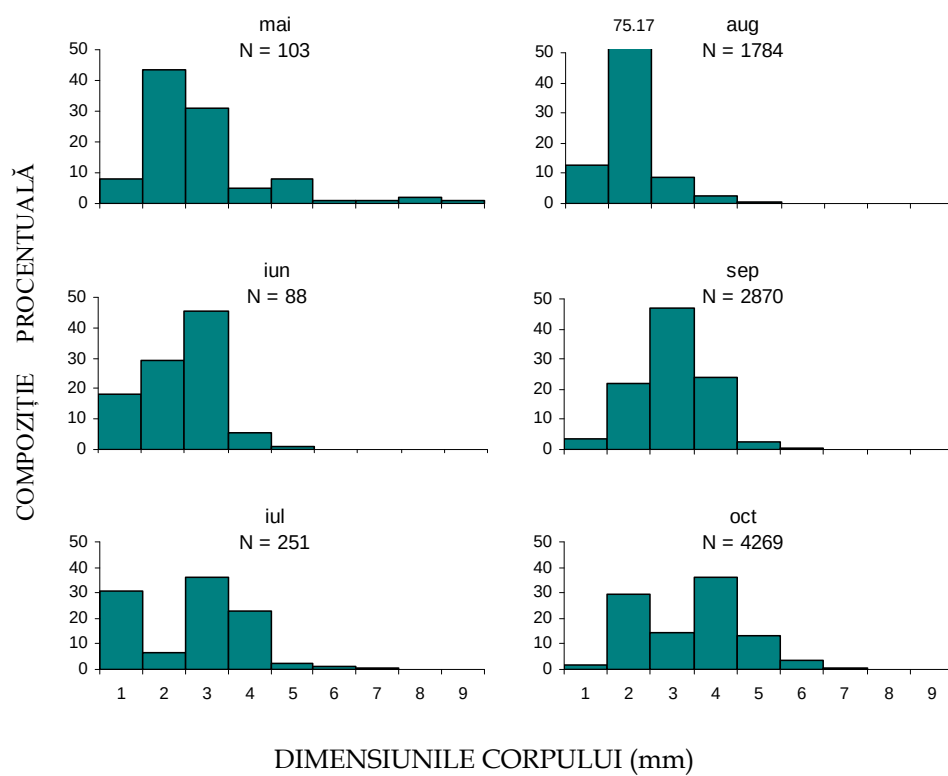


Figura 8.1. Structura pe clase de dimensiuni a populației speciei *Habroleptoides modesta* din Valea Drăganului, în anul 1997 (N = 9365)

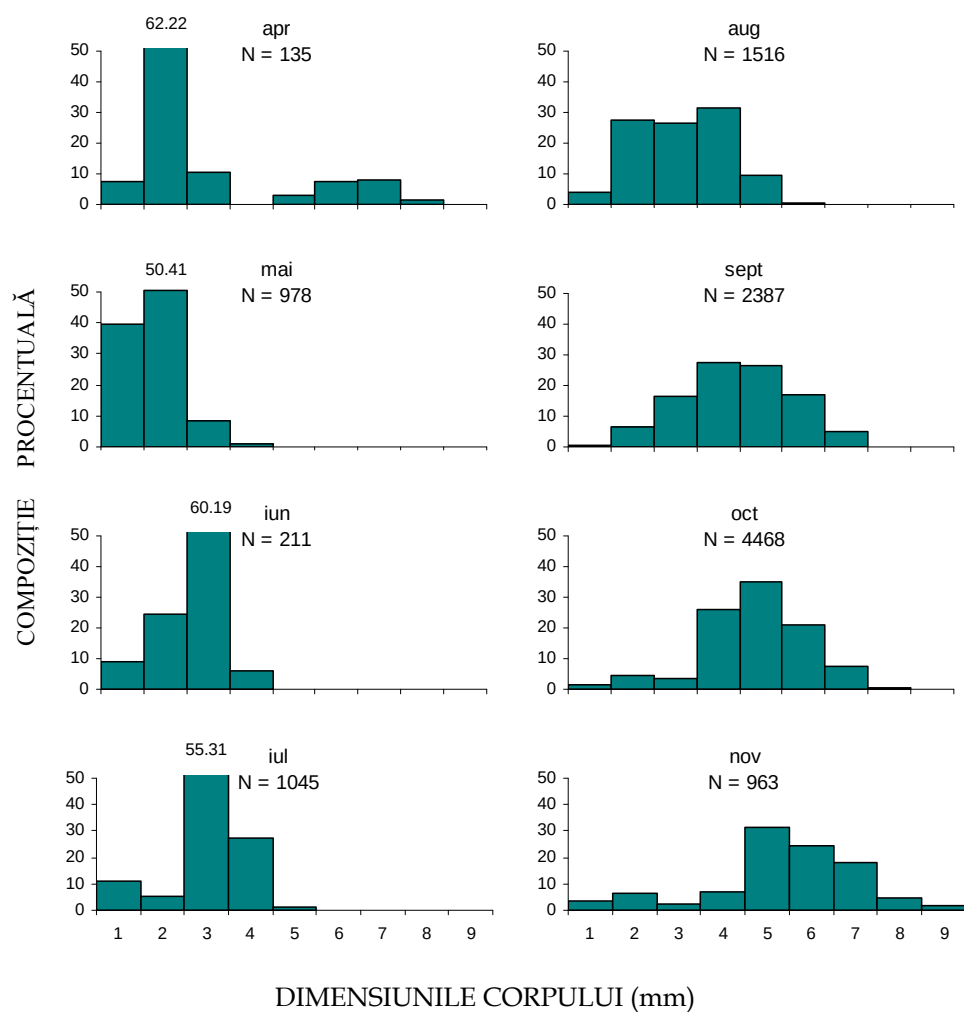


Figura 8.2. Structura pe clase de dimensiuni a populației speciei *Habroleptoides modesta* din Valea Drăganului, în anul 1998
(N = 11903)

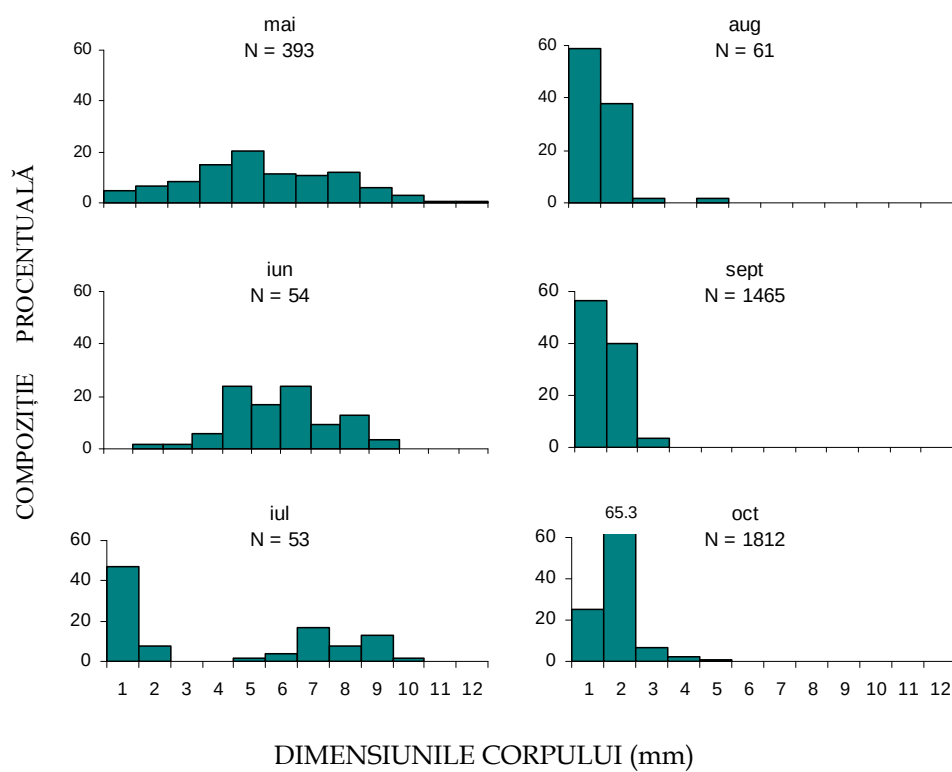


Figura 8.3. Structura pe clase de dimensiuni a populației speciei *Rhithrogena semicolorata* din Valea Drăganului, în anul 1997 (N = 3838)

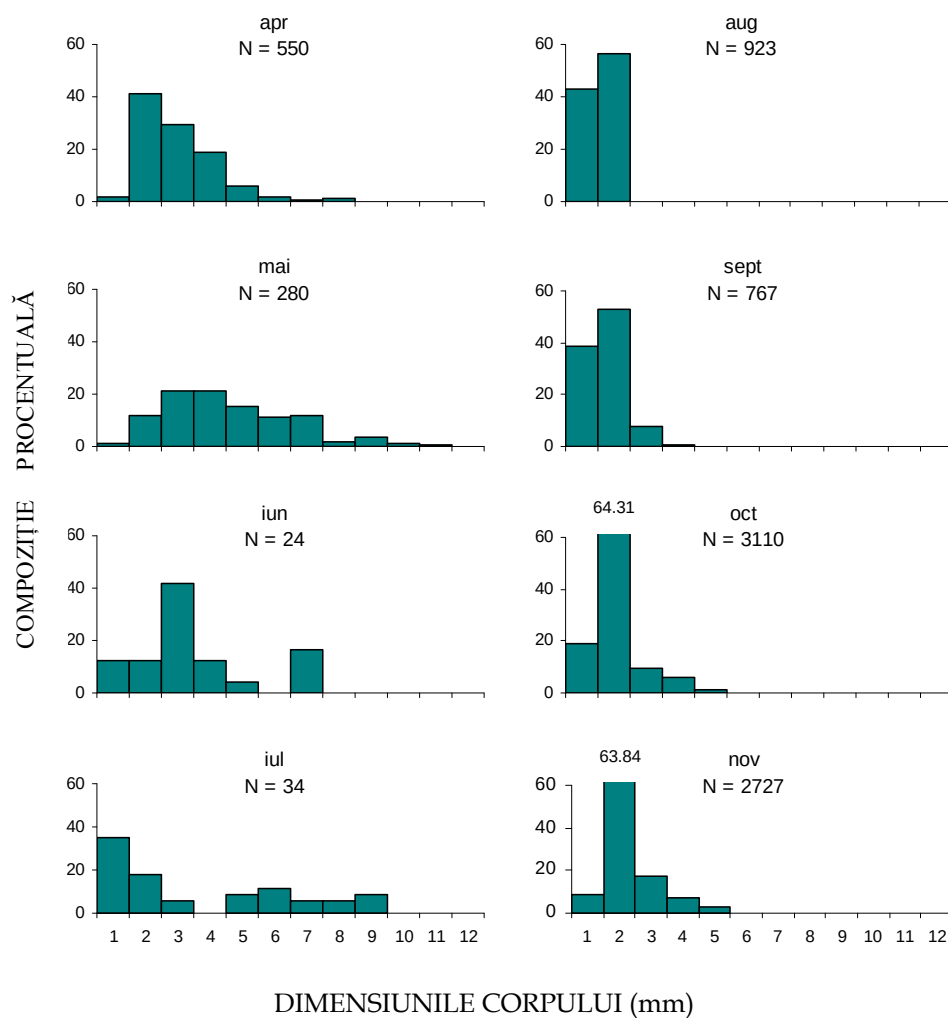


Figura 8.4. Structura pe clase de dimensiuni a populației speciei *Rhithrogena semicolorata* din Valea Drăganului, în anul 1998 (N = 8415)

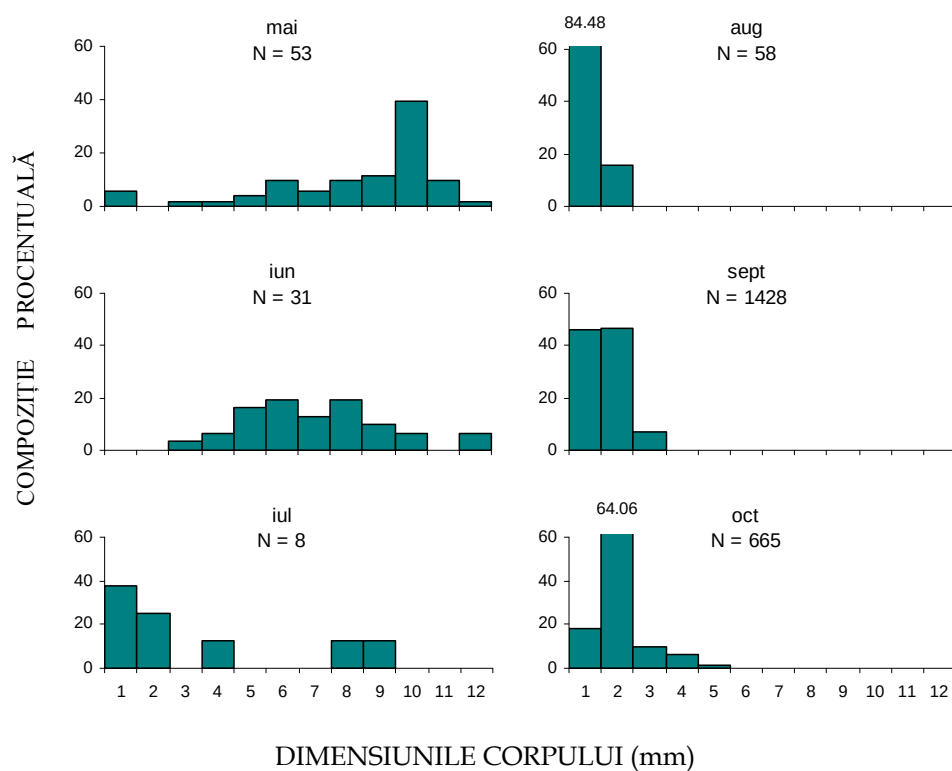


Figura 8.5. Structura pe clase de dimensiuni a populației speciei *Rhithrogena semicolorata* din Valea Iadului, în anul 1997
(N = 2243)

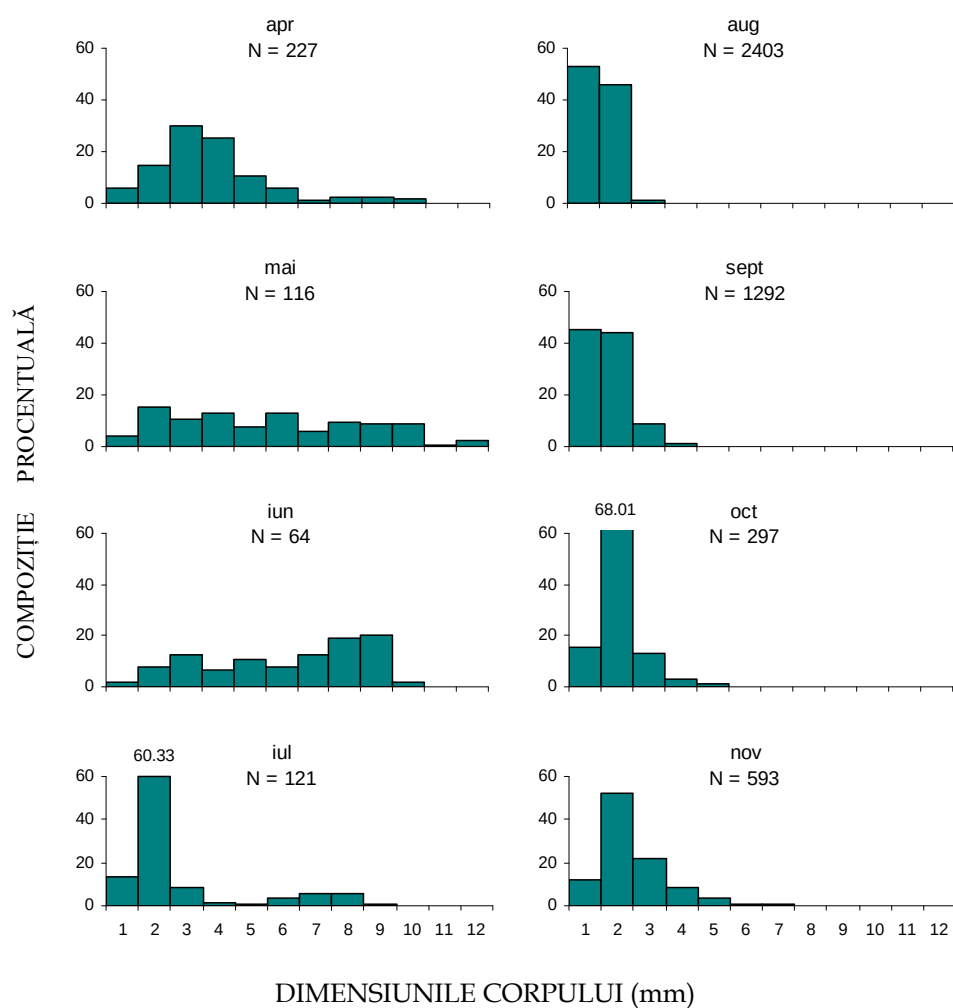


Figura 8.6. Structura pe clase de dimensiuni a populației speciei *Rhithrogena semicolorata* din Valea Iadului, în anul 1998 (N = 5113)

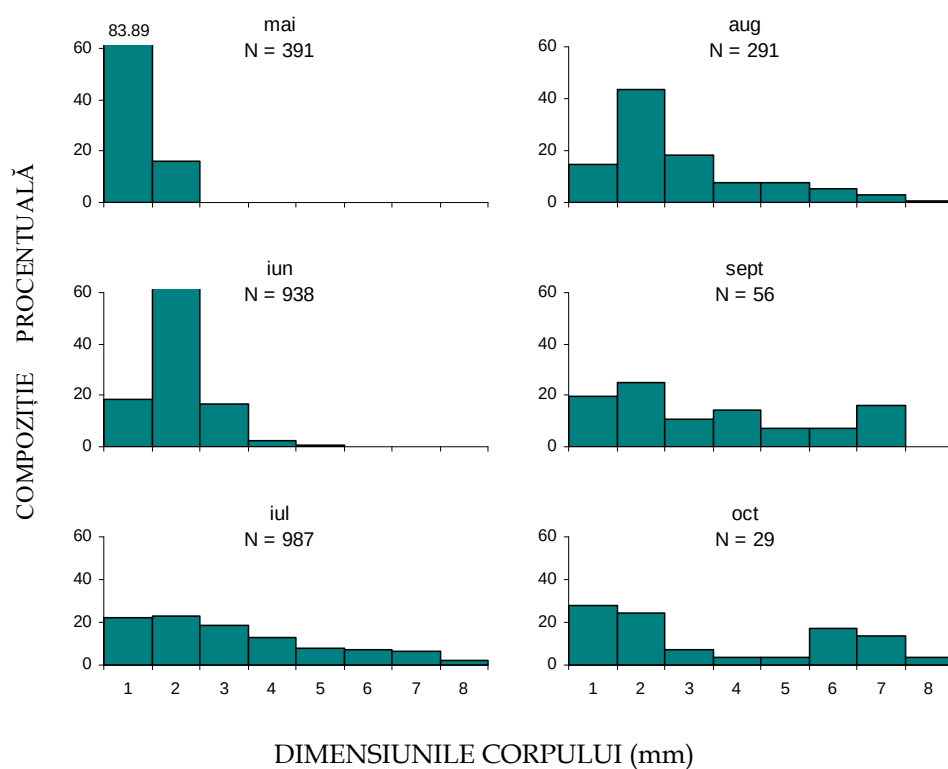


Figura 8.7. Structura pe clase de dimensiuni a populației speciei *Ephemerella ignita* din Valea Drăganului, în anul 1997 (N = 2692)

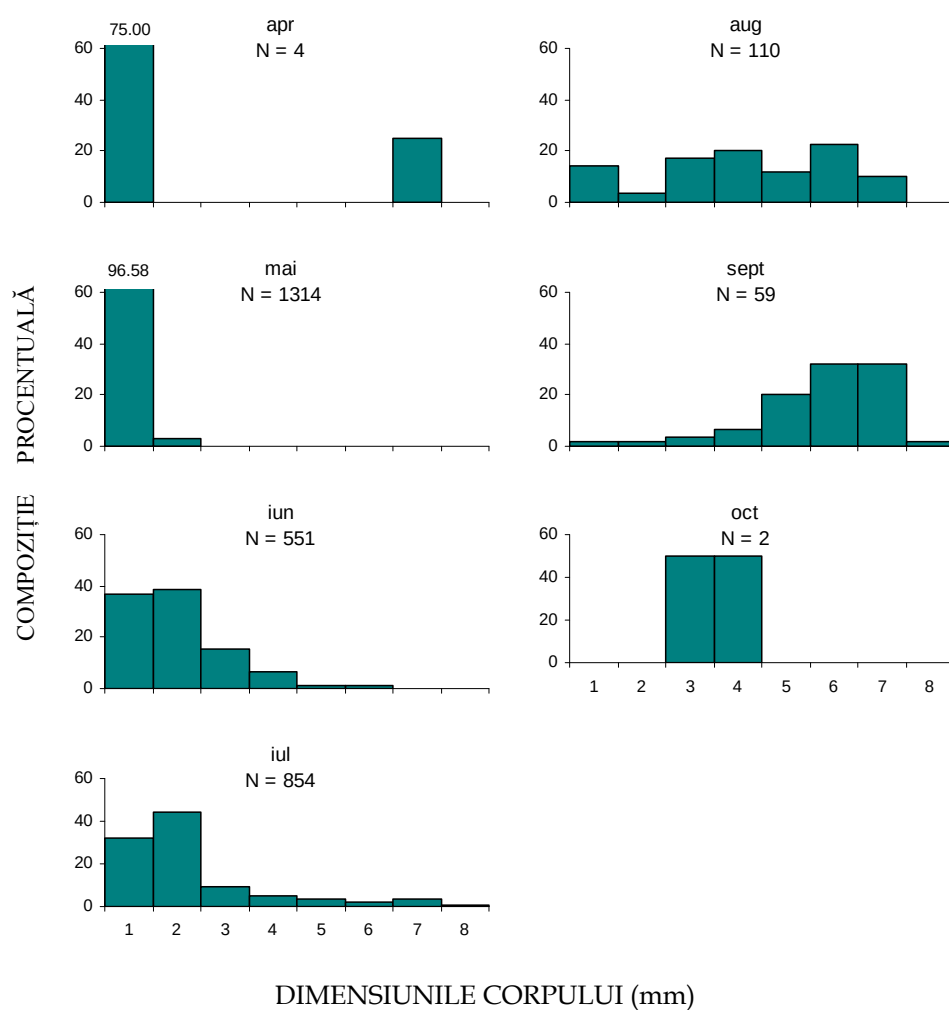


Figura 8.8. Structura pe clase de dimensiuni a populației speciei *Ephemera ignita* din Valea Drăganului, în anul 1998 (N = 2040)

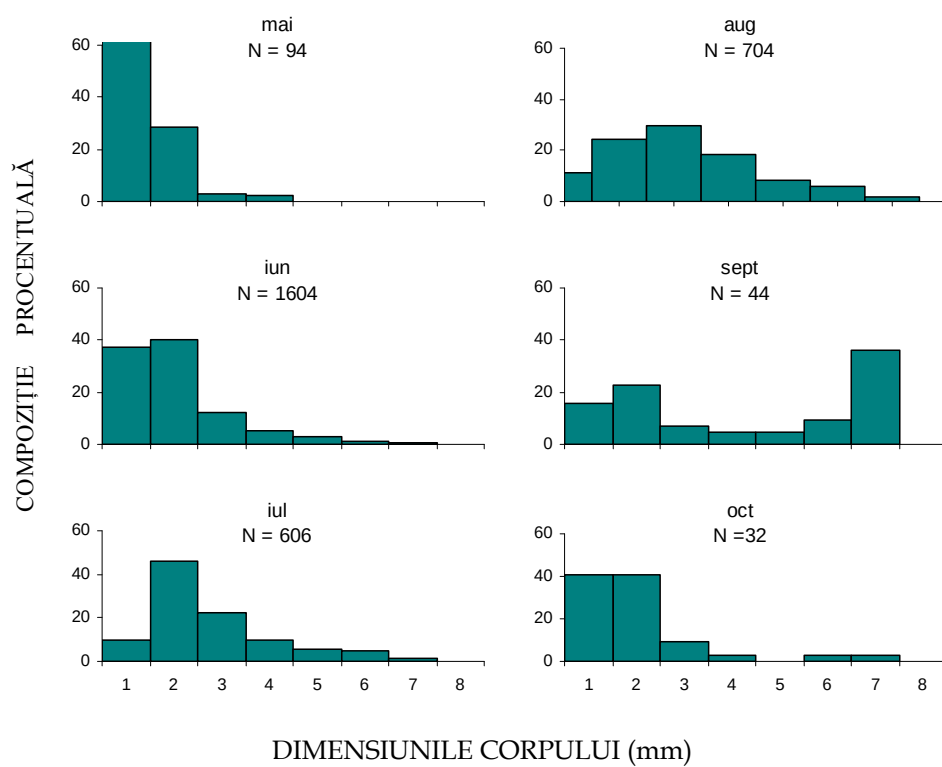


Figura 8.9. Structura pe clase de dimensiuni a populației speciei *Ephemerella ignita* din Valea Iadului, în anul 1997 (N = 3084)

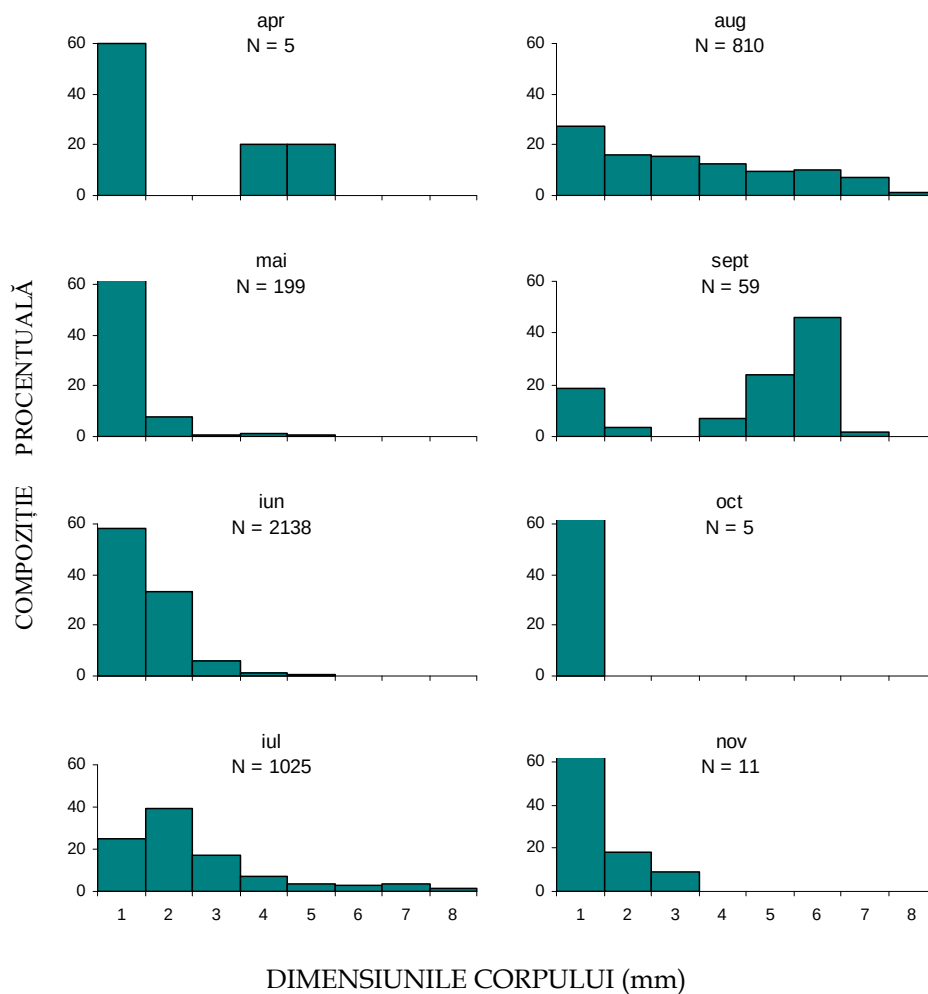


Figura 8.10. Structura pe clase de dimensiuni a populației speciei *Ephemerella ignita* din Valea Iadului, în anul 1998
(N = 4252)

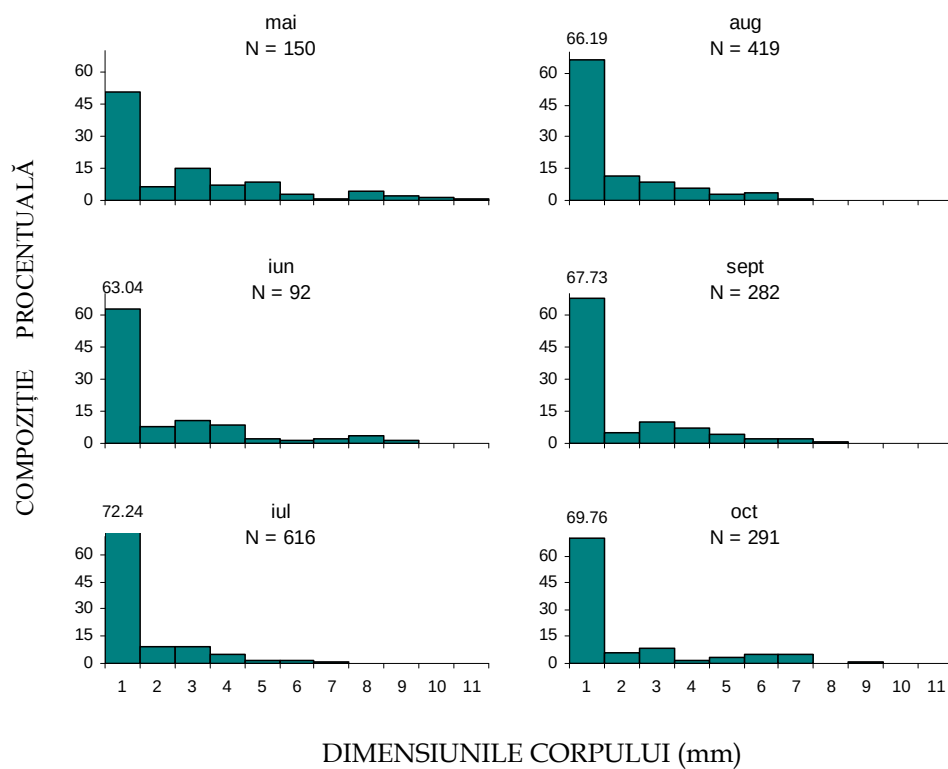


Figura 8.11. Structura pe clase de dimensiuni a populației speciei *Baëtis rhodani* din Valea Drăganului, în anul 1997
(N = 1850)

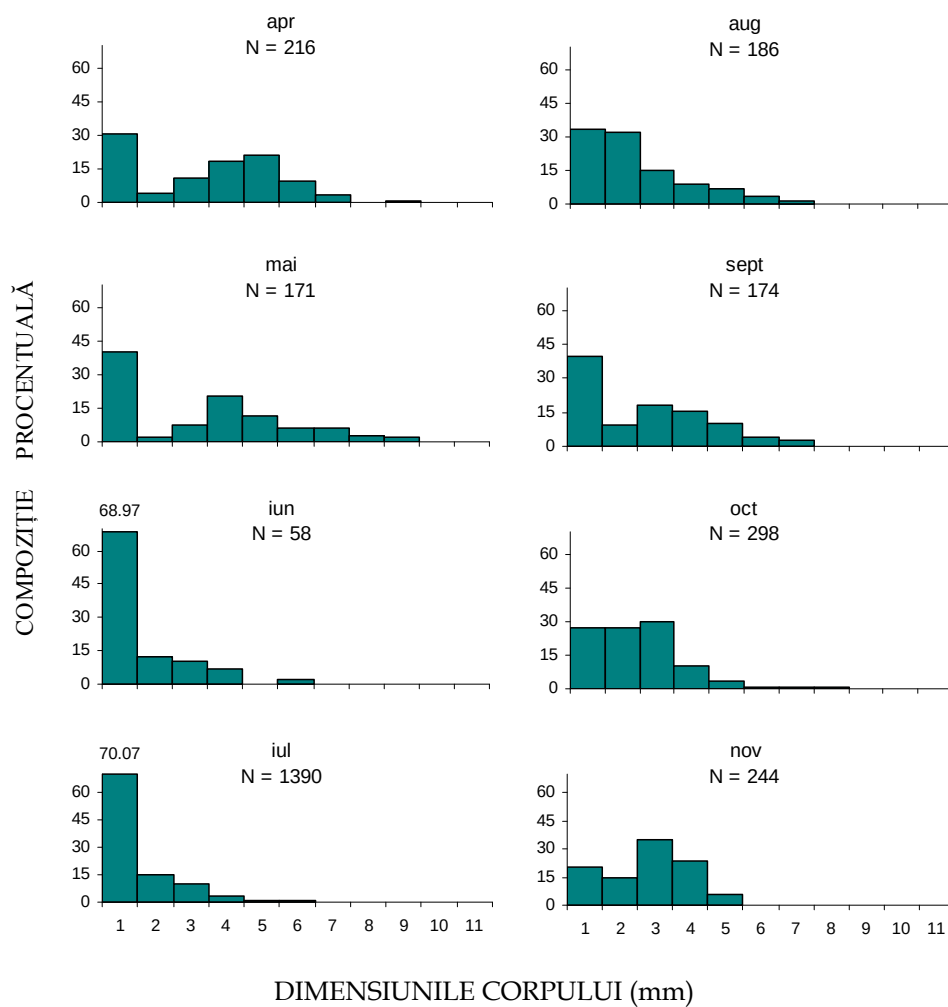


Figura 8.12. Structura pe clase de dimensiuni a populației speciei *Baëtis rhodani* din Valea Drăganului, în anul 1998 (N = 2737)

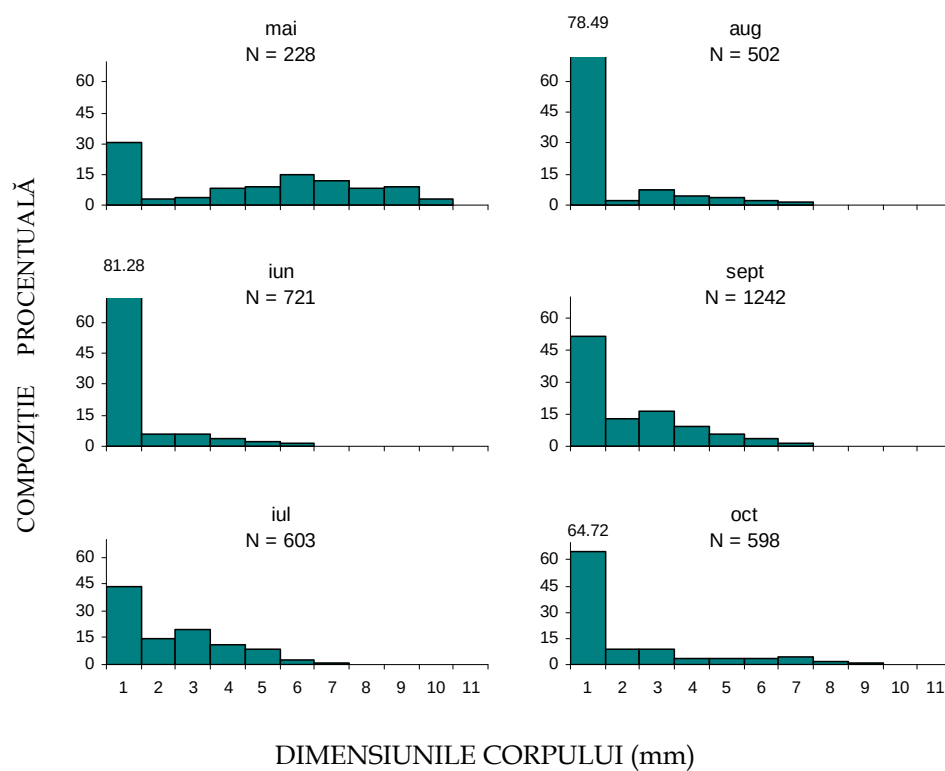


Figura 8.13. Structura pe clase de dimensiuni a populației speciei *Baëtis rhodani* din Valea Iadului, în anul 1997
(N = 3894)

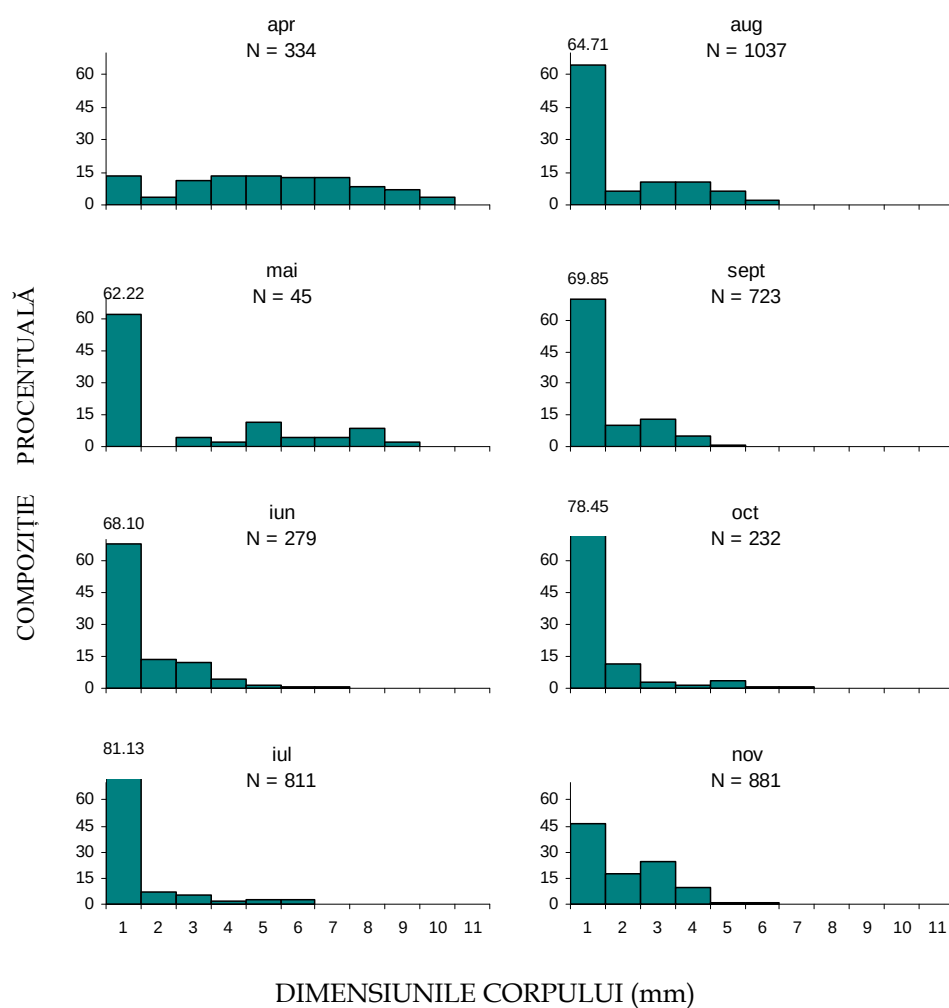


Figura 8.14. Structura pe clase de dimensiuni a populației speciei *Baëtis rhodani* din Valea Iadului, în anul 1998 (N = 4342)

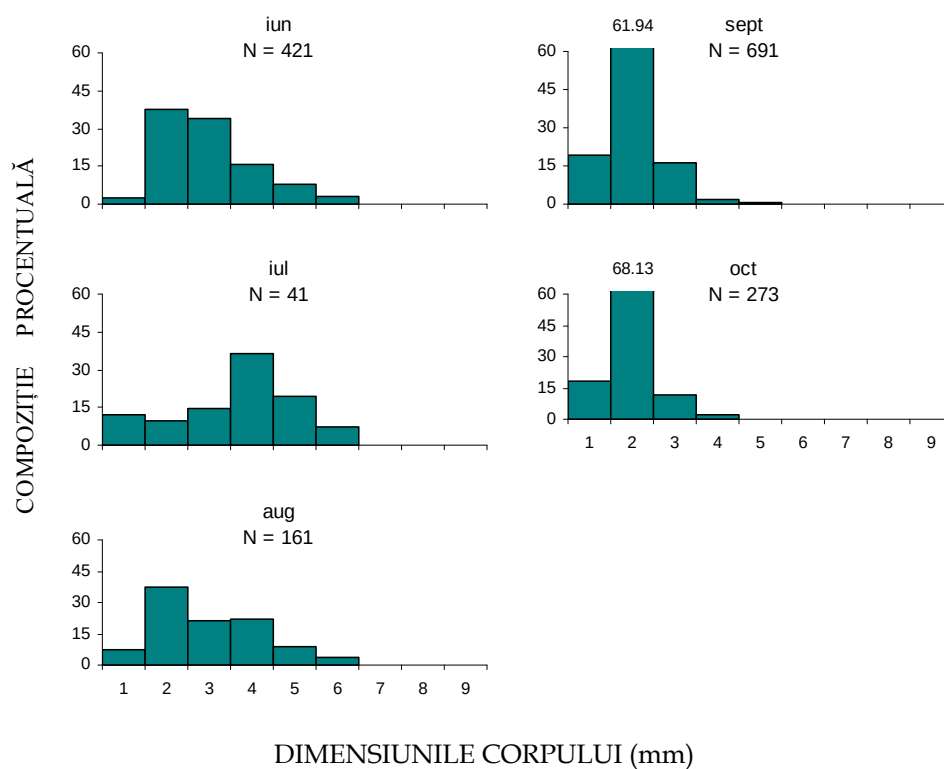


Figura 8.19. Structura pe clase de dimensiuni a populației speciei *Caenis luctuosa* din Crișul Repede, stația Fughiu, în anul 1997 (N = 1587)

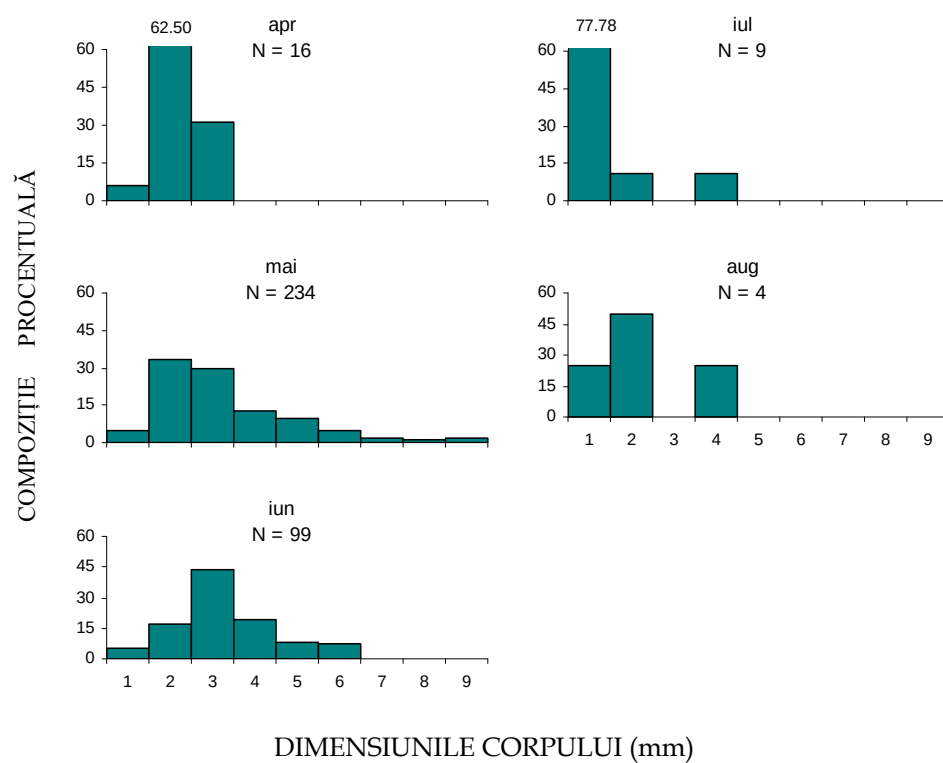


Figura 8.20. Structura pe clase de dimensiuni a populației speciei *Caenis luctuosa* din Crișul Repede, stația Fughiu, în anul 1998 (N = 362)

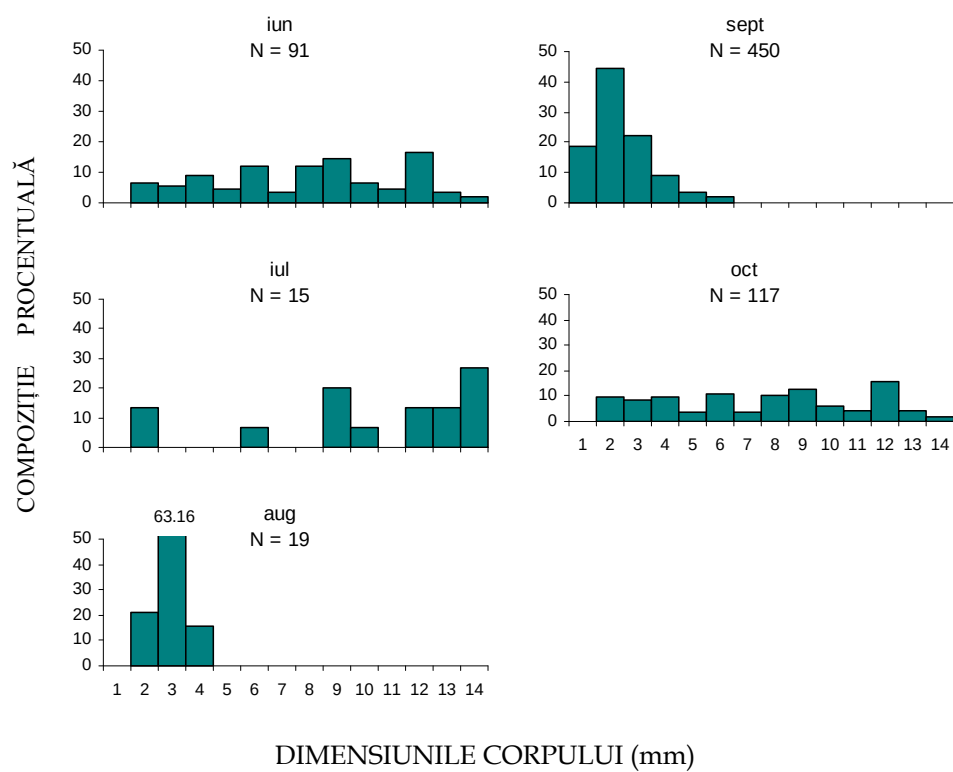


Figura 8.21. Structura pe clase de dimensiuni a populației speciei *Potamanthus luteus* din Crișul Repede, stația Fughiu, în anul 1997 (N = 692)

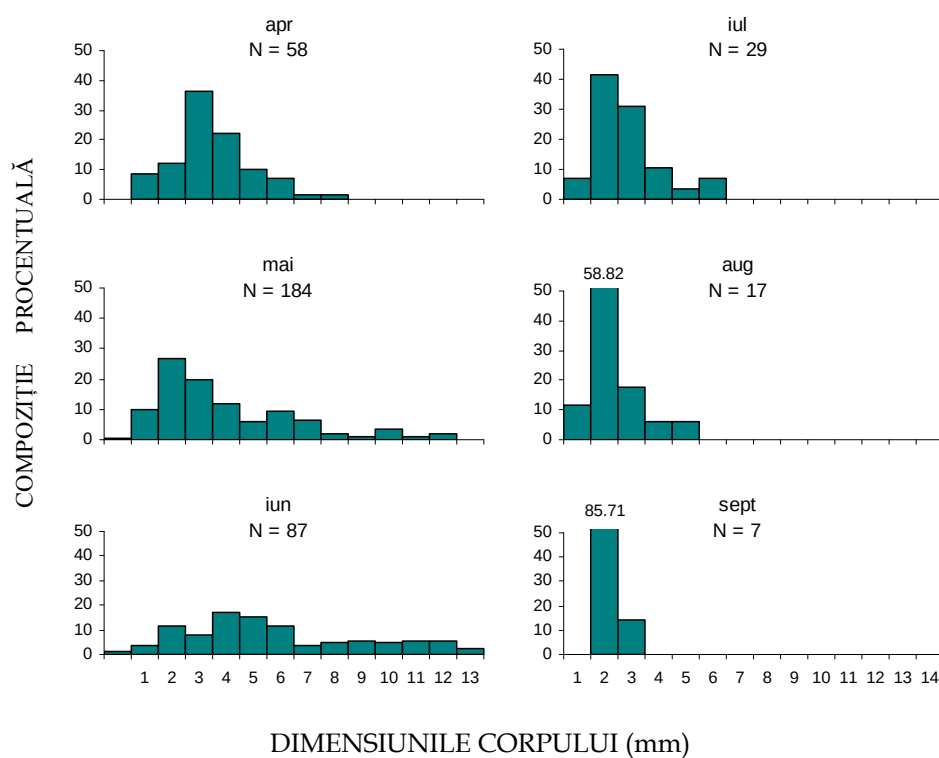


Figura 8.22. Structura pe clase de dimensiuni a populației speciei *Potamanthus luteus* din Crișul Repede, stația Fughiu, în anul 1998
(N = 382)

CAPITOLUL 9

PRODUCȚIA SECUNDARĂ A POPULAȚIILOR DE EFEMEROPTERE



Aplicarea metodei lui Hynes-Hamilton la calcularea producției secundare, necesită aplicarea corecției propusă de Benke (1979), care sugerează înmulțirea producției obținute prin calculul tabelar propus de cei doi autori (producția cohortei), cu un factor reprezentat de rezultatul raportului 365/IPC (intervalul de producție al cohortei, exprimat în zile). Importanța corectitudinii calculării acestui factor în estimarea producției secundare a fost evidențiată de Plante și Downing (1990). În obținerea valorii lui IPC am recurs la diferite modalități, după cum urmează:

- ✓ Prima a constat din analiza ciclului de viață (prezentat în capitolul 8), din care a fost aproximat intervalul în care a avut loc dezvoltarea completă a unei cohorte, luând în considerare data la care a fost observată apariția nimfelor și data la care au început să apară în probe larvele din primele stadii de viață.
- ✓ A doua sursă a fost utilizarea ecuațiilor de regresie propuse de mai mulți autori care au lucrat pe speciile găsite ca fiind dominante și la stațiile de pe Crișul Repede și de pe afluenți (Bohle 1969, 1972; Elliott, 1972; Humpesch, 1984; Humpesch și Elliott, 1980). În aceste ecuații variabila independentă este reprezentată de temperatură (T) și variabila dependentă de către numărul de zile necesare unui procent de eclozare a ouălor de peste 90 % (D). Ecuația are forma:

$$D = a * T^{-b}$$

În aceste ecuații a fost utilizată temperatura medie a apei din luna în care au fost observate în probe cantitative prezența larvelor gata de emergență, cu aripile gata conturate în interiorul pterotecilor de culoare neagră. Tot un indicator pentru a afla această perioadă de zbor a constat și identificarea adulților zburători în probele calitative colectate în teren, precum și a indivizilor din stadiul de subimago capturați în anul 1997, în cadrul capcanelor de emergență. Astfel, a fost obținută din această ecuație de regresie perioada de diapauză a ouălor, care a fost utilizată la calculul intervalului de producție al cohortei.

- ✓ În final, a fost utilizate sursele bibliografice, mai mult pentru verificarea corectitudinii calculelor.

Combinarea acestor posibilități de calcul a valorii IPC propusă de Gaines și colaboratorii săi, a condus la stabilirea valorilor de IPC pentru fiecare specie în parte, în fiecare an de studiu și în mod separat pentru stațiile la care a fost specia respectivă găsită ca fiind dominantă (Gaines *et al.*, 1992).

Pentru verificarea corectitudinii calculului producției secundare (și în mod special a corectitudinii factorului IPC) a fost aplicată metoda propusă de Marchant și Jule (1996). Condiția indispensabilă a acestei metode o reprezintă cunoașterea cu exactitate a temperaturii medii anuale a apei (media de 12 luni !). Principiul metodei constă în aplicarea următoarei ecuații propusă de Benke (1993):

$$\log_{10} P/B = 0.716 + 0.03 * T - 0.328 \log W_m$$

unde: T = temperatura medie anuală a apei (°C);

W_m = biomasa maximă individuală a larvelor aparținând ultimei clase de dimensiuni (mg).

Dând valori factorilor cunoscuți (T, W_m și B), obținem valoarea lui P (care reprezintă producția anuală). Ținând cont de relația dintre producția anuală și producția cohorței medii care se obține din calculul tabelar (PC) (Benke, 1979):

$$P = PC * 365 / IPC,$$
 se obține astfel valoarea lui IPC.

9.1. Producția secundară și raportul P/B la *Habroleptoides modesta*

Fiind specie dominantă numai în Valea Drăganului, au fost calculate producția și raportul P/B numai pentru populația aflată în acest afluent.

Pentru calcularea datelor de biomasă la această specie, a fost utilizată următoarea ecuație de regresie dintre lungimea totală a corpului (L, exprimată în mm) și greutatea uscată (G, exprimată în mg):

$$G = 0.01842 * L^{2.841} \quad (r = 0.991, ES \pm 1.148, \alpha < 0.001, N = 94)$$

Deși această specie este comună în Europa (Sartori și Jacob, 1986), ea nu a fost raportată ca fiind dominantă în râurile în care a fost semnalată, lipsind astfel din literatura de specialitate date referitoare la relația lungime-greutate sau date de producție secundară. Singurele informații asupra ecuației de regresie au fost raportate de Wenzel și colaboratorii săi (1989), însă pentru o specie din aceeași



familie, *Habrophlebia lauta*. Ecuația obținută de acești autori a avut un coeficient de regresie (b) și o interceptie cu ordonata (a) similare cu cele obținute pentru populația speciei *Habroleptoides modesta* din Valea Drăganului, aceste comparații fiind desigur, numai orientative, nefiind vorba de aceeași specie ($G = 0.0055 * L^{2.704}$, $r = 0.782$).

Conform datelor referitoare la structura pe clase de dimensiuni a populației din anii 1997 și 1998, această specie a fost caracterizată de un ciclu de viață univoltin de tip hiemal, la care iernarea are loc sub formă de larve de talie mare.

Utilizând metoda lui Hynes – Hamilton la care a fost aplicată corecția propusă de Benke (1979), producția speciei *Habroleptoides modesta* din Valea Drăganului în anul 1997 a fost estimată la 3920.446 mg/m²/6 luni și de 8616.687 mg/m²/8 luni în 1998 (IPC de 310 zile, în conformitate cu graficele din figurile 8.1 și 8.2). Aceste date sintetizate în tabelul 9.1 arată o rată de turnover a biomasei de 8.999 pentru anul 1997 și de 6.328 pentru anul 1998.

Calculând raportul P/B al cohortei, valorile obținute (7.643 pentru anul 1997 și 5.375 pentru anul 1998) confirmă părerile unor autori care atestă pentru aproape toate insectele acvatice din râuri un raport P/B al cohortei în jurul valorii de 5 (Waters, 1977; Benke *et al.*, 1984).

Lipsind datele din literatură referitoare la această specie, putem compara aceste rezultate numai cu datele unor autori care au lucrat cu specii încadrate în aceeași familie, însă aceasta nu are decât valoare orientativă. Astfel, Gaines și colaboratorii au obținut pentru genul *Paraleptophlebia*, o producție anuală de 7010 mg/m²/an și un raport P/B anual de 37.8. Acest gen este similar cu *Habroleptoides modesta*, detritivoră, de tip colector-filtratoare, fiind identificată de acești autori ca fiind univoltină (Gaines, *et al.*, 1992). Pe baza structurii pe clase de dimensiuni a populației și a faptului că larvele acestei specii au fost găsite în bentos în tot decursul anului de studiu, autorii i-au acordat un IPC de un an (IPC=365). Datele obținute de aceștia sunt în concordanță cu datele pentru Valea Drăganului, cu excepția raportului P/B care fiind de câteva ori mai mare, arată o rată mai mare de turnover a biomasei pentru specia de pe continentul nord-american, care trăiește în râurile dintr-o regiune de deșert arid.

Figurile 9.1 și 9.2 atestă o mortalitate mare în primele clase de dimensiuni, valoarea factorului de mortalitate scăzând odată cu creșterea larvelor, atestând astfel pentru specia *Habroleptoides modesta*, similar cu majoritatea insectelor o strategie reproductivă de tip *r*. Există totuși o deosebire între cei doi ani de studiu,

în sensul că pentru anul 1997 mortalitatea mai mare a afectat larvele de 2 mm; un an mai târziu, un factor de mortalitate mai mare a fost înregistrat pentru larvele de dimensiuni cuprinse între 4 și 5 mm.

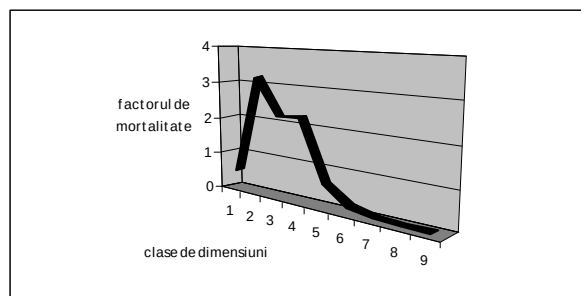


Figura 9.1. Factorul de mortalitate al claselor de dimensiuni la specia *Habroleptoides modesta*, din Valea Drăganului, în anul 1997.

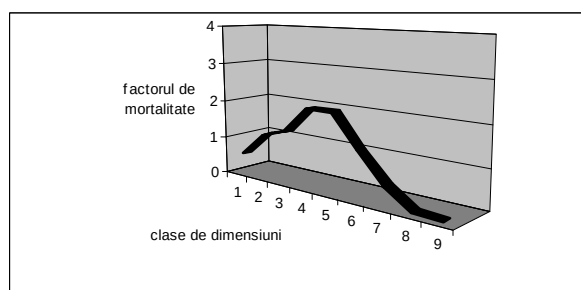


Figura 9.2. Factorul de mortalitate al claselor de dimensiuni la specia *Habroleptoides modesta*, din Valea Drăganului, în anul 1998

Tabel 9.1. Producția secundară anuală (P, mg subst.uscată/m²/perioadă investigată), biomasa medie anuală (B, mg subst.uscată/m²) și raportul P/B anual, pentru speciile dominante din Crișul Repede și afluenții săi. Perioada investigată a fost pentru Valea Drăganului și Valea Iadului: 6 luni pentru anul 1997 și 8 luni pentru anul 1998, iar pentru Fughiu: 5 luni în anul 1997 și 7 luni în anul 1998.

Specia	Râul (Stația) / anul	P	B	P / B
<i>Habroleptoides modesta</i>	Valea Drăganului / 1997	3920.446	435.627	8.999
<i>Habroleptoides modesta</i>	Valea Drăganului / 1998	8616.687	1361.568	6.328
<i>Rhithrogena semicolorata</i>	Valea Drăganului / 1997	57.224	7.309	7.829
<i>Rhithrogena semicolorata</i>	Valea Drăganului / 1998	122.378	10.655	11.485
<i>Rhithrogena semicolorata</i>	Valea Iadului / 1997	22.841	2.938	7.774
<i>Rhithrogena semicolorata</i>	Valea Iadului / 1998	50.878	5.508	9.237
<i>Ephemerella ignita</i>	Valea Drăganului / 1997	94.053	15.127	6.217
<i>Ephemerella ignita</i>	Valea Drăganului / 1998	64.495	8.663	7.445
<i>Ephemerella ignita</i>	Valea Iadului / 1997	98.239	13.54	7.255
<i>Ephemerella ignita</i>	Valea Iadului / 1998	97.023	16.331	5.941
<i>Baëtis rhodani</i>	Valea Drăganului / 1997	1308.921	149.356	8.764
<i>Baëtis rhodani</i>	Valea Drăganului / 1998	1910.222	185.695	10.287
<i>Baëtis rhodani</i>	Valea Iadului / 1997	2241.076	274.197	8.173
<i>Baëtis rhodani</i>	Valea Iadului / 1998	2051.577	249.195	8.233
<i>Caenis luctuosa</i>	Crișul Repede / Fughiu / 1997	1209.915	101.991	11.863
<i>Caenis luctuosa</i>	Crișul Repede / Fughiu / 1998	393.508	72.267	5.445
<i>Potamanthus luteus</i>	Crișul Repede / Fughiu / 1997	941.353	288.772	3.26
<i>Potamanthus luteus</i>	Crișul Repede / Fughiu / 1998	837.952	162.189	5.166

9.2. Producția secundară și raportul P/B la *Rhithrogena semicolorata*

Deoarece a fost specie dominantă în amândoi afluenți, au fost calculate valorile producției și a raportului P/B separat pentru fiecare râu; având în vedere acestea, pentru calculul datelor de biomasă necesare calculului producției secundare, au fost obținute în prealabil câte o ecuație de regresie între lungime-biomasă uscată pentru fiecare populație din cele două râuri:



Valea Drăganului: $G = 0.002457 * L^{2.135}$, $r = 0.962$, $ES \pm 2.19$, $\alpha < 0.001$, $N = 43$.

Valea Iadului: $G = 0.001806 * L^{2.245}$, $r = 0.95$, $ES \pm 0.0322$, $\alpha < 0.001$, $N = 33$.

Conform graficelor din figurile 8.3 – 8.6, specia este univoltină, iernarea având loc sub formă de larve de talie mică. Emergența începe în luna mai și continuă până în luna iulie inclusiv, însă primele larve încep să eclozeze în luna iulie, sau chiar mai devreme, pentru că ele pot fi capturate în bentometru numai după ce depășesc dimensiunea ochiurilor acestuia. Dimensiunile ouălor acestei specii, cuprinse între 150 și 200 (Brittain, 1982), nu au permis capturarea larvulelor și a larvelor din primul stadiu de viață.

În calculul producției secundare, pentru a aduce modificarea propusă de Benke (1979), a fost necesară stabilirea în prealabil a unui IPC. Pentru aceasta am utilizat ecuația de regresie propusă pentru această specie, de către Humpesch și Elliot (1980) dintre temperatură (T , variabila independentă) și numărul de zile necesare unui procent de eclozare de peste 90 % (D , variabila dependentă): $D = 2679 * T^{-1.79}$.

Dacă înlocuim variabila independentă, cu valorile temperaturii medii a apei din cele două râuri pentru luna iunie (luna în care a avut loc procesul emergenței în mod masiv, conform figurilor 8.3 - 8.6), de 12 °C (Valea Drăganului) și 15.5 °C (Valea Iadului), obținem următoarele valori pentru IPC:

D Valea Drăganului = 32; IPC = 333

D Valea Iadului = 20; IPC = 345

Valoarea recomandată de Humpesh (1984) pentru perioada de diapauză a ouălor în calculul producției secundare la *Rhithrogena semicolorata* este de 30 zile. În mod similar, Brittain (1982) descrie pentru această specie un termen de 26-31 zile de la depundere până la eclozare. Aplicând astfel în mod diferențiat valorile lui IPC în calculul producției secundare anuale la specia *Rh. semicolorata*, se observă că, indiferent de anul de studiu, aceasta a fost mai mare în Valea Drăganului decât în Valea Iadului (vezi tabel 9.1). Această specie a fost declarată de mai mulți autori ca fiind defavorizată de regularizări sau albiesări afectate de deversări din baraje (Brittain și Saltveit, 1989).

Chiar dacă valorile producției secundare și ale raportului P/B diferă între cei doi ani de studiu, deoarece în anul 1998 campania de colectări de probe a început cu o lună mai devreme și s-a încheiat cu o lună mai târziu comparativ cu anul precedent, raportul P/B arată o rată mai mare de reînnoire a biomasei în Valea Drăganului decât în Valea Iadului. Datele de producție secundară obținute pentru cei doi afluenți sunt superioare celor găsite pentru aceeași specie de către Zelinka (1977), însă raportul P/B de 8.4 al acestui autor este apropiat ca valoare de cele din tabelul 9.1, arătând o rată similară de reînnoire a biomasei pentru populațiile din afluenții Crișului Repede comparativ cu cele din Cehoslovacia.

Figurile 9.3 – 9.6 arată o mortalitate mai mare a larvelor în primele două clase de dimensiuni, în mod similar pentru cele două populații de *Rhithrogena semicolorata*, în cei doi ani de studiu. Peste dimensiunea de 3 mm, factorul de mortalitate este scăzut foarte mult, devenind subunitar.

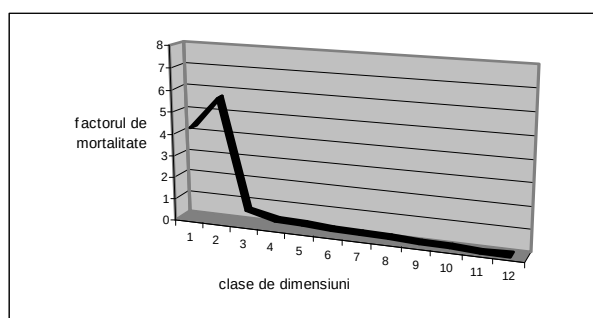


Figura 9.3. Factorul de mortalitate al claselor de dimensiuni la specia *Rhithrogena semicolorata*, din Valea Drăganului, în anul 1997.

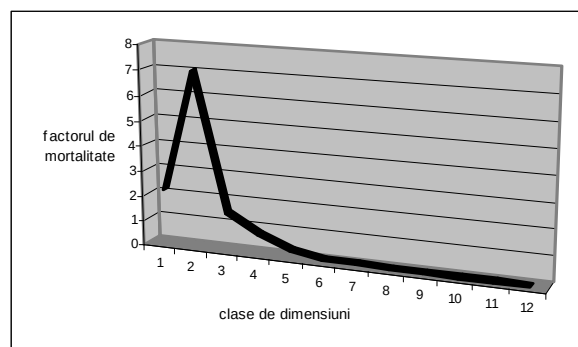


Figura 9.4. Factorul de mortalitate al claselor de dimensiuni la specia *Rhithrogena semicolorata*, din Valea Drăganului, în anul 1998.

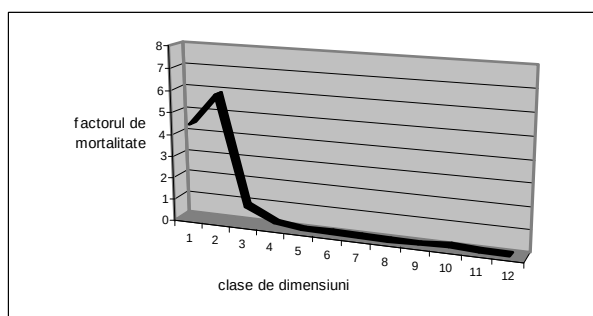


Figura 9.5. Factorul de mortalitate al claselor de dimensiuni la specia *Rhithrogena semicolorata*, din Valea Iadului, în anul 1997.

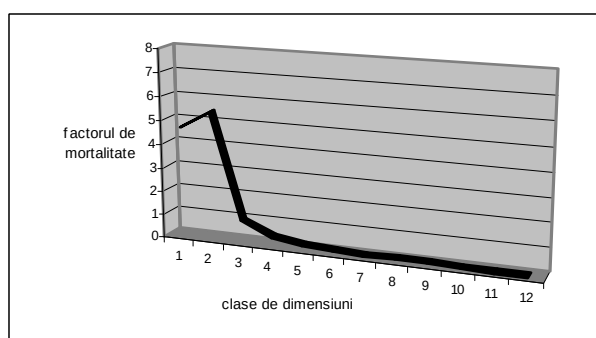
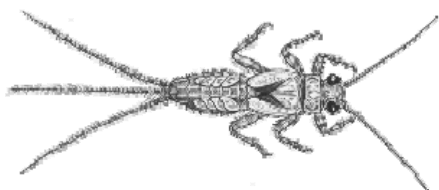


Figura 9.6. Factorul de mortalitate al claselor de dimensiuni la specia *Rhithrogena semicolorata*, din Valea Iadului, în anul 1998.

9.3. Producția secundară și raportul P/B la *Ephemerella ignita*



Pentru această specie care a fost dominantă în amândoi afluenți, au fost obținute următoarele ecuații de regresie între lungimea corpului și biomasa uscată, ecuații care au fost utilizate în calculul tabelar al producției:

Valea Drăganului: $G = 0.00421 * L^{2.421}$, $r = 0.976$, $ES \pm 0.245$, $\alpha < 0.05$, $N = 54$.

Valea Iadului: $G = 0.0058 * L^{2.138}$, $r = 0.975$, $ES \pm 2.15$, $\alpha < 0.01$, $N = 35$.

Referitor la timpul de diapauză al ouălor, *Ephemerella ignita* este una din speciile cu cea mai mare plasticitate ecologică din acest punct de vedere, diverși autori raportând perioade foarte diferite de timp necesare pentru eclozarea ouălor. Astfel, Bohle (1972) a găsit că populațiile din Germania sunt caracterizate de o absență totală a perioadei de diapauză a ouălor, din acestea eclozând imediat larvulele. Céréghino și Lavandier (1998) au identificat pentru populația dintr-un râu din Franța o perioadă de diapauză lungă, care începe în luna noiembrie și se termină în iunie. Din aceste ouă apar larvulele în luna iunie, care au o creștere rapidă în timpul verii, cu o perioadă de emergență de trei luni (august-octombrie).

Pentru Anglia, Elliott (1978) a găsit, o perioadă de diapauză de aproape trei luni (96 zile), în urma căreia, succesul eclozării a fost de 90%.

Pentru a afla IPC pentru cele două populații a fost utilizată ecuația de regresie propusă pentru această specie, de către Humpesch și Elliot (1980) dintre temperatură (T, variabila independentă) și numărul de zile necesare unui procent de eclozare de peste 90 % (D, variabila dependentă). În această ecuație am utilizat temperatura medie din luna în care a fost observat fenomenul de emergență maximă la această specie (pentru ambele râuri, în luna septembrie) :

$$D = 862 * T^{-1}$$

Temperatura medie a apei din lunile septembrie a fost:

Valea Drăganului, septembrie 1997 = 7.7 °C

Valea Drăganului, septembrie 1998 = 9.4 °C

Valea Iadului, septembrie 1997 = 10 °C

Valea Iadului, septembrie 1998 = 11.6 °C

Dând valori variabilei independente din ecuația propusă de Humpesch și Elliot (1980), obținem valorile IPC pentru cele două populații:

D Valea Drăganului, anul 1997 = 112; IPC = 253

D Valea Drăganului, anul 1998 = 92; IPC = 273

D Valea Iadului, anul 1997 = 86; IPC = 279

D Valea Iadului, anul 1998 = 74; IPC = 291

Aplicând corecția propusă de Benke, prin înmulțirea producția cohortei cu factorul 365/IPC, obținem valorile producției secundare. Acestea sunt în amândoi anii de studiu, mai mari pentru Valea Iadului (98.239 mg/m²/6 luni în 1997 și 97.023 mg/m²/8 luni în 1998) decât pentru Valea Drăganului (94.053 mg/m²/6 luni în 1997 și 64.495 mg/m²/8 luni în 1998). Aceste rezultate sunt mult superioare celor obținute de Waters și Crawford (1973) au lucrat însă pe *E. subvaria* și inferioare celor obținute de Allan (1985) pentru trei specii de Ephemerellidae (*Ephemerella infrequens*, *Drunella coloradensis*, *D. doddsi*).

O producție mai mare pentru specia *Ephemerella ignita* în râul afectat de baraj decât în râul aflat în regim hidrologic normal, este raportată și de următorii autori, care o găsesc ca fiind o specie favorizată de regularizări și construcții de baraje de acumulare: Penáz *et al.* (1968), Armitage (1977), Gaschignard și Berly (1987), Rehfeldt (1987). O creștere a densității și a producției acestei specii în râurile din Europa care sunt afectate de regularizări și baraje, este pusă de Bournaud și colaboratorii săi pe seama existenței unei lungi perioade de diapauză și eclozare a ouălor, alături de o foarte scurtă perioadă de creștere intensă în timpul verii (Bournaud *et al.*, 1987).

Raporturile P/B obținute pentru cele două populații de *E. ignita* (vezi tabelul 9.1) sunt cuprinse între valorile de 5.941 și 7.445, arătând o rată mai mare de reînoire a biomasei decât cea înregistrată de Welton și colaboratorii (1982) pentru aceeași specie (P/B = 4.1) și mai mare decât pentru alte specii de Ephemerellidae din Europa sau de pe continentul nord-american (Allan, 1985).

Graficele din figurile 9.7 - 9.10 arată că în mod surprinzător, populațiile din cele două râuri au prezentat o mortalitate mai mare a larvelor de 2 mm în anul 1997 și a larvelor de 1 mm în anul 1998.

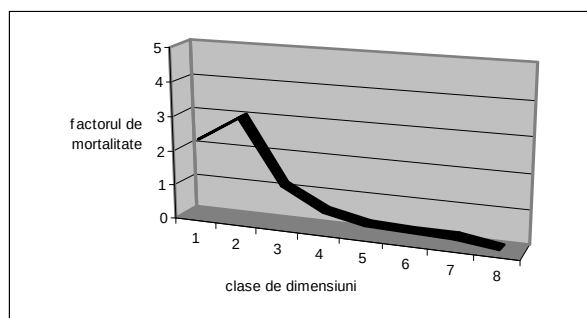


Figura 9.7. Factorul de mortalitate al claselor de dimensiuni la specia *Ephemera igita*, din Valea Drăganului, în anul 1997.

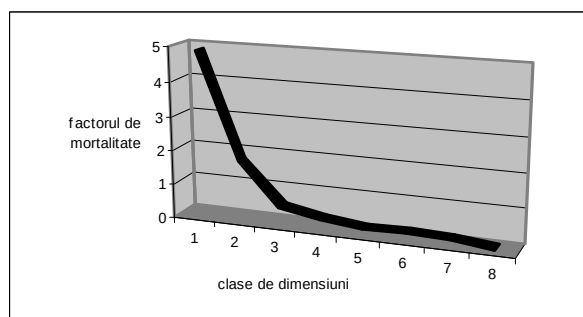


Figura 9.8. Factorul de mortalitate al claselor de dimensiuni la specia *Ephemera igita*, din Valea Drăganului, în anul 1998.

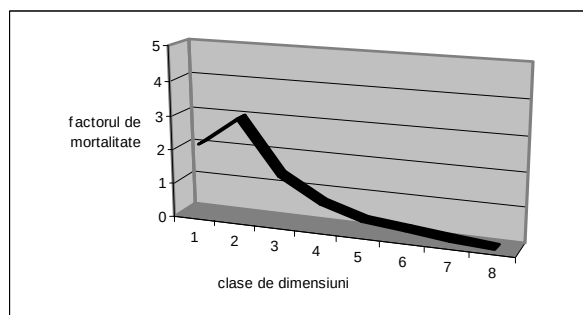


Figura 9.9. Factorul de mortalitate al claselor de dimensiuni la specia *Ephemera igita*, din Valea Iadului, în anul 1997.

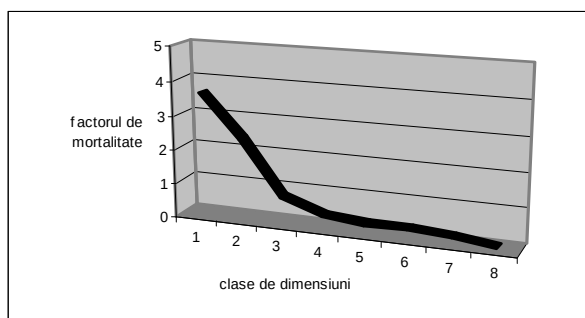


Figura 9.10. Factorul de mortalitate al claselor de dimensiuni la specia *Ephemerella igita*, din Valea Iadului, în anul 1998

9.4. Producția secundară și raportul P/B la *Baëtis rhodani*

Pentru această specie au fost utilizate următoarele ecuații de regresie lungime-biomasa uscată:

Valea Drăganului: $G = 0.00645 * L^{3.531}$, $r = 0.975$, $ES \pm 1.083$,
 $\alpha < 0.001$, $N = 24$.

Valea Iadului: $G = 0.00356 * L^{3.651}$, $r = 0.991$, $ES \pm 0.301$,
 $\alpha < 0.001$, $N = 38$.

Pentru stabilirea IPC, analiza ciclului de viață (figurile 8.11 – 8.14) au scos în evidență faptul că populațiile de *Baëtis rhodani* din afluenții Crișului Repede sunt polivoltine, cu cel puțin două generații de an. Creșterea rapidă din timpul verii la speciile din acest gen creează o situație în care nu se pot recunoaște cohortele distincte în timpul sezonului cald, fapt descris și de către Wallace și Gurtz (1986).

Mai mulți autori care s-au ocupat de diferite specii din genul *Baëtis*, printre care și *B. rhodani*, au pus în evidență, în mod similar, o perioadă foarte scurtă de dezvoltare a larvelor din generațiile de vară (Brittain, 1982; Humpesch, 1979; Cîbîrowski și Clifford, 1983).

Graficele din figurile 8.11 – 8.14 arată existența a cel puțin două perioade de emergență la *Baëtis rhodani*, una în una octombrie și iernarea speciei sub formă de larve tinere, care au eclozat în toamna aceluiași an. Din acest motiv, pentru aflarea IPC au fost însumate două perioade de diapauză. Ecuația de regresie care a fost



utilizată a fost cea dintre temperatura apei și perioada de diapauză, propusă pentru această specie de către Humpesch și Elliott (1980):

$$D = 548 * T^{-1.33}$$

Astfel, utilizându-se temperaturile medii lunare de mai jos, au fost obținute pentru fiecare an câte două perioade de diapauză a ouălor.

Valea Drăganului, mai 1997 = 12.1 °C

Valea Drăganului, octombrie 1997 = 6 °C

Valea Drăganului, mai 1998 = 10.3 °C

Valea Drăganului, octombrie 1998 = 7.8 °C

Valea Iadului, mai 1997 = 12.2 °C

Valea Iadului, octombrie 1997 = 9 °C

Valea Iadului, mai 1998 = 10.4 °C

Valea Iadului, octombrie 1998 = 9.8 °C

Din sumarea acestor două perioade de diapauză, au rezultat în final, următoarele valori ale perioadei totale de diapauză (D) și ale lui IPC:

D_{Valea Drăganului}, anul 1997 = 71; IPC = 294

D_{Valea Drăganului}, anul 1998 = 61; IPC = 301

D_{Valea Iadului}, anul 1997 = 49; IPC = 316

D_{Valea Iadului}, anul 1998 = 50; IPC = 315

Existența valorilor diferite ale lui IPC în literatură, se datorează atât faptului că, în funcție de condițiile climatice, această specie poate să fie de la univoltină la polivoltină, cât și faptului că este specia cu cel mai mare succes al eclozării larvelor, atingând valori de 99% (Benech și Vignes, 1972; Elliott, 1972) sau 96% (Bohle, 1972).

În amândoi anii de studiu, valorile producției secundare anuale la *B. rhodani* au fost mai mari pentru populația din Valea Iadului (2241.076 mg/m²/6 luni în anul 1997 și 2051.577 mg/m²/8 luni în anul 1998) decât pentru cea din Valea Drăganului (1308.921 mg/m²/6 luni în anul 1997 și 1910.222 mg/m²/8 luni în anul 1998).

Mortensen și Simonsen (1983) au calculat pentru populația de *Baëtis rhodani* dintr-un râu aflat mult mai la nord decât Crișul Repede (Danamerca) o producție de numai 748 mg/m²/an. Welton și colaboratorii săi (1982) au obținut însă o producție pentru această specie de 5610 mg/m²/an în condițiile unui râu artificial.

Din păcate, acești doi autori nu au pus la dispoziție și datele referitoare la valorile raportului P/B, pentru a putea face comparații cu datele noastre.

Deși valorile producției au fost diferite, raportul P/B a avut valori aproape egale pentru cele două populații din afluenți, arătând o rată similară de reînnoire de biomasei (vezi tabelul 9.1). Aceste raporturi se situează în intervalul 8.1 – 8.7. În mod similar, Zelinka (1977) obține un raport de 8.4 pentru populațiile aceleiași specii din râurile din Cehoslovacia.

Tot raporturi P/B asemănătoare cu cele din râurile Drăgan și Iad au obținut și autorii: Humpesch (1979) și Welton și colaboratorii săi (1982), cu valori de 7.4 și respectiv, 8.4.

Având în vedere că toate aceste rezultate provin de la populații care au avut câte două generații pe an, ele atestă faptul că aceeași specie, chiar dacă prezintă producții secundare diferite, poate avea același raport P/B, cu condiția să prezinte același tip de voltinism. La aceleași concluzii a ajuns și Allan (1985), precum și MacFarlane și Waters (1982), care au concluzionat că raportul P/B este caracteristic mai degrabă speciei (și în mod implicit, a voltinismului ei) decât locului de prelevare, a cărui calitate, poate conduce la valori diferite ale producției.

Pentru genul *Baëtis* sp., cele mai mari producții și rate de reînnoire a biomasei au fost obținute de către Jackson și Fisher (1986) care au calculat un raport de P/B de 117.9, corespunzător unei producții de 219000 mg/m²/an. Specia investigată a fost *Baëtis quillieri*, cei doi autori studiind populația dintr-un râu din deșertul Arizona. În acest râu producția primară a fost favorizată de condițiile climatice respective și astfel, creșterea și reproducerea acestei specii s-a petrecut în tot decursul anului, fiind polivoltină. În acele condiții, timpul parcurs de la eclozare până la emergență era de 15-30 zile.

Factorii de mortalitate ilustrați grafic în figurile 9.11 – 9.14 arată o mortalitate foarte mare până când larvele ajung la dimensiunea de 2 mm, moment în care toate graficele arată o mortalitate aproape egală între clasele 2-3 mm. După dimensiunea de 3 mm, factorul mortalității scade, luând valori foarte apropiate de valoarea 0 spre sfârșitul vieții larvare, acvatice.

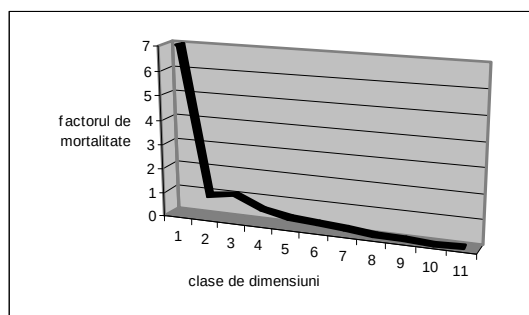


Figura 9.11. Factorul de mortalitate al claselor de dimensiuni la specia *Baëtis rhodani*, din Valea Drăganului, în anul 1997.

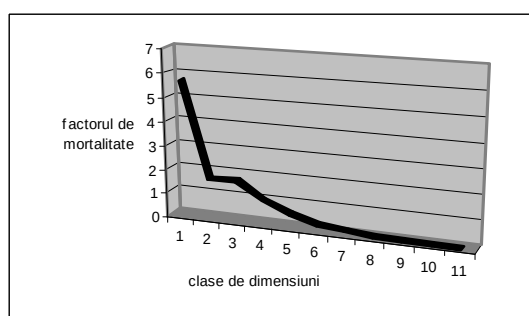


Figura 9.12. Factorul de mortalitate al claselor de dimensiuni la specia *Baëtis rhodani*, din Valea Drăganului, în anul 1998.

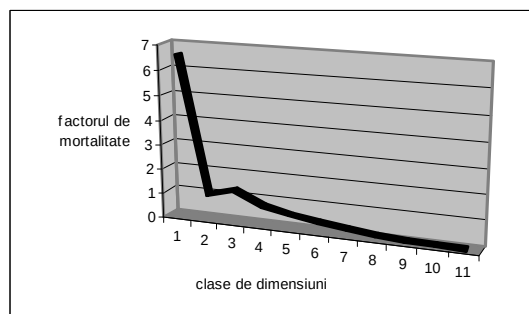


Figura 9.13. Factorul de mortalitate al claselor de dimensiuni la specia *Baëtis rhodani*, din Valea Iadului, în anul 1997.

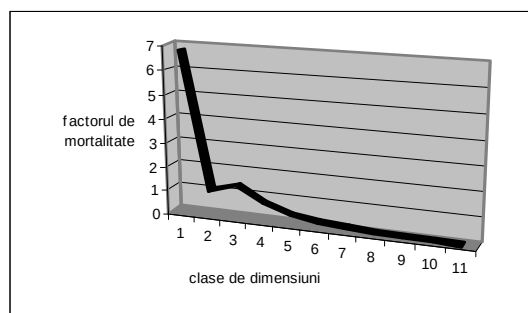


Figura 9.14. Factorul de mortalitate al claselor de dimensiuni la specia *Baëtis rhodani*, din Valea Iadului, în anul 1998.

9.5. Producția secundară și raportul P/B la *Caenis luctuosa*

Relația dintre lungimea corpului și greutatea uscată care a fost utilizată în calculul tabelar al producției secundare (vezi Anexe, tabelul A.3.15 și A.3.16) este următoarea:

$$G = 0.00543 * L^{3.217}, r = 0.98, ES \pm 0.278, \alpha < 0.05, N = 30.$$

Referitor la voltinismul acestei specii și la valoarea lui IPC există deosebiri foarte mari în literatură, în funcție de regiunea în care au fost făcute studiile.

Astfel, pentru regiunile tropicale și subtropicale, unde temperatura nu limitează eclozare și dezvoltarea larvelor, Brittain susține existența de patru și chiar șase generații în decursul unui an (Brittain, 1982).

Perán și colaboratorii săi găsesc această specie în râul Chicamo (sudul Spaniei) ca fiind multivoltină cu patru generații în decursul unui an, stabilind o valoare de 135 de zile pentru IPC (Perán *et al.*, 1999). De menționat că pentru acest râu, temperatura medie a apei a fost de 18.6 °C.

Pentru populația de *C.luctuosa* din râul Janón (sudul-estul Spaniei), Puig acordă speciei un bivoltinism particular reprezentat de o generație de care iernează sub formă de larve mici și care își definitivează dezvoltarea primăvara devreme, urmat de o generație secundă, care este de fapt compusă din multiple cohorte, ce se întind pe tot parcursul verii și începutul toamnei; la această populație autorul stabilește pe baza ciclului de viață un IPC de 180. Temperatura medie a apei din



râul Janón a fost de 18.3 °C. Aplicarea însă de către autor în paralel a metodei propuse de Marchant și Jule (1996) a condus la o valoare a IPC de 148 de zile, evidențiind astfel o subestimare a producției de 21 % (Puig, 1999).

Pentru populația de *Caenis luctuosa* din Crișul Repede la stația Fughiu, a fost stabilit (fără însă a avea o certitudine) un bivoltinism, reprezentat de o generație de iarnă care emerge primăvara devreme, urmată de cel puțin o generație de vară. Pe baza ciclului de viață (vezi figurile 8.19 și 8.20) a fost estimat un IPC de 304 (corespunzător unei perioade de diapauză a ouălor între emergența în masă din luna mai și eclozarea în număr mare din luna iunie). Menționăm că temperatura medie anuală a apei (pe 12 luni) la acesta stație a fost de 11.04 °C în anul 1997 și de 10.83 °C în anul 1998 (Arhivele Institutului de Meteorologie și Hidrologie, filiala Oradea).

Astfel, producția secundară anuală a speciei *C.luctuosa* de la Fughiu a fost de 1209.915 mg/m²/5 luni în anul 1997 și de 393.508 g/m²/7 luni în anul 1998, fiind substanțial redusă în ultimul an datorită ploilor mari din timpul toamnei, care au avut drept consecință atât o imposibilitate de colectare riguroasă a probelor, cât și o dispersare a populației acestei specii care este recunoscută ca fiind deosebit de afectată de viiturile de toamnă și primăvară (Perán *et al.*, 1999).

Datele din literatură sintetizate în tabelul 9.2 arată că dintre toate speciile genului *Caenis*, specia *C.luctuosa* prezintă producția cea mai mare. De asemenea, se constată că producția secundară este substanțial mai mică la populațiile aflate la nord, în zona temperată, decât la populațiile aflate în sud, unde condițiile climatice accelerează ritmul de creștere și mărește astfel voltinismul speciilor.

Valoarea maximă a producției pentru această specie de 6349.81 mg/m²/an a fost înregistrată de Perán și colaboratorii (1999) la populația din râul Chicamo, care a prezentat un polivoltinism cu patru generații pe an. Raportul P/B de 15.98 arată o rată de reciclare a biomasei mai mare decât cea a populației din Crișul Repede, care a înregistrat un P/B de 11.86.

În schimb, acest raport arată faptul că *C.luctuosa* a prezentat o rată mai mare de reciclare a biomasei decât a speciilor dominante din afluenții Crișului Repede (excepție fiind *Rhithrogena semicolorata* din Valea Drăganului în anul 1998, vezi tabelul 9.1).

Tabel 9.2. Valorile producției secundare anuale (P, mg/m²/an) și ale raportului P/B la speciile genului *Caenis* sp.

Specia	P	P/B	Habitat/zonă	Sursă
<i>C. luctuosa</i>	1209.92	11.86	Crișul Repede (România)	studiul prezent
<i>C. luctuosa</i>	6349.8	15.98	Râu din regiune semiaridă (Murcia, Spania)	Perán <i>et al.</i> , 1999
<i>C. luctuosa</i>	859.4	11.6	Râu din regiune semiaridă (Alicante, Spania)	Puig, 1999
<i>C. amica</i>	445.05	13	Bazin experimental (Virginia, USA)	Christmas și Voshell, 1992
<i>C. amica</i>	676	12.72	Râu experimental (Alabama, USA)	Rogers, 1982
<i>C. simulans</i>	4200	4.2	Râu din regiune rece (Minnesota, USA)	MacFarlane și Waters, 1982
<i>C. rivulorum</i>	30	-	Canal artificial	Welton <i>et al.</i> 1982
<i>C. luteolum</i>	10	-	Canal artificial	Welton <i>et al.</i> 1982
<i>C. macrura</i>	1181	-	Morava (Cehia)	Zelinka, 1980
<i>Caenis</i> sp.	239	59.1	Râuri din câmpii umede (Georgia, USA)	Benke și Jacobi, 1994
<i>Caenis</i> sp.	349.5	58.7	Râuri din câmpii umede (Georgia, USA)	Benke și Jacobi, 1994
<i>Caenis</i> sp.	82.1	59.1	Râuri din câmpii umede (Georgia, USA)	Benke și Jacobi, 1994
<i>Caenis</i> sp.	85.8	58.8	Râuri din câmpii umede (Georgia, USA)	Benke și Jacobi, 1994
<i>Caenis</i> sp.	674.4	12.72	Râul Tennessee (Tennessee, SUA)	Rodgers, 1982

Efectele debitelor mari ale Crișului Repede în timpul toamnei anului 1998 sunt evidențiate în graficele din figurile 9.15 și 9.16. Atunci, apele mari au afectat larvele a căror dimensiuni se întindeau pe un domeniu mai larg, între 2 - 5 mm și care reprezentau de fapt un mare procent din populația speciei la acel moment dat.

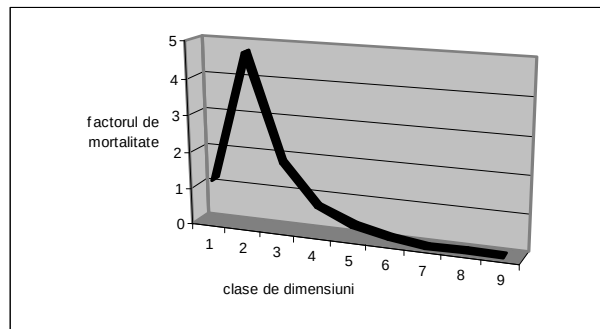


Figura 9.15. Factorul de mortalitate al claselor de dimensiuni la specia *Caenis luctuosa*, de la Fughiu, în anul 1998.

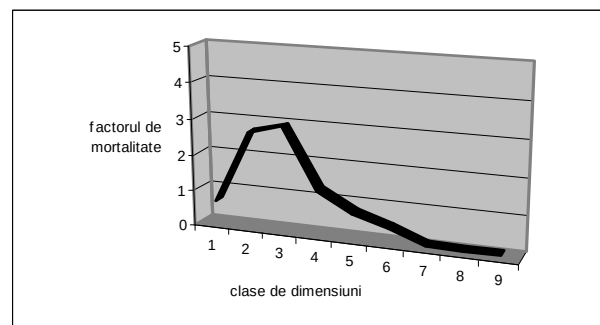
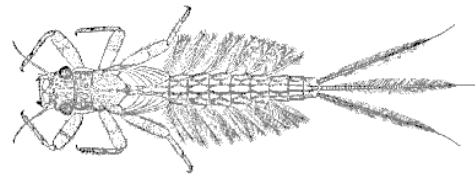


Figura 9.16. Factorul de mortalitate al claselor de dimensiuni la specia *Caenis luctuosa*, de la Fughiu, în anul 1998.

9.6. Producția secundară și raportul P/B la *Potamanthus luteus*

Această specie de talie mare a fost dominantă la stația Fughiu din punct de vedere al densității exprimată în termeni de biomasă. Ecuația care a fost utilizată pentru aflarea biomasei medii fiecărei clasă de dimensiuni pentru calculul tabelar al producției secundare a fost următoarea:



$$G = 0.00721 * L^{2.526}, r = 0.99, ES \pm 0.135, \alpha < 0.05, N = 29.$$

Deoarece lipsesc datele din literatură referitoare la producția acestei specii, nu am dispus de ecuații de regresii dintre temperatura apei și timpul de diapauză a

ouălor, astfel încât singura sursă pentru aflarea IPC a rămas structura pe clase de dimensiuni a populației. Astfel, figurile 8.21 și 8.22 evidențiază un proces maxim al emergenței în luna iunie-iulie și o apariție în probe a larvelor din primele stadii de viață în luna septembrie. Pe baza acestor date am stabilit un IPC de 304, corespunzător unei perioade de diapauză ouălor de două luni. Perioada vieții sub formă de adult este practic neglijabilă, fiind reprezentată de 1-2 zile.

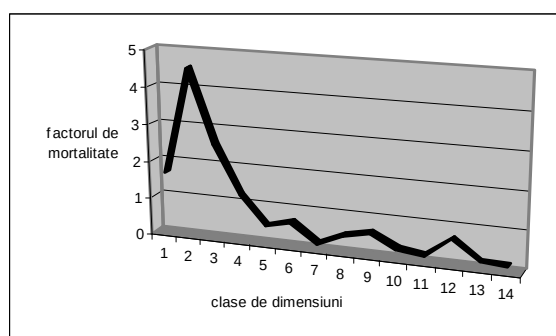


Figura 9.17. Factorul de mortalitate al claselor de dimensiuni la specia *Potamanthus luteus*, de la Fughiu, în anul 1997.

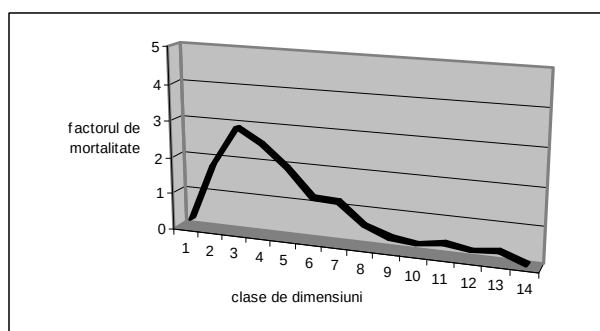


Figura 9.18. Factorul de mortalitate al claselor de dimensiuni la specia *Potamanthus luteus*, de la Fughiu, în anul 1998.

În aceste condiții, valoarea producției secundare a fost de 941.353 mg/m²/5 luni în anul 1997 și respectiv, de 837.952 mg/m²/7 luni în anul 1998. Valorile raportului P/B pentru această specie au fost cele mai mici, comparativ cu raporturile P/B ale celorlalte specii dominante în Crișul Repede sau afluenții săi

(3.26 în anul 1997 și 5.166 în anul 1998). Aceasta arată o mai mare stocare a biomasei în sistem, aceasta având o rată de reînnoire mică. Univoltinismul speciei, alături de constatarea că marea majoritate a populației iernează sub formă de larve de talie mare, contribuie la acumularea biomasei pe termen lung, care părăsește mediul acvatic abia în primăvară. Condițiile vitrege din timpul sezonului rece, produc o mortalitate mare a exemplarelor de talie mare, fapt pus în evidență și de ilustrarea factorului de mortalitate al diferitelor clase de dimensiuni (figurile 9.17 și 9.18). *Potamanthus luteus* este deci, singura specie care prezintă o mortalitate mai mare și la alte clase de dimensiuni decât cele de 1-2-3 mm.

9.6. Producția secundară a efemeropterelor și calitatea apei

Unul din obiectivele acestei lucrări l-a constituit testarea corectitudinii utilizării datelor de producție secundară în studiile de monitorizare a calității apei. Deoarece nu au fost puse în evidență diferențe semnificative între producțiile secundare a speciilor dominante comune între stații (tabelul 9.1), am recurs la compararea producțiilor totale. Pentru aceasta, au fost însumate producțiile speciilor care au fost dominante la fiecare stație în parte, separat pentru fiecare an de studiu. Astfel, la stația Fughiu au fost însumate producțiile speciilor *Caenis luctuosa* și *Potamanthus luteus*, la stația Valea Drăganului cele ale speciilor *Habroleptoides modesta*, *Rhithrogena semicolorata* și *Ephemerella ignita*, iar pentru Valea Iadului, cele ale speciilor *Baëtis rhodani*, *Rhithrogena semicolorata* și *Ephemerella ignita*.

Astfel, au fost obținute diferențe semnificative între stații, la Valea Drăganului speciile dominante având în anul 1997 o producție secundară aproape dublă față de cele din Valea Iadului și chiar de patru ori mai mare decât aceasta, în anul 1998 (figura 9.19).

Diferențe semnificative au fost obținute și între Valea Iadului și Crișul Repede la stația Fughiu, dar numai pentru anul 1998.

Luând în considerare aceste rezultate, recomandăm utilizarea datelor de producție secundară a efemeropterelor în aprecierea calității apei, dar numai la nivel de întreg grup, chiar dacă aceste rezultate sunt mari consumatoare de timp și resurse materiale. Ele sunt de preferat în biomonitorizarea calității apei în locul aplicării indicilor clasici biotici, care se bazează pe prezența-absența

nevertebratelor bentonice, sau care i-au în considerare doar punctajul înregistrat de speciile indicatoare.

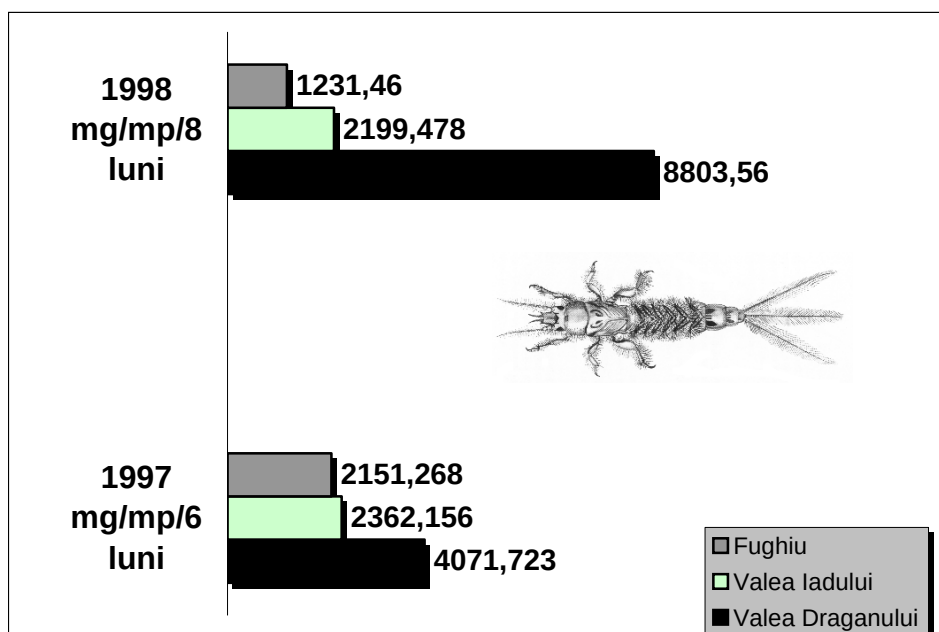


Figura 9.19. Producția secundară a populațiilor de efemeroptere dominante din Crișul Repede și afluenți, în anii 1997 și 1998.

CONCLUZII

Scopul acestei lucrări este de a cerceta modificările induse de alterarea calității apei din râu asupra populațiilor de efemeroptere, modificări cu repercusiuni în structura, dinamica și producția populațiilor. În conformitate cu acest scop au fost alese două tipuri majore de deteriorare a râului (industrială/urbană și cea datorată deranjamentului regimului hidrologic), totodată stabilindu-se un plan de studiu în regim intensiv care a inclus colectarea a 489 probe cantitative. Acestea au fost prelevate în timpul sezonului deschis din anii 1997 și 1998, de la patru stații. Două dintre acestea au fost stabilite având ca punct de referință cel mai mare centru urban și industrial de pe cursul Crișului Repede, celelalte două amplasându-se pe cei mai mari afluenți ai acestui râu, unul în regim hidrologic normal, altul fiind afectat de construcția unui baraj cu folosințe hidroenergetice. În scopul extinderii studiului, fără a mai avea însă pretenția unei aprofundări a principalelor teme propuse, a mai fost stabilită o stație în sectorul de izvor al râului, iar alta înainte de confluența acestuia cu afluenții săi majori. Pentru rigurozitatea studiului, a fost prevăzut în prealabil un plan de prospecțiune (în anul 1996). Acesta a inclus stabilirea de stații pilot, colectări în paralel de probe cantitative și calitative, stabilirea eficacității mai multor tipuri de aparate de prelevat și alegerea celui mai adecvat, efectuarea de analize chimice care să dovedească efectul pe care orașul îl are asupra parametrilor chimici ai apei, colectarea de adulți pentru verificarea identificării larvelor, etc. Prelucrarea probelor și analiza statistică a datelor au condus la următoarele concluzii:



➡ După cum reiese din analiza factorilor fizici și chimici ai apei și ai sedimentului, nu au fost semnalate decât la câțiva parametri diferențe semnificative între cei doi ani de studiu. Aceste diferențe între ani s-au remarcat îndeosebi la stațiile din sectorul inferior al râului, foarte puțin în Valea Iadului și aproape deloc în Valea Drăganului, subliniind astfel determinarea de natură antropică a calității apei Crișului Repede în sectorul său inferior.

Deranjamentul hidrologic al râului Iad este real, fiind dovedit prin diferite teste și analize de regresii, acesta având repercusiuni asupra debitului și temperaturii apei. Prin monitorizarea temperaturii apei în decurs de 24 de ore, a

fost pusă în evidență o răcire a apei cu 4 °C, în timpul deversărilor din profundul lacului Leșu, după care temperatura apei revine la normal, în decurs de câteva ore.

Atât procentul de substanță organică din sediment, cât și valorile parametrului CCOMn din apă atestă existența unei surse de poluare pe râul Iad, semnificativ mai mare (testul *t-Student*, la $\alpha = 0.05$) față de râul Drăgan.

Analizele de sediment din teren și de laborator au scos în evidență o heterogenitate mare în afluenți comparativ cu sectorul inferior al Crișului Repede. Pentru afluenți a fost pusă în evidență prezența unor sedimente mai fine în râul afectat de baraj, deversările din profundul lacului transportând și depunând în aval particule fine. Heterogenitatea cea mai mică a fost remarcată la Cheresig, unde patul râului a fost alcătuit predominant din pietriș și nisip.



Determinarea ponderii și importanței asociațiilor de efemeroptere în cadrul faunei de macronevertebrate bentonice din Crișul Repede a condus la următoarele constatări:

- În anii 1997 și 1998 larvele de efemeroptere au avut o frecvență de 100% în fauna bentonică din afluenți și din sectorul superior al Crișului Repede. La stațiile din sectorul inferior frecvența lor a fost mult diminuată, prezente în toate probele fiind numai larvele de diptere și oligochetele.
- În bentosul Drăganului efemeropterele au fost dominante sub aspectul densității numerice, iar în râul Iad, acestea au fost depășite de către oligochete. La stația Fughiu un procent de peste 70 % a fost ocupat de către chironomide și oligochete, efemeropterele reprezentând doar 10 % din fauna bentonică. În schimb, aval de Oradea la stația Cheresig, efemeropterele ocupă un procent nesemnificativ, de sub 1 %, condițiile de mediu nefiind propice dezvoltării unor populații stabile; în acele condiții, un procent de peste 90 % din fauna bentonică este ocupat de oligochete și chironomide.



Studiul structurii comunităților de efemeroptere din Crișul Repede și afluenți a scos în evidență următoarele:

- Efemeropterele din bentosul Crișului Repede și afluenți au aparținut la 38 specii, grupate în 14 genuri și 8 familii; cele mai bine reprezentate familii au fost Heptageniidae și Baetidae, iar genurile cu cele mai multe specii au fost *Baëtis* (10 specii) și *Ecdyonurus* (7 specii).

- Cele mai multe specii au fost înregistrate în afluenți (44.7 %) și la Fughiu (34.2 %), iar cele mai puține au fost identificate în regiunea de izvor și la ieșirea râului din țară.
- *Baëtis fuscatus* și *B.vernus* au fost singurele specii care au fost prezente atât de-a lungul întregului curs al Crișului Repede, cât și în cei doi afluenți.
- Diversitățile efemeropterelor pentru cei doi afluenți exprimată prin indicii Shannon-Wiener nu diferă semnificativ între ele, deși indicele Margalef a arătat o bogăție mai mare de specii pentru Valea Iadului. În schimb, comunitățile de efemeroptere din cei doi afluenți diferă foarte semnificativ față de oricare dintre stațiile de pe Crișul Repede ($\alpha < 0.001$).
- Corelații puternice și semnificative la un nivel de probabilitate de 95 % au fost găsite între diversitatea efemeropterelor și următorii parametri: pH, debitul apei, temperatură, cloruri, sulfați, azotiți, azotați, sodiu și duritate permanentă. Alți factori cum ar fi altitudinea și oxigenul au fost găsiți semnificativi numai la un nivel de asigurare mai mic (90 %), iar pentru alții (exemplu: altitudinea, viteza apei, CCOMn, reziduu fix, calciu, magneziu, amoniu, fenoli, detergenți, fier, bicarbonați și duritate temporară), nu a putut fi pusă în evidență influența lor asupra diversității.
- Pentru fiecare stație în parte au fost găsite un număr de 1-3 populații care au dominat numeric sau în termeni de biomasă (*Baëtis fuscatus* și *B.vernus* la Șaula, *B.lutheri* la stația amonte de afluenți, *Habroleptoides modesta*, *Rhithrogena semicolorata* și *Ephemerella ignita* la Valea Drăganului, *Baëtis fuscatus*, *Rhithrogena semicolorata* și *Ephemerella ignita* la Valea Iadului). Acestea au realizat împreună în general, mai mult de 75 % din asociația de efemeroptere, la ele fiind făcute ulterior studii ale ciclului de viață și de producție secundară.

 Dimensiunea corpului care exprimă cel mai bine greutatea uscată este lungimea totală a corpului (fără cerci). Ecuațiile de regresie au fost de tipul $y = a \cdot x^b$, fiind calculate în parte pentru fiecare specie dominantă. Pentru exprimarea densității ca biomasă, a fost necesară găsirea unei ecuații la nivel de întreg grup, ea fiind dată de expresia:

$$G = 0.005728 \cdot L^{2.699} \quad r = 0.914; \quad ES \pm 0.522; \quad \alpha = 0.0001$$



Testarea distribuției spațiale la speciile dominante cu testele t , χ^2 , David-Moore, Lewis și Green a scos în evidență următoarele:

- La toate stațiile, speciile dominante au prezentat o distribuție grupată, a căror grad de grupare a diferit în funcție de sezon și anul investigat.
- Compararea gradului de grupare al indivizilor diferitelor specii dominante la cele 4 stații (testul F, la $\alpha < 0.01$) a arătat că acesta nu diferă semnificativ pentru cuplul de specii dominate de la Fughiu (*Caenis luctuosa* și *Potamanthus luteus*) și diferă înalt semnificativ pentru speciile care au dominat la Cheresig (*Baëtis vernus* și *Baëtis fuscatus*).
- La Valea Drăganului speciile care domină nu diferă din punct de vedere al gradului de grupare, cu excepția cuplului de specii *Habroleptoides modesta* – *Rhithrogena semicolorata*.
- Gradul de grupare al indivizilor de *Baëtis rhodani* de la Valea Drăganului diferă semnificativ față de cel al celorlalte specii de la aceeași stație.



Pentru acele populații care au fost găsite dominante în asociațiile de efemeroptere de la fiecare stație a fost investigată dinamica mărimii populațiilor, precum și structura pe clase de dimensiuni, toate acestea având ca rezultat final investigarea ciclului de viață, precum și aflarea voltinismului speciei. Aceste analize au condus la următoarele concluzii:

- În condițiile climatice și altitudinale ale Crișului Repede, speciile *Habroleptoides modesta*, *Rhithrogena semicolorata*, *Ephemerella ignita* și *Potamanthus luteus* au fost identificate ca fiind univoltine, *Baëtis rhodani* ca și specie bivoltină, iar pentru *Caenis luctuosa* au fost sigur depistate două generații pe an, cu mențiunea ca generația de vară poate avea mai multe cohorte.
- Speciile comune mai multor stații au avut același tip de voltinism și același model al ciclului de viață, diferențe foarte mici fiind detectate doar la unele specii în ceea ce privește lunile de emergență maximă.
- Specia *Habroleptoides modesta* și *Potamanthus luteus* au fost găsite ca fiind specii univoltine de tip hiemal, la care iernarea are loc sub formă de larve de talie mare, emergența având loc primăvara devreme. Spre deosebire de aceste două specii, *Rhithrogena semicolorata*, deși a fost tot specie univoltină de tip hiemal, a iernat în perioada investigată sub formă de larve de talie mică, creșterea acestora fiind accelerată în timpul primăverii, odată cu încălzirea temperaturii apei.

- *Ephemerella ignita* la ambele stații din afluenți a prezentat o generație pe an, fiind univoltină de tip estival, la care sezonul rece este petrecut sub formă de ouă.
- Specia *Baëtis rhodani* în ambii afluenți a fost bivoltină, prezentând o generație de iarnă, care emerge în lunile aprilie-mai și o alta de vară, a cărei roire are loc în lunile de toamnă (septembrie-octombrie).
- La stația Fughiu, specia *Caenis luctuosa* a avut în mod sigur, cel puțin două generații într-un an, cu o generație de iarnă și una de vară, a cărei perioade lungi de emergență, depunere a ouălor și ecloziune, fac posibilă existența mai multor cohorte în timpul verii.

➡ Raportul P/B arată o rată mai mică de reînnoire a biomasei la populațiile univoltine, decât la cele care prezintă mai multe generații pe an. Tot rate mici de turnover a biomasei au fost puse în evidență și la populațiile speciilor care prezintă dimensiuni mari a corpului (exemplu: *Potamanthus luteus*)

➡ Calcularea producției secundare a speciilor dominante nu a scos în evidență diferențe semnificative între stații pentru aceeași specie. Dacă luăm în schimb în considerare producția secundară la nivel de întreg grup al efemeropterelor (aproximată prin producția populațiilor dominante), s-a constatat că în râul în regim natural (Drăgan) producția efemeropterelor a fost în funcție de an, de două sau chiar de patru ori mai mare decât în râul afectat de deversări din baraje. În mod similar, stația Fughiu a prezentat o producție mai mică decât în Drăgan, similară cu cea din râul Iad.

Luând în considerare aceste rezultate, recomandăm utilizarea datelor de producție secundară a efemeropterelor în aprecierea calității apei, dar numai la nivel de întreg grup. Chiar dacă aceste rezultate sunt mari consumatoare de timp și resurse materiale, sunt de preferat în locul obișnuitelor date de prezență-absență a speciilor indicatoare, care pot duce la rezultate eronate. Aceste investigații ar putea fi extinse și la alte grupe de nevertebrate bentonice, cu mare atenție la cele care ar putea dezvolta populații (și implicit producții mari) în zonele cu poluare organică mare (oligochetele și chironomidele), sau la cele a căror distribuție este limitată de anumiți factori de mediu cum ar fi altitudinea și temperatura apei (exemplu: plecopterele).

Summary

EVALUATION OF THE WATER QUALITY IN CRIȘUL REPEDE RIVER BY USING MAYFLY (INSECTA: EPHEMEROPTERA) LARVAE AS BIOINDICATORS

INTRODUCTION

Due to a large diversity in the lotic ecosystems of temperate regions, mayflies represent an important link of food chains, being located between primary producers and secondary consumers (as, for example, fish). Much more recently, these organisms have started to be used as important indicators in studies regarding water quality, due to their sensitivity for various pollutants. In addition, another current issue - namely the one regarding hydrotechnic arrangements of rivers - could be monitored with the help of research on the structures of mayfly communities, on the species' lifecycles and, much more recently, using secondary production data. These insects are mostly affected by the building of dams that spill water from the depth of the lake, but some authors (Giberson and Cobb, 1995) still doubt the fact that mayfly populations might suffer major modifications.

In Romania, there have only been studies regarding the systematics and distribution of mayflies.

However, there is almost a total lack of studies for analyzing the dynamics of mayfly populations, of their lifecycle as well as data on secondary production.

OBJECTIVES

This paper's aim is to approach some aspects of the ecology of mayfly populations, taking a perspective that shows how these organisms respond to the changing quality of the environment. For this purpose, we have chosen Crișul Repede river, which is the main river in the western part of the country and gives the chance of monitoring how the water quality changes as the river crosses a town with well-developed industry (Oradea). Simultaneously, the fact that two of the river's tributaries are found in the mountains (Drăgan and Iad) has offered the possibility to investigate aspects regarding the impact of dams upon the river's fauna.

The following main objectives have been set:

- To evaluate the current state of benthonic macroinvertebrates in Crișul Repede river, from its spring to the point where it leaves the country, as well as of its two main tributaries, in the same time with an evaluation of the mayflies' position and importance within the river's benthonic fauna.
- To establish the way in which mayflies respond to the degradation of water quality by modifying the structure, the diversity and abundance of the respective species.
- To clarify aspects regarding the lifecycles of dominant species, in the altitude and climate conditions of Crișul Repede river.
- To test the correctness of the secondary production data used in the studies regarding the monitoring of water quality in rivers and its subsequent advantages.

In order to achieve these objectives, the following priorities have been set:

- ✓ To establish a program for sample collection, followed by their processing in a laboratory, so that it allows for a complete analysis of the structural parameters of benthonic communities, in a period of time that matches the chosen purpose.
- ✓ Preliminary knowledge about the diversity of benthonic macroinvertebrate fauna all along the course of Crișul Repede river, as well as of its two main tributaries.
- ✓ The simultaneous analysis of the external control factors that affect the structure of benthonic communities in general and of the mayfly fauna in particular, as well as associations between these and various population parameters.
- ✓ Following the diversity of mayfly fauna along Crișul Repede river and in its tributaries, as well as the dynamics, in time, of their density (both numeric and in terms of biomass), of their abundance and frequency.
- ✓ Identifying the dominant species for each particular station, species that have an important role in the evolution of fundamental ecological processes, being main links of energy transfer for the secondary consumers, in terms of the energy found in the deposited debris or in that of the primary producers, toward superior levels.

- ✓ Establishing the relationship between the dimensions of larvae and their weight, in order to calculate the density in terms of biomass and secondary production.
- ✓ Analyzing the lifecycle of the dominant mayfly species and also establishing the type of volutinism that characterizes those species.
- ✓ Estimating the secondary production and the average annual biomass for these dominant species, as well as the connection between this data and the environmental factors, in order to test the use of these parameters in the future, in research that focuses on monitoring the quality of river water.
- ✓ To calculate the relationship between production and biomass in the dominant species, for the purpose of finding out their rate of biomass renewal.
- ✓ To valorize the results of this research in a systemic database and collection of knowledge that could become a point of reference for subsequent research regarding the evolution, in time, of the water quality in Crișul Repede river.

MATERIAL AND METHODS

In accordance with the set objectives, an intensive study plan was established, which included the collection of 489 quantitative samples. These were collected during the open season in 1997 and 1998, from four stations. Two of these were established upstream (Fughiu site) and downstream from Oradea (Cheresig site) respectively, while the other two were located on the largest tributaries of the river, one in normal hydrologic regime (Valea Drăganului site) while the other was affected by the construction of a dam used to produce electricity (Valea Iadului site). In order to expand the research but without expecting to deepen the main themes that were proposed, another station was established in the spring area of the river (Șaula site), as well as one before its confluence with its major tributaries (Crișul Repede upstream tributaries site). In order to obtain a rigorous research, an exploration plan was developed prior to the work (in 1996).

The samples were collected by using a SURBER sampler, with a surface of 1060 cm² and a fine sieve with 250 μm holes.

In order to determine the dominant fraction of the sediment and of the substratum granulometric structure, as well as for measuring the percentage of organic substance in it, sediment samples were collected. These were transported

to the laboratory in cooling bags, where they were preserved by freezing until analyzed.

Granulometric laboratory analyses were preceded by field measurements of some rocks in the riverbed (length and width or diameter). The rocks were chosen randomly, following transect on the riverbed. Thus, a number of 30-50 rocks were measured at each station. The method was described by Wolman (1954) and improved afterwards by Stazner and its collaborators (1988).

The following physical-chemical water parameters were monitored during each trip and each benthos sample collection: water speed (by using the method of the floating object), the oxygen content (YSI 55125 oxygen-meter), the temperature (oxygen-meter temperature sensor), conductivity (Oakton 35624 – 30, ± 0.02 conductivity-meter) and the pH (Oakton WD 35661-30, $\pm 2\%$ FS pH-meter).

The following water parameters were determined: CBO₅, CCOMn, chlorides, bicarbonates, sulphates, calcium, magnesium, sodium, ammonium, nitrites, nitrates, cyanides, phenols, detergents, iron, total phosphorus, chrome, lead, zinc, solid suspensions, fixed waste, permanent, temporary and total hardness.

In the laboratory, the organisms were sorted according to their order, and then the identification of the mayfly larvae was done, going as far as the species. Each larva was initially measured by itself and later on identified by using a Nikon SMZ 645 stereo-microscope and a Nikon YS 100 microscope. Totally, 120 213 larvae were processed.

During the laboratory analysis of the sediment, the humid sifting method (Folk, 1980) was used and the percentage of organic matter found in the sediment was determined by drying the material inside a drying cabinet, at 105⁰ C, followed by its burning in an oven, at 505⁰ C.

In order to calculate the regression equations, to establish the secondary production, measurements were done on series of individuals that comprised between 98 and 25 pieces, from all length classes, belonging to 14 species.

The Hynes-Hamilton method was used to calculate the secondary production, improved with the corrections suggested by Benke (1978), by introducing the Cohort Production Interval. The biomass turnover rate was obtained by calculating

the annual P/B quota, where P is the secondary annual production and B is the average annual biomass.

For an analysis of the lifecycle, the population was structured per dimension classes, separately for each month in the two years of the research. The dimension classes were chosen at a 1 mm interval, this being proposed by most of the authors who have done production studies on mayflies.

The data analysis and image processing were done by using the following program systems:

EXCEL 2003, STATISTICA 7.0 (StatSoft, Inc.), SYSTAT 4.1 (Systat, Inc.), STATDISK (Addison-Wesley Longman, Inc.), BIODIV 5.2, PAINT SHOP PRO 5.01.

RESULTS AND DISSCUSIONS

1. Physical and chemical parameters for water and for the sediments in the researched rivers

As we see from the analysis of the physical and chemical factors for the water and sediment, significant differences between the two years of study were only signalled for a few parameters. These differences were especially observed in the stations found on the lower river sector, very little in Iad Valley and almost at all in Drăgan Valley. This underlines the anthropic nature of the water quality in the lower (inferior) sector of Crișul Repede river.

The hydrologic modifications suffered by the Iad river are real and proved by different tests and regression analyses; they also impacted upon the water flow and temperature. By monitoring the water temperature within 24 hours, a cooling of 4 °C was observed, during the spills from deep down Leșu lake. Afterwards, within several hours, the water temperature returns to normal.

Both the percentage of organic matter in the sediment and the values of the CCOMn parameter found in the water show the existence of a pollution factor on Iad river, significantly bigger (the *t-Student* test at $\alpha = 0.05$) as compared to Drăgan river.

The sediment analyses in the field and in the laboratory have underlined a great disparity in the tributaries as compared to the inferior sector of Crișul Repede. For the tributaries, we have underlined the presence of finer sediments in

the river affected by the dam, as the spills from deep down the lake transported and deposited fine particles downstream. The lowest disparity was noticed in Cheresig, where the riverbed is predominantly composed of gravel and sand.

The concentration of oxygen in the water is higher in the two tributaries than at the stations found in the inferior sector of Crișul Repede river (see table 5.1); the dependence of this parameter on the water temperature is known. We do not notice a load of organic substances that could produce anaerobic fermenting (such a phenomenon could lead to a decrease in the oxygen concentration) at any of the stations, the percentage of oxygen in water is close to saturation. On some dates, we even noticed a surpassing of the 100% value due to oxygenation thresholds that bring a supplement into the water.

The means of the values synthesized in table 5.1. shows a pH that is higher than 7 in the inferior sector of Crișul Repede and one under 7 for the tributaries, but the differences are very small (under unit).

For every station, we have noticed differences that are not significant between the annual average of the water pH in 1997 as compared to the one in 1998 (the *t-Student* test, $\alpha > 0.05$).

The centralized data in table 5.1 shows significant increase in the water conductance of the inferior sector of Crișul Repede river, as compared to the two tributaries. Significant differences are also seen in-between the stations found here, in the sense that we notice an increase in conductance downstream from Oradea, where we record the maximum value of 460 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (August 1998).

For the two tributaries, applying the *t-Student* test at a probability level of 95% has shown non-significant differences between the water conductance in 1997 and the one in 1998 (see table 5.1).

Similarly with conductance, the fixed sediment also had the highest values in the inferior sector of the river, especially at the station found downstream from Oradea (see table 5.1).

The impact of the dam upon the chemism of the Iad river is also seen through the increase – in average twice – of the fixed sediment in this river, as compared to Drăgan Valley. The rock composition (mainly limestone) on Iad Valley also contributes to this increase, as they are more pervious and soluble than the ones on Drăgan Valley.

The data in table 5.1 underlines an increase of the values in all chemical parameters of the water, downstream from Oradea. This increase is of almost 100% in the case of the following parameters: sulfates, sodium, ammonium, nitrites, phenols, detergents, total phosphorus and chromium.

The influence of spills from the bottom of the lake upon the chemism of the water in Drăgan river is reflected in an increase of the values of most parameters in the river affected by the dam (table 5.1). Even the flow of the Iad river is ensured by releasing a constant auxiliary flow that brings water from the depth of the lake, where, due to the deposition phenomenon, there is a concentration of nutrients (Allan, 1995; Brittain and Saltveit, 1989; Cushman, 1985; Puig *et al.*, 1987).

The following parameters are an exception: sulphates, sodium, potassium and iron, which have higher values in Drăgan river, but the differences are very small and non-significant (*t-Student* test, $\alpha > 0.05$). Calcium and bicarbonates present significant differences between the two rivers, as they are considerably higher in Iad Valley - that flows on easily soluble limestones (*t-Student* test, $\alpha > 0.05$).

The organic substance found in the water (expressed by CCOMn) has average values that are significantly higher in Iad river (16.37 mg/l) as compared to Drăgan (2.56 mg/l); the polluting sources (with organic matter) of the latter are described in chapter 3.

For Drăgan valley, there were no significant differences between the values of the other chemical parameters of the water, except nitrites. For Iad Valley, on the other hand, significant increases were recorded in 1997 – as compared to 1998 – for calcium, sodium and bicarbonates (table 5.1).

The synthetic data in table 5.1 also shows an increase in the water hardness once Crișul Repede crosses the town, as well as higher values in this sector, as compared to the water hardness in the two tributaries. As for the latter, the river flowing on limestones and having extra water brought in from the dam (Iad Valley) shows higher values in terms of hardness.

In Iad Valley, both the deposit from the particular micro-habitats on the banks and the one in the major riverbed have had a higher percentage of organic matter than the same types of micro-habitats in Drăgan Valley; these differences were found significant by applying the *t-Student* test at a probability level of 95% (test applied in the same year, for the same type of habitat).

For the stations found in the inferior sector of Crișul Repede river, the data in table 5.4 shows a higher loading of the substratum with organic substances downstream from the town, but these differences were not significant when speaking of 95% probability (t-Student test). The differences between the two years, 1997 and 1998, were also not significant.

2. Communities of macro-invertebrates in the researched rivers

As a result of determining the degree and importance of mayfly associations within the benthonic macro-invertebrate fauna in Crișul Repede we have reached the following:

- In the years 1997 and 1998, the mayfly larvae had a frequency of 100% in the benthonic fauna of the tributaries and in the superior sector of Crișul Repede. At the stations in the inferior sector, their frequency was much diminished, therefore we only found diptera and oligochaeta larvae in the samples.
- In the Drăgan benthos, the efemeroptera were dominant in terms of numeric density, while in the Iad river they were surpassed by oligochaeta. At the Fughiu station, over 70% was occupied by chironomids and oligochaeta, while efemeroptera only represented 10% of the benthonic fauna.
- Upstream of Oradea, at Cheresig station, efemeroptera occupy a non-significant percentage, of under 1%, as the environmental conditions are not optimal for the development of stable populations; under those conditions, over 90% of the benthonic fauna is occupied by oligochaeta and chironomids.

3. The species found in the mayfly communities of Crișul Repede and its tributaries

After having studied the mayfly communities in Crișul Repede and its tributaries, we have come to the following observations:

- The mayflies in the benthos of Crișul Repede and its tributaries belonged to 38 species, grouped in 14 genus and 8 families; the best represented families were Heptageniidae and Baëtidae, while the genus with the most species were *Baëtis* (10 species) and *Ecdyonurus* (7 species).
- Most of the species were recorded in the tributaries (44.7%) and at Fughiu (34.2%) and the least were identified in the spring area and where the river exits the country.

- *Baëtis fuscatus* and *B. vernus* were the only species found both along the entire course of Crișul Repede and in the two tributaries.
- The diversity of mayflies for the two tributaries was expressed with the help of the Shannon-Wiener index and it is not significantly different, although the Margalef index has shown an increased richness of species for Iad Valley. The mayfly communities in the two tributaries, on the other hand, differ significantly from any of the stations located on Crișul Repede ($\alpha < 0.001$).

4. The diversity of mayfly fauna in relation with the environmental aspects

Strong and significant correlations, at a probability level of 95%, were found between the diversity of mayflies and the following parameters: pH, the water flow, temperature, chlorides, sulphates, nitrites, nitrates, sodium and permanent hardness.

Other factors, such as altitude and oxygen, were found to be significant only at a lower level (90%), while for a number of other ones (e.g.: altitude, water speed, CCOMn, fixed sediment, calcium, magnesium, ammonium, phenols, detergents, iron, bicarbonates and temporary hardness) we could not reveal their influence on the diversity.

5. The relationship length - weight for mayfly larvae in Crișul Repede and tributaries

The dimension of the body that best expresses dry weight is the total body length (without cerci). The regression equations were of the type $y = a \cdot x^b$, being calculated separately for each dominant species. In order to express density as biomass, we had to find an equation on group level, given by the expression:

$$G = 0.005728 \cdot L^{2.699}; \quad r = 0.914; \quad ES \pm 0.522; \quad \alpha = 0.0001$$

This equation was obtained by using a test sample of 376 individuals that belonged to a number of 17 species (collected from the tributaries), by producing logarithms for both variables (see figure 7.4). The testing of regression and correlation quotients for this equation (*t-Student* test) led to rejecting the null hypothesis and thus to their validation.

6. Dominant mayfly species

In order to find out the dominant mayfly species at each station, the following structural indexes were used: frequency, percentage numeric abundance and the density-expressed both as number of individuals and as biomass.

A number of 1-3 populations that dominated in numbers or in terms of biomass were found for each particular station. Thus, in Țaula the dominant species were *Baëtis fuscatus* and *B. vernus*, at Crișul Repede upstream from tributaries *B. lutheri* was dominant. In the tributaries, at Drăgan Valley station the following three species were dominant: *Habroleptoides modesta*, *Rhithrogena semicolorata* and *Ephemerella ignita*, while at Iad Valley station the following three: *Baëtis fuscatus*, *Rhithrogena semicolorata* and *Ephemerella ignita*.

These generally composed, altogether, more than 75% of the mayfly association; they were also the ones that were afterwards applied the lifecycle study and the secondary production study.

7. Models of spatial distribution

The testing of the spatial distribution for the dominant species, with the tests named t, χ^2 , David-Moore, Lewis and Green, revealed the following:

- At all stations, the dominant species were in grouped distribution and the degree of grouping differed based on the researched season and year.
- The comparison of the level of grouping of individuals from different dominant species in the 4 stations (F test, at $\alpha < 0.01$) shows that it does not differ significantly for the pair of dominant species at Fughiu (*Caenis luctuosa* și *Potamanthus luteus*) and differs highly for the dominant species at Cheresig (*Baëtis vernus* și *Baëtis fuscatus*).
- At Drăgan Valley, the dominant species do not differ in grouping, with the exception of the pair of species *Habroleptoides modesta* – *Rhithrogena semicolorata*.
- The degree of grouping of *Baëtis rhodani* individuals at Drăgan Valley differs significantly from the one of other species, at the same station.

8. The lifecycle and volitinism of dominant mayfly species in the researched rivers

The dynamics of the population magnitude and the structure per dimension classes were investigated for those populations that were found dominant in the mayfly associations at each station, having as final result the investigation of the

lifecycle, as well as finding out the volitinism of the species. This analysis has led to the following conclusions:

- In the climate and altitude conditions of Crișul Repede, the species *Habroleptoides modesta*, *Rhithrogena semicolorata*, *Ephemerella ignita* and *Potamanthus luteus* were identified as being univoltine, *Baëtis rhodani* as bivoltine and for *Caenis luctuosa* we identified two generations per year, with the note that the summer one may have several cohorts.
- The species that appeared in more stations had the same type of volitinism and the same lifecycle model; we detected very small differences only for some species, in terms of their maximum emergence months.
- The species *Habroleptoides modesta* and *Potamanthus luteus* were found to be univoltine of the hiemal type, so they spend winter in the shape of large larvae and emergence takes place in early spring. Unlike these two species, *Rhithrogena semicolorata*, although it was also a univoltine hiemal species, spent its winter – during the study period – as a small larva and its growth was accelerated during spring, once the water temperature increased.
- At both stations in the tributaries, *Ephemerella ignita* only presented one generation per year, being univoltine of the estival type, which spends the cold season in the form of eggs.
- In both tributaries, the species *Baëtis rhodani* was bivoltine, presenting a winter generation that emerges in April-May and a summer one that swarms in the autumn months (September-October).
- At Fughiu station, the species *Caenis luctuosa* definitely had at least two generations during one year, with a winter one and a summer one, whose long periods of emergence, laying of eggs and hatching made it possible for several cohorts to exist during summer.

9. Production/Biomass ratio for the dominant species

The P/B report shows a smaller rate of biomass renewal in the univoltine populations than in the ones that have more generations per year. Small rates of biomass turnover were also revealed for the populations of larger species (for example: *Potamanthus luteus*).

10. Secondary production for the dominant species

The calculation of secondary production in the dominant species did not reveal significant differences between stations for the same species.

The regression equations between the body length and the dry body weight that were the basis for calculating the biomass in order to estimate secondary production are the following:

Habroleptoides modesta

Drăgan Valley: $G = 0.01842 * L^{2.841}$, $r = 0.991$, $ES \pm 1.148$, $\alpha < 0.001$, $N = 94$.

Rhithrogena semicolorata

Drăgan Valley: $G = 0.002457 * L^{2.135}$, $r = 0.962$, $ES \pm 2.19$, $\alpha < 0.001$, $N = 43$.

Iad Valley: $G = 0.001806 * L^{2.245}$, $r = 0.95$, $ES \pm 0.0322$, $\alpha < 0.001$, $N = 33$

Ephemerella ignita

Drăgan Valley: $G = 0.00421 * L^{2.421}$, $r = 0.976$, $ES \pm 0.245$, $\alpha < 0.05$, $N = 54$.

Iad Valley: $G = 0.0058 * L^{2.138}$, $r = 0.975$, $ES \pm 2.15$, $\alpha < 0.01$, $N = 35$.

Baëtis rhodani

Drăgan Valley: $G = 0.00645 * L^{3.531}$, $r = 0.975$, $ES \pm 1.083$, $\alpha < 0.001$, $N = 24$.

Iad Valley: $G = 0.00356 * L^{3.651}$, $r = 0.991$, $ES \pm 0.301$, $\alpha < 0.001$, $N = 38$.

Caenis luctuosa

Fughiu: $G = 0.00543 * L^{3.217}$, $r = 0.98$, $ES \pm 0.278$, $\alpha < 0.05$, $N = 30$

Potamanthus luteus

Fughiu: $G = 0.00721 * L^{2.526}$, $r = 0.99$, $ES \pm 0.135$, $\alpha < 0.05$, $N = 29$.

One of the objectives of this paper was to test the correctness of secondary production data usage in the studies for monitoring water quality. As we have not observed significant differences between the secondary productions of dominant species that occurred at different stations (see table 9.1), we have come to compare the total productions. For this purpose, we added together the productions of species that were dominant for each particular station, separately for each year of study. Thus, at Fughiu station we added together the productions of the species *Caenis luctuosa* and *Potamanthus luteus*, at Drăgan Valley stations the ones of the species *Habroleptoides modesta*, *Rhithrogena semicolorata* and *Ephemerella ignita*, and for Iad Valley the ones of the species *Baëtis rhodani*, *Rhithrogena semicolorata* and *Ephemerella ignita*.

Thus, we have obtained significant differences between stations: at Drăgan Valley, in 1997 the dominant species had a secondary production that almost doubled the ones in Iad Valley and became even four times bigger than this one in 1998 (see figure 9.19).

Significant differences were also obtained between Iad Valley and Crișul Repede at Fughiu station, but only for 1998.

Taking into consideration all these results, we recommend that the secondary production data for mayflies be used in appreciating the water quality - but only when speaking of the entire group, even if these results are time consuming and use a lot of material resources. Still, they are preferred in the bio-monitoring of water quality, instead of applying the classical biotic indexes that are based on the presence or absence of benthonic invertebrates or that simply consider the scores recorded by indicator species.

BIBLIOGRAFIE

- Alba-Tercedor, J. 1981.** Efemerópteros de Sierra Nevada: Ciclos de Desarrollo, Taxonomía y Ecología de las Ninas. Tesis doctoral (inérita). Universidad de Granada. 475 pág.
- Alba-Tercedor, J. 1984.** Ecología, distribución y ciclos de desarrollo de efemerópteros de Sierra Nevada (Granada, España). II: Baëtidae (Insecta: Ephemeroptera). Limnetica 1: 234-246.
- Alba-Tercedor, J. 1990a.** Life cycles and ecology of some species of Ephemeroptera from Spain. pp: 13-16 in: I.C. Campbell (ed.): „Mayflies and Stoneflies. Life Histories and Biology”. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Alba-Tercedor, J. 1990b.** Life cycles and ecology of mayflies from Sierra Nevada (Spain). IV. Limnetica 6: 23-34.
- Alba-Tercedor, J. and Sánchez-Ortega, A. 1982.** Presencia del género *Torleya* Lestage, 1917 (Insecta, Ephemeroptera: Ephemerellidae) en la Península Ibérica. Bol. R. Soc. Española Hist. Nat. (Biol.) 80: 81-88.
- Allan, J.D. 1985.** The production ecology of Ephemeroptera in a Rocky Mountain stream. Verh. Internat. Verein. Limnol. 22: 3233-3237.
- Allan, J.D. 1995.** Stream Ecology. Structure and function of running waters. Chapman & Hall, London.
- Allee, W.C., Emerson, A.E., Park, O., Park, T., Schmidt, K.P. 1949.** Principles of Animal Ecology. Philadelphia: Saunders.
- Andersen, T., Fjellheim, A., Larsen, R., Otto, Ch. 1978.** Relative abundance and flight periods of Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera in a regulated West Norwegian River. Norw. J. Ent. 25: 139-144.
- Anderson, N.H. and Sedell, J.R. 1979.** Detritus processing by macroinvertebrates in stream ecosystems. Ann. Rev. Ent. 24: 351-377.
- Armitage, P.D. 1976.** A quantitative study of the invertebrate fauna of the River Tees below Cow Green Reservoir. Freshwater Biology 6: 229-240.
- Armitage, P.D. 1977.** Invertebrate drift in the regulated River Tees, and an unregulated tributary Maize Beek, below Cow Green dam. Freshwater Biology 7: 167-183.
- Bauernfeind, E. 1994.** Bestimmungsschlüssel für die Österreichischen Eintagsfliegen. Wasser und Abwasser. Insecta. Ephemeroptera.1 und 2.
- Bauernfeind, E. 1997.** Discriminating characters in Central European Species of *Ecdyonurus* Eaton. pp: 418-426 in: P. Landolt and M. Sartori (eds.) „Ephemeroptera & Plecoptera. Biology, ecology and systematics”. Mauron + Tinguely & Lachant SA. Fribourg.
- Belfiore, C. 1983.** Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane. 24. Efemerotteri (Ephemeroptera). Consiglio Nazionale delle Ricerche, Rome.
- Benech, V. 1971.** Les variations saisonnières chez un Ephéméroptère polyvoltin (*Baëtis rhodani* PICTET) d'un ruisseau à truites des Pyrénées-Atlantiques. Le Lissuraga. Thèse doctoral 3e cycle. Fac. Sc. Université d'Orléans.



- Benech, V. 1972.** Le polyvoltinisme chez *Baetis rhodani* Pictet (Insecta: Ephemeroptera) dans un ruisseau a truites des Pyrénées-Atlantiques, Le Lissuraga. Annales d'Hydrobiologie 3(2): 141-171.
- Benech, V. and Vignes, J.C. 1972.** Etude expérimentale de l'incubation des oeufs de *Baetis rhodani* Pictet. Freshwater Biology 2: 243-252.
- Bengtsson, J. 1973.** Vækst of livscyklus hos *Baetis rhodani* (Pict.) (Ephemeroptera). Flora og Fauna 79/2: 32-34.
- Bengtsson, J. 1988.** Autecological studies on *Baetis rhodani* (Pict.) (Ephemeroptera). Archiv für Hydrobiologia 111: 615-623.
- Benke, A.C. 1979.** A modification of the Hynes method for estimating secondary production with particular significance for multivoltine populations. Limnology and Oceanography 24: 168-171.
- Benke, A.C. 1984.** Secondary production of aquatic insects. pp: 289-322 (cap. 10) in: V.H. Resh and D.M. Rosenberg (eds.) „Ecology of Aquatic Insects”. Praeger Scientific, New York.
- Benke, A.C. 1993.** Concepts and patterns of invertebrate production in running waters. Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie 25: 15-38.
- Benke, A.C. 1996.** Secondary production of macroinvertebrates. pp: 557-578 (cap 26) in: A.C. Benke (ed.) „Methods in Stream Ecology”. Academic Press.
- Benke, A.C. and Jacobi, D.I. 1994.** Productions dynamics and resource utilization of snag dwelling mayflies in Blackwater River. Ecology 75(5): 1219-1232.
- Benke, A.C. and Waide, J.B. 1977.** In defence of average cohorts. Freshwater Biology 7: 61-63.
- Benke, A.C., Huryn, A.D., Ward, G.M. 1998.** Use of empirical models of stream invertebrate secondary production as applied to a functional feeding group. Verh. Internat. Verein. Limnol. 26: 2024-2029.
- Benke, A.C., Huryn, A.D., Smock, L.A., Wallace, J.B. 1999.** Length-mass relationship for freshwater macroinvertebrates in North America with particular reference to the southeastern United States. J. N. Am. Benthol. Soc. 18(3): 308-343.
- Benke, A.C., Van Arsdall, T.C., Gillespie, D.M., Parrish, F.K. 1984.** Invertebrate productivity in a subtropical blackwater river: the importance habitat and life history. Ecological Monographs 54: 25-63.
- Birge, E.A. and Juday, C. 1922.** The Inland Lakes of Wisconsin, the Plankton, 1. Its Quantity and Chemical Composition. Wisconsin Geological and Natural History Survey Bulletin 64.
- Bogătean, M.B. 1999.** Structura, diversitatea si dinamica sezonieră a unor comunități de trichoptere din râurile Drăgan și Barcău (Bazinul Crișului Repede). Lucrare de licență. Univ. „Babeș-Bolyai” Cluj-Napoca.
- Bogătean, M.B. 2002.** Diversitatea, distribuția, abundența și dinamica comunităților de trichoptere (Trichoptera) din râurile Drăgan și Iad (Bazinul Crișului Repede) în anul 1998. Lucrare de disertație. Univ. „Babeș-Bolyai” Cluj-Napoca.

- Bogoescu, C. 1952.** Influența temperaturii și vitezei apei asupra repartiției larvelor speciilor de Ephemeroptera în torenți. Rev. Univ. "C.I. Parhon" și a Politehnicii București. Ser. Șt. Nat. 1: 172-177.
- Bogoescu, C. 1956.** Contribuții la studiul faunei de efemeroptere din regiunea Suceava. Analele Universității C.I. Parhon, București, Seria Științelor Naturii 12: 155-162.
- Bogoescu, C. 1957.** Date noi din biologia ephemeropterelor. Analele Univ. "C.I. Parhon" București. Ser. Șt. Nat. 14: 141-147.
- Bogoescu, C. 1958.** Ephemeroptera. Fauna R.P.R., Insecta. vol.VII, fasc.3, Ed. Academiei R.S.R. București.
- Bogoescu, C. și Tăbăcaru, I. 1956.** Contribuții la studiul sistematic al nimfelor de efemeroptere din RPR. I. Genul *Baëtis* Leach. Comunicare prezentată de V.Radu, membru corespondent al Acad. RPR în sesiunea din 5 oct.1956.
- Bogoescu, C. și Tăbăcaru, I. 1968.** Observațiuni asupra zborului nupțial și acuplării la ephemeroptere. Comunicări de Zoologie. Prima consfătuire de entomologie I.: 79-84.
- Bohle, H.W. 1969.** Untersuchungen über die Embryonalentwicklung und die embryonale Diapause bei *Baëtis vernalis* Curtis und *Baëtis rhodani* (Pictet) (Baëtidae, Ephemeroptera). Zoologische Jahrbücher, Abteilung Anatomie und Ontologie der Tiere 86: 493-575.
- Bohle, H.W. 1972.** Die Temperaturabhängigkeit der Embryogenese und der embryonalen Diapause von *Ephemerella ignita* (Poda) (Insecta: Ephemeroptera). Oecologia 10: 253-268.
- Botnariuc, N. 1976.** Concepția și metoda sistemică în biologia generală. Ed. Academiei R.S.R. București.
- Botnariuc, N., Ignat, G., Vădineanu, A. 1981.** Rolul ecologic al unor chironomide în ghiolul Roșu și japașa Porcu din Delta Dunării. pp: 108-115 in: N. Botnariuc (ed.): „Productivitatea ecosistemelor acvatice”. Ed. Acad. R.S.R., București.
- Botnariuc, N. și Vădineanu, A. 1982.** Ecologie. Ed. Didactică și Pedagogică. București.
- Bournaud, M., Tachet, H., Roux, A.L. 1987.** The effects of seasonal and hydrological influences on the macroinvertebrates of the Rhône River, France. II. Ecological aspects. Arch. Hydrobiol./Suppl. 76: 25-51.
- Boyer, M.C. 1964.** Streamflow measurement. pp: 15-41 (section 15) in: V.T. Chow (ed.) „Handbook of Applied Hydrology”. McGraw-Hill Co. New York.
- Breitenmoser-Würsten, C. and Sartori, M. 1995.** Distribution, diversity, life cycle and growth of a mayfly community in a prealpine stream system (Insecta: Ephemeroptera). Hydrobiologia 308: 85-101.
- Bretscho, 1965.** Zur larvenentwicklung von *Cloeon dipterum*, *Cloeon simile*, *Centroptilum luteolum* und *Baëtis rhodani*. Arbeiten aus dem Zoologischen Institut der Universität Graz. 172: 17-36.
- Brinkhurst, R.O. 1974.** The Benthos of Lakes. The MacMillian Press Ltd., London.
- Brinkhurst, R.O. 1986.** Guide to the Freshwater Aquatic Microdrile Oligochaetes of North America. Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences 84.
- Brinkhurst, R.O. and Cook, D.G. 1974.** Aquatic earthworms (Annelida: Oligochaeta). pp: 143-156 in: C.W. Hart jr. and S.L.H. Fuller (eds.): “Pollution Ecology of Freshwater Invertebrates”. Academic Press, N.Y., San Francisco, London.

- Brittain, J.E. 1982.** Biology of mayflies. *Ann. Rev. Entomol.* 27: 119-147.
- Brittain, J.E. 1974.** Studies on the lentic Ephemeroptera and Plecoptera of Southern Norway. *Norsk. ent. Tidsskr.* 21: 135-154.
- Brittain, J.E. and Saltveit, S.J. 1989.** A review of the effect of river regulation on mayflies (Ephemeroptera). *Regulated Rivers: Research & Management* 3: 191-204.
- Brooker, M.P. and Morris, D.L. 1978.** Production of two species of Ephemeroptera (*Ephemerella ignita* Poda and *Rhithrogena semicolorata* Curtis) in the upper reaches of the river Wye, Wales. *Ver. Int. Ver. Limnol.* 20: 2600-2604.
- Bucșa, Z. 1975.** Studiul faunei de efemeroptere din Munții Apuseni. Lucrare de diplomă. Univ. "Babeș-Bolyai", Cluj-Napoca.
- Buzan, C. and Sárkány-Kiss, A. 1997.** A study of the plecoptera species in the Criș/Körös rivers. pp: 263-267 in: A. Sárkány-Kiss and J. Hamar (eds.): "The Criș/ Körös Rivers' Valleys. A study of the geography, hydrobiology and ecology of the river system and its environment". Szolnok-Szeged-Târgu Mureș.
- Campbell, I.C., Duncan, M.J., Swadling, K.M. 1990.** Life histories of some Ephemeroptera from Victoria, Australia. pp: 81-84 in: I.C. Campbell (ed.) „Mayflies and Stoneflies, Life Histories and Biology”. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Cérégino, R. and Lavandier, P. 1998.** Influence of hypolimnetic hydropeaking on the distribution and population dynamics of Ephemeroptera in a mountain stream. *Freshwater Biology* 40: 385-399.
- Chiriac, E. și Udrescu, M. 1965.** Ghidul naturalistului în lumea apelor dulci. Ed. Stiințifică. București.
- Christman, V.D. and Voshell, J.R. 1992.** Life history, growth and production of Ephemeroptera in experimental ponds. *Ann. Ent. Soc. Am.* 85: 705-712.
- Cianciara, S. 1979a.** Some study on the biology and bioenergetics of *Cloeon dipterum* (L.), Ephemeroptera (preliminary data). *Proceedings of the Second International Conference on Ephemeroptera*: 175-192.
- Cianciara, S. 1979b.** Life cycle of *Cloeon dipterum* (L.) in natural environment. *Polskie Archiwum Hydrobiologh.* 26: 501-513.
- Ciborowsky, J.J.H and Clifford, H.F. 1983.** Life histories, microdistribution and drift of two mayfly (Ephemeroptera) species in the Pembina River, Alberta Canada. *Holarctic Ecology* 6: 3-10.
- Ciubuc, C. 1986.** Producția unor populații de *Gammarus balcanicus* (Crustacea: Amphipoda) din unele pâraie de munte, afluenți ai râului Prahova. *Hidrobiologia* 19: 209-219.
- Clarke, G.L. 1946.** Dynamics of production in a marine area. *Ecol. Monogr.* 16: 321-335.
- Clesceri, L.S., Greenberg, A.E., Eaton, A.D. (eds.). 1998.** Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th Edition. United Book Press, Inc., Baltimore, Maryland.
- Clifford, H.F. 1980.** Numerical abundance values of mayfly nymphs from the Holarctic region. pp: 503-509 in: J.F. Flannagan and K.E. Marshall (eds.): "Advances in Ephemeroptera Biology". Plenum Publishing Corporation.

- Clifford, H.F. 1982.** Life cycles of mayflies (Ephemeroptera), with special reference to voltinism. *Quaest. Entomol.* 18: 15-90.
- Clifford, H.F. and Barton, D.R. 1979.** Observations on the biology of *Ametropus neavei* (Ephemeroptera: Ametropodidae) from a large river in northern Alberta, Canada. *Can. Ent.* 111: 855-858.
- Clifford, H.T. and Stephenson, W. 1975.** An Introduction to Numerical Classification. Academic Press, London.
- Cobb, D.G., Galloway, T.D., Flannagan, J.F. 1992.** Effects of discharge and substrat stability on density and species composition of stream insects. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 49: 1788-1795.
- Coffman, W.P., Cummins, K.W. and Wuycheck, J.C. 1971.** Energy flow in a woodland stream ecosystem. 1. Tissue support trophic structure of the autumnal community. *Arch. Hydrobiol.* 68: 232-276.
- Corkum, L.D. 1980.** Carnivory in *Ephemerella inermis* Eaton nymphs (Ephemeroptera: Ephemerellidae). *Ent. News* 91(5): 161-163.
- Corkum, L.D. and Clifford, H.F. 1980.** The importance of species association and substrate types to behavioural drift. pp: 331-341 *in*: J.F. Flannagan and K.E. Marshall (eds.): "Advances in Ephemeroptera Biology". Plenum Publishing Corporation.
- Corkum, L.D. and Hanes, E.C. 1989.** A laboratory aeration system for rearing aquatic invertebrates. *Ent. News* 100 (4): 169-172.
- Crisp, D.T. and Howson, G. 1982.** Effect of air temperature upon mean water temperature in streams of the North Pennines and English Lake District. *Freshwater Biol.* 12: 359-367.
- Csüros, S., Resmerița, I., Csüros-Káptalan, M. 1969.** Cercetări de vegetație în bazinul Huedinului. *Contr. Botanice. Univ. "Babeș-Bolyai", Grădina Botanică Cluj Napoca*: 211-222.
- Cuffney, T.F., Gurtz, M.E., Meador, M.R. 1993.** Methods for Collecting Benthic Invertebrate Samples as Part of the National Water-Quality Assessment Program. United States Geological Survey. Open File Report: 93-406. Raleigh, NC.
- Cummins, K.W. 1962.** An evaluation of some techniques for the collection and analysis of benthic samples with a special emphasis on lotic waters. *Amer. Midl. Nat.* 67: 477-504.
- Cummins, K.W. 1974.** Structure and function of stream ecosystems. *Bioscience* 24: 631-641.
- Cushman, R.M. 1985.** Review of Ecological Effects of Rapidly Varying Flows Downstream from Hydroelectric Facilities. *North American Journal of Fisheries Management* 5: 330-339.
- Danielopol, D.L. 1977.** On the origin and diversity of european freshwater interstitial ostracods. Sixth Intern. Ostracod Symposium, Saalfelden: 295-305.
- Derka, T. 1998.** Effect of regulation of a submontane river on mayfly communities (Insecta: Ephemeroptera). *Biologia, Bratislava* 53/2: 189-194.
- Diaconu, I. 1985.** Structura și rolul oligochetelor din bentosul ghiolurilor Matia și Merhei (1980-1982). *St. și Comunic. de Ecologie Tulcea* 1: 245-251.
- Di Sabatino, A., Gerecke, R., Martin, P. 2000.** The biology and ecology of lotic water mites (Hydrachnidia). *Freshwater Biology* 44: 47-62.

- Dudgeon, D. 1996a.** Life histories, secondary production and microdistribution of heptageniid mayflies (Ephemeroptera) in a tropical forest stream. *J.Zoo.Lond.* 240: 341-361.
- Dudgeon 1996b.** The life history, secondary production and microdistribution of *Ephemera* spp. (Ephemeroptera: Ephemeridae) in a tropical forest stream. *Arch. Hydrobiol.* 135 (4): 473-483.
- Edington, J.M. and Hildrew, A.G. 1981.** A key to the Caseless caddis larvae of the British Isles with notes on their ecology. Freshwater Biological Association Scientific Publication 43.
- Edmondson, W.T and Winberg, G.G. (eds.). 1971.** A Manual on Methods for the Assessment of Secondary Productivity in Fresh Waters. IBP. Handbook 17. Blackwell Sci. Publ. Oxford and Edinburgh.
- Edmunds, G.F.jr. and McCafferty, W.P. 1996.** New field observations on burrowing in Ephemeroptera from around the world. *Ent. News* 107: 68-76.
- Edwards, A.I. 1985.** Multiple regression and the analysis of variance and covariance. W.H. Freeman and Company. New York.
- Elliott, J.M. 1967.** The life-histories and drifting of the Plecoptera and Ephemeroptera in a Datmoor Stream. *J. Anim. Ecol.* 36: 343-362.
- Elliott, J.M. 1971.** Some methods for the statistical analysis of samples of benthic invertebrates. 2nd ed. Freshwater Biological Association Scientific Publication 25.
- Elliott, J.M. 1978.** Effect of temperature on the hatching time eggs of *Ephemerella ignita* (Poda) (Ephemeroptera: Ephemerellidae). *Freshwater Biology* 8: 51-58.
- Elliott, J.M., Humpesh, H.U., Macan, T.T. 1988.** Larvae of the British Ephemeroptera: a key with ecological notes. Freshwater Biological Association Scientific Publication 49.
- Eriksen, C.H. 1963.** The relation of oxygen consumption to substrate particle size in two burrowing mayflies. *J. Exp. Biol.* 40: 447-453.
- Fisher, S.G. and Likens, G.E. 1973.** Energy flow in Bear Brook, New Hampshire: An integrative approach to stream ecosystem metabolism. *Ecol.Monogr.* 43: 421-439.
- Flowers, R.W. and Hilsenhoff, W.L. 1978.** Life cycles and habitats of Wisconsin Heptageniidae (Ephemeroptera). *Hydrobiologia* 60(2): 159-171.
- Folk, R.L. 1980.** Petrology of Sedimentary Rocks. Hemphill Publishing Company. Austin, Texas.
- Gaines, W.L., Cushing, C.E., Smith, S.D. 1992.** Secondary production estimates of benthic insects in three cold desert streams. *Great Basin Naturalist* 52: 11-24.
- Gaschignard, O. and Berly, A. 1987.** Impact of large discharge fluctuation on the macroinvertebrate population downstream of a dam. pp: 145-161 *in:* J.F. Craig and J.B. Kemper (eds.) „Regulated Streams”. Plenum, New York.
- Găldean, N. 1992a.** Contribution to the zoogeography of the mayflies (Insecta: Ephemeroptera) of Romania. *Trav. Mus. Hist. nat. “Grigore Antipa”* XXXII: 425-443.
- Găldean, N. 1992b.** Utilisation of mayflies (Insecta: Ephemeroptera) for dividing some romanian running waters into zones. *Trav. Mus. Hist. nat. “Grigore Antipa”* XXXII: 399-423.

- Găldean, N. 1994.** Biological division of the Someș River into zones according to mayflies fauna (Insecta: Ephemeroptera). Trav. Mus. Hist. nat. "Grigore Antipa" XXXIV: 435-454.
- Găldean, N. 1997.** Some comments about the benthic communities of the Iza River (Maramureș, Romania) with special remarks on rheophilic mayfly species (Insecta: Ephemeroptera). Trav. Mus. Hist. nat. "Grigore Antipa" XXXVII: 193-203.
- Găldean, N. and Staicu, G. 1997.** The carrying capacity assessment of the lotic system Crișul Repede (Tisa area catchment, Romania), based on faunistical analysis. Trav. Mus. Hist. nat. "Grigore Antipa" XXXVII: 237-254.
- Gehrs, C.W. and Robertson, A. 1975.** Use of life tables in analyzing the dynamics of copepod population. Ecology 56: 665-672.
- Ghetti, P.F., Bonazzi, G., Musi, G., Ravanetti, U. 1979.** Cicli vitali di efemerotteri e plecoteri di un torrente sperimentale. L'Ateneo Parmense. Acta Naturalia 15(2): 149-157.
- Giberson, D.J and Galloway, T.D. 1985.** Life history and production of *Ephoron album* (Say) (Ephemeroptera: Polymitarcidae) in the Valley River, Manitoba. Can. J. Zool. 63: 1668-1674.
- Giberson, D.J. and Rosenberg, D.M. 1994.** Life histories of burrowing mayflies (*Hexagenia limbata* and *H.rigida*, Ephemeroptera: Ephemeridae) in a northern Canadian reservoir. Freshwater Biology 32: 501-518.
- Godeanu, S. și Zinevici, V. 1981.** Dinamica și specificul producției și productivității zooplanctonului ghiolului Roșu (Delta Dunării). pp: 116-124 in: N. Botnariuc (ed.): „Producția și productivitatea ecosistemelor acvatice”. Ed. Acad. R.S.R., București.
- Grant, P.M. and Stewart, K.W. 1980.** The Life History of *Isonychia sicca* (Ephemeroptera: Oligoneuriidae) in an Intermittent Stream in North Central Texas. Annals of the Entomological Society of America 73(6): 747-755.
- Grandi, M. 1960.** Ephemeroidea. Fauna D'Italia. vol III. Edizioni Calderini Bologna.
- Green, R.H. 1966.** Measurement of non-randomness in spatial distributions. Researches Popul. Ecol. Kyoto Univ. 8(1): 1-7.
- Hall, D.J., Cooper, W.E., Werner, E.E. 1970.** An experimental approach to the production dynamics and structure of freshwater animal communities. Limnol. Oceanogr. 15: 839-928.
- Hamilton, A.L. 1969.** On estimating annual production. Limnol. Oceanogr. 14: 771-782.
- Harker, J.E. 1952.** A study of the life cycle and growth rates of four species of mayflies. Proc. R. Ent. Soc. Lond. (A) 27: 77-85.
- Hauer, F.R., Lamberti, G.A. (eds.). 1996.** Methods in Stream Ecology. Academic Press, Inc.
- Hawkins, C.P. 1986.** Variation in individual growth rates and population densities of ephemereid mayflies. Ecology 67: 1384-1395.
- Hefti, D and Tomka, I. 1990.** Abundance, growth and production of three mayfly species (Ephemeroptera: Insecta) from the Swiss Prealps. Arch. Hydrobiol. 120: 211-228.
- Hellawell, 1986.** Biological indicators of freshwater pollution and environmental management. Elsevier Applied Science Publishers. London, New York.
- Holomuzki, J.R. 1996.** Effects of substrate and predator type on microdistributions and drift of a lotic mayfly. J. N. Am. Benthol. Soc. 15: 520-528.

- Hubbard, M.D. 1990.** Mayflies of the world. A catalog of the family and genus group taxa (Insecta: Ephemeroptera). Flora & Fauna Handbook 8. The Sandhil Crane Press. Geinesville, Florida.
- Humpesh, U. H. 1979.** Life cycle and growth rates of *Baëtis* spp. (Ephemeroptera: Baëtidae) in the laboratory and in two streams in Austria. Freshwater Biology 9: 467-479.
- Humpesh, U. H. 1984.** Egg Development of Non-Diapausing Exopterygote Aquatic Insects Occuring in Europe. Osterr. Akad. Wissench. Mat. -nat. Kl. Abt.1. 193: 329-341.
- Huryn, A.D. and Wallace, J.B. 1987.** The Exopterygote Insect Community of a Mountain Stream in North Carolina, USA: Life Histories, Production and Functional Structure. Aquatic Insects 9(4): 229-251.
- Hynes, H.B.N. 1961.** The invertebrate fauna of a Welsh mountain stream. Arch.Hydrobiol. 57: 344-380.
- Hynes, H.B.N. 1970.** The Ecology of Running Waters. Univ. Toronto Press, Toronto.
- Hynes, H.B.N. 1976.** Biology of Plecoptera. Annual Review of Entomology 21: 135-153.
- Hynes, H.B.N. and Coleman, M.J. 1968.** A simple method of assessing the annual production of stream benthos. Limnol. Oceanogr. 13: 569-573.
- Ignat, G. 1986.** Structura și rolul unor populații de chironomide din lacurile Deltei Dunării. Teză de doctorat, Fac. de Biologie, Univ. București.
- Iversen, T.M and Dall, P. 1989.** The effect of growth pattern, sampling interval and number of size classes on benthic invertebrate production estimated by the size-frequency method. Freshwater Biology 22: 323-331.
- Jaag, O. and Ambühl, H. 1964.** The effect of the current on the composition of biocoenoses in flowing water streams. Adv. Water Pollut. Res.1: 31-49.
- Jackson, J.K. and Fisher, S.G. 1986.** Secondary production, emergence and export of aquatic insects of a Sonoran Desert stream. Ecology 67(3): 629-638.
- Jacobi, D.I. and Benke, A.C. 1991.** Life histories and abundance pattern of snag-dwelling mayflies in a Backwater Coastal Plain River. J. N. Am. Benthol. Soc. 10(4): 372-387.
- Jensen, C.F. 1978.** Dognfluefaunaen (Ephemeroptera) i linding A 1964-1965. Reprint from Natura Jutlandica 20: 59-78.
- Kanji, G.K. 1993.** 100 Statistical Tests. SAGE Publications Ltd. London-Newbury Park-New Delhi.
- Kimmins, D.E. and Frost, W.E. 1943.** Observations on the nymph and adult of *Ephemerella notata* Eaton (Ephemeroptera). The Proceedings of the Royal Entomogical Society of London. Seria A. General Entomology. vol. 18, Parts 4-6.
- Knight, A.W., Simmons, M.A., Simmons, C.S. 1976.** A phenomenological approach to the growth of the winter stonefly, *Taeniopteryx nivalis* (Fitch) (Plecoptera: Taeniopterygidae). Growth 40: 343-367.
- Kohler, S.L. 1985.** Identification of stream drift mechanisms: an experimental and observational approach. Ecology 66(6): 1749-1761.
- Kondratieff, B.C. and Voshell, J.R. jr. 1981.** Influence of a reservoir with surface release on the life history of the mayfly *Heterocloeon curiosum* (McDunnough) (Ephemeroptera: Baëtidae). Can. J. Zool. 59: 305-314.

- Kozlovsky, D.G. 1968.** A critical evaluation of the trophic level concept. *Ecology* 49: 48- 60.
- Krebs, C.J. 1972.** *Ecology. The Experimental Analysis of Distribution and Abundance.* Harper & Row, New-York.
- Krebs, C.J. 1989.** *Ecological Methodology.* University of British Columbia, Harper Collins Publishers.
- Krebs, C.J. 1999.** *Ecological Methodology.* 2nd ed. Addison Wesley Longman.Inc.
- Landa, V. 1968.** Developmental cycles of central European Ephemeroptera and their interrelations. *Acta. ent. Bohemoslovaca* 65: 276-284.
- Landa, V. 1969.** Jepice – Ephemeroptera. *Fauna CSSR* 18. Academie des Sciences. Prague.
- Langford, T.E. 1971.** The distribution, abundance and life-histories of stoneflies (Plecoptera) and mayflies (Ephemeroptera) in a British River, Warmed by Cooling-Water from a power station. *Hydrobiologia* 38(2): 339-377.
- Larsen, R. 1968.** The life cycle of Ephemeroptera in the lower part of Aurland River in song and Fjordane, Western Norway. *Norsk. ent. Tidsskr.* 15: 49-59.
- Lehmkuhl, D.M. and Anderson, N.H. 1970.** Observations on the Biology of *Cinygmula reticulata* McDunnough in Oregon (Ephemeroptera: Heptageniidae). *The Pan-Pacific Entomologist* 46(4): 268-274.
- Lillehammer, A. and Saltveit, S.J. 1984.** The effect of the regulation on the aquatic macroinvertebrate fauna of the River Suldalslagen, Western Norway. pp: 201-210 in: A. Lillehammer and S.J. Saltveit (eds.): „Regulated Rivers”. Universitetsforlaget. Oslo.
- Lind, O.T. 1979.** *Handbook of common methods in limnology.* The C.V. Mosby Company. St. Louis-Toronto-London.
- Lindemann, R.L. 1942.** The trophic-dynamic aspect of ecology. *Ecology* 23: 399-418.
- Lobinske, R.J., Ali, A., Stout, I.J. 1996.** Life history and productivity of *Hexagenia limbata* (Ephemeroptera: Ephemeridae) and selected physico-chemical parameters in two tributaries of the Wekiva River, Central Florida. *Florida Entomologist* 79(4): 543- 551.
- Lowell, R.B. and Culp, J.M. 1999.** Cumulative effects of multiple effluent and low dissolved oxygen stressors on mayflies at cold temperatures. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 56: 1624-1630.
- Lowell, R.B., Culp, J.M., Wrona, F.J. 1995.** Toxicity testing with artificial streams: effects of differences in current velocity. *Environmental Toxicology and Chemistry* 14: 1209-1217.
- Ludwig, J.A. and Reynolds, J.F. 1988.** *Statistical Ecology.* John Wiley, New York.
- Macan, T.T. 1950.** Descriptions of some nymphs of the british species of the genul *Baëtis* (Ephem.). *Transactions of the Society for British Entomology* 10(3): 144-164.
- Macan, T.T. 1957.** The life histories and migrations of the Ephemeroptera in a stony stream. *Trans. Soc. Br. Ent.* 12: 129-156.
- Macan, T.T. 1969.** The Study of mayflies (Ephemeroptera). *Bulletin of the Amateur entomologists' Society* 283.
- Macan, T.T. 1970.** A key to the nymphs of the British species of Ephemeroptera with notes on their Ecology. *Freshw. Biol. Ass. Sci. Publ.* 20.
- Macan, T.T. 1980.** The occurrence of *Baëtis rhodani* (Ephemeroptera) in the River Lune. *Aquatic Insects* 3: 171-175.

- MacFadyen, A. 1949.** The meaning of productivity in biological system. J. Animal Ecology 17: 75-80.
- MacFarlane, M.B. and Waters, T.F. 1982.** Annual production by caddisflies and mayflies in a western Minnesota plains stream. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 39: 1628-1635.
- Malmqvist, B. and Sjöström, P. 1987.** Stream drift as a consequence of disturbance by invertebrate predators. Oecologia 74: 396-403.
- Mann, K.H. 1969.** The dynamics of aquatic ecosystems. Adv. Ecol. Research 6: 1-81.
- Marchant, R. 1982.** Life spans of two species of tropical mayfly nymph (Ephemeroptera) from Magela Creek, Northern Territory. Australian Journal of Marine and Freshwater Research 33: 173-179.
- Marchant, R. and Jule, C.M. 1996.** A method for estimating larval life spans of aseasonal aquatic insects from streams on Bougainville Island, Papua New Guinea. Freshwater Biology 35: 101-107.
- Martin, P. 1998.** Zur Autökologie der Wassermilben (Hydrachnidia, Acari) zweier norddeutscher Tieflandbäche. Thesis. University of Kiel.
- McClure, R.G. and Stewart, K.W. 1976.** Life cycle and production of the mayfly *Choroterpes* (*Neochoroterpes*) *mexicanus* Allen (Ephemeroptera: Leptophlebiidae). Ann. Entomol. Soc. Amer. 69: 134-144.
- McCafferty, W.P. 1991.** Toward a Phylogenetic Classification of the Ephemeroptera (Insecta): A Commentary on Systematics. Annals of the Entomological Society of America 84 (4): 343-360.
- Meyer, E. 1989.** The relationship between body length parameters and dry mass in running water invertebrates. Archiv für Hydrobiologie 117(2): 191-203.
- Mielewczyk, S. 1981.** Evaluation of occurrence, density and biomass of Ephemeroptera in the drainage channel near the village of Turew (Region of Poznań). Acta Hydrobiologica 23: 363-373.
- Miron, I. 1959.** Contribuții la cunoașterea Ephemeropterelor din bazinul mijlociu al Bistriței. An. Șt. Univ. "Al. I. Cuza", Iași, VI: 307-312.
- Mol, A. W. 1983.** *Caenis lactea* (Burmeister) in the Netherlands (Ephemeroptera: Caenidae). Ent. Berichten 43: 119-123.
- Momeu, L., Rasiga, A., Tudorancea, C. 1998.** Comunități algale de vară din bazinul Crișului Repede. Analele Univ. Oradea, Fasc. Biologie, Tom V: 187-198.
- Momeu, L. și Rasiga, A. 2000.** Comunități algale. Cap 5 in C.Tudorancea (director proiect): "Impactul ecologic și genetic asupra structurii și funcționării unor ecosisteme acvatice din Transilvania. Raport Științific". Univ. Babeș-Bolyai. Cluj-Napoca.
- Morin, A. et Bourassa, N. 1992.** Modèles empiriques de la production annuelle et du rapport P/B d'invertébrés benthiques d'eau courante. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 49: 532-539.
- Mortensen, E and Simonsen, J.J. 1983.** Production estimates of the benthic invertebrate community in a small Danish stream. Hydrobiology 102: 155-162.
- Müller - Liebenau, I. 1966.** Beschreibung einer neuen deutschen Eintagsfliegen-Art. Gewäss. Abwäss. 43: 65-79.

- Müller - Liebenau, I. 1969.** Revision der europäischen Arten der Gattung *Baëtis* Leach, 1915 (Insecta, Ephemeroptera). Jahrgang. Heft 48 / 49.
- Naforniță, G. și Ignat, G. 1996.** Bugetul energetic al populațiilor de *Anodonta piscinalis* din ecosistemele acvatice din Delta Dunării. Analele Științifice ale Instit. Delta Dunării Tulcea: 153-159.
- Negrea, S. 1983.** Cladocera. Fauna R.P.R., Crustacea. vol. IV, fasc.12, Ed. Academiei R.S.R. București.
- Newell, L.R. and Minshall, G.W. 1978.** Life history on a multivoltine mayfly *Tricorythodes minutus*: an example of the effect of temperature on the life cycle. Annals of the Entomological Society of America 71: 876-881.
- Odum, E.P. 1971.** Fundamentals of Ecology. 3rd edition. W.B. Saunders Company, Philadelphia - London.
- Ogbeibu, A.E. and Oribhabor, B.J. 2001.** Ecological impact of river impoundment using benthic macro-invertebrates as indicators. Water Research. *in press*.
- Otto, C and Svensson, B.S. 1981.** A comparison between food, feeding and growth of two mayflies, *Ephemera danica* and *Siphonurus aestivalis* (Ephemeroptera) in a South Swedish stream. Arch. Hydrobiol. 91: 341-350.
- Pardo, I., Campbell, I.C., Brittain, J.E. 1998.** Influence of dam operation on mayfly assemblage structure and life histories in two south-eastern Australian streams. Regulated Rivers: Research & Management 14: 285-295.
- Pavelescu, C. 2000.** Structura și dinamica comunităților de oligochete în sectorul Gilău-Gherla al râului Someșul Mic și importanța lor ca indicatori ai calității apelor. Lucrare de disertație. Univ. "Babeș-Bolyai". Cluj-Napoca.
- Pavelescu, C. and Tudorancea, C. 2000.** Seasonal structure and dynamics of Oligochaeta community in Gilău-Gherla reach of Someșul Mic River during 1996-1998. Studii și Cercetări, Biologie 5. Univ. Bacău: 189-196.
- Penáz, M., Kabiček, F., Marvan, P., Zelinka, M. 1968.** Influence of the Vir River Valley reservoir on the hydrobiological and ichthyological conditions in the River Svratka. Acta Sci. Nat. Brno. 2: 1-60.
- Perán, A., Velasco, J., Millán, A. 1999.** Life cycle and secondary production of *Caenis luctuosa* (Ephemeroptera) in a semiarid stream (Southeast Spain). Hydrobiologia 400: 187-194.
- Petrovici, M. 1998.** Rezultate preliminare asupra structurii și dinamicii populațiilor de efemeroptere. Referat în cadrul programului de pregătire individuală la doctorat. Univ. "Babeș-Bolyai" Cluj-Napoca.
- Petrovici, M. 1999.** Diversitatea faunei de efemeroptere în râurile Drăgan și Iad, principalii tributari ai Crișului Repede (Insecta: Ephemeroptera). Annals of West University of Timișoara, ser. Biology II: 235-250.
- Petrovici, M. and Szatmári, T. 1998.** Structure and seasonal dynamics of zoobenthic communities of three river sections in catchment area of Crișul Repede River. Studii și Cercetări. Biologie 3. Univ. Bacău: 205-216.

- Petrovici, M. and Tudorancea, C. 2000.** Structure and dynamics of mayflies community (Insecta: Ephemeroptera) of Crișul Repede River and its tributaries. Studii și Cercetări, Biologie 5. Univ. Bacău: 201-206.
- Plante, C. and Downing, J.A. 1990.** Empirical evidence for differences among methods for calculating secondary production. Journal of the North American Benthological Society 9(1): 9-16.
- Pleskot, G. 1958.** Die periodizitet einiger Ephemeropteren der Schwechat. Sewasser und Abwasser: 1-32.
- Pleskot, G. 1961.** Die periodizitat der Ephemeropteren Fauna einiger osterreichischer Fliessgewasser. Verh. int. Ver. Limnol. 14: 410-416.
- Pop, G.P. 1996.** România. Geografie hidroenergetică. Ed. Presa Universitară Clujeană.
- Proctor, H. 1997.** Mating behavior of *Physolimnesia australis* (Acari: Limnesiidae), a non-parasitic, rotifereating water mite from Australia. The Journal of Arachnology 25: 321-325.
- Puig, M.A. 1999.** Biología y producción de Efemerópteros y Tricópteros en el tramo medio del Río Jálón (Alicante). Instituto de Cultura „Juan Gil-Albert”. Diputtación Provincial de Alicante.
- Puig, M.A., Aboal, M., Sostoa, A. 1991.** New approaches to Mediterranean fluvial communities. Oecologia Aquatica 10: 13-20.
- Puig, M.A., Armengol, J., Gonzales, G., Peñuelas, J., Sabater, S., Sabater, F. 1987.** Chemical and biological changes in the Ter River induced by a series of reservoirs. pp: 373-382 in: J.F. Craig and J.B. Kemper (eds.): „Regulated Streams. Advances in Ecology”. Plenum Press, New York and London.
- Puinean, A.M. 2001.** Compoziția specifică, abundența și dinamica sezonieră a efemeropterelor de pe râul Barcău. Teză de disertație, Univ. „Babeș-Bolyai”, Cluj-Napoca.
- Puinean, A.M., Boloș, F., Bonea, V. 1998.** Modificări sezoniere ale structurii comunității zoobentonice din zona de izvor a râului Barcău (jud. Sălaj). Studii și Cercetări Științifice (Șt. Naturii), Muzeul Jud. Bistrița 4: 241-247.
- Raddum, G.G. and Fjellheim, A. 1993.** Life cycle and production of *Baëtis rhodani* in a regulated rivers in western Norway: comparison of pre- and post-regulation conditions. Regulated Rivers 8: 49-61.
- Rățiu, O., Gergely, I., Șuteu, Ș. 1984.** Flora și unitățile fitosintaxonomice de pe Valea Iadului (jud. Bihor). Importanța economică și științifică. Caracterizarea lor ecologică. III. Contrib. Botanice, Univ. „Babeș-Bolyai”. Grădina Botanică Cluj Napoca: 85-135.
- Rehfeldt, G. 1987.** Wirkung von Talsperren und Gewässerbelastung auf Invertebratengesellschaften in Fliessgewässern und Auen des Harzes. Arch. Hydrobiol. 111: 255-281.
- Reice, S.R. and Wohlenberg, M. 1993:** Monitoring Freshwater Benthic Macroinvertebrates and Benthic Process: Measures for Assessment of Ecosystem Health, pp: 287-305 in: D.M. Rosenberg and V.H. Resh (eds.): “Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates”. Chapman & Hall. New York.

- Ricker, W.E. 1946.** Production and utilization of fish populations. Ecol. Monogr. 16: 373-391.
- Rîșnoveanu, G. 1999.** Structura și rolul populațiilor de oligochete bentonice din ecosistemele acvatice eutrofe și hipertrofe din Dunărea inferioară și Delta Dunării. Teză de doctorat. Universitatea din București.
- Rîșnoveanu, G. și Ignat, G. 1993.** Aprecierea contribuției faunei bentonice la realizarea productivității faunei bentonice în ecosistemele acvatice. An. Stiinț. Inst. Delta Dunării: 177-184.
- Rîșnoveanu, G. și Vădineanu, A. 2000.** Evaluarea rolului asociațiilor și populațiilor în funcționarea sistemelor ecologice. Studiu de caz: Oligochetele acvatice din Dunărea Inferioară și Delta Dunării. Ed. Ars Docenti. București.
- Roback, S.S. 1974.** Insects (Arthropoda: Insecta). pp: 313-377 in: C.W. Hart jr. and S.L.H. Fuller (eds.): "Pollution Ecology of Freshwater Invertebrates". Academic Press, N.Y., San Francisco, London.
- Rogers, E.B. 1982.** Production of *Caenis* (Ephemeroptera: Caenidae) in elevated water temperatures. Freshwater Invertebrate Biology: 1(2): 2-16.
- Rogoz, I. 1974.** Cercetări ecologice asupra faunei de efemeroptere larvare (Insecta) din Oltenia, în vederea utilizării lor pentru stabilirea gradului de poluare al apelor. St. și Cercet. Comit. De Cult. și Educ. Soc. al jud. Olt: 205-207.
- Rogoz, I. și Bogoescu, M. 1972.** Contribuții la studiul răspândirii larvelor de efemeroptere în apele curgătoare din câmpia Olteniei. St. și Cercet. Biol., Ser. Zool. 24(4): 377-379.
- Rosillon, D. 1986.** Life cycles of four ephemeropteran species in a chalky stream. Polsk. arch. hydrobiol. 33: 21-31.
- Russev, B.K. and Janeva, J.J. 1983.** The Significance of Mayflies (Ephemeroptera, Insecta) as Structural Constituents of Benthic Zoocenoses of the Maritsa River. Hydrobiology 19: 14-24.
- Sander, U. 1981.** Faunistic-ecological studies on the Ephemeroptera in the south of the Black Forest, especially in the headwaters of the Danube, Brey and Brigach and in the upper Danube down to the oozing away near Immendige. Arch. Hidrobiol. Suppl. 52: 409-461.
- Sansoni, G. 2001.** Atlante per il riconoscimento dei macroinvertebrati dei corsi d'acqua italiani. Provincia Autonoma Di Trento.
- Sartori, M. and Jacob, U. 1986.** Révision taxonomique du genre *Habroleptoides* Schönemund, 1929 (Ephemeroptera, Leptophlebiidae) II. A propos du statut de *Habroleptoides modesta* (Hagen, 1864). Revue suisse Zool. 93(3): 683-691.
- Sauter, D.W. 1992.** Insecta Helvetica Fauna: Ephemeroptera. Imprimerie Mauron Tinguely & Lachat S.A. Friburgo.
- Sárkány-Kiss, E., Sirbu, I., Kalivoda, B. (eds.). 1999.** Starea naturală a văilor din Bazinul Crișurilor. Fluvii Carpatorum. Szolnok - Târgu-Mureș.
- Schmid-Araya, J.M. and Schmid, P.E. 2000.** Trophic relationships: integrating meiofauna into a realistic benthic food web. Freshwater Biology 44: 149-163.
- Schoenemund, E. 1930.** Eintagsfliegen oder Ephemeroptera. Die Tierwelt Deutschlands 19: 63-106.

- Shannon, C.E. and Weaver, W. 1949.** The Mathematical Theory of Communications. pp 19-27, 82-83, 104-107. The University of Illinois Press. Urbana.
- Simpson, E.H. 1949.** Measurement of diversity. *Nature* 163 (4148): 688.
- Smock, L.A. 1980.** Relationships between body size and biomass of aquatic insects. *Freshwater Biology* 10: 375-383.
- Smock, L.A. and Roeding, C.E. 1986.** The trophic basis of production of the macroinvertebrate community of a southeastern U.S.A. blackwater stream. *Holarctic Ecology* 9: 165-174.
- Sokal, R.R. and Michener, C.D. 1958.** A statistical method for evaluating systematic relationship. *Univ. Kansas Sc. Bull.* 38: 1409-1438.
- Sowa, R. 1979.** Le developpement des Ephemeropteres de la river Dunajec aus environs de Piening. *Proc 2 nd. Int. Conf. Ephemeroptera*: 125-131.
- Stan, G. 1995.** Metode statistice cu aplicații în cercetări entomologice (VII). *Bul. Inf. Soc. Lepid.Rom.* 6: 67-96.
- Statzner, B., Gore, J.A., Resh, V.H. 1988.** Hydraulic stream ecology: Observed patterns and potential applications. *Journal of the North American Benthological Society* 7: 307-360.
- Studemann, D., Landolt, P., Sartori, M., Hefti, D., Tomka, I. 1986.** Ephemeroptera (version française). *Insecta Helvetica. Fauna* 9.
- Surber, E.W. 1937.** Rainbow trout and bottom fauna production in one mile stream. *Trans. Amer. Fish. Soc.* 66: 193-202.
- Svensson, B. 1977.** Life cycle, energy fluctuations and sexual differentiation in *Ephemera danica* (Ephemeroptera), a stream-living mayfly. *Oikos* 29: 78-86.
- Szító, A. and Mózes, K.** The Oligochaeta and the Chironomid fauna as pollution indicators in the Cris/Körös River system. pp: 165-194 *in*: A. Sárkány-Kiss and J. Hamar (eds.): "The Criș/ Körös Rivers' Valleys. A study of the geography, hydrobiology and ecology of the river system and its environment". Szolnok-Szeged-Târgu Mureș.
- Tachet, H., Bournaud, M., Richoux, P. 1991.** Introduction à l'étude des macroinvertébrés des eaux douces. Association Française de Limnologie. Paris.
- Tăbăcaru, I. 1956.** Contribuții la studiul faunei de efemeroptere din regiunea Suceava. *Analele Univ. "A. I. Cuza" Iași* 12: 155-162.
- Tămaș, T. and Vremir, M. 1997.** Karstological Investigations in the Middle Basin of Iada Valley (Pădurea Craiului Mountains, Romania). pp: 413-416 *in*: P.Y. Jeannin (ed.): "Proceedings of the 12th International Congress of Speology, vol. 1". Switzerland.
- Thibault, M. 1971.** Le developpement des éphéméropteres d'un ruisseau a truites des Pyrénées-Atlantiques, Le Lissuraga. *Annales de Limnologie* 7(1): 53-120.
- Thienemann, A. 1918.** Lebengemeinschaft und Lebensraum. *Naturwissenschaft Wochenschrift*, N.F. 17: 282-290.
- Tolkamp, H.H. and Both, J.C. 1978.** Organism-substrate relationship in a small Dutch lowland stream. Preliminary results. *Verh. Int. Ver Limnol.* 20: 1509-1515.
- Thorup, J. 1963.** Growth and Life Cycle of Invertebrates from Danish Springs. *Hydrobiologia* 22: 55-84.

- Thorup, J. 1973.** Interpretation of growth-curves for animals from running waters. Verh. int. Verein. Theor. Angew. Limnol. 18: 1512-1520.
- Tudorancea, C. 1969a.** Cercetări privind energetica populațiilor de animale în limnologia modernă. Natura, Seria Biologie 6: 41-48.
- Tudorancea, C. 1969b.** Studiul populațiilor de Unionidae din complexul de bălți Crapina-Jijila (zona inundabilă a Dunării). Teză de doctorat, Fac. de Biologie, Univ. București.
- Tudorancea, C. 1972.** Studies on Unionidae population from the Crapina-Jijila complex of pools (Danube zone liable to inundation). Hydrobiologia 39(4): 527-561.
- Tudorancea, C. and Florescu, M. 1968a.** Considerations concerning the production and energetics of *Unio tumidus* Philipsson population from the Crapina marsh. Travaux de Museum „Gr. Antipa” 8: 395-409.
- Tudorancea, C. și Florescu, M. 1968b.** Aspecte ale producției și energeticei populației de *Anodonta piscinalis* Nilsson din balta Crapina (zona inundabilă a Dunării). St. și Cercet. Biol. seria Zoologia 21(1): 43-55.
- Tudorancea, C. și Florescu, M. 1968c.** Cu privire la fluxul energetic al populației de *Unio pictorum* din balta Crapina. An. Universității București, Seria Șt. Naturii, Biologie 17: 233-243.
- Tudorancea, C. și Spineanu, S. 1971.** Observații asupra ecologiei unei populații de *Helix pomatia* L. St. și Cercet. Biol. Seria Zoologie 23(3): 277-285.
- Tudorancea, M.M. and Tudorancea, C. 1998.** On the communities structure of larval chironomidae (Diptera) in the Rivers Crișul Repede and Someșul Mic (Romania). Trav. Mus. natl. Hist. Nat. „Grigore Antipa” 40: 475-495.
- Tudorancea, C., Green, R.H., Huebner, J. 1979.** Structure, dynamics and production of the benthic fauna in lake Manitoba. Hydrobiologia 64: 59-95.
- Turcsányi, I. 1995.** A tiszavirág [*Palingenia longicauda* (Olivier, 1791)] elofurdulási viszonyai magyarországon. Kossuth Lajos Tudományegyetem, Debrecen.
- Ujhelyi, S. 1959.** Kérészek Ephemeroptera. Fauna Ungariae V. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- Ujvari, J. 1972.** Geografia apelor României. Ed. Științifică. București.
- Vannote, R.L., Minshall, G.W., Cummins, K.W., Sedell, J.R., Cushing, C.E. 1980.** The river continuum concept. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 37: 130-137.
- Vădineanu, A. 1980.** Bugetul energetic al populațiilor dominante de chironomide din complexul lacustru Roșu-Puiu (Delta Dunării). Teză de doctorat, Fac. de Biologie, Univ. București.
- Wallace, J.B. and Gurtz, M.E. 1986.** Response of baetid mayflies (Ephemeroptera) to catchment logging. Am. Midland Nat. 155: 25-41.
- Washington, H.G. 1984.** Review: Diversity, Biotic and Similarity Indices. Water Res. 18: 653-694.
- Waters, T.F. 1965.** Production rate, population density and drift of a stream invertebrate. Ecology 47 (4): 595-604.
- Waters, T.F. 1969.** The turnover ratio in production ecology of freshwater invertebrates. The American Naturalist 103: 173-185.

- Waters, T.F. 1977.** Secondary production in inland waters. *Advances in Ecological Research* 10: 91-164.
- Waters, T.F. 1979.** Influence of benthos life history upon the estimation of secondary production. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 36: 1425-1430.
- Waters, T.F. and Crawford, G.W. 1973.** Annual production of stream mayfly population: a comparison of methods. *Limnol. Oceanogr.* 18(2): 286-296.
- Welton, J.S., Ladle, M., Bass, J.A.B. 1982.** Growth and production of five species of Ephemeroptera larvae from an experimental recirculating stream. *Freshwater Biology* 12: 103-122.
- Wenzel, F., Meyer, E., Schwoerbel, J. 1989.** Morphometry and biomass determination of dominant mayfly larvae (Ephemeroptera) in running waters. *Archiv für Hydrobiologie* 118(1): 31-46.
- Wetzel, R.G., Likens, G.E. 1979.** *Limnological Analyses.* W.B.Saunders Company. Philadelphia-London-Toronto.
- Wiggins, G.B. 1977.** *Larvae of the North American caddis fly genera (Trichoptera).* University of Toronto. Toronto Press.
- Wiley, M.J. and Kohler, S.L. 1980.** Positioning changes of mayfly nymphs due to behavioral regulation of oxygen consumption. *Can. J. Zool.* 58: 618-622.
- Winberg, G.G. (ed.). 1971.** *Methods for the Estimation of Production of Aquatic Animals.* (Trans. by Annie Duncan). Academic Press, London.
- Winkler, L.W. 1888.** The determination of dissolved oxygen in water. *Berlin. Deut. Chem. Ges.* 21: 2843.
- Winterborn, M. J. 1974.** The life histories, trophic relations and production of *Stenoperla prasina* (Plecoptera) and *Deleatidium* sp. (Ephemeroptera) in a New Zealand River. *Freshwat. Biol.* 4: 507-524.
- Wise, E.J. 1980.** Seasonal distribution and life histories of Ephemeroptera in a Northumbrian River. *Freshwater Biology* 10: 101-111.
- Wolman, M.G. 1954.** A method of sampling coarse bed material. *Transactions of the American Geophysical Union* 15: 951-956.
- Wright, J.F., Furse, M.T., Armitage, P.D. 1994.** Use of macroinvertebrate communities to detect environmental stress in running waters. pp: 15-34 *in*: D.W. Sutcliffe (ed.): "Water Quality and Stress Indicators in Marine and Freshwater Systems".
- Wright, J.F., Hiley, P.D., Berrie, A.D. 1981.** A 9-year study of the cycle of *Ephemera danica* Müll. (Ephemeridae: Ephemeroptera) in the River Lambourn, England. *Ecological Entomology* 6: 321-331.
- Zamora-Muñoz, C., Sanchez-Ortega, A., Alba-Tercedor, A. 1993.** Physico-chemical Factors that Determine the Distribution of Mayflies and Stoneflies in a High-Mountain Stream in Southern Europe (Sierra Nevada, Southern Spain). *Aquatic Insects* 15(1): 11-20.
- Zelinka, M. 1977.** The production of Ephemeroptera in running waters. *Hydrobiologia* 56: 121-125.
- Zelinka, M. 1980.** Differences in the production of mayfly larvae in partial habitats of a barbel stream. *Archiv für Hydrobiologie* 90(3): 284-297.

- Zwick, P. 1975.** Critical notes on a proposed method to estimate production. *Freshwater Biology* 5: 65-70.
- Zwick, P. 1996.** Variable egg development of *Dinocras* spp. (Plecoptera, Perlidae) and the stonefly seed bank theory. *Freshwater Biology* 35: 81-100.
- * * * Centralizatoare debite râul Drăgan, postul Valea Drăganului pe anii 1997 și 1998. Apele Române, Filiala Oradea.
- * * * Centralizatoare precipitații râul Drăgan, postul Valea Drăganului, pe anii 1997 și 1998. Apele Române, Filiala Oradea.
- * * * Arhivele Apelor Române, Filiala Oradea.
- * * * Arhivele Institutului de Meteorologie și Hidrologie, filiala Oradea.
- * * * Arhivele Regiei Autonome de Electricitate RENEL, Filiala Electrocentrale Cluj.
- * * * Impactul ecologic și genetic asupra structurii și funcționării unor ecosisteme acvatice din Transilvania. Raport Științific. Director de proiect: prof. Dr. Claudiu Tudorancea. Univ. Babeș-Bolyai. Cluj-Napoca 2000.
- * * * Raport tehnic pentru activitatea de exploatare pe anul 1997. Regia Autonomă de Electricitate RENEL, Filiala Electrocentrale Cluj.
- * * * Raport tehnic pentru activitatea de exploatare pe anul 1998. Regia Autonomă de Electricitate RENEL, Filiala Electrocentrale Cluj.
- * * * Regulament de exploatare a amenajărilor hidroenergetice din Bazinul Hidrografic al Crișului Repede. Renel – Filiala Electrocentrale Oradea. Uzina Electrică Crișuri.
- * * * Sinteza privind calitatea apelor în bazinul hidrografic Crișuri în anul 1997. Apele Române, filiala Oradea.
- * * * Sinteza privind calitatea apelor în bazinul hidrografic Crișuri în anul 1998. Apele Române, filiala Oradea.

Prin tematica abordată și prin conținutul ei, cartea de față este una de pionierat în ecologia și managementul apelor curgătoare din România. Ea contribuie la completarea listei biodiversității speciilor acvatice, aducând totodată contribuții substanțiale la cunoașterea importanței larvelor de efemeroptere în analiza și evaluarea calității apelor. Este de subliniat și abordarea unui subiect foarte puțin studiat chiar și pe plan internațional, acela de utilizare a producției secundare în evaluarea calității apelor.

Publicarea acestor date care au stat la baza tezei de doctorat a autoarei, oferă un model de cercetare ecologică modernă a apelor curgătoare și va fi un instrument ajutător în activitatea didactică pentru predarea disciplinelor de limnologie și ecologie acvatică; de asemenea, va fi cu siguranță un ghid nelipsit în activitatea agenților și organizațiilor care se ocupa cu monitorizarea și evaluarea calității apelor curgătoare din România.

CP 1. dr. Constantin Ciubuc – Universitatea București

Prof. dr. Claudiu Tudorancea - Aquatic Bioservices, Canada



Editura Universității din Oradea
ISBN 978-973-759-978-0