

Prefață

Lucrarea de față a fost concepută și redactată ca un manual, în scopul de a sprijini pregătirea viitorilor specialiști în domeniul Ingineriei și Protecției Mediului, actuali studenți și viitori absolvenți ai Facultății de Hidrotehnică, Geodezie și Ingineria Mediului, respectiv ai Facultății de Inginerie Chimică și Protecția Mediului din cadrul Universității Tehnice "Gh. Asachi" Iași.

Materialul prezentat, rezultat al unei ample documentări bibliografice și al unei perioade de peste zece ani de cercetări proprii (2002 – 2012), poate fi util atât specialiștilor din domeniul anterior amintit, cât și celor din domenii precum: Biologie, Fizica solului, Geografie, Agricultură și Horticultură etc.

Cursul, deși nu epuizează întreaga problematică abordată, își propune să strecoare în mintea și sufletul cititorului sentimentul de prețuire și grijă față de acest dar minunat oferit omului – natura.

*Autor,
Dr.ing. Mihaela – Alina Agafiței*

CUPRINS

INTRODUCERE	3
1.Scurt istoric	3
2.Ecologia ca știință	4
Capitolul I. GENERALITĂȚI DESPRE MEDIU ȘI ECOLOGIE	5
I.1.Mediul general de nivel global; subdiviziuni teritoriale, tipuri de mediu	5
I.1.1. Structura și integralitatea mediului	6
I.1.2. Subdiviziunile teritoriale și tipurile de mediu	7
I.2. Ecologia teoretică, fundamentul Ingineriei și Protecției Mediului	9
I.3. Factorii ecologici și legile lor de acțiune	10
I.4. Paradigmele ecologiei	13
I.5. Ramurile ecologiei	14
I.6. Originile și evoluția vieții pe pământ	15
I.6.1. Perioada abiogenă	15
I.6.2. Perioada biogenă	15
I.6.3. Perioada antropogenă	16
I.7. Omul și ecosfera	17
I.8. Obiective și direcții de dezvoltare ale Ecologiei	18
Capitolul II. ECOSISTEMUL, UNITATEA TERITORIALĂ, STRUCTURALĂ, FUNCȚIONALĂ ȘI EVOLUTIVĂ A BIOSFEREI	19
II.1. Definirea, tipologia, originea și evoluția ecosistemelor	19
II.2. Organizarea interioară a ecosistemului, principii și reguli	20
II.2.1. Biocenoza, ca proiecție a biotopului	20
II.2.2. Biocenoza, ca proiecție a luptei pentru existență (inter și intraspecifice)	31
II.2.3. Nișa ecologică	32
II.2.4. Populația – element ecologic structural și funcțional al biocenozei	32
II.2.5. Structura biocenozei (specii; indici structurali)	35
II.2.6. Structura spațială a ecosistemului	37
II.2.7. Structura funcțională a ecosistemului	38
II.2.8. Structura trofică a biocenozei	41
II.2.9. Structura biochimică a ecosistemului	46
II.3. Funcționarea ecosistemului	46
II.4. Reglare, autoreglare, echilibru și stabilitate în ecosistem	49
Capitolul III. ORGANIZAREA BIOSFEREI. CICLURILE BIOCHIMICE	53
III.1. Ciclul / circuitul apei în biosferă (natură)	53
III.2. Circuitul / ciclul carbonului	56
III.3. Circuitul / ciclul azotului	60
III.4. Ciclul / circuitul fosforului	70
III.4.1. Dinamica fosforului în ecosistemele lacustre	71
Capitolul IV. RELAȚIA POPULAȚIE - MEDIU	76
IV.1. Populația. Ecologia populațiilor	76
IV.1.1. Teoriile reglajului numeric populațional	81
IV.2. Mediul	88
IV.2.I. Conferința O.N.U. pentru Mediu și Dezvoltare (Rio de Janeiro, 1992)	89
CONCLUZII	98
IV.3. Unitatea vieții cu mediul	98
Capitolul V. DESCRIEREA PRINCIPALILOR BIOMI DE PE GLOB	101
V.1. Biomii acvatici	101

V.1.1. Ecosistemul acvatic	101
V.2. Biomii terestri	128
V.2.1. Categoriile de biomi terestri	129
V.2.2. Rolul și importanța ecosistemelor silvice. Multifuncționalitatea	137
V.2.2.1. Funcțiile generale ale ecosistemelor de pădure	137
V.2.2.2. Produsele pădurii	138
V.2.2.3. Funcțiile ecologice ale pădurii și importanța sa pentru mediu	138
V.2.2.4. Zonele ierboase	143
V.3. Ecobiomii deșertici	144
Capitolul VI. PĂDUREA, CA ECOSISTEM – ECOSISTEMUL SILVIC	146
VI.1. Originea, alcătuirea și caracteristicile ecosistemelor de pădure	146
VI.2. Caracteristicile fundamentale și particularitățile ecosistemelor de pădure	153
VI.3. Structura fitocenozelor forestiere	165
VI.3.1. Arborele, ca element caracteristic și funcțional	165
VI.3.2. Structura spațială verticală a fitocenozelor pădurii	166
VI.3.2.1. Etajul arboretului	167
VI.3.2.2. Subarboretul	173
VI.3.2.3. Semînțișul	173
VI.3.2.4. Pătura erbacee	174
VI.3.2.5. Microflora pădurii	174
VI.4. Interacțiuni ecologice în pădure	175
VI.4.1. Interacțiunea climă x viața pădurii	178
VI.4.1.1. Energia radiantă (lumina și căldura)	178
VI.4.1.2. Lumina și pădurea	180
VI.4.1.3. Căldura și pădurea	189
Capitolul VII. LIMITELE RESURSELOR BIOSFEREI	195
VII.1. Limitele resurselor energetice	195
VII.2. Limitele resurselor de materii prime	197
VII.3. Limitele resurselor de apă	197
VII.4. Limitele resurselor alimentare	198
VII.5. Supraexploatarea resurselor	198
VII.5.1. Suprapescuitul	199
Capitolul VIII. FRAGMENTAREA ECOSISTEMELOR NATURALE	202
VIII.1. Cauzele fragmentării	202
VIII.2. Fragmentare și eterogenitate	202
VIII.3. Consecințele fragmentării	203
VIII.4. Combaterea efectelor fragmentării	204
VIII.5. Introducerea de specii noi	204
B I B L I O G R A F I E	209

Ecologie

*Motto: "Natura este singura adevărată, serioasă și severă.
Ea nu greșește niciodată. Erorile, ca și greșelile,
sunt doar ale omului ..." J.W. Goethe*

INTRODUCERE

Omul și mediul sunt entități inseparabile, existența primului depinzând de cel de al doilea, iar factorii mediului (aer, apă, sol etc.) sunt modificați în urma acțiunii omului (antropice).

Component (subsistem) și progenitură tânără a travaliului evolutiv al biosferei, omul este expresia trendului ascendent al acestui proces, fiind singura ființă vie dotată, pe lângă inteligență, cu conștiință – capacitatea de a gândi și abstractiza, corect sau eronat. Greșelile sunt fapte inconștiente, erorile sunt idei și fapte conștiente, produse ale gândirii umane superficial "alimentată" cu informații diverse sau care primește informații false ce distorsionează ori ascund adevărul.

De-a lungul evoluției sale fără om (miliarde de ani), biosfera, în care toată lumea vie era inconștientă, dar inteligentă, s-a organizat și a funcționat după **legi** foarte precise și neiertătoare, astfel încât timpul a însemnat progres evolutiv pentru toate structurile sale vii sau inerte și o anume stabilitate a cadrului natural propice unei vieți bogate și diversificate, făcând posibilă și apariția speciei umane.

Aceasta, deși și-a îndeplinit misiunea de a descifra legile care guvernează natura cu mult timp în urmă, dacă am lua în considerație măcar timpul când a scris marele enciclopedist motto-ul înscris mai sus, în viața și activitatea sa și-a permis, cu aroganță, să nu le respecte. Ele sunt, însă, singurele adevărate și natura, severă, îi răspunde astăzi cu un feed-back negativ generalizat – **criza ecologică complexă**, gravă, de nivel global.

Fiind obiective și clare, legile naturii își găsesc aplicabilitatea atât în activitățile economice, cât și în viața socială și în decizia politică, cu condiția ca ele să fie bine cunoscute, iar omul să fie dispus să facă unele eforturi și sacrificii.

Cunoașterea legilor după care s-au organizat și funcționează sistemele naturale de tip biotic x abiotic rezultă din studiul științei "Ecologiei teoretice".

Eforturile și sacrificiile necesare respectării și aplicării lor reprezintă o problemă de conștiință și de morală, impunând lepădarea de egoismul și aroganța generațiilor de azi, pentru a da o șansă celor de mâine, esența conceptului de **sustenabilitate**.

1. Scurt istoric

Într-o laconică aserțiune, putem afirma că **ecologia** s-a structurat ca știință atunci când cunoștințele noastre au devenit suficiente pentru a studia corelativ regiuni întinse și fenomene (procese) diverse, iar consecințele pozitive ale acestora să rezulte în validarea aforismului lui *Bacon*, conform căruia "putem comanda natura, supunându-ne legilor ei".

Pentru denumirea acestui nou domeniu al biologiei, s-a folosit combinația cuvintelor grecești "*oikos*" (casă) și "*logos*" (cuvânt) sau, în accepțiunea modernă – termenul de "**știință**". Altfel spus, prin termenul *ecologie* se înțelege știința care studiază modalitățile de gospodărire a naturii, respectiv modul de conviețuire a plantelor și animalelor.

Termenul de *ecologie* a fost definit pentru prima dată de zoologul german Ernst Haeckel în anul 1866 ca fiind "domeniul investigării și cunoașterii tuturor relațiilor animalelor cu mediul lor anorganic și organic de viață". Din acest punct de vedere, etimologic, termenul are sensul de "știința care abordează studiul ființelor vii" (*Maniu, 2004*).

Până în prezent, au fost elaborate numeroase definiții ale ecologiei, dar nu există o accepțiune a sa unanim acceptată. Spre exemplu, *Odum, E.P.* (1983) definea ecologia ca fiind "știința care studiază relațiile organismelor individuale sau ale grupurilor de organism cu ambianța vie și nevie".

Charles Darwin poate fi considerat, de asemenea, unul dintre pionierii acestei discipline, el fiind cel care a oferit prima descriere științifică a înlănțuirii speciilor prin relațiile lor numerice, în 1859, în lucrarea sa "*Originea speciilor*".

După anul 1850, devin tot mai numeroase lucrările ce tratează aspecte ale ecologiei, cu precădere în domeniul botanicii.

Ecologia a fost fundamentată ca știință abia la mijlocul secolului XX, când s-au pus bazele ecologiei generale, pornind de la studiul speciilor de plante și animale. În 1957, zoologul american *Odum, E.P.* pune bazele ecologiei **sistemice**, prin abordarea realității înconjurătoare și, deci, a lumii vii în concepție sistemică. Astfel, ecologia devine o știință fundamental de studio al biosferei și al tuturor ecosistemelor de pe Terra.

În țara noastră, concepția ecologică a fost promovată de către *Grigore Antipa* (fost elev și colaborator, în calitate de asistent universitar, al lui *Ernst Haeckel*, la Jena) și *Grigore Iliescu* (1934), iar ulterior, de către *Bogdan Stugren* (1965, 1980, 1988), *Nicolae Botnariuc* (1976) și *A. Vădeanu* (1982). Ecologia **terestră** s-a afirmat cu precădere la Cluj, prin lucrările elaborate de academicianul *Alexandru Borza*.

2. Ecologia ca știință

Ca știință a interacțiunii organismelor vii cu mediul lor geografic, **ecologia** studiază doar un sector restrâns al mediului ambient, și anume – cel al interacțiunilor din cadrul lumii vii, care, la nivelul planetei, alcătuiește **biosfera**.

La nivel global, la scară planetară, lumea vie are o arhitectură complexă, cu numeroase niveluri de organizare și integrare. Nivelul fundamental de organizare a lumii vii este reprezentat de **individul organic** – organismul individual.

Ecologia nu studiază în mod special organizarea individului și nici nivelurile sale inferioare (organe, țesuturi, cellule, molecule etc.), ci pe cele superioare de organizare: populații, biocenoze și biosferă (sistemele biologice ale planetei – **ecosisteme**).

În Ecologie și Știința Mediului, ca în orice știință, mai ales nouă, abundă o diversitate de termeni, definiții sau formulări ale legilor și principiilor, nu o dată contradictorii. Se pot accepta păreri contradictorii, dar nu un alt mod de abordare și interpretare în afara celui sistemic, relativist, informațional, fiind neavenit (o întoarcere în copilăria și tinerețea dintâi a Ecologiei și renunțarea la progresul științific al disciplinei) și inutil, ca bază teoretică pentru rezolvarea complexelor probleme practice ale contemporaneității și viitorimii.

În cele ce urmează, vom prezenta câteva definiții ale Ecologiei, în ordine aleatorie, considerând că o ierarhie a importanței acestor definiții ar fi greu de realizat:

- *Beeby* (1993): „Știința ecologiei încearcă să explice relațiile dintre organisme și mediul lor.”
- *Begon, Harper și Townsend* (1996): „Ecologia nu este o știință cu o structură simplă, liniară, fiindcă în interiorul ecologiei orice proces afectează alt proces.”
- *N. Botnariuc și A. Vădineanu* (1982): „Ecologia studiază sistemele supraindividuale de organizare a materiei vii (populații, biocenoze, biosfera) integrate în mediul lor abiotic. „
- *N. Botnariuc și A. Vădineanu* (1982): „Ecologia studiază legile care determină productivitatea, stabilitatea și evoluția ecosistemelor și a ecosferei în ansamblul ei și implicit studiază influența activității umane asupra acestor procese precum și implicațiile lor asupra calității vieții oamenilor.”
- *Clements* (1905, 1949): „Ecologia este știința comunităților vii și ea cercetează sociologia și economia animalelor și plantelor.”
- *Chrebs.Ch.I.* (1978) definea Ecologia ca fiind „studiul științific al interacțiunilor care determină distribuția și abundența organismelor”.

Ecologie

- *R.Dajos* (1970): „Ecologia este știința care studiază condițiile de existență a ființelor și interacțiunile de orice natură care există între aceste ființe și mediul lor.”
- *M.S. Ghilarov*: „Ecologia este știința corelațiilor și interacțiunilor vieții cu mediul înconjurător pe trepte supraindividuale”.
- *Hutchinson* (1978): „Ecologia este studiul modului în care lucrează sau operează lumea vie”.
- *Kormondy* (1996): „Substanța ecologiei se găsește în multitudinea structurilor nevie și vie, a proceselor și a inter-relațiilor cuprinse în circulația energiei și a nutrienților, în reglarea structurii și dinamicii populațiilor și comunităților vie.”
- *Al.Ionescu* (1988): „Ecologia este știința interrelațiilor dintre viețuitoarele care alcătuiesc o biocenoză și dintre acestea și biotop. Ea studiază fluxul de materie, energie și informație care străbate un ecosistem bine delimitat: este, deci, știința care studiază ecosistemele.”
- *A. MacFayden* (1957): „Ecologia studiază relațiile dintre viețuitoare, plante sau animale și mediul lor, pentru a descoperi principiile după care se desfășoară aceste relații.”
- *E.P. Odum* (1959): „Ecologia este studiul structurii și funcționării naturii.”
- *E.P.Odum* (1966,1971): „Ecologia studiază nivelurile de organizare superioare ale celor individuale, și anume - populații, biocenoze, ecosisteme și biosfera.”
- *E.P. Odum* (1962): „Ecologia este studiul structurii și funcționării ecosistemelor.”
- *E.P. Odum* (1971): „Ecologia este știința care studiază relațiile organismelor individuale cu ambianța lor vie și nevie.”
- *Pianka* (1978, 1994): „Ecologia este știința care cercetează raporturile dintre organisme și toți factorii fizici și biologici din mediu.”
- *I. Puia și V. Soran* (1984): „Știința care se ocupă de toate relațiile ce se stabilesc între organisme și diferite comunități (biocenoze), precum și de raporturile organismelor și comunităților cu mediul fizic de trai.”
- *Ricklefs* (1976, 1990): „Ecologia este studiul plantelor și animalelor ca indivizi (autecologie), populații (demecologie) și comunități vie (sinecologie).”
- *C.F. Sachi și P. Testard* (1971): „Ecologia este disciplina biologică care studiază raporturile dintre organisme și mediul lor înconjurător.”
- *B. Stugren* (1975): „Ecologia este știința interacțiunilor în sistemele supraindividuale.”
- *Shelford* (1937): „Ecologia este o ramură a fiziologiei generale care se ocupă de organisme ca un întreg, cu procesele lor vitale; ea se distinge de fiziologia generală a organelor.”
- *Whittaker* (1975): „Ecologia studiază biosistemele în context cu ambianța lor.”

Capitolul I. GENERALITĂȚI DESPRE MEDIU ȘI ECOLOGIE

INTRODUCERE

Dezvoltarea societății umane a determinat și determină, în fiecare etapă, apariția și dezvoltarea acelor științe capabile să răspundă întrebărilor și provocărilor momentului.

Problematika deosebit de complexă și acută a crizei ecologice din ultimele decenii a dat un impuls, pe alocuri revoluționar, dezvoltării accelerate a două științe relativ noi, fiecare dintre ele având obiective și preocupări specifice, dar interdependente: știința mediului (ambientica) și ecologia.

Interdependența dintre ele creează confuzie, mulți crezând că ecologia se ocupă de studiul mediului, ca ansamblu de factori (forțe) care intervine în viața organismelor vie.

În realitate, știința mediului studiază structura mediului, ca sistem unitar, parametrii săi, subdiviziunile teritoriale și tipurile de mediu, iar ecologia pune în evidență legile după care se organizează și funcționează sistemele biologice supraindividuale și mai ales cele mixte, de tip viață x mediu.

Ecologia nu are ca obiect de studiu nici mediul și nici lumea vie, ci relația de interacțiune dintre mediu și lumea vie, principiile, regulile, legile care o guvernează, consecințele acestei interacțiuni, atât pentru mediu, cât și pentru lumea vie (Axinte, Stela, 2004).

Pentru înțelegerea ecologiei, sunt necesare temeinice cunoștințe despre mediu, ca structură complexă și unitară, dar și despre lumea vie (sistemele vii, ierarhia lor spațio-temporală și genetică, modul de funcționare).

I.1. Mediul general de nivel global; subdiviziuni teritoriale, tipuri de mediu

În sens **larg, general**, prin mediu înțelegem ambianța rezultată din interacțiunea ansamblului de substanțe și energii care influențează direct sau indirect, pozitiv sau negativ, viața unui organism viu (**mediu eficient** sau **individual**). Substanțele, ca și energiile, fiecare prin natura și concentrația sa, reprezintă forțe ce determină schimbări în viața organismului viu, schimbări a căror intensitate, amploare și direcție depinde de interacțiunea dintre ele, adică de mediul – ambianța – pe care o formează împreună. Totodată, natura, concentrația, ca și efectele fiecărei substanțe și energii, parametrii ambianței – mediului individual, suferă schimbări în viitor, provocate de prezența și activitatea vitală a organismului viu implicat.

La **nivel planetar** funcționează **mediul general de nivel global** – ambianța rezultată din interacțiunea tuturor substanțelor și energiilor care se întrepătrund spațial și interacționează la suprafața planetei noastre, în limitele orizontale și verticale în care este răspândită viața, de care depinde însăși răspândirea, concentrația substanței organice vii și diversitatea sa genetică și ecologică.

Este punctul de vedere ecologic asupra noțiunii de mediu general de nivel global, diferit de alte puncte de vedere, în special de cel geografic care limitează mediul, ca structură și funcționalitate, la necesitățile și influențele speciei umane, deși îl consideră unul dintre învelișurile planetare externe, în care este răspândit omul, alături de întregul regn vegetal și animal de pe planetă.

I.1.1. Structura și integralitatea mediului

Mediul, indiferent de scara de reprezentare, funcționează ca un sistem unitar, caracterizat prin integralitate – cea trăsătură fundamentală a sistemelor ce le permite să-și păstreze funcțiile chiar dacă, în timp, se schimbă și își modifică parametrii funcționali și structurali, datorită caracterului deschis.

Funcțiile mediului sunt sumar exprimate prin serviciile aduse vieții, iar cuantumul de servicii și calitatea lor depind de starea – "sănătatea" sistemului care este mediul.

Deși pare lipsit de consistență și concretețe, mediul este un sistem complex, practic infinit, dacă ne referim la cel global, care are, însă, o structură și organizare interioară bine definită, concretă și coerentă.

Componentele mediului (factorii săi) se înscriu într-un inventar imens și pot fi ordonate, după originea și natura lor, în planuri de structură ale mediului, nouă la număr, din care opt naturale și unul antropic.

Distingem, astfel, următoarele **planuri de structură ale mediului general**:

a. mediul **cosmic** sau planul cosmic, în care sunt grupați toți factorii de mediu (substanțe, energii) care provin de la alte planete;

Ecologie

- b. mediul **geofizic**, cuprinzând așa-numitele "forțe telurice", care-și au originea în geosferele profunde ale planetei (manta, nucleu lichid, nucleu solid), energii și substanțe care se propagă lent sau ajung brusc la suprafața planetei;
- c. mediul **geochimic**, care cuprinde ansamblul combinațiilor chimice anorganice din învelișul extern al planetei (litosferă și scoarța sa de alterare);
- d. mediul **orografic**, ansamblul formelor de relief terestru și subacvatic, precum și toate caracteristicile acestuia;
- e. mediul **hidrologic**, cuprinzând apa de pe planetă în toate cele trei stări fizice (distribuție, concentrație, mișcare etc.);
- f. mediul **edafic**, configurat în spațiul terestru prin prezența, răspândirea, tipologia, proprietățile și starea solurilor sau pământurilor fertile;
- g. mediul **biocenotic**, cuprinzând toate biocenozele terestre și acvatice, subsistemele lor (fitocenoză și zoocenoză), componentele acestora (populațiile de plante și animale), care își formează și modelează mediul propriu (biotopul) și funcționează ca factori ai mediului general și individual pentru întreaga lume vie;
- h. mediul **biochimic**, alcătuit din ansamblul substanțelor eliminate în mediul geochimic de către organismele vii, ca produși reziduali ai metabolismului, numiți și metaboliți sau ergoni; fiecare metabolit eliminat reprezintă un factor de mediu și un mijloc de transformare a mediului geochimic inițial în unul nou – biogeochimic, cu o altă configurație;
- i. mediul **antropic** este unul complex, alcătuit atât din populația umană a planetei (efectivul, răspândirea, modul său de locuire și viață, obiceiurile sale), cât și din toate structurile tehnice nou create de om în biosferă, activitatea sa economică, socială și culturală.

Factorii din toate planurile de structură se întrepătrund spațial pe toată suprafața planetei, în raporturi și concentrații diferite și interacționează, rezultanta acestei interacțiuni complexe fiind mediul – ambianța de nivel global.

Caracterul, ca și particularitățile informaționale ale mediului, imprimate de structurile biotice (biocenotice și biochimice), îi imprimă capacitate de reglare și autoreglare, limitate, însă, de caracterul limitat al planetei însăși (Axinte, Stela, 2004).

I.1.2. Subdiviziunile teritoriale și tipurile de mediu

Deși, la nivel global, mediul are un caracter unitar și se caracterizează prin anumite valori medii ale parametrilor săi, pe cuprinsul planetei, în diferite segmente teritoriale, el este neomogen, atât datorită formei, poziției în spațiul cosmic și mișcărilor planetei, cât și datorită configurației sale exterioare (geografiei și geomorfologiei), poziției și raporturilor cantitative dintre uscat și oceanul planetar etc.

Putem vorbi de un mediu relativ diferit al celor două emisfere planetare, iar în cadrul acestora, funcție de o serie de factori geografici, se disting **subdiviziuni de mediu**, la nivel de macro, mezo sau microscală, teritorii în care mediul, diferit și dependent de cel global, devine tot mai omogen pe măsură ce scara de reprezentare se diminuează.

Pe **latitudine**, într-o oarecare concordanță cu zonele climatice, se diferențiază, funcție de distribuția principalilor factori de macroclimă (căldură, lumină, precipitații) **zone de mediu**, fiecare zonă având o ofertă de mediu favorabilă unor tipuri de vegetație (criteriul biotic). Ele se succed de la ecuator, spre cei doi poli, sub forma unor teritorii întinse sau insulare, plasate la diferite altitudini:

- zona de mediu **eremial**, în general foarte cald și uscat, favorabil doar vegetației ierboase, diferențiată în subzone precum: stepe, preerii, semideșert, deșert);
- zona de mediu **arboreal**, caldă sau temperată, dar mai bogată în precipitații, favorabilă vegetației lemnoase arborale, dar și unei bogate vegetații ierboase, denumită și zona

mediului de pădure, cu subzone ca: a pădurilor ecuatoriale, a pădurilor tropicale, a pădurilor musonice, a pădurilor mediteraneene, a pădurilor temperate, a taigalei;

- zona de mediu **tundral**, rece și foarte rece, umedă sau subumedă, cu soluri sărace, cu vegetație puțină și slab organizată sub formă de tufărișuri joase și rare, ierburi scunde și licheni, cu două subzone: subzona tundrei montane și subzona tundrei polare;

- zona de mediu **polar** (glaciar), a deșertului de gheață (în jurul polilor), în care temperaturile veșnic negative, durata redusă a insolației, intensitatea slabă a luminii, ca și puternicele vânturi polare care bat quasipermanent nu permit decât prezența unor slabe și rare forme de viață.

La nivel de **mezoscală**, în cadrul zonelor și subzonelor, pe longitudine și criterii morfogenetice și morfostructurale, se diferențiază, datorită megareliefului, poziției și întinderii maselor continentale și oceanice, **domeniile de mediu**: atlantic, pacific, pontic, iberic, alpin, carpatic etc.

La aceeași scară, funcție de macorelief, mezoclimă, hidrografie, circulația curenților de aer, în cadrul domeniilor și al zonelor se diferențiază **mediul regional** sau **regiunile de mediu**: montană, de deal, de podiș, de câmpie, deltaică, litorală, marină. La nivel de **microscală**, în fiecare regiune se formează **medii locale** (ale peisajelor), diferențiate datorită reliefului local (detaliilor macro și mezoreliefului), climei locale pe care acesta o modifică, rețelei hidrografice superficiale, mozaicului de soluri și ecosisteme din diferite segmente teritoriale ale regiunii. Nici mediul unui peisaj, deși tinde spre omogenitate în raport cu cel regional, nu este omogen, din cauza mezo, micro și nanoreliefului, a solurilor diferite, a topoclimei și ecoclimei determinată de tipul biocenozelor prezente, precum și din cauza modului concret de utilizare a terenurilor. În fiecare peisaj se pot individualiza și delimita concret, uneori mai precis, alteleori nu, **teritorii cu mediu relativ omogen**, numite **biotopuri**. **Biotopul este, deci, unitatea teritorială de mediu**, acel fragment de spațiu terestru sau acvatic, caracterizat printr-un mediu relativ omogen, pe întreaga sa suprafață și în decursul timpului.

Prin mediu relativ omogen înțelegem că ansamblul factorilor ecologici care se intersectează în spațiul respectiv variază, sub aspectul concentrației lor, în limite restrânse (diferența dintre concentrația maximă și cea minimă este mică), atât pe întreaga suprafață a biotopului, cât și la anumite intervale de timp (după același regim).

În interiorul unui biotop, când factorii ecologici își modifică concentrația, datorită micro și nanoreliefului, schimbării proprietăților solului, stratificării apei, în cel acvatic, distribuției spațiale și activității plantelor și animalelor se pot delimita microbiotopuri. Asemenea biotopuri (mozaicate) nu-și pierd integralitatea (Axinte, Stela, 2003; 2004).

Tipurile de mediu, după diferiți autori și criterii (geografice, planul de structură care domină) sunt:

- mediul **terestru**, (dominat de mediul orografic și edafic), și mediul **acvatic**, dominat de cel hidrologic (marin, lacustru, fluvial etc.).

După criteriile **antropice** legate de **gradul de influență umană** și modul de locuire sunt:

- mediul **natural**, neinfluențat antropic, direct sau indirect (aproape inexistent) și mediul **antropizat**, artificial, modificat în diferite grade față de cel natural, de prezența și activitatea omului (quasigeneral) sau mediul **urban**, al marilor localități cu densitate mare a populației umane, prestând, în general, activități în industrie, sociale și culturale și mediul **rural**, al întinderilor mari ca spațiu, cu densitate redusă a populației care prestează activități agricole, silvice și de industrie alimentară mică.

Mulți autori diferențiază tipuri de mediu după numeroase alte criterii, dintre care menționăm tipul de **mediu silvic** sau **forestier**, având trăsături distincte în cel terestru, ca și în mediul local, imprimate de particularitățile biocenozei ecosistemului de pădure, în care

prezența arborilor în stare de masiv este obligatorie și definitorie în modelarea biotopului forestier, sau de ecosistemele de pădure predominante într-un peisaj, al cărui mediu este influențat decisiv de acestea.

I.2. Ecologia teoretică, fundamentul Ingineriei și Protecției Mediului

Știință relativ nouă printre celelalte, ecologia a evoluat rapid, o dată cu apariția de noi paradigme, în baza cărora și-a modificat perspectiva de abordare teoretică și practică și obiectul de studiu. Etimologic, **ecologia** ar fi știința despre modul cum și-a făcut și organizat natura casa proprie.

Într-o primă etapă (a doua jumătate a secolului XIX), numită și **mezologică**, aceasta studia, în baza paradigmei darwiniste, efectul unilateral al mediului asupra individului viu, schimbările – adaptările acestuia sub presiunea factorilor externi (de mediu specific sau eficient) și numai într-o mai mică măsură, sporadic, efectele individului asupra mediului în care trăiește. Asemenea preocupări nu sunt străine nici astăzi unei ramuri a acestei științe, **Autoecologia**. Rezultatele concrete ale acestui mod de abordare și cercetare sunt necesare în rularea programelor de prognoză și optimizare în ecologie.

În etapa următoare (începutul sec. XX), după apariția teoriei mulțimilor în matematică, numită și etapa **demografică**, ecologia s-a orientat spre studiul relațiilor dintre mulțimea de indivizi ai unei specii (populația) și mediul spațiului limitat în care aceasta trăiește, interacțiunile complexe dintre indivizii săi, dintre aceștia și mediul lor extern, care imprimă o anumită statică și dinamică respectivei populații, dar și o anumită configurație mediului. Relațiile care intervin între respectiva populație și celelalte, conlocuitoare în același spațiu, complexe și de cele mai multe ori antagoniste și consecințele lor erau ignorate, deși nu există populații cu adevărat izolate.

În a doua jumătate a secolului XX și astăzi, ecologia se fundamentează pe **paradigma sistemică**, pe teoria informației și a relativității, mult evaluate, dar imbatabile fiecare dintre ele, fiind **știința despre interacțiunile complexe** care au loc atât în interiorul macrosistemelor biologice (supraindividuale, de tipul populațiilor, bisistemelor sau biocenozelor), cât și între acestea și mediu, condiție obligatorie a existenței și devenirii lor în timp.

Toate aceste interacțiuni de tip **viață organizată supraindividul x mediu** au loc în mod concret și particular în **ecosistem**, de aceea ecologia modernă este pe drept cuvânt știința despre legile de organizare, funcționare și evoluție a **ecosistemului** și nivelului ierarhic superior, în care acesta este integrat și subordonat, **biosfera**.

Toate sistemele biologice și mixte de care se ocupă ecologia modernă: **biosfera, ecosistemul, biocenoza și populațiile** sale sunt sisteme deschise, informaționale, capabile de reglare și autoreglare, dinamice, evoluând programat, funcție de informația genetică și istorico – adaptativă a componentelor vii. Sunt sisteme termodinamice, în care entropia informațională și energetică crește o dată cu timpul, dar ritmul său de creștere nu este nici continuu și nici înalt, astfel că tendința lor evolutivă este spre negentropie.

În funcționarea lor, fluxurile substanțelor și cel al energiei, deși împletite și interdependente, au trasee diferite ca formă (circulare pentru substanțe, quasiliniare pentru energie), conform ecuației lui *Einstein*: $E = mc^2$ și realității că în microcosmosul planetar substanțele antrenate pe flux nu ating niciodată viteza luminii (C), deci travaliul lor energetic este totdeauna mai mic decât potențialul masei lor la viteza luminii.

În cercetare, ecologia sistemică modernă utilizează **metoda analizei sistemice**, abordând mai întâi sistemul cel mai mare și integrator, **biosfera**, apoi **ecosistemul** și fiecare subsistem al său (**biotopul și biocenoza**) cu subsistemele și componentele specifice și mai ales cu interacțiunile dintre ele, mecanismele și rezultatul acestora, fluxul

substanței și al energiei și productivitatea, fluxul informației, reglarea și autoreglarea, evoluția, ordinea în timp.

I.3. Factorii ecologici și legile lor de acțiune

Factor ecologic este orice substanță sau energie, din oricare plan de structură al mediului (deci orice factor de mediu), care, direct sau indirect, imediat sau după un anumit timp, produce schimbări în viața unui organism viu și, în același timp, suferă schimbări ale concentrației și efectului său, produse de acel organism viu.

Inventarul factorilor ecologici este imens, practic infinit, din fiecare plan de structură decelându-se numeroși factori ecologici, diferențiați între ei printr-o **informație structurală** proprie. Aceasta determină natura schimbărilor pe care le poate produce organismului viu (tipul de efect, **acțiunea specifică** a factorului), urmare a prelucrării și modelării informației factorului în memoria informațională a organismului viu.

Pentru a înțelege de ce rezultă un număr atât de mare de factori, dăm doar două exemple:

- dintre factorii **cosmici, nu lumina solară** în general este un factor ecologic, ci: durata iluminării, intensitatea luminii, radiațiile roșii, radiațiile orange, radiațiile galbene, radiațiile verzi, radiațiile albastre, radiațiile indigo și radiațiile violet reprezintă fiecare un factor ecologic, deoarece au structură informațională diferită și produc efecte specifice fiecare;

- din planul **edafic** al structurii mediului, nu solul este un factor ecologic, ci mult mai mulți: tipul de sol, grosimea profilului, grosimea fiecărui orizont al acestuia, textura solului, gradul său de structurare, clasa structurii, tipul de structură, conținutul în humus, valoarea pH-ului, conținutul în azot sau în fosfor, în molibden etc., conținutul în diferite enzime libere ș.a.m.d., fiecare proprietate fizică, fizico-mecanică, chimică, biologică a solului reprezintă un factor ecologic și sunt nenumărate aceste proprietăți.

Indiferent că sunt substanțe sau energii, **toți factorii ecologici au caracter de forțe** care produc schimbări, deci **caracter energetic**.

Cei care acționează direct asupra organismului viu se mai numesc și **componenti**, iar cei cu acțiune indirectă **modificatori** (schimbă concentrația și efectele componentilor).

Fiecare factor ecologic, chiar dacă are mereu aceeași structură informațională, produce efecte diferite asupra diferiților indivizi din aceeași specie, asupra aceluiași individ aflat în diferite faze ontogenetice, asupra diferitelor organe, țesuturi ale aceluiași individ, precum și asupra diferitelor funcții fiziologice care se desfășoară simultan.

În raport cu natura componentelor ecosferei, **factorii ecologici** se clasifică în trei grupe mari:

- **abiotici**: orografici (roci, forme de relief), climatici (căldură, vânt) și edafici (umiditate, căldură, troficitate, aerisire etc.);

- **biotici**: vegetali - flora și animalii - fauna;

- **antropici**: societatea umană.

Mai multe legi guvernează modul de desfășurare a proceselor biologice în natură. Fiind vorba de abordări uneori sectoriale, alteori transversale ale ecologiei, ne vom rezuma la o prezentare a legilor în ordinea alfabetică a autorilor:

- **„Orice lucru este legat de alt lucru”**, după *Commoner* (1971, 1980), citat de *I. Puia, V. Soran, L. Carlier, I. Rotar, M. Vlahova* (2001); legea exprimă interacțiunile existente între elementele unui sistem.

- **„Orice lucrare trebuie să conducă undeva”**, după *Commoner* (1971, 1980), citat de *I. Puia, V. Soran, L. Carlier, I. Rotar, M. Vlahova* (2001). Potrivit legii, orice acțiune la nivelul sistemului are consecințe clar definite, materia din care sistemul este alcătuit fiind indestructibilă.

Ecologie

- **„Natura știe cel mai bine”,** - *Commoner*, 1971, 1980) citat de *I. Puia, V. Soran, L. Carlier, I. Rotar, M. Vlahova* (2001). Potrivit acestei legi, sistemele construite de către natură pot fi greu realizate de către om în ceea ce privește structura și durabilitatea lor.
- **„Nu există un astfel de lucru cum ar fi un prânz gratuit”** - *Commoner* (1971, 1980), citat de *I. Puia, V. Soran, L. Carlier, I. Rotar, M. Vlahova* (2001).
- **„Legea excluderii,”** (*Gauze*, 1934): Potrivit acestei legi, după *I. Puia, V. Soran, L. Carlier, I. Rotar, M. Vlahova* (2001), „într-un ecosistem, indiferent de complexitatea lui, două specii nu pot să ocupe în același timp aceeași nișă ecologică, adică să îndeplinească aceeași funcție într-o configurație dată”
- **Legea minimului:** (*Justus von Liebig*, 1840) - se referă la cazul special al acțiunii îngrășămintelor chimice asupra plantelor cultivate. Legea se bazează pe acțiunea limitativă a factorului chimic cu concentrația cea mai mică. Potrivit lui *Muntean L. și Știrban M.*, „dezvoltarea plantei este dependentă, în primul rând de acel element chimic din sol care are concentrația cea mai scăzută”. După *Hilmi* (1966), aplicarea legii minimului o durată mare de timp duce la o dezintegrare a sistemului, prin pierderea treptată a elementelor componente.
- **Legea relativității** (*Lundegardh*, 1957): Potrivit acestei legi, „forma curbei de creștere nu depinde numai de factorul chimic minimal ci și de concentrația și natura celorlalți ioni prezenți în substrat”.
- **Legea relației statistice.** Conform acestei legi, după *Muntean L., Știrban M.* (1995), „amplitudinea zonei de toleranță a speciei față de un factor este influențată de ansamblul factorilor limitativi.”
- **„Legea migrării biogene a atomilor”,** elaborată de *Perelman* (1973), citat de *I. Puia, V. Soran, L. Carlier, I. Rotar, M. Vlahova* (2001). Legea definește modul de migrație al elementelor chimice în scoarța terestră.
- **„Legea existenței și dezvoltării sistemelor naturale numai pe socoteala mediului înconjurător”** (*Reimers*, 1984, citat de *I. Puia, V. Soran, L. Carlier, I. Rotar, M. Vlahova* (2001). Conform acestei legi, sistemele biologice nu se pot dezvolta izolat în natură în condițiile în care ele au nevoie permanent resurse.
- **„Legea periodicității sistematice”** (*Reimers*, 1984, citat de *I. Puia, V. Soran, L. Carlier, I. Rotar, M. Vlahova* (2001). Legea stă la baza gestiunii unor sisteme naturale omogene.
- **Legea optimalității”** (*Reimers*, 1984, citat de *I. Puia, V. Soran, L. Carlier, I. Rotar, M. Vlahova* (2001). Legea exprimă - după *Stugren* (1982) - „realizarea celei mai favorabile configurații structurale și funcționale a ecosistemelor și biosferei”.
- **Legea substituirii factorilor”** (*Rubel*, 1930). Conform acestei legi, „factorii climatici, edafici și biotici sunt echivalenți și se înlocuiesc reciproc”.
- **Legea toleranței** (*Shelford*, în 1913). Potrivit legii toleranței, formulate de către *Shelford*, „succesul unei specii în biotop va fi maxim atunci când se va realiza pe deplin, calitativ și cantitativ complexul de condiții de care depinde reproducerea sa”. Depășirea pragurilor de toleranță conduce la moartea sistemului. Potrivit lui *Stugren* (1982), succesul speciilor se poate realiza în așa numitele zone de optim (**optim** climatic; optim chimic și optim sinecologic). După *Muntean L. și Știrban M.*, factorii ecologici nu acționează limitativ în permanență, ci numai atunci când concentrația lor depășește anumite mărimi - limită de toleranță – de către substanța vie.
- **„Legea unității fizico-chimice a sistemelor vii”** (*Vernadskii*, 1926, 1967, citat de *I. Puia, V. Soran, L. Carlier, I. Rotar, M. Vlahova* (2001). Potrivit acestei legi, asupra sistemelor vii și nevie acționează aceleași legi fizice.
- **„Legea constanței materiei vii”** (*Vernadskii*, 1926, 1967, citat de *I. Puia, V. Soran, L. Carlier, I. Rotar, M. Vlahova* (2001). Potrivit legii, outputurile și inputurile la nivelul biosferei sunt egale cantitativ.

• „**Legea efectului combinat al factorilor de creștere** (Mitscherlich, 1921). Potrivit legii, după Muntean L. și Știrban M. (1995), „în ecosistemele naturale sau artificiale, nu are loc niciodată o creștere proporțională a unui indicator cantitativ pe măsura creșterii în valoare a factorului mai slab reprezentat în mediu ci numai o creștere logaritmică.

Relația dintre organismul viu și factorii ecologici (în general) nu se desfășoară la întâmplare, ci respectând o serie de legi, numite și **legile de acțiune a factorilor ecologici**, practic **legile de bază ale naturii**.

1. Factorii ecologici acționează **simultan** asupra organismului viu și în **interacțiune**. Interacțiunea dintre factorii ecologici care acționează simultan determină modificarea concentrației și efectelor fiecărui factor. Efectul factorilor nu este egal cu suma efectelor lor singulare, ci cu acela al rezultantei interacțiunilor (acțiunilor sinergice ±).

2. Toți factorii ecologici au importanță egală pentru organismul viu, fiecare dintre ei putând fi **limitativ** pentru acesta, la anumite concentrații, conform **legii toleranței** (fig. 1.1).

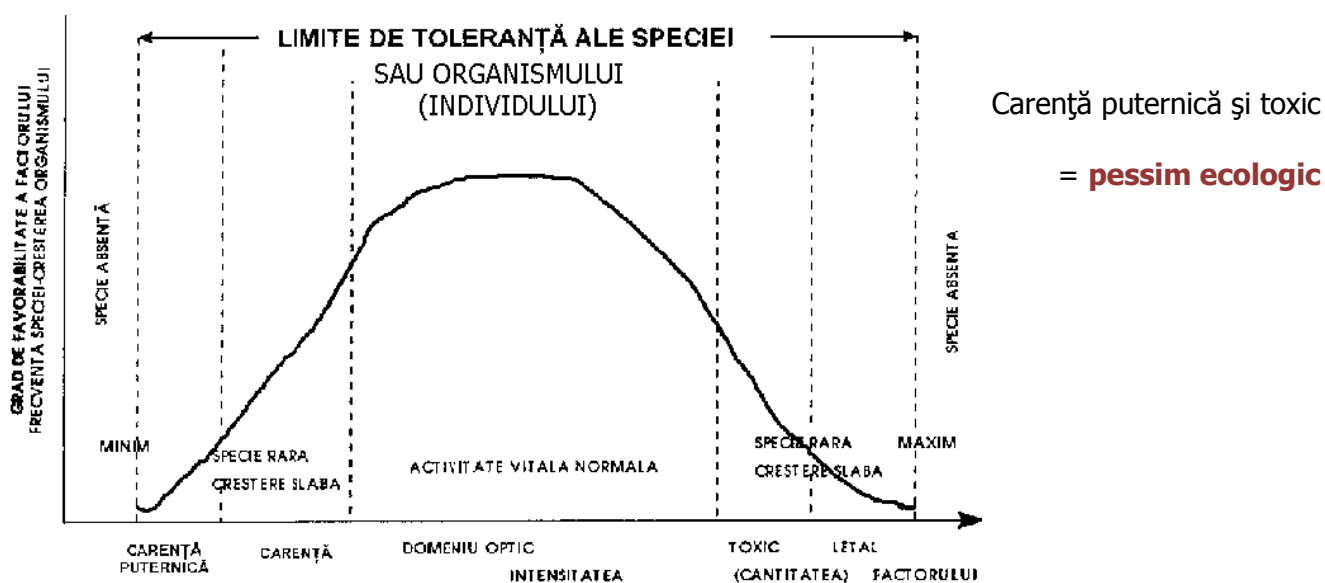


Fig. 1.1. Exprimarea grafică a legii toleranței (Axinte, Stela, 2003; 2004; Berca, M., 2000)

Concentrațiile minime, ca și cele maxime la care organismul își încetează activitatea și viața delimitează **zona lui de toleranță** în raport cu diferiți factori, iar cele apropiate lor, dar în interiorul curbei de toleranță determină, mai ales atunci când se realizează pentru mai mulți factori în același timp, o stare generală rea, de **pessim ecologic**, în care funcțiile vitale diminuează grav înainte ca organismul să piară. Valorile optime (**zona optimală**) determină "starea" foarte bună și efectul maxim.

Legea toleranței este de departe cea mai importantă lege a naturii, din care putem trage multe învățăminte și care are cea mai largă aplicabilitate pentru legislația de mediu și activitățile ingineresti în natură. Ea demonstrează cu prisosință caracterul limitativ al tuturor factorilor, impus de concentrația lor, precum și **importanța lor egală**.

Excepțiile, care au generat alte două legi (a minimului și, respectiv, a maximului) aplicabile mai ales unor factori indispensabili vieții (apă, nutrienți) sau puternic toxici (poluanți chimici, radioactivitate) nu fac decât să o confirme cu mai multă pregnanță.

3. **Legea relativității în acțiunea factorilor ecologici** stipulează caracterul relativ al pragurilor de concentrație cu diferite semnificații, care nu sunt punctuale, ci se încadrează, la rândul lor, între anumite limite (evident, restrânse) și aceasta din cauza interacțiunii complexe și simultane dintre factori cu efecte diferite și uneori compensatorii, cât și caracterului statistic al acestei relații dintre factorii ecologici și organismele vii, în general, la nivel de specie. Este, de fapt, altă expresie a legii interacțiunii factorilor ecologici (Axinte, Stela, 2004; Stugren, B., 1975).

Acțiunea factorilor ecologici asupra biosferei (fig. 1.2) este definită de **legea acțiunii combinate**, conform căreia factorii ecologici acționează simultan și combinat, printr-o rezultantă comună. De fiecare dată, însă, din ansamblul factorilor ecologici, unul devine determinant, având o influență preponderentă asupra speciilor și biocenozelor, în ansamblu. Spre exemplu, în deșerturi și în stepe, factorul **limitativ** este **apa**, în timp ce în zonele boreale și polare, rolul acesta îl deține **căldura**.

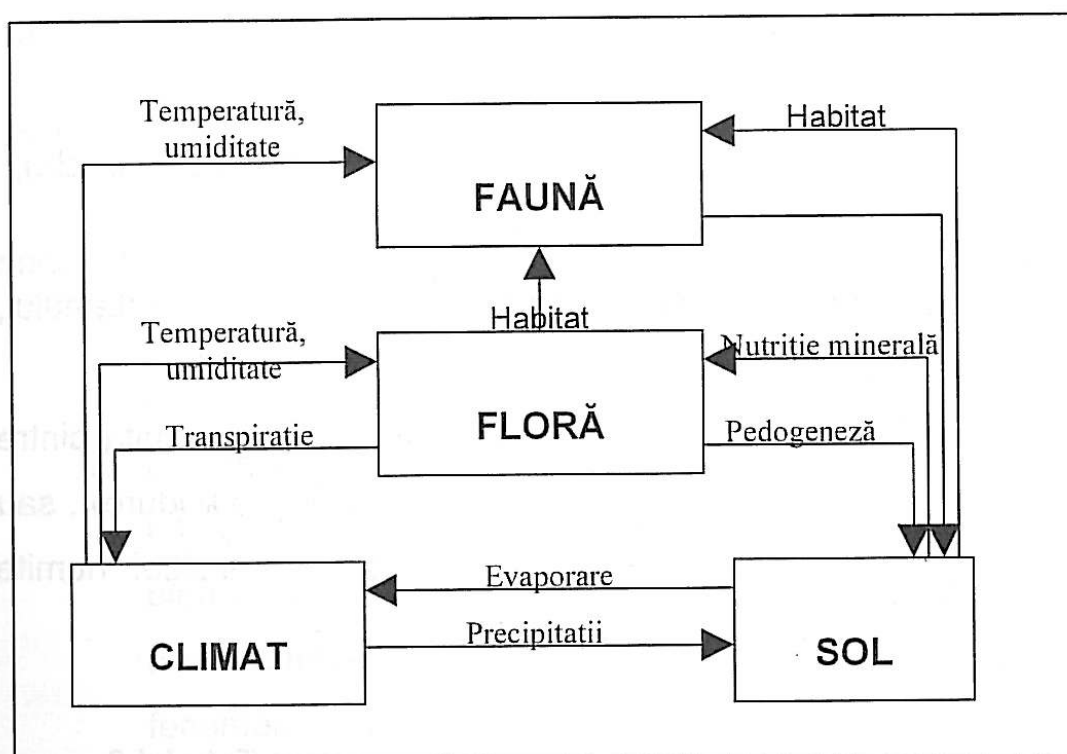


Fig. 1.2. Relația dintre organismele vii și componentele mediului – ca factori ecologici (după Dan, Elena – 2002)

O rezultantă a acțiunii factorilor ecologici climatic este însăși **clima**, condiționată de factorii climatici: căldură, precipitații, regim eolian etc.

I.4. Paradigmele ecologiei

După Kuhn T.E. (1976), « concepțiile dominante ale comunității savante sunt **paradigmele** sale, idei care nu mai sunt puse la îndoială și care constituie temelia manualelor, cursurilor și exercițiilor de laborator ».

În ecologie, se cunosc:

- **paradigma mezologică** (sfârșitul sec. XIX și începutul sec. al XX-lea):

Potrivit paradigmei mezologice, obiectul central de studiu al ecologiei era analiza efectului factorilor de mediu asupra organismelor luate individual. Ecologul care a marcat această paradigmă a fost *Kuhn T.E.* (1976).

- **paradigma demografică** (sec. XX):

Potrivit acestei paradigme, obiectul central de analiză al ecologiei s-a concentrat asupra studiului dinamicii populațiilor. Dintre apologeții acestei paradigme, amintim pe *Cetverikov* (1926), *Alfred Lotka* (1924), *Vio Volterra* (1931), *Umberto d'Ancona*, *Scherdtfeger* (1963), *Șvarț* (1960), *Naumov* (1948), *Nicolae Botnariuc* (1953), *Cure* (1959) etc.

- **paradigma sistemică:**

Potrivit paradigmei sistemice, obiectul central de analiză în ecologie este, conform teoriilor lui *Bogdan Stugren* (1982), « studiul rețelei de interacțiuni dintre componentele ecosistemului; accentuarea întregului; a caracterului unitar al relațiilor interspecifice în contextul unei structuri; ecologia sistemică fiind știința structurilor funcționale și logico-matematice ale sistemelor ecologice ». Referința istorică a acestei paradigme este *Odum, E.P.* (1957, 1959, 1971).

I.5. Ramurile ecologiei

E. Warning (1896-1909) și *Dajos R.* (1975) au definit **trei orientări majore** ale ecologiei:

1. **Autecologia** (gr. „*auto*” = *însuși*): studiază raporturile indivizilor dintr-o anumită specie cu mediul lor de viață (până la nivelul de populație sau specie), cu mediul înconjurător (abiotic și biotic).

2. **Demecologia** (gr. „*demos*” = *popor* sau *mulțime*): studiază relațiile dintre indivizii aceleiași populații, precum și raporturile dintre populații cu factorii ecologici.

3. **Sinecologia** (gr. „*syn*” = *împreună*): studiază raporturile existente între indivizii și populațiile ce aparțin unei biocenoze cu mediul lor de viață și raporturile existente între biocenoze la nivel de biosferă.

Barbour, Burks, Pitts (1987) au realizat următoarea clasificare a specializărilor ecologiei plantelor:

- **Sinecologia** (*Paleoecologia/Sociologia* plantelor în trecutul lor ecologic; *Sociologia* plantelor/clasificarea comunităților vegetale conform hărților de vegetație; **Ecologie evoluționistă** /stabilitatea comunităților, diversitatea speciilor; **Dinamica comunităților** /sisteme ecologice);

- **Autecologia** (*Ecologia populației*/mărime, hibridări evolutive, speciații; *Ecofiziologie* /perturbări, limite de toleranță, interacțiuni biotice, fenologie; **Ecologie evoluționistă** (idem clasificarea anterioară)).

După **mediul de viață** în care trăiesc organismele, ecologia se împarte în trei ramuri (*Muntean și Știrban, 1995*): **oceanologia** (ecologia marină); **limnonologia** (ecologia apelor interioare) și **ecologia terestră** (din care s-a desprins ecologia solului sau **ecopedologia**).

Pe baza **criteriului taxonomic**, aceiași autori au definit trei clase: **ecologia vegetală**; ecologia **animală** și ecologia **microorganismelor**.

Ecologia reprezintă o cerință de aprofundare a cunoștințelor științifice ale complexității naturii, de cunoaștere a relațiilor organismelor vii cu mediul natural și a relațiilor dintre specii și dintre populațiile care conviețuiesc în aceleași teritorii (numite **ecosisteme**), a cerințelor de protejare și de asigurare a menținerii **biodiversității**, a echilibrului natural și a productivității ecosistemelor, precum și pentru asigurarea protecției mediului biotic și abiotic de pe Terra.

Ecologie

Cunoașterea fenomenului ecologic s-a dovedit deosebit de importantă și necesară pentru toate profesiunile și toate domeniile ori nivelurile de activitate umană, productivă, economică și/sau de management.

Factorul ecologic permite și contribuie la realizarea „actului major de planificare și de exploatare a resurselor naturale, antropice sau antropizate”, facilitând elaborarea de programe adecvate pe etape, inclusiv pentru protecția continuității resurselor.

I.6. Originile și evoluția vieții pe pământ

Evoluția materiei în ecosferă cunoaște următoarele etape:

- **abiogenă** - înainte de apariția vieții pe Terra ;
- **biogenă** - perioada în care se formează circuitele biogeochimice și cea de a treia,
- **antropogenă** - care începe o dată cu apariția omului și aduce schimbări importante în evoluția materiei.

I.6.1. Perioada abiogenă

A început cu 4,6 miliarde de ani în urmă, o dată cu formarea planetei Terra. Pământul, ca planetă a sistemului solar, a luat ființă dintr-un imens nor de materie interstelară, format din gaze și pulberi cosmice.

În compoziția acestui nor se estimează că intrau: cca. 60% H₂, 30% He, 1-2% O₂, C, N, elemente grele-sub 1%, gaze nobile, NH₃, CH₄, H₂O, S, Si, Mg, Fe etc.

Pământul s-a format în zona centrală a norului planetar și a incorporat cu prioritate compuși chimici cu punct de fuziune ridicat: Si, Mg, Fe, S și alte elemente grele. Elementele ușoare, gazoase se îndepărtau spre periferia norului. Compușii de C, N, O, H (CH₄, NH₃, H₂O) se rețineau prin combinațiile lor cu elemente chimice incorporate inițial. Prin încălzire gravitațională, Pământul se structurează într-un nucleu central, o manta și scoarță.

Formarea atmosferei și a hidrosferei sunt două etape de mare importanță în evoluția planetei Pământ.

Atmosfera se pare că s-a format prin degazeificarea magmei în procesul de răcire și cristalizare, etapă care marchează trecerea Pământului de la *faza cosmică* la *faza evoluției geologice*.

Oceanul planetar - **hidrosfera** s-a format după consolidarea scoarței terestre și scăderea temperaturii sub 100°C.

Sursa principală de energie pentru desfășurarea proceselor de sinteză chimică era radiația solară (cca. 260.000 cal/cm²/an), la care se mai adăuga energia provenită din descărcările electrice, radioactivitate, energia geotectonică, energia gravitațională etc.

Procesul de apariție a vieții a debutat cu formarea compușilor organici (hidrați de carbon, aldehide, aminoacizi etc.), din atmosfera primară, pornindu-se de la substanțe simple, precum: CH₄, NH₃, H₂O, sub influența descărcărilor electrice și a radiațiilor ultraviolete.

I.6.2. Perioada biogenă

Începe o dată cu apariția vieții și a proceselor metabolice (anabolism și catabolism) caracteristice organismelor vii, care au marcat începutul circuitului biogeochimic al materiei, alături de cel geochimic.

Noul circuit biologic se dezvoltă pe baza *circuitului geochimic*, aflându-se într-o strânsă întrepătrundere cu acesta, dând naștere *circuitului biogeochimic*.

În faza circuitului geologic, energia solară era utilizată pentru dislocarea și deplasarea substanțelor din scoarța terestră. Și în prezent, cca. jumătate din totalul energiei radiante primite de Pământ este folosită pentru evaporarea apei, care pune în mișcare marele circuit hidrologic.

Viața apărută pe Pământ stochează energia solară sub formă de materie organică, măbind în felul acesta eficiența utilizării energiei.

Metabolismul, fiind un proces selectiv, a produs modificări importante în vizitele de circulație ale diferitelor elemente și compuși, influențând astfel evoluția circuitului planetar al materiei și, implicit, evoluția vieții. Primele organisme apărute se hrăneau cu substanțe organice formate pe cale abiogenă, dizolvate în apă și ferite de razele ultraviolete. Neexistând procese de descompunere biologică, circuitul materiei în natură era linear. Apariția primelor organisme fotosintetizante (în urmă cu cca. 3,35 miliarde ani) și acumularea oxigenului în apă și în aer (în urmă cu aprox. 2,35 miliarde ani) au produs schimbări și adaptări importante în evoluția organismelor.

Prođușii catabolismului unor organisme au constituit sursă de hrană și energie pentru alte organisme și, în consecință, procesul linear al transferului unor substanțe cu acumulări de deșeuri a devenit unul ciclic (*Dan, Elena – 2002*).

Unul dintre principalele deșeuri ale organismelor – dioxidul de carbon - a devenit hrană pentru organismele fotosintetizante, iar oxigenul produs de acestea s-a utilizat în procesul de respirație. Apariția acesteia din urmă, alături de fotosinteză, a condus la schimbări radicale în circuitul carbonului și al oxigenului.

Oxigenul acumulat inițial în apă a trecut, treptat, în atmosferă, de unde, alături de oxigenul rezultat din fotosinteză, a fost consumat în procesele de oxidare a numeroși compuși minerali reduși, modificând, astfel, circuitul acestora din geochimic în biogeochimic.

Creșterea cantității de oxigen din atmosferă a contribuit la formarea ecranului de **ozon**, cu capacitatea de a absorbi radiațiile ultraviolete, permițând, astfel, dezvoltarea organismelor vii, diversificarea formelor de viață, a proceselor metabolice și, în consecință, a circuitului de substanțe.

Diversificarea formelor de viață și creșterea continuă a biomasei totale au contribuit la modificări ale condițiilor de mediu, care, la rândul lor, au deschis noi căi de evoluție a vieții.

La rândul său, mediul abiotic a suferit transformări ca urmare a activității organismelor vii. Spre exemplu, atmosfera, cu compoziția sa actuală, este rezultatul activității organismelor fotosintetizante, care au contribuit la creșterea conținutului de oxigen și la scăderea celui de CO₂.

I.6.3. Perioada antropogenă

Apariția omului și dezvoltarea societății umane sunt considerate ca reprezentând începutul perioadei antropogene. Prin activitatea sa, **omul** introduce în circuitul ecosferei combustibilii solizi (cărbuni, petrol și gaze naturale), provocând schimbări esențiale în

Utilizarea **energiei solare** stocate în lemn și în alte țesuturi vegetale a condus la **defrișări** masive de-a lungul timpului, fapt cu consecințe dezastruoase asupra circuitului carbonului și, implicit, asupra climei pe glob.

Intensificarea fluxului de energie din atmosferă prin activități antropice ce presupun utilizarea unor forme tot mai diverse de energie (hidraulică, eoliană, geotermică) modifică profund circuitul global al materiei, prin punerea în mișcare a unei cantități imense de materie.

Extinderea culturilor agricole, a exploatărilor forestiere, a vânatului și pescuitului și a industriei hidroenergetice, prin captarea și modificarea cursului apelor curgătoare, au

determinat schimbări majore ale cailor și vitezei de circulație a tuturor elementelor biogene sau de alt tip.

Arderile industriale modifică circulația carbonului, a azotului și a sulfului.

Utilizarea îngrășămintelor chimice și a pesticidelor dereglează circulația N, P, K, C, Ca etc., atât direct, cât și indirect, prin distrugerea circuitului normal de reciclare a acestor elemente.

Activitatea industrială introduce în circuit elemente care, în fazele/perioadele anterioare, aveau un rol neglijabil: metalele (fier, aluminiu, cupru, zinc, sodiu, mercur etc.).

O caracteristică a activității umane, dăunătoare circuitului natural al elementelor, este tendința de linearizare, care determina acumulări de deșeuri a căror reciclare devine tot mai anevoioasă (*Dan, Elena, 2002*).

I.7. Omul și ecosfera

Ecosfera a fost definită mai întâi de *Commoner* (1972) ca fiind totalitatea ecosistemelor de pe Terra, cel mai larg sistem de organizare a materiei vii de pe planeta pământ. Noțiunea include atât **biosfera**, sistemul cel mai larg de organizare a materiei vii, dar și domeniul său de existență, ce cuprinde scoarța de dezagregare, hidrosfera în totalitatea ei și o mare parte din atmosfera terestră.

Ecosfera cuprinde ca unități funcționale elementare **ecosistemele**.

Totodată, ea se constituie într-un sistem integral, heterogen, format prin transformarea și evoluția substanței și a energiei, la nivelul planetei pământ. S-a format prin interacțiunea dintre materia din scoarța terestră și Cosmos, realizată, la rândul său, din asimilarea energiei din cosmos, acceptarea materiei acestuia și informație – ca factor de ordonare și organizare a haosului molecular.

Limita superioară a ecosferei cu cea a troposferei, aflată la aprox. 10-12 km deasupra nivelului mării (nivelul „0”), iar limita inferioară - în oceane, la – 11 km, iar în solurile continentale, la cca. – 4 km.

Ecosfera este alcătuită din:

- 1. Sisteme anorganice:** roci (litosfera), apă (hidrosfera) și energie radiantă din cosmos;
- 2. Sisteme organice:** virusuri (necelulare), bacterii (celule primitive), ciuperci (plante inferioare), plante verzi (fotosintetizatoare) și animale (consumatori de materie organică primitivă).

Solul este considerat un component al ecosferei, de origine mixtă, fiind produsul interacțiunii dintre componentele acesteia de origine organică și cele de origine anorganică.

Densitatea substanței vii descrește de la Ecuator către poli, de la nivelul mării spre înălțimile munților și abisurile oceanelor, de la nivelul solului către adâncimile acestuia.

În concluzie, **ecosfera** este un **sistem biogeochimic**, rezultat ca urmare a interacțiunii materiei din scoarța terestră cu cosmosul, ce constă, pe de o parte, din asimilarea energiei cosmice, iar, pe de altă parte, prin acceptarea materiei cosmice provenită din căderea asteroizilor.

Apariția **omului**, ca specie a ecosferei terestre, a avut loc la sfârșitul erei terțiare, acum cca. două milioane de ani, prin desprinderea din regnul animal și impunerea sa drept o componentă aparte a ecosferei.

Prin activitatea sa, conștientă sau inconștientă, omul transformă mediul geografic al terrei (sol, vegetație, climă), contribuind, astfel, la modificarea distribuției naturale a organismelor vegetale și animale, ba chiar la schimbarea speciilor acestora.

Intervențiile antropice asupra ecosferei au fost, de cele mai multe ori, **perturbatoare** sau chiar **distructive**.

Omul s-a dovedit a fi prima specie animală al cărei impact asupra ecosferei constituie o potențială sursă de dezechilibru, putând compromite propria perenitate.

Creșterea demografică, dezvoltarea agriculturii intensive, industrializarea, alături de un comportament psihologic nefast, caracterizat prin lăcomie și vandalism, exercită o acțiune distructivă crescândă asupra ecosferei, contribuind, astfel, la riuarea propriului habitat. Dorința omului de profit imediat ori pe termen scurt s-a materializat, în decursul istoriei, într-o exploatare sălbatică, necontrolată a resurselor naturale, care, dacă va continua, va duce la ruinarea ecosferei, cu toate consecințele ce decurg în ceea ce privește viitorul său ca specie.

În calitate sa de cel mai mare dăunător cunoscut pe planetă, unic responsabil al degradării accentuate a ecosferei, apărut la sfârșitul erei terțiare, acum cca. două miliarde ani, omul prezintă următoarele **efecte perturbatoare** asupra biocenozelor:

- prin creșterea numerică semnificativă a populației umane, în raport cu altele (mamifere);
- prin acțiunile sale, conștiente ori inconștiente, având drept consecințe:
 - transformarea mediului geografic (sol, climă, vegetație) și;
 - modificarea speciilor de plante și animale.

Evoluția sa intelectuală a condus la progresul tehnologic, dar și la ruinarea propriului mediu, având drept urmare periclitarea existenței viitoare ca specie.

I.8. Obiective și direcții de dezvoltare ale Ecologiei

În viitor, ecologiei îi revine sarcina să rezolve o serie de probleme:

- elucidarea ciclurilor biogeochimice (circulația substanțelor în ecosistem);
- studiul biodiversității (diversitatea sistemelor ecologice ca suport al vieții, diversitatea speciilor, diversitatea structurii genetice a populațiilor și speciilor și diversitatea etno-culturală a sistemelor socio-economice);
- înțelegerea cauzelor viabilității climatului;
- studiul maladiilor infecțioase determinate de mediu;
- problema resurselor economice;
- dinamica schimbărilor peisajului, induse de om;
- schimbări fundamentale în problema utilizării resurselor materiale.

Ca ramură a ecologiei moderne, Ecologia **agricolă** reprezintă ecologia generală aplicată sistemelor agricole. Autori precum *Azzi, G., Tischer, W., Puiu, I. și Șoran, V.* au definit ecologia agricolă ca fiind acea ramură a ecologiei generale care se ocupă cu studiul influențelor exercitate de factorii de mediu asupra productivității plantelor și animalelor domestic.

Se cercetează mediul și diverse verigi tehnologice care influențează randamentul producției din punct de vedere cantitativ și calitativ. Ecosistemele agricole cuprind biocenoze specific, cu rețele trofice simple, caracterizate prin:

- număr mic de specii;
- lanțuri trofice puține și scurte;
- canale scurte și largi de circulație a energiei către veriga terminală – omul – din lanțul trofic (spre ex.: cereale – om; animale domestice – om);
- lipsa populațiilor de prădători și paraziți, care ar putea să mențină sub control fiecare populație;
- oscilații mari de efectiv la populații;
- specii noi introduse și înmulțite exagerat, care pot afecta stabilitatea ecosistemului.

Ecosistemele agricole sunt de tip autotrof, dominate de om, tinere și instabile. Având structuri trofice modificate, **agroecosistemele** sunt vulnerabile la atacul bolilor și dăunătorilor.

Utilizarea energiei auxiliare din combustibilii fosili pentru fertilizare (aplicarea de pesticide, irigații și în mecanizarea lucrărilor agricole) și a selecției artificiale sunt necesare în scopul asigurării stabilității agrosistemelor (*Axinte, Lorica și colab., 2005*).

Capitolul II. ECOSISTEMUL, UNITATEA TERITORIALĂ, STRUCTURALĂ, FUNCȚIONALĂ ȘI EVOLUTIVĂ A BIOSFEREI

II.1. Definirea, tipologia, originea și evoluția ecosistemelor

Deși este un întreg funcțional, biosfera și-a diversificat structurile în spațiu, funcție de caracteristicile acestuia.

Unitatea teritorială, dar și structural – funcțională a biosferei, este **ecosistemul**. Ecosistemul este ansamblul rezultat din interacțiunea unui fragment de spațiu cu mediu relativ omogen (**biotop**) și comunitatea vie de populații din acel spațiu (**biocenoza**). Componentele din cele două subsisteme, prin complexitatea interacțiunilor lor, participă la organizarea unui **flux unitar de substanță, energie și informație**, ceea ce face ca întregul ansamblu să funcționeze ca un tot unitar, ca un sistem.

Pentru ca asemenea combinație heterogenă să se comporte ca un sistem, trebuiesc îndeplinite unele condiții:

- aria de acțiune a tuturor componentelor să se suprapună neîntâmplător;
- interacțiunile să fie de lungă durată sau permanente;
- schimburile de substanță, energie și informație din interiorul ansamblului să fie mai mari decât cele cu exteriorul.

În edificarea ansamblului ca ecosistem, un rol important îl îndeplinesc **factorii integratori**, mai puțin variabili în timp:

- configurația externă omogenă a scoarței terestre;
- istoria geologică comună a regiunii din care face parte fragmentul de scoarță.

Având în vedere condițiile de mediu foarte variabile de la suprafața planetei, treptat, tot mai multe fragmente de scoarță s-au individualizat ca biotopuri cu configurație specifică a factorilor ecologici, au fost populate prin dispersia viețuitoarelor și unde populaționale migratoare, au "prins viață" și au fost transformate de către aceasta, rezultând tot mai multe ecosisteme, care, astăzi, acoperă toată suprafața planetei.

Nu este mare doar numărul, ci și diversitatea lor, **fiecare ecosistem**, chiar și atunci când se aseamănă cu multe altele de același tip, prin fizionomie și chiar tipologie, fiind **unicat**. Unicitatea, în acest din urmă caz, este imprimată de organizarea interioară proprie, raporturile dintre componente, dispunerea lor în spațiu și modul cum funcționează. Fiecare ecosistem a apărut undeva, cândva, într-un biotop, își are, deci, originea, istoricul și evoluția sa particulară, unică.

S-au diferențiat, astfel, mari tipuri de ecosisteme: • **acvatice** (oceane, mări, lacuri, fluvii, râuri, pâraie); • **terestre** (păduri, savane, preerii, pajști) sau **de graniță** între cele două (de mlaștină, de luncă, deltaice etc.).

După apariția omului și astăzi putem vorbi de ecosisteme **naturale, artificiale** (înființate de om) sau **artificializate** (influențate direct sau indirect de om), cazuri speciale de ecosisteme, așa cum sunt cele agricole sau, după unii autori, localitățile umane etc.

Numărul ecosistemelor de același tip (numit și **biom**) este considerabil. Astfel, fiecare ocean, mare, fluviu, ..., pădure, cultura agricolă ... etc. este un ecosistem, chiar dacă unele sunt de mare întindere spațială și în interiorul lor se pot delimita segmente cu configurație distinctă a unuia sau mai multor factori ai biotopului și, implicit, anumite structuri și componente biocenotice. Toate acestea (microbiotopuri și microbiocenoze – comunități) fac, însă, parte integrantă din întregul ecosistem, i se subordonează și sunt influențate prin funcționarea acestuia în structura și evoluția lor.

Originea tuturor ecosistemelor se află într-un **biotop** inițial, având un spectru propriu de factori și un quantum de resurse (limitat).

Prin instalarea viețuitoarelor pioniere și activitatea lor intensă, biotopul se schimbă și permite instalarea de noi specii pentru care a devenit mai favorabil. Acestea, împreună cu cele anterioare, formează o nouă biocenoză, ale cărei efecte produc noi schimbări în biotop. Istoria se reia la diferite intervale de timp, **biocenoza îmbogățindu-se în specii**.

Este **tendința sa naturală**, înlesnită de ajungerea întâmplătoare a germenilor de plante și de migrația animalelor din alte ecosisteme. În felul acesta, orice ecosistem a evoluat sub aspectul complexității și diversității speciilor din biocenoză, dar și al unor schimburi tot mai profunde în biotop. Evoluția este ascendentă, la un anumit **grad de complexitate și diversitate optimă**, ecosistemul beneficiind de maximum de echilibru și stabilitate, caracteristic stadiului de **climax**. Neperturbate grav din exterior, ecosistemele naturale au "trăit" un platou îndelungat de climax, pe curba lor evolutivă.

Îndelungat, dar nu nesfârșit. Multe cauze, precum: pierderea energiei proprii datorită funcționării îndelungate (vezi principiul II al Termodinamicii), acumularea toxinelor produse în cantități mari de aceleași viețuitoare, schimbarea bruscă a unor factori externi produc, pe rând sau simultan, declinul biocenozei, pierderea speciilor și, în ultimă instanță, prăbușirea acesteia.

În biotopul rămas, are loc o nouă succesiune de biocenoze în evoluție, al căror aspect a fost determinat de travaliul acelei biocenoze care s-a prăbușit și chiar de multe componente ale acesteia. De aceea, oarecum întemeiat, se afirmă că ecosistemele nu mor, ci sunt doar înlocuite de altele noi, dispuse și ele în serii succesionale.

II.2. Organizarea interioară a ecosistemului, principii și reguli

Cele două subsisteme (biotopul și biocenoza) se întrepătrund spațial și se condiționează reciproc funcțional, fiind inseparabile.

Biotopul (gr. "bios" = viață; "topos" = loc) este spațiul în care funcționează biocenoza, adresa acesteia și un sistem de factori ecologici care formează mediul și furnizează resursele necesare tuturor componentelor biocenotice.

Pe orizontală, ca și pe verticală, limitele concrete ale ecosistemului sunt impuse de biotop, de mărimea suprafeței sale, de forma conturului acesteia. În ecosistemele terestre, limitele verticale, ca și geometria ecosistemului sunt determinate de adâncimea (în sol) și înălțimea în aer, până la care ajung rădăcinile sau tulpinile speciilor de plante pe care le poate susține biotopul.

Factorii abiotici nu au valori constant, ci sunt variabili în funcție de anotimp, alternanța noapte – zi, calamități, evenimente meteo extreme etc. În raport cu modificarea lor, posibilitățile de supraviețuire a organismelor se situează între anumite **limite de toleranță** minime și maxime, valori între care se înregistrează un anumit **optim**.

În ecosistemele acvatice caracteristicile substratului solid al bazinului acvatic (formă, relief, adâncime, duritate) delimitează adâncimea maximă la care se dispun componentele biocenotice.

Biotopul nu este definitiv doar pentru suprafața, volumul, geometria și limitele ecosistemului, ci și pentru fizionomia, tipologia și ordinea din interiorul acestuia.

II.2.1. Biocenoza, ca proiecție a biotopului

Biotopul este **matricea** biocenozei ecosistemului și **factor de integrare**.

Este **factor de integrare** deoarece, pe suprafața sa, configurația externă a scoarței este omogenă și a avut aceeași istorie geologică, ceea ce induce stabilitate în timp și permite funcționarea îndelungată a interacțiunilor.

Ecologie

Integralitatea spațială și constanța factorilor din biotop asigură integralitatea și stabilitatea biocenozei sale. Fragmentarea și schimbarea unor factori de biotop atrag după sine dezechilibrarea, perturbarea și chiar prăbușirea biocenozei.

Este **matricea** biocenozei, întrucât el îi determină fizionomia, numărul și lista speciilor, diversitatea lor ecologică și dispunerea componentelor în spațiul ecosistemului.

Fizionomia sau aspectul exterior vizibil și distinct, particular, este imprimată de spectrul de **forme biotice** (forme de creștere ale plantelor și animalelor). Formele biotice sunt grupe de specii care au căpătat o anumită configurație exterioară (forma, habitusul corpului, forma diferitelor organe ale corpului etc.) ca urmare a adaptărilor la aceleași condiții de mediu sau în timpul evoluției lor filogenetice comune, prin coadaptare.

Fiecare biotop, prin poziția sa geografică, forma de relief, tipul de apă sau de sol etc., susține un spectru de forme biotice care-i este caracteristic și biocenoza are pe suprafața sa o fizionomie imprimată de diversitatea sau omogenitatea acestora. Sunt, de aceea, multe ecosisteme care pot avea aceeași fizionomie.

În structura biotopului sunt incluși toți factorii **abiotici** care au o influență asupra dezvoltării organismelor vii, și anume:

- factorii geologici;
- factorii geografici;
- factorii mecanici;
- factorii fizici;
- factorii chimici.

Factorii **geologici** sunt reprezentați de natura geologică a substratului: roca și solul.

Factorii **geografici** se referă la poziția pe glob a ecosistemului, mai exact: latitudine, longitudine, altitudine, expoziție, morfologia reliefului etc.

Factorii **mecanici** sunt reprezentați de mișcările aerului, ale apei și de mișcarea substratului solid.

Factorii **fizici** sunt: temperatura, umiditatea și lumina, iar cei **chimici** se referă la compoziția chimică a mediului.

Dintre factorii geologici, **substratul** influențează instalarea unor categorii ecologice de organisme. Spre exemplu, un substrat calcaros absoarbe mai multă căldură decât unul cristalin, acid și, de aceea, pe un substrat calcaros se instalează organisme termofile.

Latitudinea este poziția în grade spre nord sau spre sud în raport de ecuator. Cu fiecare grad de latitudine spre poli, temperatura scade în medie cu 1-1,5 °C. Scăderea acestui gradient determină o zonare latitudinală a vegetației:

- zona pădurilor ecuatoriale umede;
- zona pădurilor subtropicale;
- zona pădurilor de foioase;
- zona pădurilor de conifere;
- zona deșerturilor reci.

Longitudinea reprezintă poziția în grade față de meridianul "0" (Greenwich).

Altitudinea este înălțimea unui punct de pe glob față de nivelul mării. Longitudinea și altitudinea sunt factori importanți în repartiția biocenzelor.

Expoziția se referă la poziția versanților: cu expunere sudică, nordică, estică sau vestică. Ea modifică valorile temperaturii, luminii și umidității.

Morfologia reliefului (culmi, văi, pante) influențează regimul termic, umiditatea, evaporarea, circulația aerului, toate în interacțiune creând microclimate ce influențează structura și dinamica biocenzelor.

Principalii factori **ecologici** sunt factorii mecanici (mișcarea aerului și a apei), fizici (temperatura, lumina și umiditatea) și chimici (concentrația elementelor chimice, a gazelor respiratorii, salinitatea, pH-ul).

Factorii **mecanici** sunt reprezentați în special de mișcările aerului și ale apelor.

Vântul influențează transpirația plantelor, polenizarea florilor, răspândirea fructelor, a semințelor, sporilor și animalelor (larve păroase ale unor fluturi, păianjeni etc.).

Numeroase specii prezintă următoarele adaptări:

- unii arbuști (alunul, cornul), care au polenizare anemofilă, înfloresc mai devreme atunci când pădurea nu este înfrunzită, mișcarea aerului fiind mai degajată;
- plantele anemofile produc mari cantități de polen;
- semințele și fructele transportate de vânt prezintă adaptări morfologice specializate pentru a ușura plutirea: puf (la păpădie, salcie, plop), aripioare (la tei, frasin, paltin) etc.;
- pelicanii, pescarușii, berzele, păsările răpitoare de zi au aripi dezvoltate, corelate pentru a utiliza curenții de aer la planare, în căutarea și observarea hranei;
- plantele lemnoase și ierboase au adaptări de rezistență împotriva ruperii sau căderii (cele lemnoase au tulpina cilindrică, masivă, iar cele ierboase, sub formă de cilindru gol);
- plantele de altitudine au talia redusă;
- insectele din micile insule oceanice sunt, în marea lor majoritate, aptere (fără aripi).

Vântul transportă praf, nisip, cenușă vulcanică, substanțe toxice provenite de la fabrici și uzine, pesticide, aer cald și umed. Atunci când este puternic, vântul poate avea efect distrugător, doborând arbori și distrugând diverse animale etc.

Mișcarea apei determină adaptări specifice, precum:

- în râurile repezi, algele și unele animale se fixează de substrat; altele se ascund pe sub pietre sau își modifică forma, turtindu-se dorso-ventral;
- unde curenții ascendenți aduc la suprafața mării substanțe nutritive din adâncuri, fitoplanctonul este abundent și se creează biocenoze prospere, care constituie zone importante de pescuit; curenții descendenți transportă oxigenul spre adâncul mării, făcând posibilă mineralizarea substanțelor organice.

Temperatura este un factor fizic deosebit de important, care determină, în mare măsură, repartiția viețuitoarelor pe glob și, deci, varietatea biocenozelor, dar influențează și viteza reacțiilor metabolice, posibile doar dacă apa este în stare lichidă.

Procesele vitale se desfășoară, de regulă, între 0 și 40 °C. Sub 0 °C, apa din celulele vii îngheață, iar peste 40 °C, unele proteine celulare se coagulează. Cu toate acestea, sunt organisme care suportă temperaturi mult mai scăzute (viețuitoarele din zonele polare) sau mult mai ridicate (animalele din deșert).

Animalele care trăiesc în condiții extreme supraviețuiesc datorită unor adaptări, în funcție de regimul termic. Cele care trăiesc la temperaturi scăzute au un strat de grăsime sub tegument, hibernează, migrează spre zone mai calde etc. Speciile care trăiesc în zone cu temperaturi crescute prezintă numeroase adaptări, dintre care pot fi menționate: culori deschise, îngroparea în nisip în timpul zilei, activitate nocturnă, când temperatura este mai scăzută.

Fiecare specie are un interval optim de temperatură, în cadrul căruia creșterea și dezvoltarea se realizează în cele mai bune condiții.

Tipologia ecosistemului se exprimă prin numărul de specii prezente în biocenoză, lista lor, ponderea diferitelor specii prezente (numerică sau gravimetrică) din totalul acestora, poziția fiecăreia dată de pondere (dominantă, codominantă, rară etc.), diversitatea lor ecologică.

Toate aceste trăsături care descriu tipologia ecosistemului, dar pe care le capătă biocenoza sunt determinate matriceal de biotop, sunt o proiecție a acestuia.

Numărul de specii, ca și **numărul de indivizi** din fiecare specie (efectivul fiecărei populații), prin urmare și ponderea, puterea de influență în funcționarea ecosistemului, depind de trăsăturile biotopului, ca:

- mărirea suprafeței, volumul, cantitatea, calitatea și diversitatea hranei;
- omogenitatea sau neomogenitatea sa spațială.

Aceasta, deoarece fiecare specie are nevoie, pentru maximă dezvoltare în vederea reproducerii, de un **areal minim**. La fel, și fiecare individ din fiecare specie, funcție de

Ecologie

dimensiunile sale corporale. Nesatisfacerea acestei cerințe de spațiu ecologic minim împiedică maturizarea individului și reproducerea sa, ca și a speciei din care face parte, care dispare din biocenoză sau își reduce numeric populația. Este doar o aplicare a legii toleranței pentru factorul suprafață (spațiu vital).

Astfel, biotopurile cu suprafață mare permit organizarea de biocenoze cu un număr mai mare de specii decât cele de mici dimensiuni. Corelația nu este, însă, liniară. La anumite valori ale suprafeței, numărul de specii staționează sau crește mult mai lent.

La aceeași mărime a suprafeței, numărul de specii poate fi mai mare în biotopurile mozaicate (neomogene) sau când biotopul este foarte bogat în hrană diversificată și multe specii sunt specializate trofic. Cât privește **lista speciilor** care alcătuiesc biocenoza, aceasta este tot o proiecție a biotopului, în cea mai mare măsură.

Fiecare biotop se caracterizează prin anumite valori minime și maxime ale concentrației diferiților factori ecologici și printr-un regim propriu de variație a acestora în timp. De asemenea, fiecare specie de plante și animale are o **zonă de toleranță** pentru concentrația fiecărui factor ecologic, în afara căreia nu poate exista.

Prin limitele sale proprii de variație a factorilor ecologici, biotopul face o **selecție severă în fondul de specii** care ajung întâmplător sau nu pe suprafața sa, eliminându-le prin diferite mecanisme pe toate cele ce nu-i suportă rigorile.

Unele specii au o zonă de toleranță mai largă pentru foarte mulți factori ecologici (sunt **euritope**), adică au o **valență ecologică** mai mare, astfel că pot să se instaleze în foarte multe biotopuri. Alte specii (**stenotopie**) au o valență ecologică redusă sau foarte redusă, având nevoie de biotopuri cu condiții relativ uniforme. Acestea sunt imediat eliminate de biotopul cu condiții variabile sau indivizii supraviețuiesc cu greu un timp, dar nu se pot înmulți. Ele formează, de multe ori în număr foarte redus (1-3), biocenoze foarte stabile în biotopuri omogene sau în unele microbiotopuri ale ecosistemelor de mare întindere, unde se înmulțesc foarte mult (largul mărilor și oceanelor, biotopuri cu radioactivitate mare).

În consecință, într-o biocenoză se vor instala durabil numai speciile ale căror limite de toleranță concordă în bună măsură cu cele ale concentrației factorilor ecologici ai biotopului, într-un număr limitat de mărimea și omogenitatea acestuia și și vor forma populații cu efectiv mai mare sau mai mic după mărimea biotopului, bogăția sau sărăcia resurselor sale de hrană și energie.

Față de variația temperaturii, plantele și animalele se comportă diferit:

- specii **euriterme**, ce suportă variații termice foarte largi; din acest motiv, ele ocupă areale mari și au adaptări la aceste variații (de ex.: *Passer domesticus* suportă variații de temperatură între -30°C și $+37^{\circ}\text{C}$);
- specii **stenoterme**, ce suportă variații mici de temperatură, cu areale restrânse; ele pot fi: **criofile**, ce trăiesc în ghețari, în apele și solurile regiunii polare (de ex.: bacteria, alge, ciuperci, licheni) și **termofile**, ce trăiesc în zonele calde ale globului, în apele termale (de ex.: unele specii de bacterii din ape cu temperaturi de $+90^{\circ}\text{C}$).

În funcție de reacția organismului la factorul temperatură, animalele pot fi: **poikiloterme**, **heteroterme** și **homeoterme**.

Animalele **poikiloterme** produc căldură proprie în cantitate mică, preiau temperatură înconjurătoare și eliberează nelimitat căldura în mediu. Temperatura lor corporală este, de regulă, cea a mediului înconjurător. De aceea, activitățile lor vitale (metabolism, locomoție, durata dezvoltării individuale) depind, în mare măsură, de temperatura exterioară, deși unele specii pot ridica temperatura corpului prin mijloace interne (spre exemplu, în caz de frig, albinele bat din aripi și și măresc, astfel, temperatura corpului).

Animalele **heteroterme** depășesc temperaturile critice, pozitive ori negative, prin următoarele adaptări: **estivarea** (în scopul de a evita supraîncălzirea, unele specii de animale se ascund în sol, sub rădăcinile copacilor, în frunzar, acolo unde temperaturile sunt

mai scăzute; hrănirea încetează, iar metabolismul scade mult) și **hibernarea** – somnul de iarnă (unele mamifere dorm neîntrerupt pe parcursul anotimpului rece; scade consumul de energie, iar temperatura corpului ajunge la temperaturi de 5 °C).

Animalele **homeoterme** eliberează căldură proprie și își mențin constantă în cea mai mare parte temperatura corpului, independent de valoarea temperaturii exterioare (ex.: păsările și mamiferele). Acestea se asigură prin existența unor accesorii care asigură răcirea sau încălzirea (ex.: păr, pene sau straturi de grăsime), precum și prin intermediul metabolismului respirator. Această categorie de animale sunt capabile de a exista și în condițiile unor temperaturi extreme: la poli ori în deșerturi.

Lumina constituie principal sursă de energie a ecosistemelor. Variațiile sale sunt determinate în special de mișcările pământului și influențează bioritmurile circadiene și anuale din ecosisteme.

În ecosistemele acvatice și forestiere, întâlnim o stratificare în funcție de intensitatea luminii. Există o relație strânsă între intensitatea acesteia și cea a fotosintezei. Când crește intensitatea luminoasă, crește și fotosinteza. Plantele înregistrează un optim de fotosinteză la o intensitate luminoasă optimă.

Depășirea pragului optim al intensității luminoase este urmat de scăderea fotosintezei. În funcție de intensitatea luminoasă necesară în realizarea fotosintezei, în condiții optime, plantele se împart în:

- plante **fotofile**, care au nevoie de o intensitate puternică a luminii pentru fotosinteză și nu rezistă în condiții de umbră; de ex.: salcâm, mesteacăn etc.; unele dintre acestea rezistă la umbră, însă nu înfloresc: tei, ulm etc.;
- plante **fotofobe**, cu nevoie de iluminare slabă, ce se dezvoltă în condiții de umbră și trăiesc în straturile inferioare ale pădurilor.

Plantele au suferit adaptări și în funcție de lungimea de undă a luminii, și anume: restructurarea aparatului pigmentar (aparitia unor pigmenți specializați pentru o anumită lungime de undă), modificarea reacțiilor enzimatică, creșterea ori scăderea cantității de pigment fotosintetizator (ex.: algele macrofite de adâncime au o cantitate mai mare de pigment fotosintetizator, deoarece există o cantitate redusă de lumină; algele care trăiesc în locuri bine laminate au o cantitate mai mică de pigment).

Lumina are și un rol informațional:

- la **plante**, înflorirea, căderea frunzelor, formarea bulbilor etc. sunt influențate de durata zilei;
- la **animale**, văzul are un rol extrem de important în relația cu mediul.

Strâns legat de factorul **lumină**, organismele au structuri speciale (fotoreceptori, situați la nivelul ochilor), cu care percep radiațiile din spectrul vizibil, prezintă culori, forme și comportamente legate de apărare, de reproducere, iar unele dintre ele chiar emit lumină.

Dintre adaptările bazate pe perceperea culorii și a formei corpului, datorită luminii, menționăm: mimetismul, imitația, homocromia, colorația de avertizare, colorația de dezagregare, petele oclare ("motivul ochiului", care distrage atenția sau chiar sperie agresorul), bioluminescența etc. (*Axinte, Lorica și colab., 2005*).

Prin neuniformitatea ei în timp și în spațiu, **umiditatea** este un factor decisiv în constituirea diferitelor ecosisteme terestre. În savane și stepe, plantele și animalele desfășoară o activitate intensă în scurtul interval de timp când umiditatea este mai ridicată. În perioadele mai secetoase, activitatea se reduce considerabil.

În funcție de mediul în care trăiesc, speciile pot fi **terestre** sau **acvatice (hidrofile)**. La rândul lor, speciile terestre sunt:

- **higrofile**, mari iubitoare de umiditate;
- **mezohigrofile**, care preferă umiditatea moderată;
- **xerofile**, care iubesc uscăciunea. De asemenea, importanță deosebită prezintă și **balanța hidrică** a speciilor terestre, adică relația de echilibru dintre intrările (rădăcini,

Ecologie

tegument, absorbție, metabolism) și ieșirile / eliminările de apă din corp (transpirație; excreție, respirație și transpirație).

Animalele acvatice (hidrofile) prezintă adaptări, și anume:

- pentru deplasarea în apă: forma hidrodinamică, apendice înotătoare la pești, balene, delfini; membrană interdigitală la păsări, picioare adaptate la înot la unele insecte etc.;
- pentru respirație: branhiile la pești, crustacee etc.

În cucerirea și stăpânirea uscatului, cea mai importantă problemă este realizarea adaptărilor împotriva deshidratării. Soluția principală a fost impermeabilizarea tegumentului prin chitinizare (artropode) și cornificare (vertebrate). Umiditatea acționează ca factor limitativ asupra distribuției geografice, asupra distribuției în interiorul arealului, asupra vitezei de dezvoltare, a longevității și reproducerii organismelor.

În ceea ce privește factorii **chimici**, mediul abiotic conține un număr foarte mare de substanțe, într-o infinită variație de asocieri și fluctuații. Viața într-un biotop este influențată de: **concentrația** elementelor chimice, **concentrația gazelor respiratorii (O₂ și CO₂)**, **salinitate** și **pH**.

O serie de elemente chimice sunt necesare în cantități mari și se numesc **macroelemente**: C, H, O, N, P, S, K, Ca, Na, altele sunt necesare în cantități mai mici – **microelemente** sau **oligoelemente**: Fe, Cu, Zn, Mg, Mn etc. Absența lor face viața imposibilă. Pentru unele oligoelemente, consumurile sunt atât de mici încât este suficient ca ele să fie prezente sub formă de **urme** în ecosistem.

Gazele respiratorii condiționează viața în toate ecosistemele, influențând procese precum respirația și fotosinteza. În ecosistemele terestre, concentrația gazelor respiratorii este suficientă, în timp ce în cele acvatice, aceasta variază în funcție de temperatură, adâncimea și gradul de poluare a apei.

Oxigenul este necesar pentru respirație și în oxidarea substanțelor organice. Poate fi ori sub formă liberă (gazoasă), fie sub formă de combinații: apă, alcool, acizi minerali, organici, zaharuri etc. El este eliminat în mediu de către plante ca produs al fotosintezei. Cantitatea de oxigen liber în atmosferă reprezintă 21%, procent de o mare stabilitate, fapt ce a favorizat dezvoltarea respirației aerobe.

În mediul acvatic, cantitatea de oxigen variază ca urmare a aprovizionării (dizolvarea oxigenului din atmosferă, fotosinteza plantelor acvatice) și a consumului de oxigen (respirație și oxidarea substanțelor). Schimbările de formă ale curbei oxigenului dizolvat și cele care se produc în deficitul de oxigen al hipolimnionului constituie indici importanți, puțin sensibili la alte modificări decât cele specifice eutrofizării. Pentru a înregistra micile schimbări care pot constitui un semnal al unor modificări ulterioare importante, este, însă, necesar un număr mare de probe, prelevate din puncte esențiale, la intervale mici de timp.

Conținutul de **oxigen dizolvat** și, respectiv, **saturația cu oxigen** permit evaluarea activității organismelor autotrofe, a capacității de descompunere aerobă a materiei organice și constituie un criteriu de bază în aprecierea stadiului trofic. În țara noastră, determinările de laborator și cele efectuate în teren, pe o serie de acumulări aparținând Podișului Central Moldovenesc, au permis sintetizarea regimului de oxigen dizolvat în *tabelul 2.1*.

Tabelul nr. 2.1

Saturația cu oxigen a unor lacuri de acumulare
(Nistor (Agafitei), Alina –2000-2002, după Florescu, M.A. - 1983)

Lacul	Saturația cu oxigen, (%)	
	medie pe întreaga adâncime	minimă
Izvoru Muntelui, Bicz	61,6 – 106,3	43,6
Vidraru	80,9 – 111,6	77,1
Poiana Uzului	87,9 – 107,5	84,9
Bucecea	111,6	108,9 – max.

Biocenozele acvatice ale unui ecosistem lacustru sunt un amestec de specii cu semnificații ecologice variate și, numai global și statistic, se poate face un paralelism între aceste populații și gradul de troficitate al lacului respectiv.

Tabelul nr. 2.2

Paralelismul între populații și gradul de troficitate
a lacurilor (Florescu, M.A. – 1983)

Nr. crt.	Ape oligo - mezotrofe	Ape cu tendințe spre eutrofe
1	<i>Asterionella formosa</i>	<i>Tabelaria fenestrata</i> + <i>Oscillatoria rubescens</i>
2	<i>Fragilaria crotonensis</i>	<i>Melosira granulata</i>
3	<i>Dinobryon divergens</i>	<i>Scenedesmus sp.</i>
4	<i>Staurastrum sp.</i>	<i>Anabaena sp.</i>
5	<i>Pediastrum duplex</i>	<i>Cryptomonas sp.</i> + <i>Euglena sp.</i>

În mod evident, pot apare și situații de tranziție, atunci când organismele dintr-un grup se întâlnesc în cealaltă categorie trofică decât cea în care au fost citate. Dar, întotdeauna, apariția în cadrul biocenozei oligo – mezotrofe a unui grup sau a unei asociații din organismele citate ca specifice pentru eutrofie constituie un semnal de alarmă, în special atunci când aceste organisme produc așa – zisa "înflorire" a apei.

În vederea analizării stadiului trofic al unui lac, se calculează indicii specificați și se compară valorile obținute cu cele propuse ca limite.

Sunt posibile încadrări diferite pentru criteriile diferite. Prioritate au, însă, criteriul **saturației minime în oxigen dizolvat** pentru lacurile de acumulare cu evacuare de la suprafață și cu timp de staționare de ordinul lunilor.

În cazul lacurilor de acumulare cu evacuare din hipolimnion, prioritate au criteriul saturației minime în oxigen dizolvat și, respectiv, criteriul **biomasei fitoplanctonice**. Pentru lacurile cu timp de retenție de 2 – 5 zile, caracterul trofic poate fi precizat numai de biomasa fitoplanctonică.

Substanțele minerale secundare se pot forma din nutrienții accesibili, prin activitatea organismelor. *Ruttner* (1963) arată că *Elodea canadensis*, în timpul a 10 ore de iluminare, precipită 0,02 kg CaCO₃ / kg greutate proaspătă.

Alte organisme au capacitatea de a încorpora direct unele substanțe minerale primare sau secundare. O serie de lucrări în domeniu sugerează că diatomeele sunt capabile să descompună aluminosilicații din nămolul mineral pentru obținerea siliciului.

În lacurile mai puțin adânci, reciclarea nutrienților înmagazinați în sedimente este ușurată, cel mai frecvent, de o circulație completă a întregii coloane de apă, nutrienții din sedimente ajungând în pelagial, iar, în al doilea rând, macrofitele acvatice pot obține și utiliza nutrienții direct din sedimente (*Bristow și Witcombe, 1971*).

Ecosistemele lacustre, delimitate lateral de cumpăna apelor și vertical de suprafața apei până la adâncimea maximă a sedimentelor utilizate de organisme, se păstrează ca entitate cu personalitate unică printr-o vitală interacțiune cu zona înconjurătoare, realizându-se acel flux continuu de nutrienți (*fig. 2.1*).

Activitățile umane în ecosistemele terestre reprezintă o contribuție majoră la eutrofizarea accelerată a lacurilor prin creșterea încărcării în substanțe nutritive și material erodat în râurile ce le alimentează. Nivelul trofic se poate menține numai prin fluxul continuu al nutrienților. Întrucât gradul de creștere al eutrofiei sau viteza eutrofizării depind în totalitate de cantitatea și calitatea îmbogățirii în nutrienți, procesul de eutrofizare este numai parțial reversibil (*fig. 2.2*).

Variațiile cantității de oxigen au determinat apariția a numeroase adaptări:

- deplasarea activă a unor specii marine către zone mai bogate în oxigen;
- ventilarea activă a microhabitatului (de ex.: animalele de pe fundul apelor lipsite de mișcare reîmprospătează apa prin mișcarea cililor, a tentaculelor, a flagelilor);

Ecologie

- diferențierea sistemului circulator și apariția pigmentilor respiratori;
- reglarea ritmului respirator.

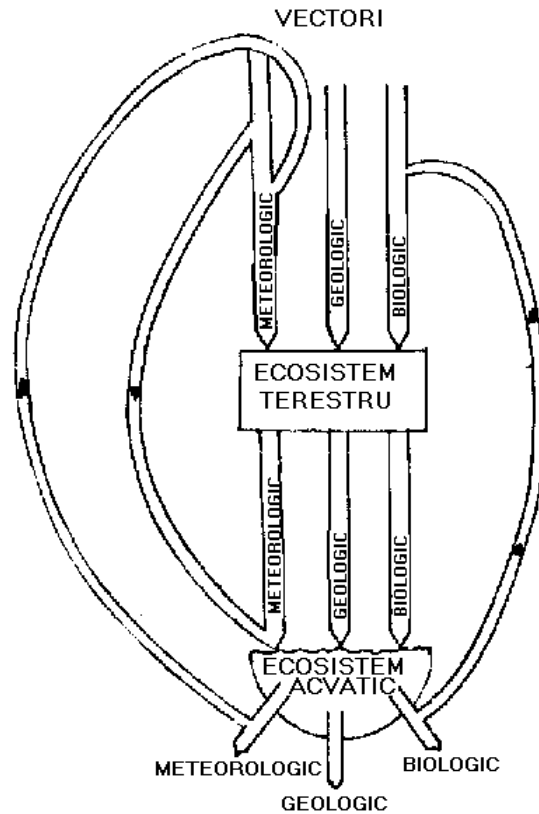


Fig. 2.1. Legăturile între ecosistemul terestru și cel acvatic
(după Ceapoiu, N. – 1968)

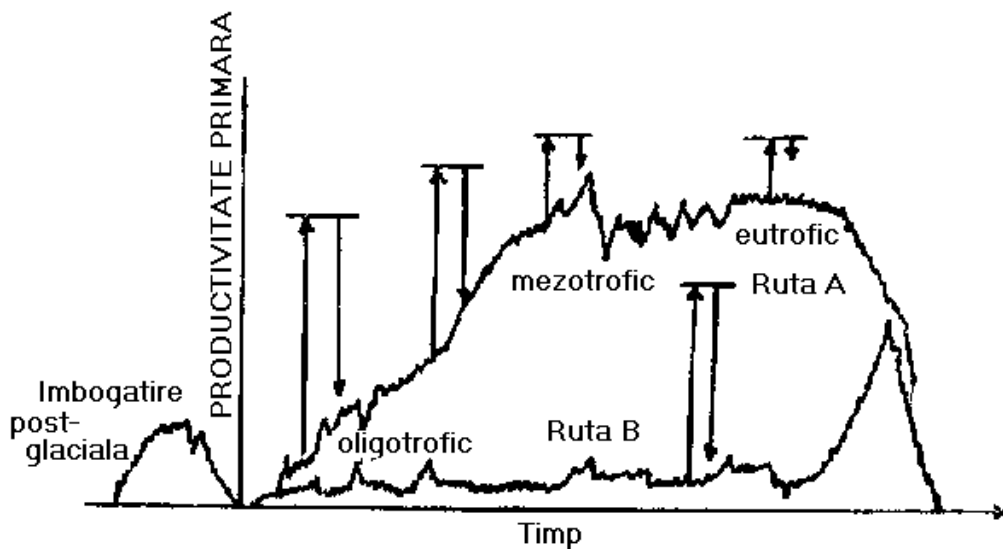


Fig. 2.2. Schema ipotetică a eutrofizării lacurilor
(Ceapoiu, N. – 1968)

În sol, concentrația oxigenului este mai mică, de 10-20%, deoarece producătorii primari de oxigen au o dezvoltare nesemnificativă datorată faptului că lumina nu pătrunde decât până la o anumită adâncime.

Organismele aerobe prezintă anumite adaptări pentru aprovizionarea corespunzătoare cu oxigen.

CO₂ reprezintă 0,035% din volumul aerului. El provine din respirația biosferei, din fermentații și descompuneri, din emanații vulcanice și, nu în ultimul rând, rezultă în urma activităților antropice (industrii, automobile etc.). Principala cale de consum a CO₂ o constituie fotosinteza. El reține căldura, generând **efectul de seră** (de încălzire a climatului globului).

Condițiile meteorologice capricioase din decada anilor 80 și 90 i-au făcut pe oameni să creadă că ne confruntăm cu o catastrofă globală. Clima Pământului nu a fost, însă, niciodată constantă. De-a lungul istoriei omenirii, condițiile climatice s-au schimbat de multe ori. Studiul rocilor și fosilelor a oferit multe informații despre clima din trecut. De exemplu, filonii carboniferi din Antarctica demonstrează că această regiune vastă de ghețuri a avut în trecut o climă mai caldă. Dovezile din roci demonstrează că, în urmă cu aproximativ 300 de milioane de ani, întinderi de gheață acopereau sud-estul Americii de Sud, sudul Africii, India și Australia. Oamenii de știință susțin astăzi că schimbările climatice se produc o dată cu mișcarea plăcilor tectonice care produc modificarea poziției continentelor. Această teorie este susținută și de studiul unor fosile. Ultima eră glaciară, care a început acum 1,8 milioane de ani, când harta tectonică a globului nu diferea mult de cea actuală, nu poate fi, însă, explicată de mișcările tectonice lente. Nici deplasarea continentelor nu poate explica variațiile climatice considerabile apărute în ultimii 10 000 de ani de la sfârșitul erei glaciare. Mai mult decât atât, mișcările tectonice nu au nicio legătură directă cu condițiile meteorologice capricioase din ultimii 30 de ani.

În decursul ultimei ere glaciare, în emisfera nordică nu era frig pe parcursul întregului an. Perioadele de timp numite glaciațiuni, când vremea era rece și blocurile de gheață avansau dinspre zonele polare către sud, alternau cu perioade mai calde, numite interglaciațiuni, când se topeau mari cantități de gheață. Prin studierea inelelor arborilor și a urmelor de polen, s-a descoperit că, după era glaciară, clima s-a încălzit brusc. Nivelul mărilor a crescut după topirea ghețurilor și multe terenuri joase au fost inundate. Spre exemplu, Marea Britanie, a fost despărțită de continent în urmă cu aproximativ 7500 de ani.

Clima Europei de Vest era, în urmă cu 7000 de ani, mai caldă decât astăzi, temperaturile medii ale verii fiind cu două sau trei grade mai ridicate, iar temperaturile iernii erau cu un grad mai mari. Ca urmare, limita inferioară a stratului permanent de zăpadă era cu aproximativ 300 m mai ridicată decât astăzi. În urmă cu 5000 de ani, clima din nord-vestul Europei devenea mai uscată și mai rece, iar Sahara era o pajiște cu râuri și lacuri. Nord-vestul Europei devenea acum 3000 de ani mai rece și umed, ghețarii începeau să coboare pe văile Alpilor, lacurile s-au ridicat și au format mlaștini întinse, iar Sahara a îmbrăcat haina deșertului pe care îl știm noi astăzi.

Dovezile referitoare la schimbările climatice din ultimii două mii de ani provin din date istorice, din adâncul mărilor și din forarea stratului de gheață. Europa a avut o perioadă uscată, lipsită de furtuni, între anii 400 și 1200, iar în Anglia a început să se cultive viță de vie, deci temperaturile erau cu unu, două grade mai ridicate decât acum. În secolele XIII și XIV, în Europa, au revenit condițiile climatice mai reci, Dunărea și Tamisa înghețând frecvent în cursul iernii. Sud-vestul SUA a devenit foarte arid, iar India suferea de secetă în lipsa musonului ce a încetat să mai bată. Între 1550 și 1880, nord-vestul Europei a fost cuprins de o „mică eră glaciară”, când temperaturile au fost cele mai scăzute de la era glaciară propriu-zisă. După 1800, temperaturile au început să crească în mod constant, cu mici excepții (1940 și 1950, când temperaturile medii au scăzut cu 0,2-0,3 grade C). În paralel cu schimbările termice, au avut loc și modificări ale distribuției precipitațiilor. Până în prezent,

Ecologie

temperatura medie anuală s-a manifestat într-o continuă tendință de creștere, la acest lucru contribuind din plin poluarea aerului și dereglarea efectului de seră natural al planetei.

Se știe că una dintre cele mai grave probleme cu care se confruntă lumea contemporană este **efectul de seră**. Denumirea aceasta vine de la faptul că, asemenea pereților de sticlă ai unei sere, păstrează căldura și oprește evaporarea. În jurul pământului există un strat de gaze care are același rol și fără de care viața pe Terra nu ar fi posibilă. Ce se întâmplă, însă, când oamenii, prin gazele pe care le trimit zilnic în atmosferă, amplifică acest efect? Tulburarea acestui proces natural are ca rezultat o climă mult mai caldă și o planetă ce riscă să devină mult mai fierbinte.

Pământul este menținut la o temperatură ridicată de atmosferă, care acționează ca o pătură. Fără ea, temperatura medie la suprafață ar fi de $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ (față de $25\text{ }^{\circ}\text{C}$, temperatura medie actuală), iar viața nu ar putea fi menținută. Gazele de seră permit razelor cu lungime scurtă de undă, lumina vizibilă a soarelui, să le traverseze, încălzind atmosfera, oceanele, suprafața planetei și organismele.

Energia calorică este răspândită în spațiu în formă de raze infraroșii, adică de unde lungi. Acestea din urmă sunt absorbite, în parte, de gazele cu efect de seră, pentru a se reflecta încă o dată pe suprafața Pământului. Acest efect natural de seră al atmosferei a fost dereglat în ultimii 200 de ani, de către om, care, prin activitățile sale, a sporit concentrația gazelor cu efect de seră din atmosferă, stricând astfel echilibrul termic al sistemului climatic, prin declanșarea procesului de încălzire la nivel planetar global.

Radiațiile solare ultraviolete (UV) străbat atmosfera și ajung pe pământ, de unde sunt radiate sub formă de gaze infraroșii (IR), purtătoare de căldură (fig. 2.3).

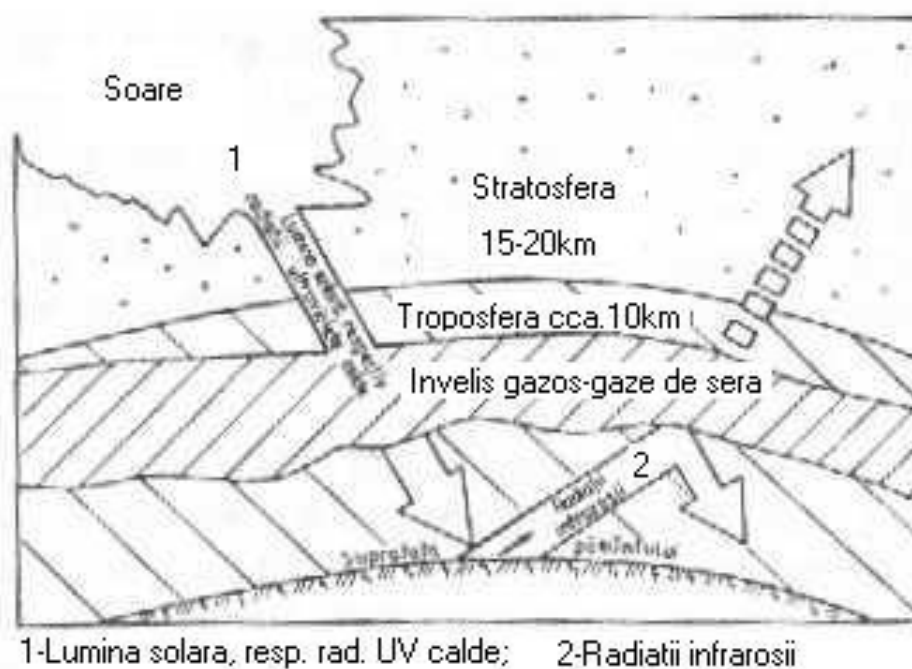


Fig. 2.3. Efectul de seră (Balasarian, I. – 2003)

Dioxidul de carbon, metanul, oxizii de azot, ozonul, împreună cu vaporii de apă formează, în mod natural, gazele de seră. Majoritatea gazelor poluante ce ajung printre acestea au o capacitate diferită de a absorbi căldura și rămân în atmosferă perioade lungi de timp, ceea ce le sporește acțiunea dăunătoare. Efectul nociv de seră se produce atunci când gazele existente în atmosferă depășesc cantitatea normală.

Dintre fenomenele sinergice, vulcanismul este un factor a cărui importanță a fost frecvent subestimată până recent, ce produce gaze cu efect de seră, mai ales CO_2 , conținut în magmă. Cenușa vulcanică conține și aerosoli sulfuroși, care obturează radiația solară.

Unul dintre cele mai importante gaze care dereglează acest efect este CO_2 .

Dioxidul de carbon (CO_2). Conținutul atmosferic de dioxid de carbon (gazul cu efect de seră de proveniență antropică cel mai frecvent) a crescut până la 25% de la debutul revoluției industriale, cu o frecvență de 280 părți per milion (ppm) până la 350 ppm. Eliminările de CO_2 de origine antropică au condus la sporirea cu 59% a potențialului efectului de seră. CO_2 este una dintre principalele substanțe emise la arderile de combustibil fosil. Circa 90% din energia comercializată pe plan mondial este produsă de către combustibili fosili: păcură, cărbune brun, gaz natural și lemn.

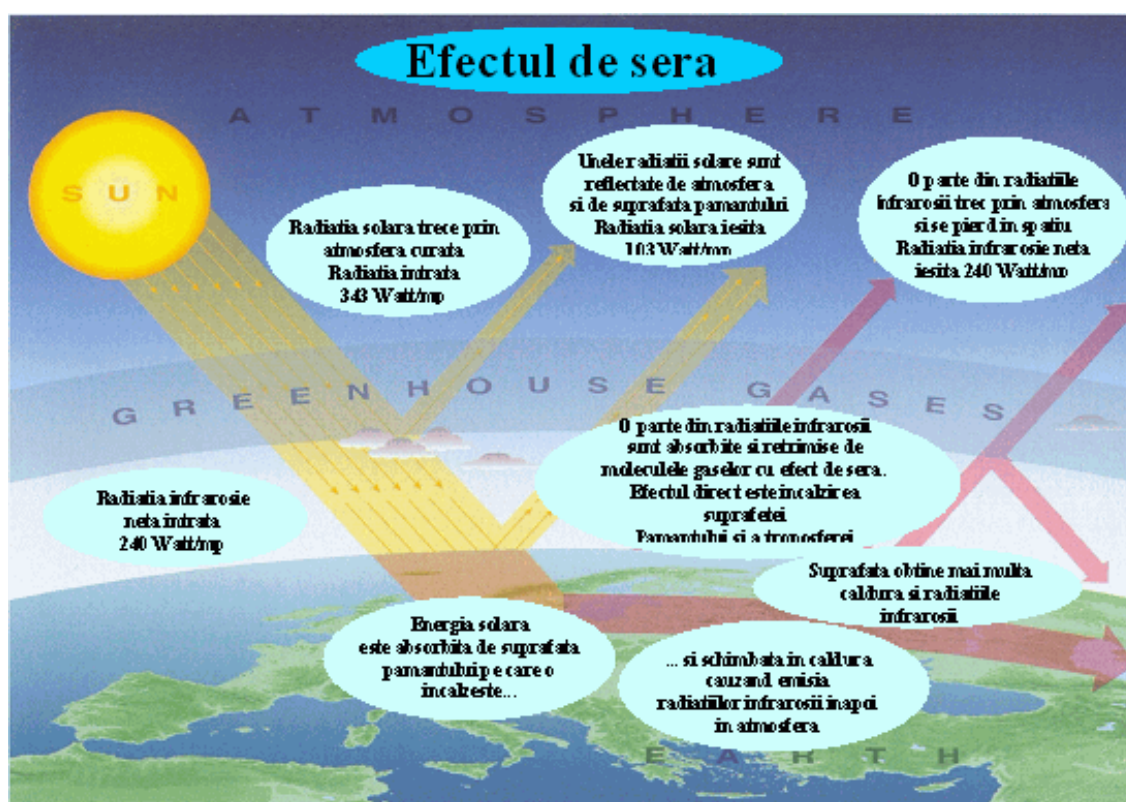


Fig. 2.4. Efectul de seră (Agafiței, Alina ș.a., 2010)

Salinitatea reprezintă greutatea totală a elementelor solvite, în grame la un kg de apă. Valoarea medie a salinității apelor marine este de 35 g/kg. Salinitatea mărilor este supusă influenței mai multor factori: rata de evaporare, aportul de apă dulce, înghețul și dezghețul apelor oceanice polare, fapt ce cauzează variația sa în spațiu.

În funcție de concentrația în săruri, apele pot fi: **dulci, salmastre, sărate și hipersaline**.

În funcție de capacitatea de a suporta variația salinității, **organismele** se clasifică în:

- **eurihaline**, care suportă variații mari de salinitate (ex.: animalele marine de lângă țărm, din zona fluxului și a refluxului, unde salinitatea variază datorită aportului de apă dulce sau evaporărilor);

- **stenohaline**, care suportă variații reduse de salinitate (ex.: animalele marine pelagice).

Salinitatea este un factor chimic din ecosistemele acvatice, dar efectele ei asupra organismelor sunt de ordin fizic, deoarece influențează echilibrul osmotic dintre mediul intern și cel extern. Spre exemplu, la protozoarele de apă dulce, vacuolele contractile

Ecologie

expulzează apa, care, datorită diferenței de presiune osmotică, pătrunde neîncetat în celulă.

Salinitatea influențează, totodată, diversitatea speciilor.

Flora marină (alge macro- și microscopice) este săracă în specii comparativ cu flora dulcicolă. Pentru plantele superioare, salinitatea este nocivă, putând determina căderea frunzelor (la mangrove, de ex., prin glandele salifere de pe partea inferioară a frunzelor, acestea sunt adaptate să suporte salinitatea).

pH-ul este dat de concentrația ionilor de hidrogen din mediu. În funcție de valorile acestuia, apele și solurile pot fi: **acide**, **neutre** sau **alcaline**.

Procesele enzimatice, funcțiile celulare și ale organismelor se desfășoară în limite strânse ale concentrațiilor ionilor de hidrogen. În funcție de preferința organismelor pentru un anumit pH, acestea pot fi:

- **acidofile**, care preferă un pH acid (ex.: cartoful);
- **neutrofile**, care preferă un pH neutru (ex.: mazărea) și
- **bazofile**, care agreează un pH alcalin (basic) (ex.: toporașul).

Factorii abiotici nu sunt fiți, ci variază în timp și spațiu între anumite limite. În cadrul variațiilor acestora, unii au o periodicitate anumită, precum alternanța zi – noapte, succesiunea anotimpurilor etc., care induc variații ale radiațiilor luminoase, ale temperaturii și umidității. Acestea atrag după sine și periodicitatea activității populațiilor din ecosisteme, mai ales a celor vegetale, strâns legate de procesul de fotosinteză.

O altă categorie de factori au o variație întâmplătoare, fără o anumită periodicitate: temperatura excesiv de ridicată sau de scăzută, uraganele, factorii poluanți etc. Aceștia pot perturba în diferite grade funcționarea normală a proceselor din cadrul biocenozelor.

Factorii abiotici pot avea asupra populației atât o acțiune **directă**, ca în cazul plantelor, dar și una **indirectă**, ca în cazul populațiilor de animale care trăiesc pe seama biomasei vegetale.

Între factorii abiotici există o strânsă interacțiune, astfel încât viața din ecosisteme depinde de totalitatea acestor factori. Interrelațiile factorilor abiotici face ca efectele lor ecologice să fie cu totul diferite de cel al influenței fiecăruia, separat, ca rezultat al interacțiunii unor factori abiotici (clima unei zone).

II.2.2. Biocenoza, ca proiecție a luptei pentru existență (inter și intraspecifică)

Dependența biocenozelor de biotop nu exclude și o autonomie relativă a acestora în raport cu acesta, cauzele fiind numeroasele relații de interacțiune dintre specii și dintre indivizii din aceeași specie care alcătuiesc o populație.

Legile biocenotice, după care aceasta se organizează autonom, diferă și de cele după care se organizează și evoluează fiecare individ din biocenoză (component):

- orice biocenoză se organizează pe baza unor componente finite provenite din afara sa (germeni de plante, microorganisme, exemplare de animale în migrație etc.), care se pot înlocui între ele sau cu altele ce îndeplinesc aceleași funcții (individul se organizează prin creșterea și dezvoltarea organelor sale care nu se pot schimba între ele);
- fiecare component biocenotic (plantă sau animal) evoluează după un program propriu, subordonat nu intereselor biocenozelor, ci speciei din care face parte, astfel că se luptă cu toți ceilalți pentru supraviețuire și înmulțire, programul speciei fiind perpetuarea;
- în biocenoză nu există structuri și componente cu rol de dirijare și conducere, componentele au aceleași șanse în lupta lor pentru existență, dar fiecare le valorifică cu succes sau eșec, determinat de informația și energia proprie mai mare sau mai mică; altfel spus, biocenoza este o **comunitate liberală**, în care libertatea fiecăruia este îngăduită și limitată de prezența și lupta tuturor celorlalți pentru valorificarea șanselor (condițiilor și resurselor). Este tocmai ceea ce dă biocenozelor coeziune.

Principiile biocenotice fundamentale în baza cărora se organizează configurația biocenozelor, în general, ca **diversitate ecologică** (relația cantitativă dintre numărul de indivizi și cel al speciilor) sau **grad de echitate**, deși diferă ca mod de exprimare la autorii care le-au formulat (*Thienemann*, pentru biocenozele de apă dulce sau *Jaccard*, pentru cele terestre) ar putea suna astfel:

1. Cu cât biotopurile au o suprafață mai mare, condiții optime pentru viață sau mai variate pe suprafața lor, cu atât biocenozele vor avea un număr mai mare de specii și acestea un număr mai mic de indivizi. Tensiunea interspecifică este foarte mare, fiecare specie fiind un factor limitativ pentru numărul de indivizi ai celorlalte.

2. În biotopurile cu suprafață mică sau în care condițiile sunt foarte omogene sau în care mulți factori capătă concentrații limitative pentru multe specii, se formează biocenozes sărace în specii, tensiunea interspecifică se reduce și fiecare specie își formează un număr mare de indivizi.

3. Corelația între numărul de specii și numărul de indivizi din fiecare specie este negativă, în realizarea diversității ecologice sau echității reale tensiunea interspecifică având o importanță mai mare decât cea intraspecifică.

II.2.3. Nișa ecologică

În cursul evoluției, populațiile s-au diferențiat și, ca urmare, în aceeași biocenoză, se pot întâlni populații care, în aparență, au același mod de viață, dar, în realitate, folosesc resurse diferite.

Nișa ecologică (fr. "niche" = cuib) constituie modul propriu în care fiecare populație utilizează resursele mediului său de viață, având relații caracteristice cu mediul abiotic, cu hrana și competitorii (dușmanii, concurenții, paraziții, prădătorii).

Prin diferențierea nișelor, resursele mediului sunt integral utilizate și competiția dintre populații este atenuată, ecosistemul tinzând spre un număr **optim de populații**.

De exemplu:

- Plantele de pe pajiști au sistemul radicular dezvoltat la adâncimi diferite.
- Plantele ierboase de pădure fie s-au adaptat condițiilor de umbră, fie activează intens primăvara, înainte de înfrunzirea plantelor lemnoase.
- Păsările răpitoare vânează fie noaptea, fie ziua, iar vânatul este de mărimi diferite și face parte din specii diverse, așa cum și modul de vânătoare diferă de la o specie la alta.

Nișele ecologice ale diferitelor populații se pot suprapune parțial.

În cazul în care suprapunerea este totală, una dintre populațiile care ocupă aceeași nișă este eliminată. Nicio resursă a mediului nu rămâne mult timp neutilizată, nișa ecologică respectivă fiind ocupată mai devreme sau mai târziu de către o populație.

II.2.4. Populația – element ecologic structural și funcțional al biocenozei

Populația grupează toți indivizii unei specii care trăiesc pe un areal bine determinat. Membrii unei populații formează o **comunitate de reproducere**.

Fiecare populație, ca și în cazul biocenozei, prezintă anumite **caracteristici**, dintre care cele mai importante sunt:

- dimensiunea populației;
- densitatea populației;
- distribuția indivizilor în spațiu;
- structura pe vârste;
- structura pe sexe;
- dinamica populației;

Ecologie

- reglarea densității populaționale.

Dimensiunea unei populații reprezintă numărul de indivizi al unei populații la un moment dat. Pentru majoritatea speciilor, efectivul se aproximează pe baza unor eșantioane din mai multe puncte ale biocenozii. Cifre exacte se cunosc doar în cazul unor specii rare de plante sau animale, în cazul celor cultivate și îngrijite de om, precum și în cazul populației umane.

În funcție de zonă, variază atât numărul de specii, cât și **efectivul** acestora (numărul de indivizi). În zonele temperate, speciile sunt puține și cu efective mari; în zonele calde și stabile, speciile sunt extrem de numeroase, dar cu efective reduse. Populațiile numeroase sunt mai stabile decât cele mici. O specie devine **rară** sau cu **efectiv redus** atunci când condițiile de pe areal se restrâng, datorită excluderii prin competiție cu alte specii ori datorită prădătorilor și paraziților.

Densitatea populației reprezintă numărul de indivizi ai acesteia raportat la dimensiunea spațiului de viață respectiv. Spre exemplu, 1 000 arbori/ha, 10 000 larve de insecte/ m³ de apă etc.

Scăderea densității sub limita inferioară este nocivă atât speciei respective, cât și întregului ecosistem. Pentru specie, prin faptul că nu asigură perpetuarea sa (indivizii nu se pot întâlni pentru reproducere), iar pentru ecosistem deoarece nu asigură valorificarea eficientă a resurselor biotopului. Speciile a căror densitate scade sub limita inferioară sunt specii protejate. Supraaglomerarea este și ea dăunătoare speciei întrucât sursele de hrană sunt limitate și intensifică concurența interspecifică.

Distribuția indivizilor în spațiu reprezintă repartitia indivizilor unei populații în spațiu (areal) și poate fi:

- **uniformă**, când distanța dintre indivizi este aproximativ egală (de ex.: arborii care, în concurență pentru lumină, sunt la distanțe egale între ei);
- **grupată**, când indivizii sunt concentrați în locurile cu factori de mediu mai favorabili (de ex.: majoritatea nevertebratelor din sol, omizile unor fluturi, insectele, cârdușii de păsări, bancurile de pești etc.).

Dispersia grupată este cel mai des întâlnită în natură, atât la plante, cât și la animale.

- **întâmplătoare**, care presupune o aranjare neuniformă a indivizilor ce trăiesc în medii omogene (de ex.: specii de paraziți, păianjeni, insecte răpitoare etc.).

Structura pe vârste rezultă prin împărțirea indivizilor după clasa de vârstă, în: tineri, maturi și vârstnici. Aceasta influențează direct numărul și densitatea indivizilor.

În funcție de **reproducere**, se cunosc trei **vârste ecologice**:

- **pre-reproducătoare**, vârsta de până la prima reproducere;
- **reproducătoare**, cuprinsă între prima și ultima reproducere;
- **post-reproducătoare**, de după ultima reproducere.

Numeroase plante și animale au vârsta pre-reproductivă foarte lungă. La unele insecte, vârsta reproductivă este foarte scurtă, cu unic rol de a asigura perpetuarea speciei, iar vârsta post-reproductivă lipsește.

Determinarea vârstei se realizează diferit, în funcție de specie. Spre exemplu, la scoici, aceasta se determină după inelele de creștere ale cochiliilor; la insecte, vârsta este ușor de stabilit, larvele constituind vârsta reproductivă, iar în cazul peștilor, aceasta se determină după inelele de creștere ale solzilor.

Structura pe vârste influențează viabilitatea unei populații. Predominanța indivizilor tineri indică, de regulă, o creștere a densității populației. În cazul unui număr ridicat de indivizi bătrâni, densitatea populației va scădea. Dacă numărul de indivizi aparținând diverselor clase de vârstă este aproximativ același, atunci densitatea respectivei populații are șanse ridicate de a se menține constantă pe o perioadă lungă de timp.

În ceea ce privește **structura pe sexe**, dominarea femelelor presupune dezvoltarea numerică a populației, iar cea a masculilor – regresul populației și raportul de egalitate 1:1 implică o populație stabilă.

Pentru majoritatea speciilor, la naștere, raportul femele / masculi este de 1:1, însă acesta suferă modificări pe parcurs, în dezvoltarea ulterioară. Spre exemplu, femelele păsărilor care cuibăresc pe sol au o mortalitate superioară, ca urmare a acțiunii prădătorilor.

Dinamica (creșterea) unei populații reprezintă totalitatea modificărilor cantitative care au loc în interiorul acesteia, sub influența variațiilor diversilor factori biotic și abiotici.

Etapa inițială de constituire a unei populații, pornind, spre exemplu, de la câțiva indivizi și ajungând la ocuparea unui nou areal, este urmată de o sporire caracteristică a numărului de indivizi, deci de creșterea populației.

Fazele de creștere a unei populații sunt următoarele:

1. **faza de început**, constând în creșterea treptată a densității populației; este dependentă, în general, de numărul inițial de indivizi (de ex.: câteva organisme unicelulare, o pereche – masculul – femela – sau mai multe perechi);
2. **faza creșterii exponențiale**, în care, într-un timp foarte scurt are loc creșterea extreme de rapidă a numărului de indivizi;
3. **faza staționară**, de la o anumită valoare a densității populaționale începând să acționeze factori **inhibitori** (concurența pentru spațiu și hrană), astfel încât creșterea populației în dimensiune se diminuează și, treptat, devine constant (fig. 2.5).

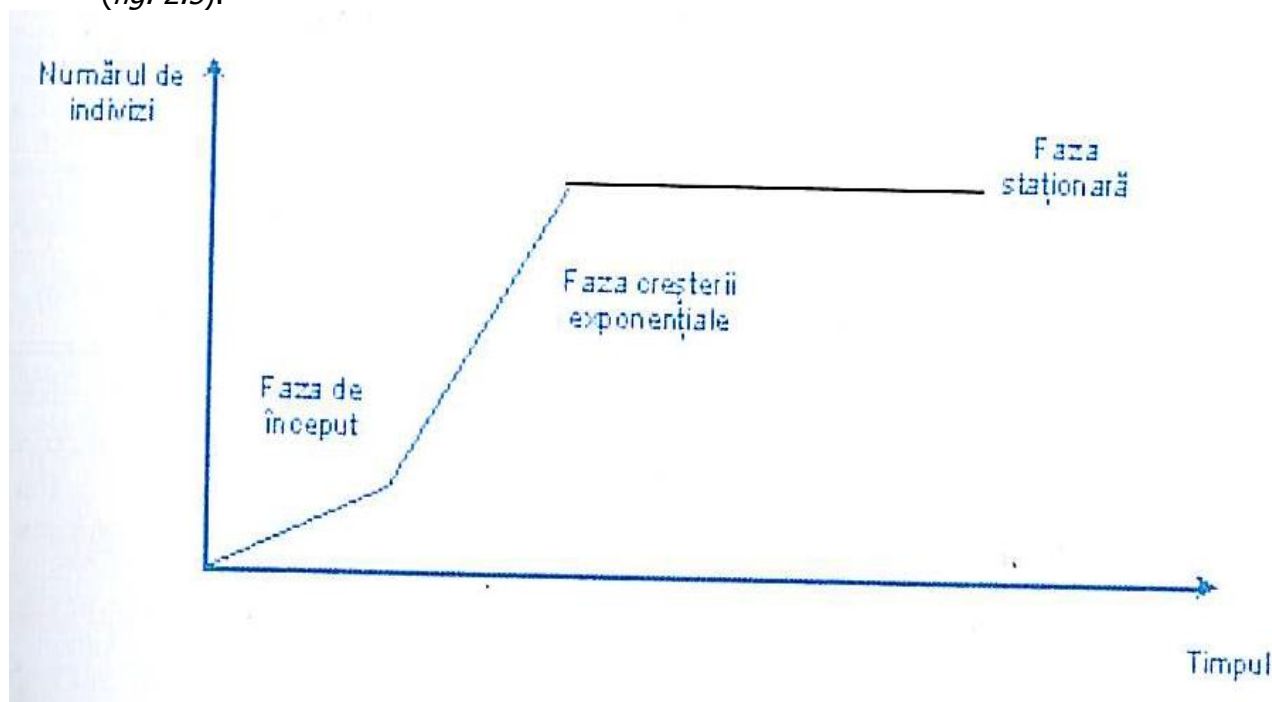


Fig. 2.5. Creșterea unei populații (Axinte, Lorica și colab., 2005)

Unele modificări cantitative sunt **aritmice**, produse accidental, datorită unor calamități (incendii, cutremure, inundații ș.a.); alte modificări sunt **ritmice**, produse de succesiunea anotimpurilor (de ex.: numărul indivizilor din majoritatea populațiilor este mai redus iarna decât vara; totodată, iarna, majoritatea viețuitoarelor migrează).

Densitatea populațională este **reglată** de factori care nu depind de aceasta, precum factorii abiotici de mediu, concurența interspecifică, disponibilitatea hranei, unele boli netransmisibile, dar și de factori aflați într-o directă corelație: competiția pentru spațiu și hrană, numărul dușmanilor, bolile transmisibile etc.

Factorii ce depind de densitatea populațională o influențează printr-un mecanism de **feedback**, redat în fig. 2.6:

Ecologie

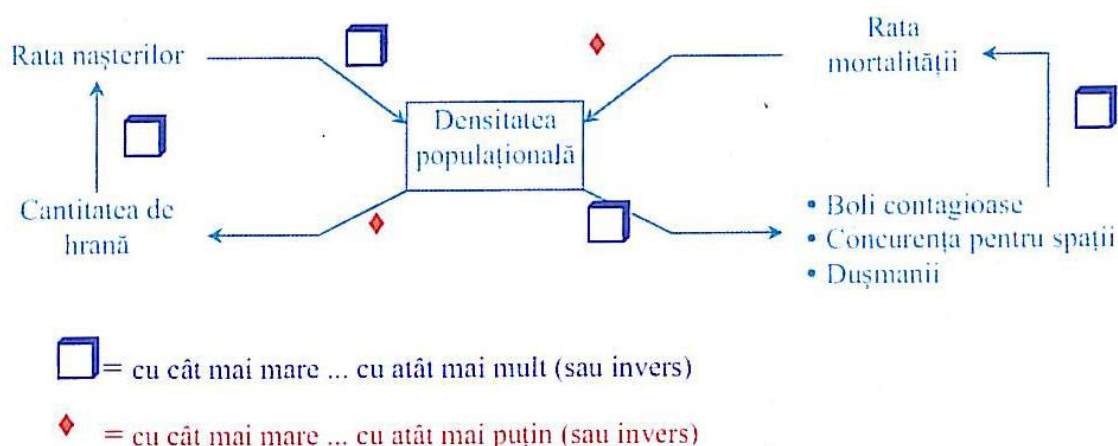


Fig. 2.6. Reglarea densității populaționale

II.2.5. Structura biocenozei (specii; indici structurali)

În biocenoză, primul element al structurii îl reprezintă **componenta** speciilor. Cunoașterea indicilor structurali asigură aprecierea mai exactă a ponderii numerice, a contribuției și rolului fiecărei specii în realizarea producției biologice. Aceștia nu sunt întâlniți la sistemele populaționale.

În scopul cunoașterii și înțelegerii structurii unei biocenoze, se au în vedere anumite **caracteristici** ale acesteia, și anume:

- **frecvența** unei specii sau proporția (exprimată în procente) dintre numărul de probe ce conțin specia dată și numărul total de probe adunate în același timp; reprezentarea raporturilor numerice se realizează sub formă de **ciclogramă**, în care fiecare sector de cerc arată procentul fiecărei specii;
- **constanța** sau consecvența speciilor în biocenoză (de ex.: în biocenozele cu multe specii, constanța este mare);
- **abundența** sau proporția, în procente, dintre numărul și greutatea (biomasa) indivizilor unei specii față de celelalte specii dintr-o probă sau din totalul probelor adunate în același timp (de ex.: molia verzei dintr-o cultură de varză este în număr mai mare și are biomasa mult mai redusă comparativ cu numărul pentru planta de varză din cultura respectivă);
- **dominanța** – se referă la prezența majoritară a unei specii în biocenoză (de ex.: stuful este specia dominantă în Delta Dunării);
- **diversitatea**, determinată de numărul de specii din structura biocenozei; cu cât gradul de diversitate este mai ridicat, cu atât biocenoză este mai stabilă (de ex.: pădurile de foioase au un număr mai mare de populații, în comparație cu pădurile de conifere).

A. Relații interspecifice

Speciile de plante și animale dintr-o biocenoză nu trăiesc izolate, ci împreună cu alte specii, cu care stabilesc relații **directe**, ca rezultat al adaptării lor, în strânsă legătură cu diverși factori de mediu (relații **interspecifice**).

Aceste relații sunt: simbioza (mutualismul), competiția, neutralismul, antibioza, protocooperarea, comensalismul, parazitismul, prădătorismul etc.

Simbioza sau **mutualismul** este o relație bilaterală pozitivă, durabilă, în care ambele specii au avantaje. În această relație larg răspândită în lumea vie, partenerii nu sunt capabili întotdeauna de a trăi separate, iar conviețuirea poate fi de scurtă durată. Ca exemple de simbioze, sunt cunoscute: simbioza între speciile xilofage (care se hrănesc cu lemn, săpând galerii în el) și specii cu capacitatea de a digera celuloza; protozoarele flagelate care trăiesc

În intestinal termitelor degradează celuloza din lemnul ingerat; relația dintre plantele entomofile (cu polenizare prin intermediul insectelor) și insectele antofile (adaptate pentru consumul și transportul nectarului și polenului); planta oferă insectei polen, nectar, ulei, țesuturi hrănitoare speciale, loc de refugiu sau de pontă, material de construcție pentru cuib etc.; în schimb, insectele ating organele reproducătoare ale plantelor, polenul se prinde de perii de pe corpul lor și, astfel, acestea sunt de pe anterele unei flori pe stigmatul alteia; relația de simbioză dintre crocodil și pasărea Ibis; după ce se hrănește, crocodilul iese pe uscat și stă cu gura deschisă, în timp ce păsările culeg dintre dinții săi resturi de mâncare etc.

Neutralismul este o relație în care indivizii nu se afectează în mod direct, în niciun fel (de ex.: un ulm și un stejar, dintr-o anumită zonă de pădure, nu se influențează reciproc în niciun mod).

Competiția sau **concurența** se stabilește atunci când două specii manifestă aceleași cerințe pentru hrană și spațiu (loc pentru cuibărit, adăpost, vânătoare, lumină etc.), pentru apă etc. Spre exemplu, stăncuța intră în concurență cu guguștiucul pentru resturile de hrană din gospodăriile umane; microorganismele sunt în competiție pentru hrană, apă, O₂, CO₂, N, spațiu ș.a.m.d.; organismele heterotrofe (bacterii, ciuperci) sunt în competiție mai ales pentru carbonul organic – sursă de energie și azotul asimilabil.

Concurența are efect negativ asupra ambelor specii competitori, prin stânjenirea reciprocă a concurenților. De regulă, specia mai slabă își caută un alt loc de viață. În competiție rezistă populațiile cu rată ridicată de creștere, cele cu rată ridicată de înmulțire, cu adaptări mai eficiente față de mediul abiotic, cu mijloace de atac și intimidare mai dezvoltate.

Protocooperarea este o relație neobligatorie, în care ambele organisme beneficiază de avantaje. Spre exemplu, în relația dintre un crab și o actinie, racul este apărat de actinie, iar acestea consumă resturile din hrana crabului.

Comensalismul constituie ansamblul relațiilor unilaterale pozitive în care o specie împarte hrana cu cealaltă sau îi oferă adăpost, fără ca cele două specii să-și aducă prejudicii reciproce (de ex.: prădătoarele mari și hienele, rechini și peștii pilot, corali și diferiți pești etc.).

Antibioza constituie relația neobligatorie în care un component ("amensalul") este inhibat în creștere sau dezvoltare de către partener. De exemplu, pelinul produce absintina, substanță care inhibă creșterea și dezvoltarea altor plante; unele ciuperci inferioare și bacterii produc substanțe antibiotice, care inhibă dezvoltarea altor microorganism. Din scoarța unui arbore prezent în America de Sud se extrage chinina, care inhibă dezvoltarea agentului malariei (*Plasmodium*).

Parazitismul este o relație unilateral pozitivă – pentru parazit și unilateral negativă – pentru gazdă. Parazitul profită de pe urma gazdei, care, de cele mai multe ori, moare. Se găsește adesea în natură, paraziții fiind specii de virusuri, bacterii, ciuperci, protozoare, viermi, insecte, chiar plante superioare (cuscuta, torțelul etc.).

Prădătorismul este o relație pozitivă – pentru prădător și negativă – pentru pradă. În natură, astfel de relații sunt larg răspândite. Prădătorii au, de regulă, arme de atac (gheare, dinți, clești etc.) și simțuri foarte dezvoltate (auz, văz sau miros). De regulă, animalele de pradă sunt foarte rapide în atac, chiar dacă stau nemișcate la pândă. Animalele – pradă au, de obicei, culori protectoare și reacții de fugă. Prădătorii au un rol deosebit de important în natură, deoarece le cad victime, în primul rând, animalele bolnave.

B. Relații intraspecifice

Între indivizii unei specii / populații se stabilesc relații **intraspecifice**, care, de cele mai multe ori, au ca rezultat o mai bună exploatare a resurselor de hrană, asigurarea reproducerii și apărarea indivizilor.

Ecologie

- Relațiile intraspecifice legate de **hrană** se referă la concurența pentru hrană și teritoriu, asigurarea colectivă a acesteia, canibalism, trofalaxie (procesul de alimentație prin care un individ transferă altuia alimentele din propriul tub digestiv, prin regurgitare) și chiar parazitism (de ex.: parazitarea femelei de către mascul, la unii viermi). Canibalismul apare sporadic, fiind un mijloc de reglare, atunci când efectivul populației crește foarte mult și resursele de hrană devin insuficiente. Bibanul, de exemplu, își consuma icrele, știuca se hrănește cu indivizi din aceeași specie. Trofalaxia este întâlnită la insectele cu organizare socială, cum sunt: alina, furnica, viespea etc. și reprezintă un schimb reciproc de hrană între indivizii coloniei.

- Relațiile intraspecifice legate de **reproducere** pot fi relații între sexe sau între generații. Primul tip a dus la realizarea unor adaptări ce asigură întâlnirea între parteneri, sincronizarea maturării elementelor reproducătoare, acceptarea actului împerecherii ș.a. Întâlnirea dintre parteneri se realizează prin hermafroditism, realizarea de cupluri permanente, depistarea femelei pe cale vizuală și/sau olfactivă etc. De asemenea, au loc modificări morfologice (aparitia unui colorit viu, pene de podoabă etc), fiziologice (hormonale, maturarea organelor reproducătoare) și comportamentale (curtarea, executarea de dansuri sau mișcări deosebite, emiterea anumitor sunete, lupte între female pentru mascul, lupta masculilor pentru o femelă etc.).

Relațiile între generații sunt destinate asigurării viabilității descendenților. Îngrijirea acestora presupune numeroase și variate activități: alegerea locului pentru depunerea ouălor, cloșitul lor, hrănirea și apărarea descendenților.

- Relațiile intraspecifice legate de **apărare** se referă la protejarea indivizilor în construcții special, apărarea coloniei de către indivizi specializați (de ex.: armele de apărare ale soldaților de termite sunt mandibule imense, sclerificate), organizarea grupului pentru apărare (de ex.: caii se dispun în cerc în jurul puilor, cu copitele îndreptate spre agresori).

Organismele care trăiesc la un loc pot forma unele grupări intraspecifice, care asigură condiții mai bune pentru procurarea hranei, apărarea de frig și de dușmani. Aceste grupări sunt: stolurile, perechile, cârdurile, turmele, haitele, coloniile și familiile.

II.2.6. Structura spațială a ecosistemului

Biotopul și biocenoză sunt inseparabile spațial. Componentele biocenotice se dispun în spațiul biotopului neîntâmplător, ci în funcție de particularitățile acestuia în diferite puncte, pe orizontală și verticală. Astfel, și sub acest aspect biotopul se comportă matriceal pentru biocenoză ecosistemului. Doar unele relații topice dintre specii, ca și urmele în spațiu ale indivizilor din diferite specii (marcate de metaboliții lor) mai pot interveni în formarea structurii spațiale.

Elementele structurii spațiale a ecosistemului, ușor vizibile, integrând fragmente de biotop și componente biocenotice, formează **macrostructura spațială a ecosistemului, orizontală și verticală**. Dispunerea componentelor biocenotice în spațiul de biotop (a fiecărui individ, în raport cu alții, distanțele dintre ei): uniformă (izolați la distanțe egale), neuniformă (izolați, la distanțe inegale) sau în cete ori grupe (mai mulți indivizi apropiați, la distanțe mari față de alții, de asemenea grupați) formează **microstructura sa spațială**.

Dintre elementele de **macrostructură orizontală** menționăm:

- **bioskena** (cel mai mic segment din biotop cu mediu omogen, în care se situează indivizi izolați ai unor specii din biocenoză, atât timp cât mediul le este foarte favorabil);
- **biocoria** sau **consorțiul**, în care, pentru un timp mai lung (eubiocoria) sau mai scurt (parabiocoria) se instalează legături strânse între diferite bioskene; un fragment de biotop, un organism viu sau materie organică moartă se constituie într-un **nucleu central** în jurul căruia gravitează, dispuși în nuclee concentrice, indivizi din diferite specii, între care se stabilesc relații de interacțiune și chiar dependență reciprocă);

• **sinuzia**, cea mai mare parte a structurii orizontale în care, într-un tronson al biotopului, cu anumite condiții, o specie de plante sau animale, găsind condiții foarte favorabile, este în expansiune numerică, formează **populații** numeroase și acestea se **comportă ca nucleu central**, integrând mai multe consorții învecinate și indivizi izolați dintr-o serie de specii ale biocenozii.

Diferențierea ecosistemului pe orizontală în aceste structuri arată că organismele individuale și populațiile își caută segmentele de spațiu cele mai favorabile și nu se dispun la întâmplare și semnifică o creștere a informației structurale din ecosistem, atrăgând după sine un maximum de eficiență în valorificarea resurselor din biotop.

Biotopurile se diferențiază pe porțiuni mari și pe verticală și determină formarea **macrostructurii verticale** a ecosistemului, **stratificarea** lui, în cazul celor terestre atât în aer, cât și în sol, iar al celor acvatice în adâncime, funcție de adâncimea la care pătrunde lumina (zona fotică și afotică, de temperatura straturilor de apă sau concentrația în oxigen). În ecosistemele terestre, stratificarea aeriană este mai evidentă, fiind determinată în special de modificarea intensității luminii (scăderea ei de la coronamentul superior al plantelor mai înalte spre sol) și o dată cu ea și a căldurii, concentrației aerului în diferite gaze etc. Fiecare strat are un microclimat caracteristic, dependent de ecoclimă, însă.

Plantele din diferite specii își concentrează părțile active (frunzele), grupându-se în straturi situate la anumite înălțimi, cu o anumită grosime. Cum diferite specii de plante reprezintă hrana pentru anumite animale fitofage și acestea (mai ales foliofagele, granivorele) se grupează în anumite straturi, deși ele, prin mobilitate, mai pronunțată la zoofage și carnivore, își schimbă poziția în straturile de vegetație, în căutarea hranei, asigurând legătura între straturi.

Este o structură care permite utilizarea cu maximum de eficiență a luminii solare, plantele din straturile inferioare fiind capabile de fotosinteza intensă tocmai la intensități mai slabe ale luminii (sunt sciofile), în timp ce la stratul superior se plasează cele cu temperament de lumină intensă, valorificând-o.

La fel, în sol, în adâncime se stratifică rădăcinile active ale plantelor și o dată cu ele animalele care le consumă, bacterii rizosferice, ciuperci de micoriză etc., funcție de regimul de apă, aer și chimicale al solului și substratului solid (adică tot funcție de biotop).

Toate ecosistemele au o stratificare verticală, numai numărul de straturi, grosimea lor, componentele biocenotice din fiecare strat fiind diferite de la un ecosistem la altul.

Legăturile dintre straturi sunt asigurate pe multiple căi, structura verticală fiind interconectată și cu cea orizontală, ele neexcluzându-se reciproc.

În ecosistemele naturale neperturbate pot fi identificate numeroase formațiuni structurale orizontale și verticale, precum și o microstructură în cete, numărul lor mare și diversitatea contribuind la creșterea nivelului informației structurale din ecosistem și la reducerea entropiei informaționale.

II.2.7. Structura funcțională a ecosistemului

Speciile prezente în biocenoză sunt antrenate în complexe relații de interacțiune, de tip topic, foric, fabric sau trofic, care au loc simultan cu relațiile cu factorii din biotop. **Relațiile trofice** au cea mai mare însemnătate. Fiecare specie are o anumită specializare trofică, consumând un anumit tip de hrană oferită de una sau mai multe specii plasate pe nivelul trofic inferior.

În orice ecosistem sunt prezente specii din toate nivelurile trofice (producători, descompunători, consumatori animalii de materie organică vie, detritofagi, paraziți), diferențierile dintre ecosisteme rezultând din prevalarea unuia sau altuia dintre nivelurile trofice (structural, dar mai ales funcțional) (*fig. 2.7*).

Unitatea funcțională a ecosistemului este **lanțul trofic** – un șir de specii legate între ele pe principiul că fiecare reprezintă hrana pentru următoarea. Pe traseul fiecărui lanț trofic, substanța migrează, se redistribuie și se transformă în timpul metabolismului.

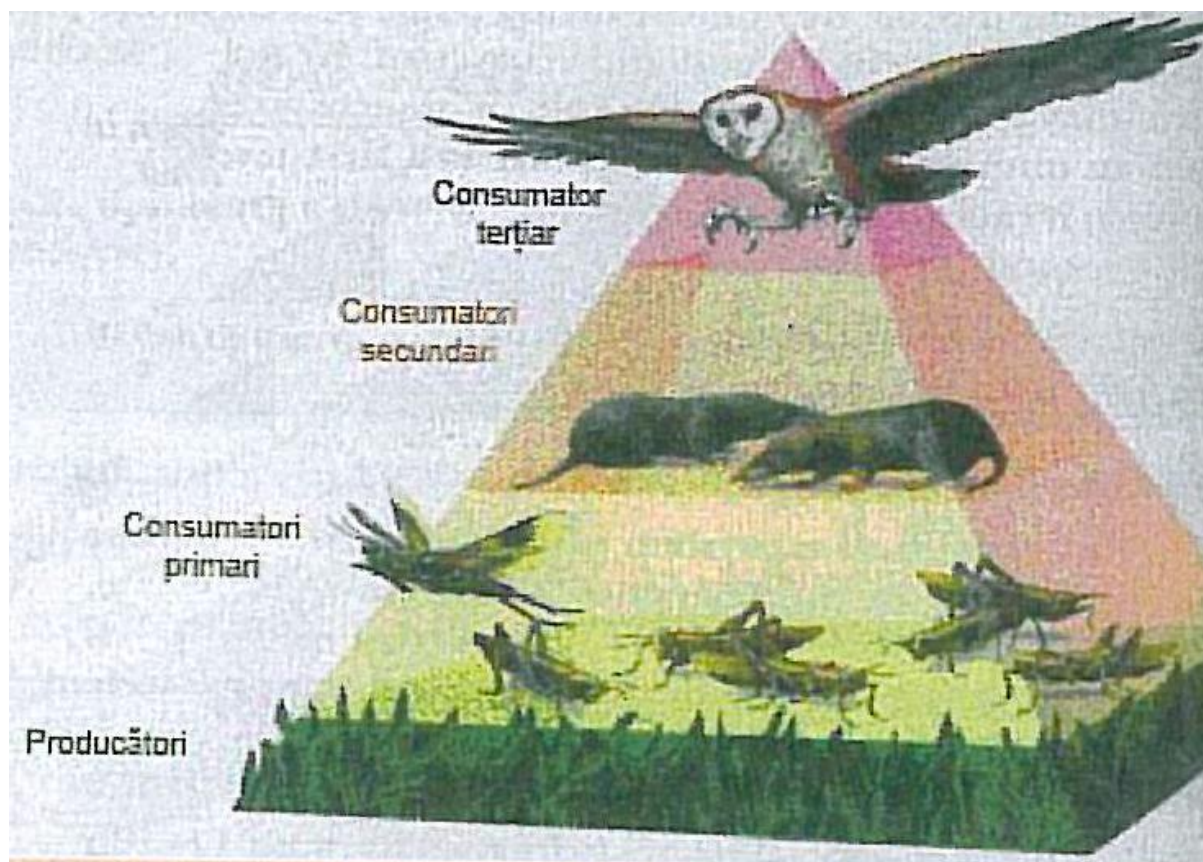


Fig. 2.7. Piramida trofică sau eltoniană (după *Elton, Ch., 1927*)

Funcție de tipul de hrană din prima verigă a lanțului trofic se organizează lanțuri trofice: **erbivore** (prima verigă este planta vie, iar următoarele fitofagul, zoofagul, carnivorul); **detritivore** (prima verigă este materia organică moartă vegetală și/sau animală, următoarele fiind zoofagul și/sau carnivorul); **bacterivore** (prima verigă fiind o bacterie, chemoautotrofă sau saprofită, iar următoarele, ciuperci bacterivore, zoofage etc.), **parazitice**, în care prima verigă este ansamblul gazdă – parazit și următoarele consumatorii gazdelor și ai acestora, după caz. Lanțurile trofice parazitice sunt incluse fie în cele erbivore, fie în cele detritivore sau bacterivore.

Din fiecare tip se organizează mai multe lanțuri trofice (din care unele diurne, altele nocturne), cu atât mai multe cu cât biocenoza este mai bogată în specii și acestea sunt mai specializate trofic. Lanțurile trofice de același tip se conectează între ele spre verigile superioare ale consumatorilor animalii (zoofage, polifage și carnivore), care-și satisfac rația de hrană vînd fitofage din 2-3 sau mai multe lanțuri trofice erbivore.

De asemenea, lanțurile trofice de diferite tipuri se conectează între ele (de exemplu, prin carnivorul care se hrănește atât cu zoofage din lanțurile trofice erbivore, cât și cu detritofage. Bacteriile care consumă materia organică moartă rămasă de la prădător inițiază lanțuri trofice bacterivore, conectate apoi între ele, dar și cu cele erbivore de către alți consumatori, animalii. Există, deci, nenumărate puncte de contact între diferite lanțuri trofice, dar și de ramificare a acestora.

Conexiunile și ramificările lanțurilor trofice dintr-un ecosistem duc la organizarea unei rețele extrem de eficiente și sigure care permite redistribuirea și transformarea hranei în

interiorul biocenozei. Se formează, astfel, **structura funcțională** a ecosistemului, numită **rețeaua trofică** sau **trofodinamică** (fig. 2.8).

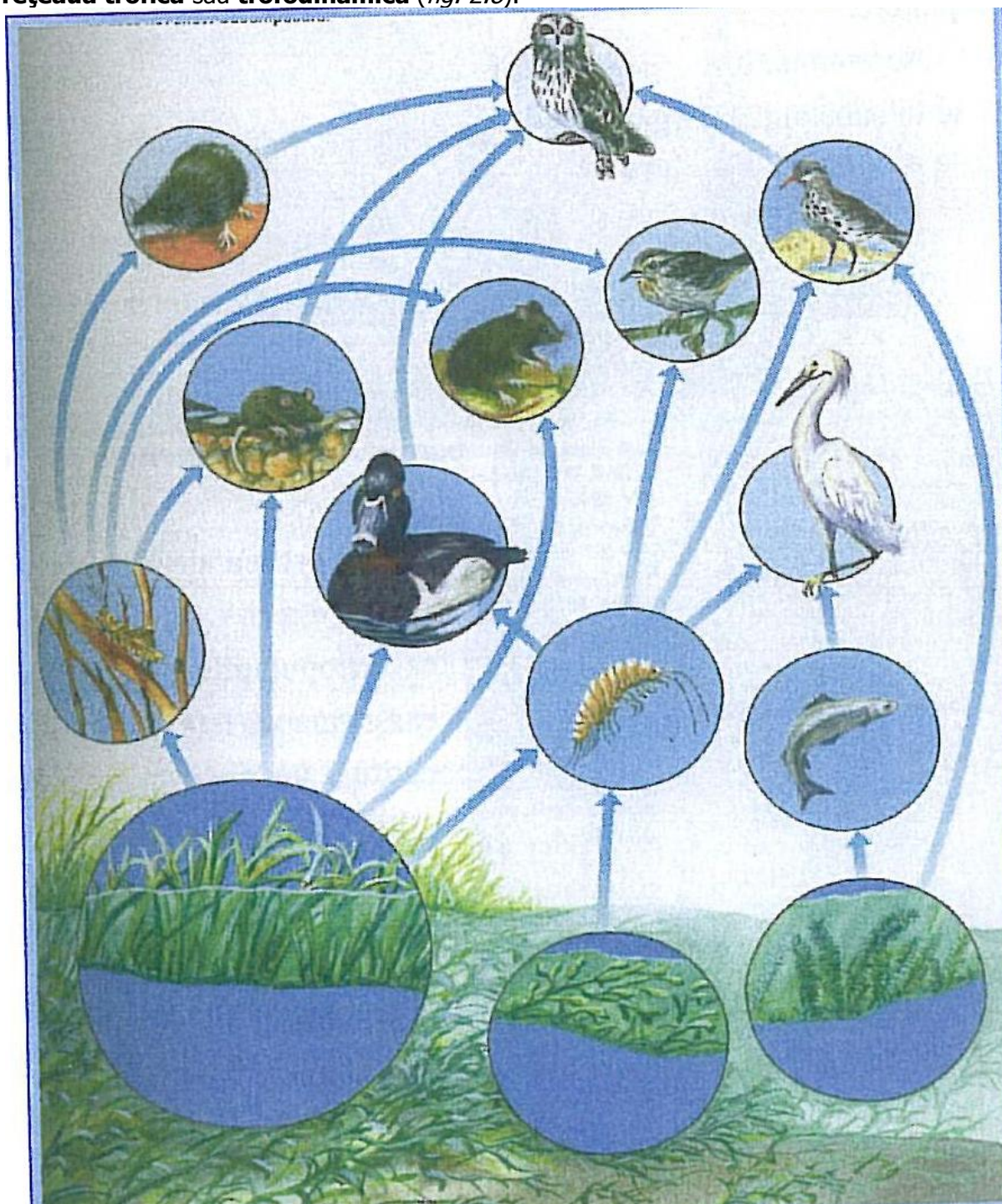


Fig. 2.8. Rețeaua trofică

Fiecare ecosistem își formează o rețeaua trofică unicat, din cauza unicității biotopului care proiectează lista de specii a biocenozei și desfășurării cu intensitate și rezultat diferit a relațiilor dintre speciile sale plasate pe același nivel trofic (competiția pentru spațiu, hrană, lumină, apă etc.) sau pe niveluri trofice diferite (plantă x fitofag; pradă x prădător; gazdă x parazit etc.). În unele ecosisteme se formează mai multe lanțuri trofice erbivore, în altele bacterivore sau detritivore, mai lungi sau mai scurte (funcție și de bogăția în hrană).

Chiar dacă rețeaua trofică este specifică fiecărui ecosistem, în organizarea sa în toate ecosistemele se respectă unele **principii generale**, cu privire la raporturile cantitative

dintre organismele aflate pe diferite niveluri trofice. Rețeaua trofică echilibrată este o **construcție piramidală**, conform **principiilor**:

1. Numărul de exemplare al tuturor speciilor de pe un nivel trofic, descrește de la nivelul trofic inferior (al producătorilor) spre cele superioare ale consumatorilor (piramida eltoniană). În cele mai multe ecosisteme, în aceeași direcție cresc dimensiunile corporale și biomasa individuală.

2. Biomasa totală a componentelor unui nivel trofic, ca și valoarea sa energetică, descrește în aceeași direcție și aceleași raporturi (piramida biomasei și a energiei).

3. Spațiul individual necesar pentru procurarea hranei crește de la nivelurile trofice inferioare spre cele superioare (piramida inversă sau de biotop)

Când elementele numerice, cantitative sau energetice ale fiecărui nivel trofic pot fi grafic reprezentate sub formă de **piramidă**, **rețeaua trofică este în echilibru**, funcționează neîntrerupt, cu intensitate și eficiență și invers. Există, însă, și ecosisteme echilibrate, chiar dacă rețelele lor trofice sunt incomplete sau nepiramidale.

În apele continentale, ca și în cele marine, deși algele producătoare unicelulare (fitoplanctonice) se înmulțesc rapid, numărul lor este mai scăzut decât cel al organismelor zooplanctonice datorită abilității acestora din urmă de a ingera rapid un număr mare de producători. În apele reziduale se formează piramide eltoniene echilibrate.

În cadrul fiecărui nivel trofic se desfășoară o activitate intensă de transformare a hranei preluată din cel inferior. Aceasta capătă caracterul unei veritabile **industrii ecologice**. Astfel, la nivelul **fitofagelor**, se dezvoltă **industria erbivoră** atunci când acestea sunt reprezentate de specii de talie redusă, cu perioada de viață scurtă și ritm mare de înmulțire (artropode și rozătoare mici în ecosisteme terestre; chironomide și copepode în cele acvatice). Este o **industrie – cheie**, ca și cea **detritivoră** (din litiera pădurilor, sol sau fundul apelor), ori **bacterivoră** la suprafața acestora.

Industria – cheie erbivoră intensă stimulează producătorii în activitatea lor, mărește viteza și numărul traseelor pe care hrana animală se redistribuie la nivelurile superioare de consumatori. Cea **detritivoră** antrenează mari cantități de substanță organică moartă, sub formă de hrană animală direct la consumatorii de vârf, care astfel pot dezvolta inclusiv prin migrațiile periodice în alte ecosisteme o industrie - **carnivoră – cheie**, atât pentru intensificarea celei detritivore, cât și a celei bacterivore. Cea detritivoră, cuplată cu cea bacterivoră (descompunătoare) intensifică direct activitatea producătorilor care, astfel, pot introduce pe flux mai multă energie luminoasă, îngroșând atât fluxul substanței, cât și al energiei, o dată cu trecerea timpului. Păsările, ca și unele mamifere care consumă intens fructele plantelor din păduri, pot dezvolta o **industrie granivoră – cheie** în aceste ecosisteme.

II.2.8. Structura trofică a biocenozei

Între viețuitoarele care alcătuiesc biocenoza unui ecosistem se stabilesc diferite relații, dintre care cele mai importante sunt relațiile de **nutriție** sau relațiile **trofice**. Acestea asigură circulația substanțelor în biocenoză și funcționarea ecosistemului. Datorită lor, fiecare ecosistem prezintă o anumită structură trofică a biocenozei.

După modul în care participă la circulația substanțelor și a energiei în ecosistem, populațiile unei biocenoze formează trei grupe funcționale, și anume:

- 1. producătorii**, organisme **autotrofe** (produc substanțe organice prin fotosinteză sau chemosinteză), de ex.: plantele verzi terestre și fitoplanctonul, caracteristic ecosistemelor acvatice, care, cu ajutorul clorofilei, transformă energia solară în energie chimică înmagazinată în legăturile chimice ale substanțelor organice.

Plantele verzi realizează legătura cea mai strânsă între biotope și biocenoză, ele preluând din mediul abiotic apa, carbonul sub formă de CO₂, compuși ai azotului, fosforului, potasiului etc., pe baza cărora realizează sinteza biologică.

2. consumatorii, organisme **heterotrofe**, care consumă substanțe organice.

După tipul hranei, consumatorii se clasifică în:

- **consumatori primari (de ordinul I)**: animale care se hrănesc cu plante numite fitofage (ex.: mamifere erbivore);
- **consumatori secundari (de ordinul II)**: care se hrănesc cu consumatori primari și folosesc indirect substanțe organice de la producători, prin intermediul consumatorilor primari;
- **consumatori terțiari (de ordinul III)**: care se hrănesc cu consumatorii secundari, sunt carnivore, de talie mare, nu cad pradă altor animale și se mai numesc "carnivori de vârf" (ex.: acvila, rechinul ș.a.);
- **consumatori cuaternari (de ordinul IV)**: care se hrănesc cu consumatori terțiari (ex.: paraziții păsărilor răpitoare mari).

După modul de prezentare a hranei organice, consumatorii pot fi numiți:

- **fitofagi** – se hrănesc cu plante;
- **zoofagi** – se hrănesc cu animale;
- **detritofagi** – se hrănesc cu resturi organice vegetale sau animale mărunte;
- **necrofagi** – se hrănesc cu cadavre;
- **coprofagi** – se alimentează cu excremente;
- **saprofagi** – se hrănesc cu resturi organice în curs de descompunere.

Omul este considerat organismul final în lanțul trofic și, uneori, drept organism / specie țintă. Natura și antropocul pot fi dirijate, în mare măsură, spre consumatorul final (omul). Acesta, împreună cu unele animale, nu constituie doar un consumator terțiar, ci, din contră, poate fi considerat primar ori secundar (omnifere; ursul etc.). Pe de altă parte, consumatorii materiei nevii ("descompunătorii") consumă materie organică moartă provenind din diferite trepte de producție.

3. descompunătorii - degradează substanțele organice, transformându-le în substanțe anorganice. Ei realizează, astfel, ceea ce se numește **mineralizarea substanțelor organice**, iar prin eliberarea elementelor minerale permit realizarea ciclului de către producători. Sunt reprezentate de **bacterii și ciuperci, nevertebrate** care se hrănesc cu materie organică moartă, provenită de oriunde: cadavre, litiere, excreții, excremente fecaloide etc. (*fig. 2.8*).

Populațiile grupate pe aceeași treaptă față de producători constituie un **nivel trofic**. Primul nivel trofic (*fig. 2.6*) este format din plantele verzi în calitate de producători primari. Animalele fitofage – consumatori de gradul I – constituie al doilea nivel trofic, urmează animalele carnivore – consumatorii de gradul II – al treilea nivel trofic (*fig. 2.7*).

Nivelurile trofice sunt, de fapt, înlănțuite și formează așa-numitul **lanț trofic**. De exemplu:

plante ---- insectă fitofagă ---- insectă carnivoră ---- pasăre răpitoare

Într-un ecosistem, în cursul evoluției, s-au format mai multe lanțuri trofice, formând așa-numita **rețea trofică**.

Pe măsură ce avansează în nivelurile trofice, numărul organismelor componente ale populațiilor scade, talia și longevitatea lor cresc, iar ritmul de reproducere scade. Aceste raporturi numerice se pot reprezenta grafic sub forma unei **piramide**, cunoscută în literatura de specialitate drept **piramida trofică** sau **eltoniană**.

Fiecare nivel trofic pierde, prin respirație și excreție, o parte din substanțele organice și din energia primită de la nivelul anterior. Energia este disipată în mediu sub formă de

Ecologie

căldură. Descompunătorii consumă ultimele rezerve de energie termică, deci, pentru a funcționa, ecosistemul trebuie să primească permanent energie din exterior prin producători.

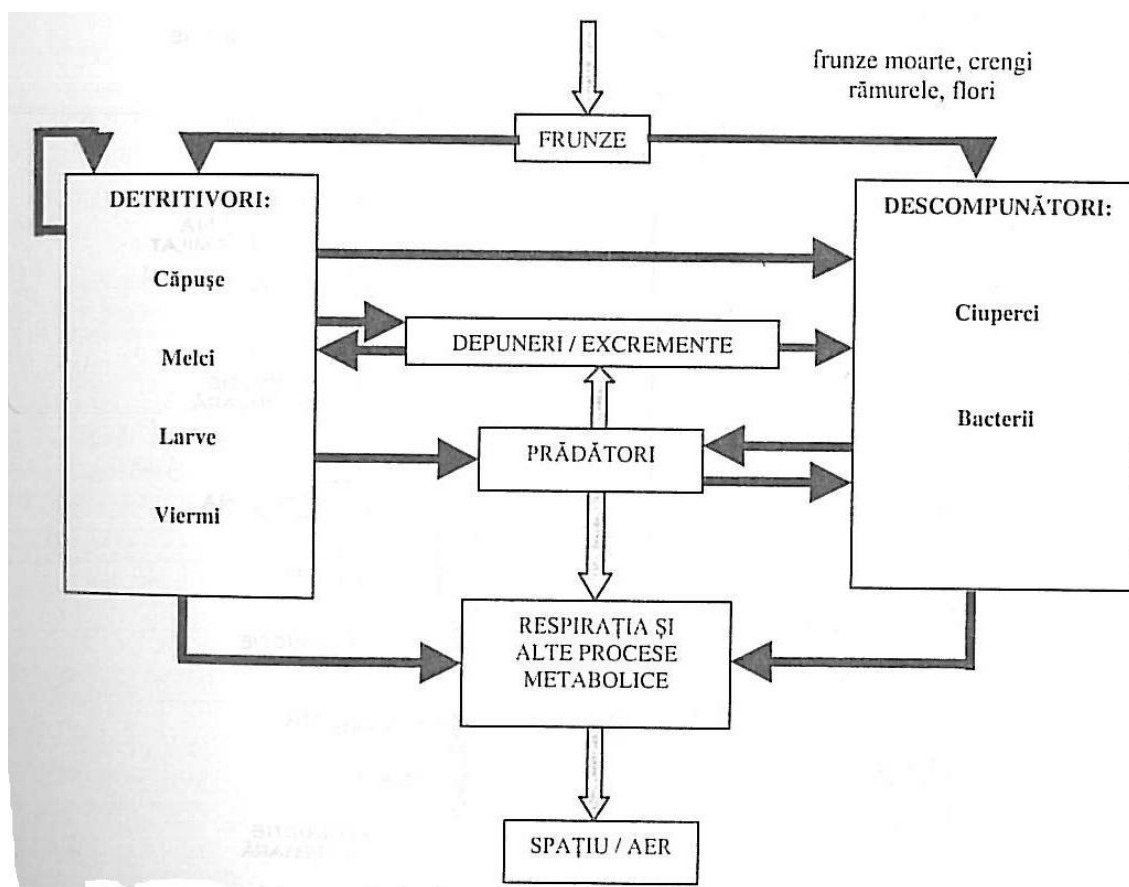


Fig. 2.8. Fluxul de energie în descompunerea frunzei căzute în pădure
Săgețile indică direcția fluxului; componentele organice eliberate la sol din fiecare dreptunghi formează humus; ionii nutritivi sunt eliberați la sol din fiecare dreptunghi (după King, T.J., 1989 și Berca, M., 2000)

Elementele neviei ale biosferei pot fi împărțite în două mari categorii, și anume:

- materia organică moartă;
- elementele minerale.

Oxigenul și CO_2 care intervin în respirația întregului mediu viu (cu excepția microorganismelor anaerobe) figurează separate, la fel ca în procesul de fotosinteză a organismelor autotrofe. Prezentarea schematică a lanțului trofic, ca și exprimarea fluxurilor lui energetic sunt redată în *fig. 2.9*.

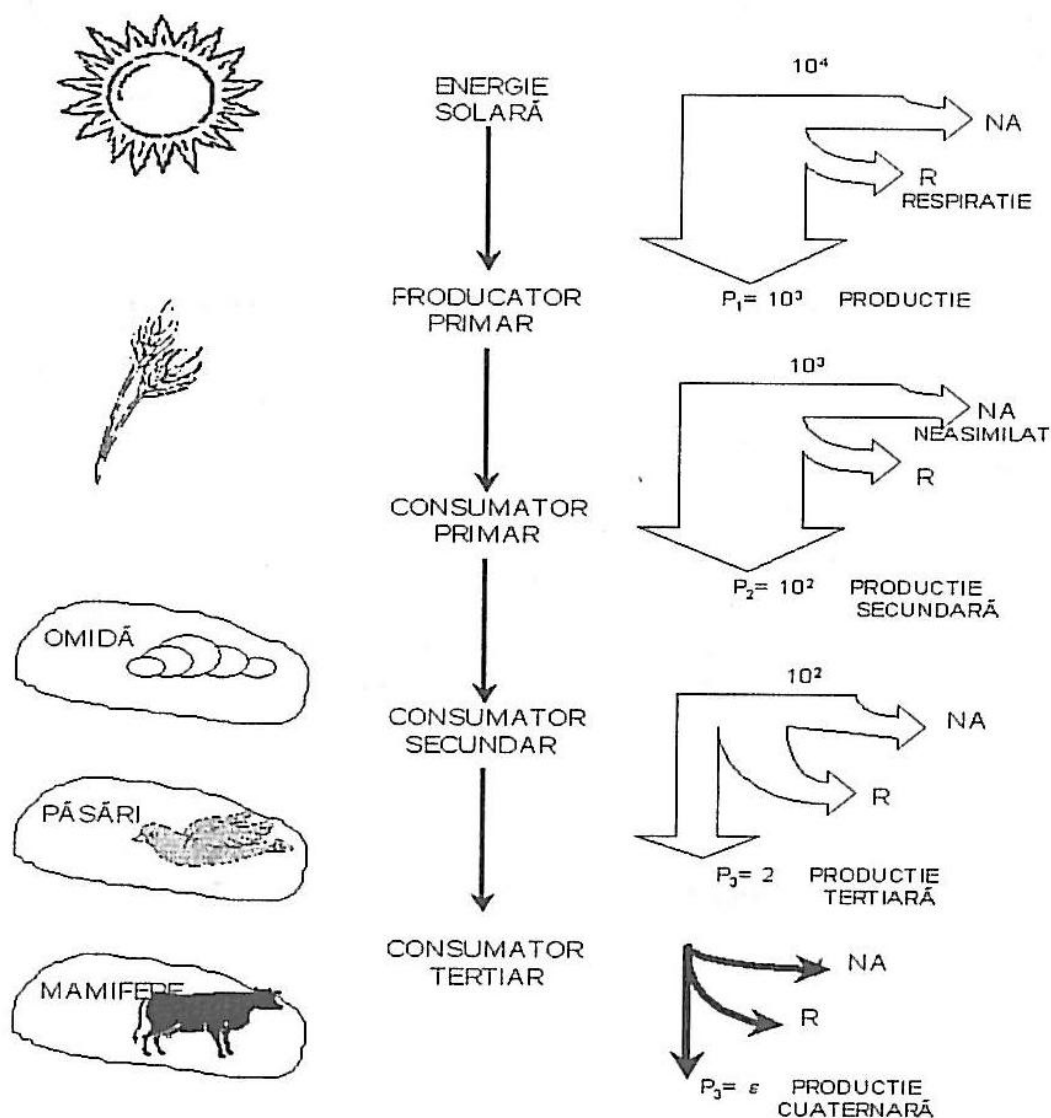


Fig. 2.9. Exemplu de lanț alimentar ce sugerează fluxul energetic de la un nivel trofic la altul (după Berca, M., 2000)

Diferitele compartimente din sistemul biosferei sunt legate între ele prin transfer de materie și energie.

Funcționarea acestora este determinată de trei **procese fundamentale**:

- procesul de consumare a materiei organice prin **ingestie**;
- procesul de producție sinteză a materiei organice prin **reconversie** și
- procesul de **descompunere** sau de **mineralizare / reciclare** a materiei organice (*fig. 2.8 și fig. 2.9*).

Ecologie

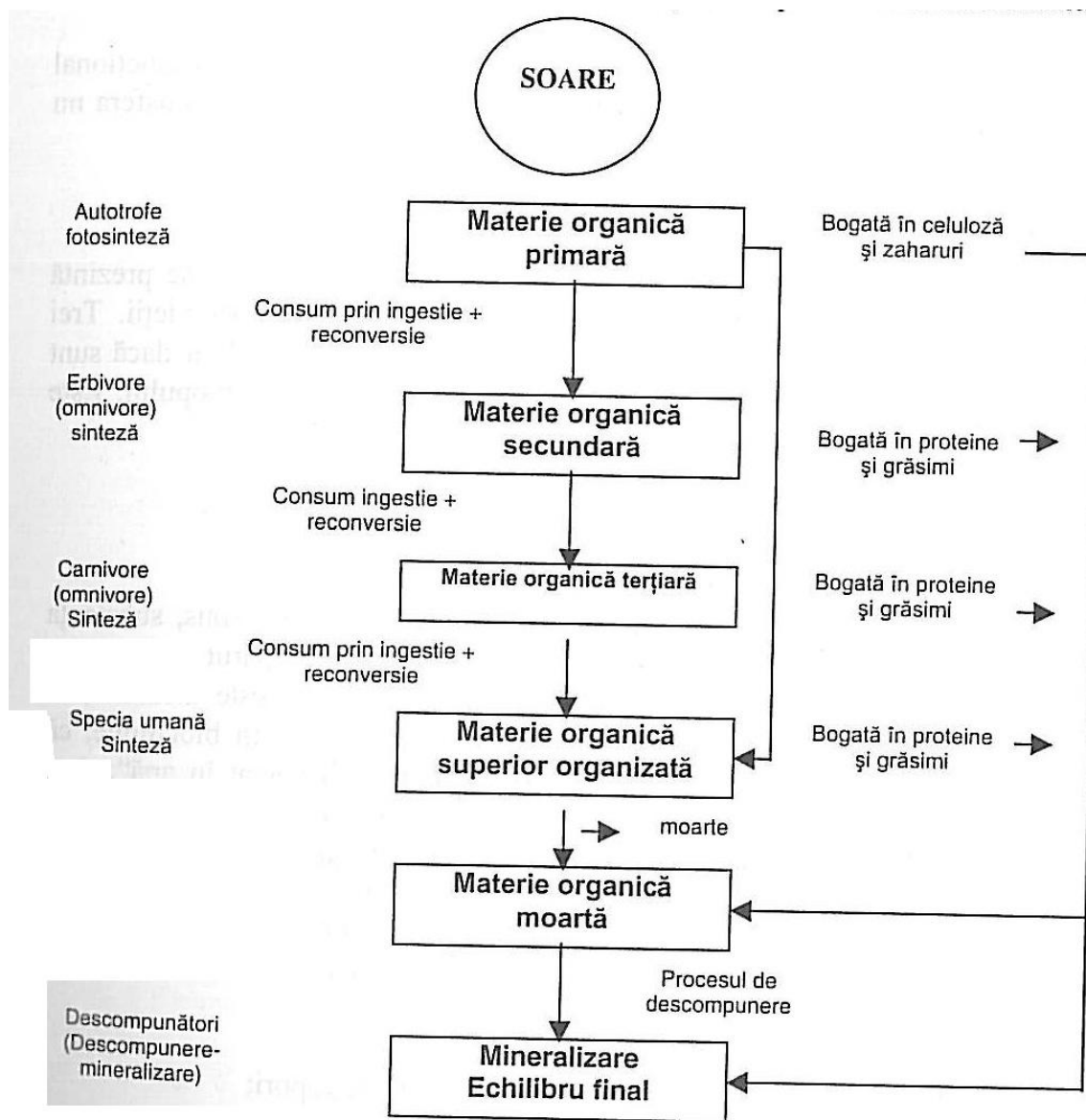


Fig. 2.10. Procesele fundamentale ale funcționării diferitelor componente ale biosferei

Biosfera nu poate fi considerată ca un super-organism, deși am putea spune că acele compartimente redată în *fig. 2.10* ar putea să apară ca niște organisme. De asemenea, se poate afirma că aceasta nu reprezintă o masă neordonată de organisme independente. De aceea, este deosebit de important faptul că ecosistemele care materializează în plan local funcționarea biosferei nu sunt independente unul de altul.

Conceptul de ecosistem nu se cedează și nu se suprapune inutil aceluia de biosferă. Diversele regiuni care conduc la formarea unor ecosisteme bine definite sunt, în cele din urmă, unite între ele fie prin aerul și apa care circulă pe spații foarte largi, fie prin omul care, peste tot, își face simțite acțiunile și, mai ales, efectele acestora.

În concluzie, **biosfera** constituie un **macromodel funcțional real** și nu o reprezentare schematică simplă a ecologilor. Biosfera nu poate fi separată de componentele sale în niciun mod.

II.2.9. Structura biochimică a ecosistemului

Este proiecția structurii trofodinamice a biocenozei în biotop, formându-se ca o **rețea de metaboliți** (ergoni, produși de dezasinilație), eliminați de toate organismele din biocenoză, sub forma unor compuși anorganici simpli sau organici deosebit de complecși (de regulă volatili sau exudate), în sol sau în apă ori aer (în biotop).

Spectrul de ergoni eliminați este foarte complex și variat, determinat genetic, ca și metabolismul, fiecare individ care aparține unei anumite specii, eliberând metaboliți specifici. Aceștia conțin, prin urmare, un fel de **informație paragenetică**, astfel încât ei și acționează diferit, de regulă în folosul speciei care i-a produs și în dauna altor specii competitori, consumatoare sau parazite pentru specia producătoare.

Fenomenul de inhibare a uneia sau mai multor specii de către ergonii altei specii poartă denumirea de **allelopatie** și reprezintă **mecanismul biochimic esențial de reglaj** între speciile antagoniste aflate pe același nivel trofic (competitoare) sau pe niveluri trofice diferite (relația plantă x fitofag; pradă x prădător; parazit x gazdă).

Există și cazuri de ergoni (**telergoni**, în lumea animală) care, produși de exemplarele unei specii, chiar la distanță, se redistribuie în spațiu, fiind volatili, sunt recepționați de exemplare din aceeași specie ca un semnal privind condiții favorabile de existență și acestea se deplasează spre exemplarele emițătoare, sporind efectivul populației emițătoare (agregarea) și șansele acesteia. Producții se numesc **feromoni de agregare**. Aceleași sau alte specii produc alți **feromoni, sexuali**, emiși de exemplarele unuia dintre sexe și recepționați de cele din celălalt sex, care se deplasează spre sexul opus în vederea reproducerii.

Cantitatea de ergoni emisă de fiecare individ și specie (populație) depinde direct de abundența sau sărăcia hranei și indirect de intensitatea metabolismului său, iată de ce atât spectrul de ergoni, cât și concentrația fiecăruia în biotop este proiecția rețelei trofodinamice a biocenozei și a modului cum ea funcționează.

Ergonii diferitelor specii formează o rețea biochimică în biotop, în sensul că, prin **redistribuire** și **reducerea concentrației**, ei se întâlnesc în diferite puncte ale biotopului, interacționează și **reacționează chimic**, astfel că unii, în cantități mici, dispar din biotop, iar alții, în cantități mai mari, rămân, dar într-o concentrație mai redusă, producând o inhibare a speciei care a produs mai puțini ergoni, dar o inhibare, **nu o excludere**, datorită concentrației reduse. Cum fiecare specie formează mai mulți ergoni, rezultă, astfel, în biotop, o veritabilă rețea (structură) de ergoni, a cărei funcție esențială, în acest "război biochimic" este **reglarea și autoreglarea** biocenozei.

Rolul structurii biochimice este esențial în ecosistem, puterea sa reglatoare depinzând și de natura chimică a biotopului, mulți ergoni fiind "consumați" în timpul reacțiilor chimice cu substanțele din biotop.

Acționând în plan "ocult", structura biochimică a ecosistemului, proiectată de rețeaua trofodinamică, reproiectează, la rândul său, structura trofodinamică, capacitatea sa productivă și eficiența populațiilor diferitelor specii, mai mult sau mai puțin inhibitate de ergonii celorlalte.

II.3. Funcționarea ecosistemului

Ecosistemul este **productiv**, fiecare ecosistem, prin configurația sa internă, realizând un quantum de produse, de o anumită diversitate și calitate, cu o anumită dinamică în timp. Producția este **cantitatea de biomasă care se acumulează** în corpurile tuturor viețuitoarelor din biocenoză, **într-un interval de timp** (ciclu multianual, an, sezon, lună, decadă etc.).

Ecologie

Din biomasa vegetală și animală sintetizată în corpul tuturor indivizilor din biocenoză (**producția brută**), o parte se consumă în metabolismul propriu, restul (**producția netă**) se acumulează în corpul individului, sporindu-i greutatea (masa) sau contribuind la reproducerea sa și creșterea efectivului.

Biomasa totală netă din ecosistem este stocul total de biomasă la un moment dat, iar variațiile acestuia în diferite intervale de timp arată nivelul producției nete din fiecare interval (cât s-a acumulat în acel interval).

Producția netă a ecosistemului natural nu este sau nu trebuie să fie egală cu **recolta extrasă de om** din ecosistem, aceasta diminuând stocul substanței ecosistemului și al energiei sale. De aceea, recolta trebuie să fie mai mică decât producția netă și mai ales decât stocul de biomasă din nivelul trofic din care este extrasă.

Producția de biomasă are ca **efector individul** (planta, animalul), ca **mecanism metabolismul** acestuia, cantitatea depinzând de intensitatea și randamentul metabolismului, reglat ecofiziologic, iar calitatea (natura chimică a biomasei) este determinată genetic prin modelul metabolic al individului (fiecare, un unicat genetic).

Indivizii productivi sunt, însă, integrați în ecosistem și antrenati în interacțiuni complexe, astfel că producția ecosistemului este o funcție a modului cum este organizată și funcționează rețeaua sa trofică.

Producția ecosistemului este o consecință a desfășurării simultane a fluxului substanței și energiei în ecosistem și a eficienței acestora. Ea este output-ul generalizat al inputurilor de substanță și energie, expresie a bilanțului substanței și energiei.

Fluxul substanței în ecosistem se inițiază datorită interacțiunii plantelor cu biotopul, prin nutriția minerală a acestora, absorbția apei, a CO₂, în fotosinteză și a O₂ în respirație, intensitatea sa depinzând atât de bogăția biotopului în substanțe minerale și energie, cât și de producători (numărul de specii, de indivizi, distribuția lor în spațiul biotopului, diversitatea și eficiența lor în utilizarea hranei minerale și captarea energiei luminoase).

El se scurge, ca și în biosferă, de la producători la consumatorii animalii și apoi spre biotop, ca materie organică moartă preluată și prelucrată de detritofagi și descompunători care, prin mineralizare, o reintroduc pe flux, după un model tehnologic, ca în *fig. 2.11*.

În fiecare ecosistem se organizează **circuite locale ale atomilor**, într-un număr mai mare sau mai mic, cu o intensitate diferită de la un atom la altul, pe trasee care depind de organizarea rețelei trofice a fiecărui ecosistem și de conexiunile trofice interbiocenotice în care este integrat ecosistemul (prin emigrația după hrană a zoofagilor și carnivorelor în alte ecosisteme și imigrația din alte ecosisteme).

Prin aceste conexiuni trofice, ca și prin altele de tip anorganic (schimburi de substanțe anorganice între biotopuri învecinate), circuitele locale ale atomilor din ecosistem se conectează la cele din peisaj, regiune, zonă și la marile circuite biogeochimice ale atomilor, legate de cele globale prin metabolismul planetar global la care participă și biosfera.

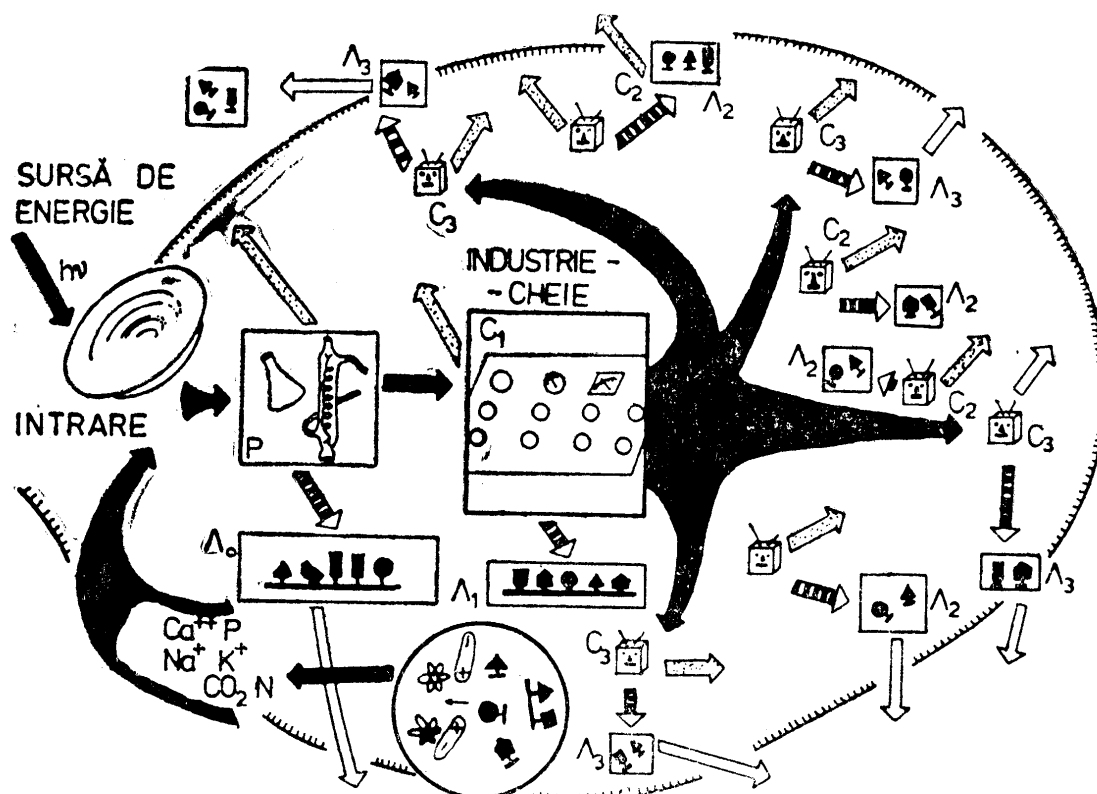
Fluxul energiei, conectat la cel al substanței, tot la nivelul producătorilor, se formează prin captarea energiei luminoase cu o intensitate și o eficiență determinată atât de structura factorilor din biotop, cât și de spectrul de specii producătoare și eficiența lor.

Energia luminoasă este transformată în energie chimică (a biomasei producătorilor). Aceasta este distribuită pe cărările lanțurilor trofice din rețea, o dată cu substanța.

O parte din energie se utilizează în metabolism, pentru alte forme de lucru biologic (mișcare, reproducție, menținerea temperaturii corpului), astfel că la nivelurile trofice superioare fluxul energetic diminuează, pierderile irecuperabile (de căldură) fiind tot mai mari și randamentul energetic tot mai scăzut.

Totuși, o parte din energia chimică intrată pe flux de la producători se acumulează în fiecare nivel trofic sub formă de biomasă, imprimându-i o anumită tensiune energetică și creând între ele o diferență de potențial numită **ecoforță**. Tensiunea, ca și valoarea ecoforței scad spre nivelurile superioare de consumatori animalii.

La baza fluxului energetic se află fluxul de electroni, cu tensiune bine definită care se scurge de la un nivel trofic la altul. Nivelurile trofice sunt un fel de semiconductori care permit trecerea unei părți din acest flux și-i stochează pe ceilalți. În rețea sunt și circuite în derivație (șunturi) care evită blocajele (producători – descompunători).



P – producător; **C₁**, **C₂**, **C₃** – consumatori primari, resp. secundari și tertiar; săgeți negre – acumulare și distribuție de material; săgeți punctate – pierderi de substanță prin respirație, mișcare, excreție; săgeți albe – cedare de substanță altor ecosisteme; săgeți hașurate – căile de distribuție a materialelor în ecosistem

Fig. 2.11. Model tehnologic al ecosistemului

Centrala energetică a celulei vii este ATP, iar ecosistemul este în ansamblul său o centrală energetică al cărei mecanism funcțional este cedarea și respectiv primirea de electroni între ATP și alte substanțe din celula vegetală și animală.

În ecosistem, ca sistem deschis, procesele energetice de pe flux tind mereu spre non-echilibru, rețeaua trofică pe care ele au loc fiind într-o permanentă reorganizare, dar coeziunea sa este determinată de **stabilitatea relațiilor trofice dintre speciile biocenozii**.

II.4. Reglare, autoreglare, echilibru și stabilitate în ecosistem

Ca sistem deschis, ecosistemul este supus presiunilor mediului din exteriorul său (altor sisteme cu care face schimburi permanente de substanță, energie și informație). El este, însă, un sistem informațional complex, capabil să prelucreze și să modeleze toate aceste informații exterioare numeroase datorită numărului mare de circuite feed-back ce rezultă numai la un singur input. Fiecare feed-back produce un output și în același timp o ajustare, un **reglaj** al componentului care a recepționat inputul, iar toate un reglaj complex și fin al întregului ansamblu.

Capacitatea de reglare a unui ecosistem este **înantă**, dar **limitată**. Înantă din cauza rețelei complexe de circuite feed-back, a redundanței (plusului de informație rezultat prin dublarea celei genetice a fiecărui individ), predominanței informației structurale, în raport cu cea liberă). Este limitată deoarece transmiterea, ca și prelucrarea informației poate fi perturbată de **zgomotele** cu care aceasta se asociază obligatoriu într-un sistem deschis asupra căruia acționează factori exteriori cu concentrații aleatorii. Acestea pot denatura informația, o pot bloca în transmiterea sa sau dispun de informație nouă ce nu poate fi descifrată și modelată în sistem. Ecosistemul este un **sistem cu autoreglare** înantă, dar, de asemenea, limitată.

Mecanismul reglării, ca și al autoreglării, **se află în biocenoza** ecosistemului. Cele două subsisteme, ambele informaționale, luate separat se comportă diferit, dar ele nu sunt și nu trebuiesc separate în fapt, fiecare existând și evoluând în interacțiune cu celălalt.

Biotopul este un **sistem anorganic**, în care traseul informației este liniar, deci **fără autoreglare**. El poate recepționa informațiile externe, le poate modela și da un răspuns, schimbându-se, reglându-se. Dar acest reglaj repetat duce în orice sistem anorganic la dezorganizarea lui. El nu este, însă, doar un fragment anorganic de scoarță care evoluează sub presiunile factorilor externi spre dezintegrare, ci un spațiu locuit de o biocenoză cu care face schimburi permanente de substanță și energie, deci de informații.

Biocenoza este un sistem informațional complex, în care **traseul informației este circular**, cuprinzând și aferența inversă sau feed-back-ul, care, ajungând ca informație nouă, prelucrată, la receptor îl obligă pe acesta s-o preia și s-o modeleze din nou. De fiecare dată receptorul răspunde printr-o nouă schimbare (ajustare), prin care răspunsul final la informația inițială să se apropie cât mai mult de cel ideal, să fie, la fiecare încercare, cât mai puțin eronat.

Pentru biocenoză, circuitele feed-back produc reglaj atât față de inputurile informaționale din biotop, cât și față de cele din afara sa.

Ansamblul circuitelor feed-back care se organizează în biocenoză, datorită schimbului de informații cu biotopul îl integrează și pe acesta și funcționează ca mecanism reglator, sub forma unui **contracurent organizatoric** provenit din propria biocenoză. Astfel, se poate considera că și biotopul este capabil de autoreglare, dar indirect, cu ajutorul biocenozei pe care el însuși o susține.

Nici un biotop terestru (în esență, solul) sau acvatic (în esență, apa și calitatea sa) nu poate să se autoregleze și să se mențină timp îndelungat cu aceeași configurație de factori, în absența biocenozei sale, terestre sau acvatice.

Biocenoza oricărui ecosistem este **cu adevărat capabilă de autoreglare**, la schimbările din interiorul său și nu numai de reglare față de biotop și exteriorul lui (fig. 2.12):

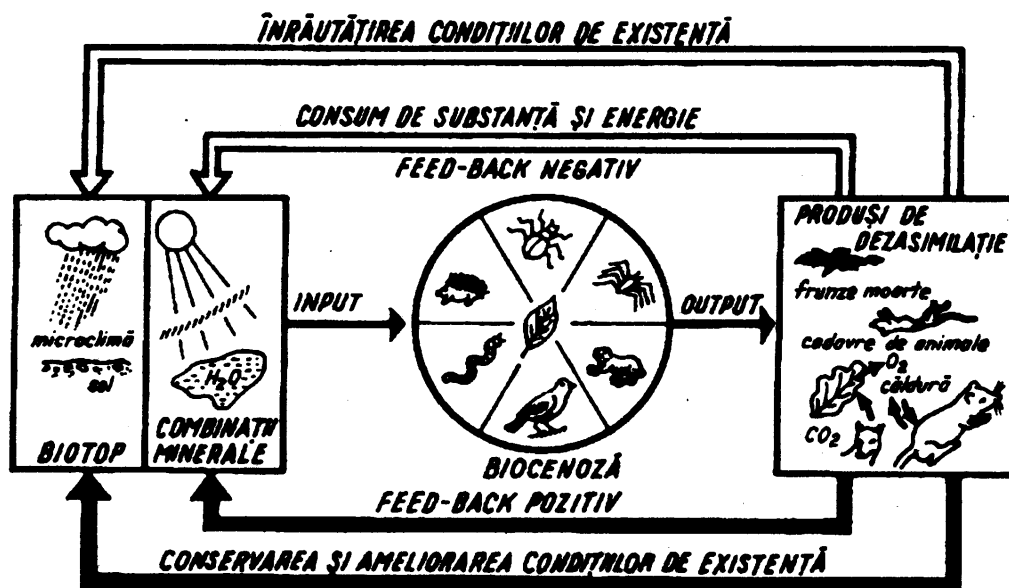


Fig. 2.12. Circuite feed-back în mecanismele reglatoare ale biocenozei (după Aleksandrova, 1961)

Și aceasta, deoarece structurile și componentele sale, toate vii pot fi și **surse de știri**, de **informații noi**, libere, pe care ele însele le pot receptiona și modela diferit. Rezultă un număr mare de **circuite feed-back interne**, mai lungi sau mai scurte, care se întretes într-o rețea, fiind funcționale. În ciuda unor noi apariții și mai ales dispariții de componente, probabilitatea ca noile informații să poată fi integrate în circuitele feed-back existente este foarte ridicată din cauza conexiunii lor complexe, astfel că are loc continuu un complex, fin și rafinat reglaj interior – **autoreglare adevărată**.

Exemplificăm:

Germinția și răsărirea masivă a indivizilor unei specii de plante se concretizează prin **creșterea numerică**, a efectivului populației respective, ca parte structurală a biocenozei. Aceasta este o **știre**, având ca sursă însăși biocenoza (**internă**). Informația din această știre, recepționată de toți componenții biocenozei, produce un feed-back negativ pentru indivizii speciilor de plante competitive (pentru spațiu, lumină, apă, nutrienți), cât și pentru cei din aceeași specie. Toți sunt nevoiți să-și diminueze intensitatea funcțiilor vitale, unii, mai prost plasați sau mai puțin adaptabili, murind. Moartea indivizilor trimite un feed-back pozitiv descompunătorilor și detritofagilor.

În același timp, aceeași informație, recepționată de fitofagele specializate să consume respectiva specie de plantă, generează un feed-back pozitiv, care s-ar traduce prin creșterea cantității de biomasă și a accesibilității acesteia pentru fitofage. Acestea reacționează pozitiv printr-o hrănire mai intensă, mai abundentă și un consum mai mic de energie pentru procurarea hranei. Reglajul constă în creșterea dimensiunilor corporale și a masei indivizilor fitofagi, înmulțirea lor mai rapidă. Răspunsul fitofagului este o informație liberă, recepționată ca atare de prădătorii săi, zoofagii ca un feed-back pozitiv etc., etc., Nu rămâne nici un component sau structură biocenotică care să nu fi primit, direct sau indirect, în același timp, atât un număr mare de feed-back-uri negative și tot atâtea sau (\pm) feed-back-uri pozitive, deci care să nu fi fost nevoie să se regleze și asta din cauza unei singure știri interne. Simultan, însă, se întâmplă numeroase astfel de evenimente în sânul biocenozei.

Ecologie

Toate aceste schimbări produse prin autoreglarea biocenozelor, ca și prin reglarea sa în raport cu biotopul și exteriorul lui (intensificarea și diminuarea unor funcții ale organismelor, moartea atâtor, nașterea altora) se reflectă și se acumulează, ca informații în biotop, contribuind la reorganizarea lui, la reglajul său sub presiunea biocenozelor.

Prin reorganizarea biotopului de către biocenoză se întăresc și se permanentizează schimburile de informații dintre cele două părți structurale ale ecosistemului, astfel că întregul ecosistem poate fi considerat capabil de reglare și autoreglare.

Prin reglare și autoreglare se instalează între biotop și biocenoză, de fiecare dată, o nouă **stare de echilibru (homeostazie)** a întregului ecosistem, ca o rezultată a ciocnirii antagonice dintre feed-back-urile negative și pozitive, ale căror efecte se țin reciproc în "șah" și nu sunt nelimitate, consecvent pozitive sau negative. Este și motivul pentru care ecosistemele sunt considerate sisteme în echilibru. Chiar și așa fiind, în fiecare nouă configurație și stare, acesta este doar **aparent, de foarte, foarte scurtă durată**. Fiecare nouă stare de așa-zis echilibru este întreruptă rapid de variația concentrației, chiar și unui singur factor al biotopului sau unui singur component biocenotic (viața însăși însemnând permanentă mișcare, schimbare).

Fiecare mică schimbare strică toată ordinea și echilibrul anterior, ecosistemul "petrecându-și" mai mult timp cu reorganizarea decât în echilibru. Ca sistem deschis și complex alcătuit, el este mai degrabă **într-o stare generală de non-echilibru** decât în echilibru. Acesta, atât cât există și durează, poate fi considerat o **stare staționară parțială**, mereu întreruptă sau un echilibru fluent, care curge neconținut, schimbându-și parametrii funcției de stare, fără ca vreodată să-i atingă pe cei din starea sau stările anterioare ori viitoare, un sistem **ireversibil**.

Dacă nu este adevărată afirmația că ecosistemul este un sistem echilibrat, este profund adevărată cealaltă afirmație, că **ecosistemele neperturbate sunt sisteme echilibrante** pentru celelalte ecosisteme naturale sau artificiale, pentru sistemele tehnice sau exclusiv umane.

Este adevărat acest lucru și important în același timp, pentru ecosistemele neperturbate de om sau calamități naturale, nu și pentru cele perturbate. Datorită multitudinii și interconectării circuitelor feed-back, informațiile noi din exterior, ca și din interior, oricât de numeroase ar fi, sunt integrate structural și funcțional și circulă mult mai intens în interiorul ecosistemului. Informația liberă, care scapă din acest angrenaj în afara ecosistemului, este laconică, puțină, mereu aceeași sau cu un regim de emisie regulat, ordonat. Sistemele înconjurătoare, naturale sau nu, anorganice sau biologice, recepționează de la fiecare ecosistem doar această informație liberă și nu sunt nevoite să presteze un travaliu prea mare de adaptare sau își pot construi un regim de funcționare propriu, funcție de regimul informației libere pe care o primesc de la ecosistemele înconjurătoare.

Stabilitatea ecosistemului, extinsă în spațiu și timp, este, în bună măsură, o realitate pentru ecosistemele la climax și neperturbate grav prin activitățile umane de extragere de recoltă (masiv, ori unilateral). Este vorba de perioade mai lungi sau mai scurte, în care deși ecosistemul își modifică starea și parametrii echilibrului, el funcționează într-un regim cu limite de variație restrânse sau mai largi (elasticitate se numește această caracteristică). În respectivul interval de timp, majoritatea schimbărilor se reflectă în modificarea periodică (\pm) a unor parametri funcționali și mai puțin a celor structurali.

În general, **se păstrează** atât **modelul structural** (părțile structurale, raporturile cantitative dintre ele), cât și **cel funcțional** (structurile funcționale, funcțiile lor specifice, raporturile funcționale între structuri – niveluri trofice, biotop x biocenoză), modificându-se doar unii sau toți parametrii structurali și funcționali, între limite care-i permit ecosistemului să-și îndeplinească funcțiile la un nivel relativ omogen (nu constant).

"Sănătatea" (health) ecosistemului este un nou concept, întemeiat pe caracterul holistic al acestuia. În baza lui, starea de ansamblu care imprimă sustenabilitate, poartă denumirea de sănătate sau capacitatea de a rezista stress-ului provocat de factori externi

sau interni și de a-și îndeplini funcțiile la parametri constanți ori crescători, păstrându-și diversitatea, organizarea internă și autonomia față de exterior (prin forțe proprii).

Scăderea producției, a diversității speciilor, pierderea sau dezechilibrul unor părți structurale sunt indicatori ai unei sănătăți precare și ai lipsei de sustenabilitate.

În prezent, se lucrează la o metodologie în baza căreia, pe criterii structurale și funcționale complexe, fiecare având parametri ce pot fi cuantificați să se poată evalua mai exact, pentru fiecare ecosistem, starea sa de sănătate și sustenabilitatea. Datele vor servi proiectelor de reconstrucție ecologică și optimizării structurale și funcționale ale unor zone sau areale.

În zilele noastre, sustenabilitatea și sănătatea quasi-majorității ecosistemelor naturale este periclitată direct sau indirect, pe de o parte de schimbările climatice, poluarea chimică și radioactivă, iar, pe de altă parte, de modul și intensitatea cu care omul intervine în recoltarea produselor ecosistemelor naturale.

Sustenabilitatea celor artificiale (agricole, silvice, lacuri de acumulare etc.) se apreciază a fi foarte redusă, în raport cu ritmul de creștere al populației umane (*Axinte, Stela, 1994; 2004*).

Capitolul III. ORGANIZAREA BIOSFEREI. CICLURILE BIOCHIMICE

Unitatea biosferei este demonstrată atunci când se studiază și se prezintă ciclurile diferitelor elemente necesare manifestării și dezvoltării vieții. Trei dintre aceste elemente intră direct în componența materiei vii; chiar dacă sunt considerate separate, sunt substanțe minerale de mare echilibru al biotopului. Acestea trei sunt: **apa**, **carbonul** și **azotul**.

III.1. Ciclul / circuitul apei în biosferă (natură)

Apa, substanță esențială care stă la baza vieții, constituie unul dintre elementele cele mai importante ale mediului. Fără apă nu pot exista colectivități umane, nu se poate concepe dezvoltarea unei localități fără un sistem durabil de alimentare cu apă și canalizare.

Metaforic vorbind, construcția de baraje constituie o provocare a omului la adresa naturii. O provocare a fost și acum 4 000 de ani, când egiptenii au construit lângă Cairo barajul Saddel Kafara, dar și acum 2 000 de ani, când românii au construit ceea ce numim primul "baraj în arc" și tot o provocare a rămas până astăzi.

Barajele realizate de om creează în spatele lor **lacuri de acumulare**, pentru a stoca volume de apă, în vederea utilizării lor în diferite scopuri.

Lacurile de acumulare și barajele reprezintă pentru mulți atât simbolul progresului economic al societății umane, cât și simbolul oprobiului public, oriunde ele produc modificări drastice în ecosistem.

Din acest considerent, printre rănile planetei noastre, un loc important îl ocupă și lacurile de acumulare, al căror **impact** asupra mediului înconjurător a fost adesea neglijat sau subestimat. De aceea, numeroase asemenea lacuri sunt privite drept catastrofe ecologice, cel mai adesea citat fiind cazul lacului Nasse, format pe Nil de către barajul de la Assuan.

Barând cursul unei ape, omul generează nu un impact, ci o rețea complexă de impacturi, de natură umană, biologică, hidrologică, atmosferică și terestră, componente esențiale ale mediului înconjurător.

Trecerea unei zone de teritoriu de la condițiile de uscat la condițiile acvatice sau lacustre este rapidă și evidentă. Consecințele acesteia se extind nu doar asupra suprafeței uscatului, ci și departe, în timp. Dacă la efectul lacurilor de acumulare adăugăm și alte aspecte rezultate din alterarea calității apei datorită modului de cultivare a terenurilor agricole, pesticidelor și altor activități umane, obținem imaginea completă asupra problemei realizării unui lac de acumulare.

Viața a apărut în apă, mai exact în ocean. Partea vie a biosferei – materia vie – este alcătuită din apă în procent de 70% din greutatea sa. În biochimie, se spune că materia vie este un sistem organic dispersat în apă. Apa constituie, deci, substratul fundamental al activităților biologice, catalizator și stabilizator al reacțiilor biochimiei.

Apa conferă stabilitate tuturor sistemelor vii și nu numai. Biosfera conține cca. 1 350 milioane km³ de apă, din care aprox. 97% se află în oceane. Apele continentale (fluvii, lacuri, pânze freatice etc.) reprezintă 8,3 milioane km³, adică doar 0,6% din total. Restul apei din biosferă se distribuie astfel:

- 12 700 km³ apă sub formă de vapori în atmosferă;
- 400 km³ apă în biomasa vegetală și animală.

Din aceste cifre rezultă că, din rezerva de apă a biosferei, cea legată în materia vie este infimă, de doar 0,00005% din cantitatea totală de apă de pe planetă. Circuitul apei în natură este prezentat în *fig. 3.1 (a și b)* și nu ia în calcul apa legată biochimic în materia organică, deci nu putem vorbi de un ciclu biogeochimic în adevăratul sens.

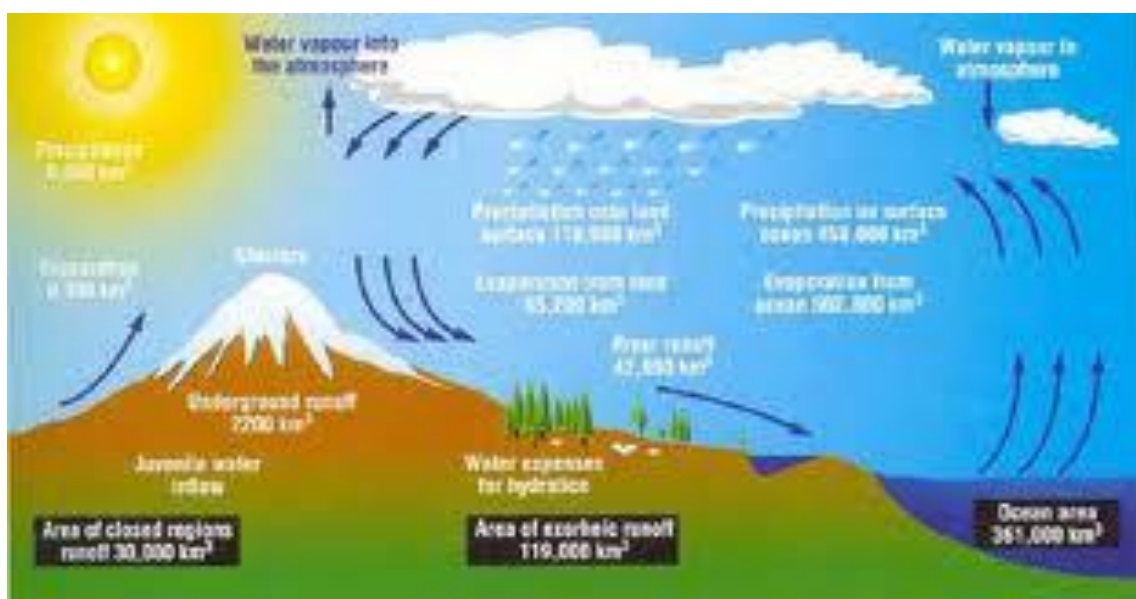


Fig. 3.1. a. Reprezentări ale circuitului apei în biosferă

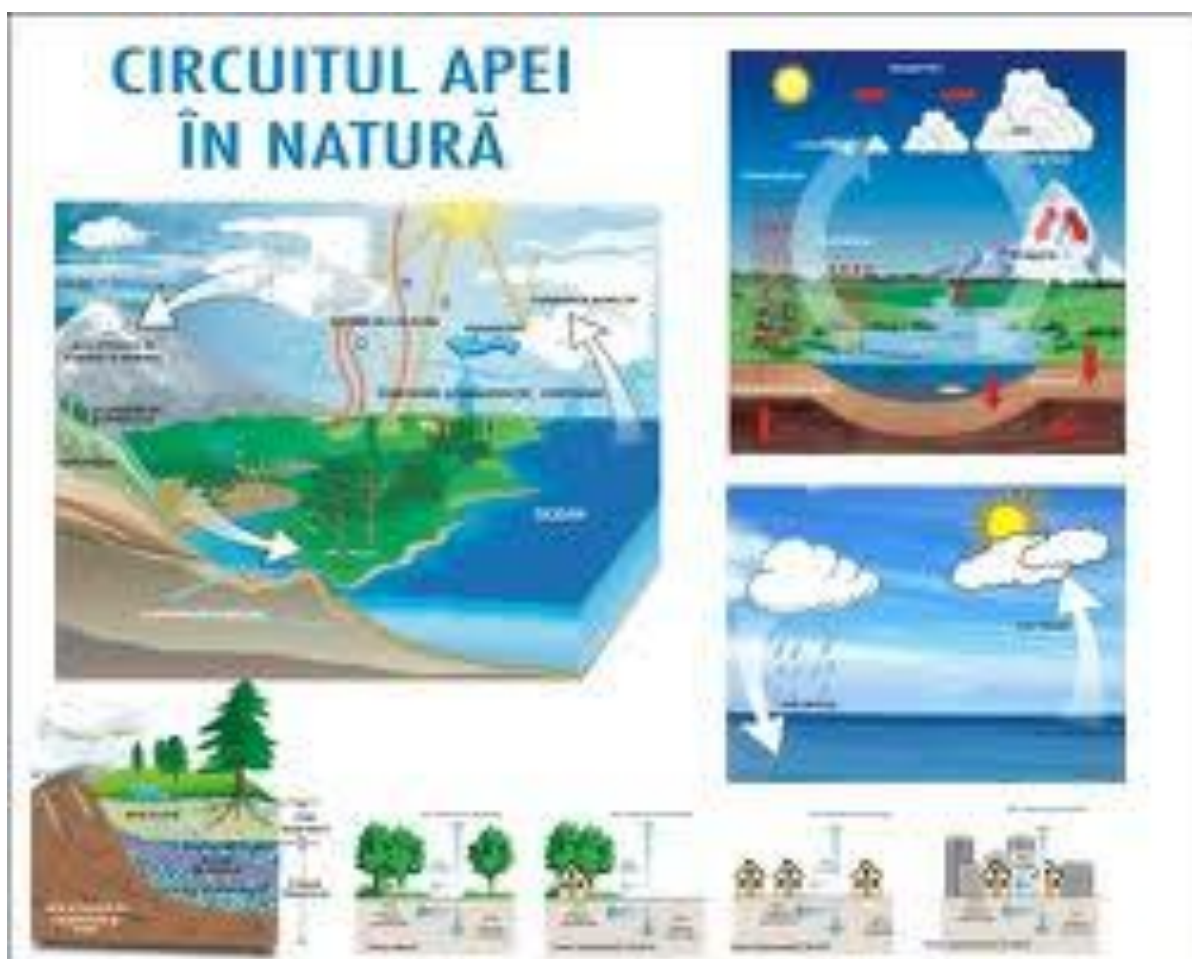


Fig. 3.1.b. Reprezentări ale ciclului (circuitului) apei în biosferă (natură), cu principalele fluxuri ale acestuia

Energia solară provoacă o evaporatie anuală de 450 000 km³ deasupra oceanelor și o evapotranspirație la suprafața continentelor de aprox. 70 000 km³/an. Această apă revine în circuit sub formă de precipitații. Bilanțul, însă, este negativ pentru oceane (411 000 km³/an) și pozitiv pentru continente (109 000 km³/an).

Cantitatea de apă care revine în atmosferă, ca urmare a transpirației de pe terenurile cu plante, ne-ar putea parveni prin măsurarea cantității de biomasă care se formează în zonă, utilizând așa-numitul "**coeficient economic al transpirației**" (C.E.T.).

C.E.T. reprezintă cantitatea de apă evaporată de plante pentru obținerea unui **gram de biomasă uscată**. Acest coeficient are valori între 300 și 800 și joacă un rol important în calculul bilanțurilor apei și energiei în biosferă. În ecosistemele controlate (cele agricole, spre exemplu), sunt de preferat coeficienții cu valori mici, apa fiind considerată, în acest caz, un factor de producție. Surplusul de apă terestră din zona continentală revine în oceane și mări prin fluvii și, respectiv, râuri (27 000 km³/an) și, în cantitate mai mică și mult mai încet, prin infiltrare (12 000 km³/an).

Raportându-ne la **plante**, putem afirma că apa este componentul indispensabil pentru viața acestora și, în același timp, factorul esențial în repartiția lor ecologică.

Apa reprezintă **solventul** pentru substanțele minerale și unii compuși organici solubili și, sub această formă, este absorbită prin rădăcini și condusă către frunze (prin xilem), unde participă la biosinteza organică. O parte din această apă se pierde prin **evaporare și transpirație** și reintră, astfel, în circuitul natural. Altă parte coboară, împreună cu "elaboratele biosintetizate" și se depozitează în organe de rezervă, constituind **apa înglobată** (bulbi, tuberculi, parenchime speciale). Această coborâre se realizează prin vasele liberiene (floemul).

Dacă deficitul în apă al solului devine prea mare, o parte din apă este retrocedată solului. La plantele xerofite, bilanțul apei în plantă este diferit față de plantele normale. La acestea, evapotranspirația este foarte redusă (ex.: cactaceele), ele formându-și țesuturi de acumulare de apă și organe speciale de evitare a pierderilor.

Prin circulația sa în plante, apa asigură următoarele **proces**:

- transportă ca **solvent** substanțele minerale către frunze;
- asigură **turgescența celulelor** (umflarea locală a unui țesut datorită acumulării de lichide) și conferă poziția **erectă** (verticală) plantelor ierboase;
- asigură mediul pentru desfășurarea unor reacții de **biosinteză** și de **biodegradare** a unor substanțe din plante;
- participă la procesul de creștere a plantelor;
- contribuie la reglarea temperaturii plantelor; pentru **vaporizarea** unui gram de apă în procesul de transpirație, se consumă o energie echivalentă cu 2 257 kJ;
- participă la procesul de **fotosinteză** cu protonii și electronii din procesul de **fotoliză** a apei.

Odată întreruptă circulația apei în plante, acestea vor muri după o perioadă scurtă, în care apa este redistribuită de la un organ la altul.

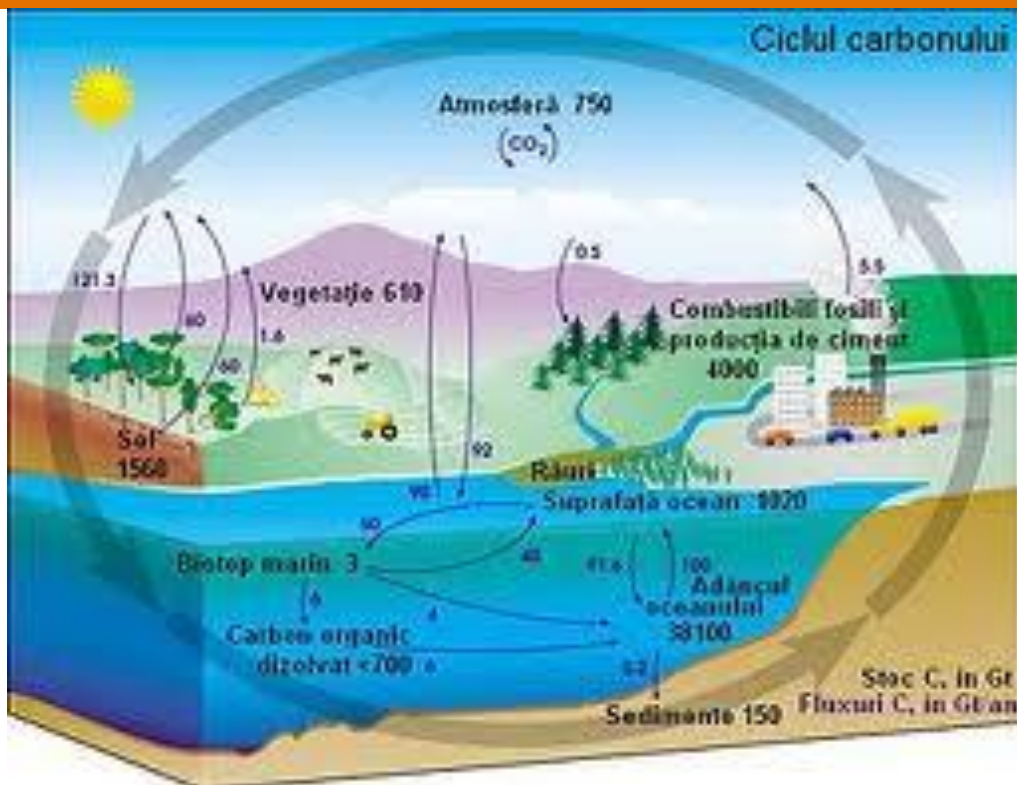
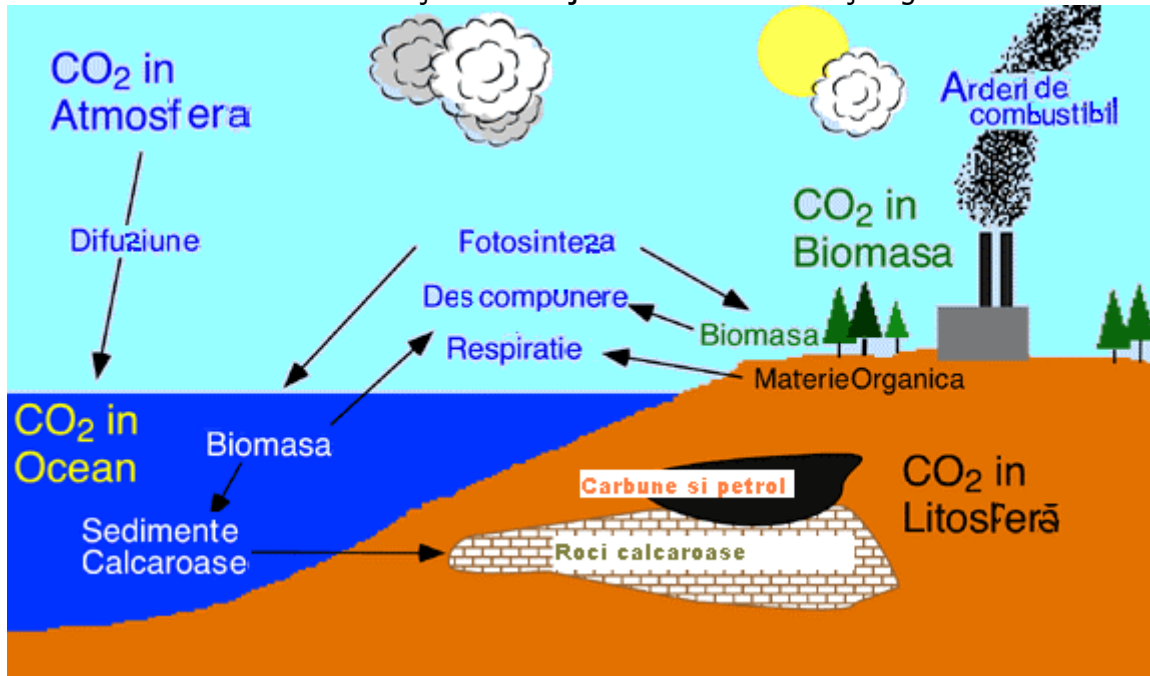
Prin asocierea mai multor plante în ecosisteme, circulația apei în masa de plante devine semnificativă. Ca intermediary în circuitul apei în natură, **solul** joacă un rol foarte important, contribuind semnificativ la repartiția ecologică a plantelor.

III.2. Circuitul / ciclul carbonului

Carbonul (C) reprezintă elementul de bază al materiei vii, ocupând 49% din greutatea substanței uscate (*Kormondy, E.J., 1976*), ce deține 24,9% din compoziția globală de atomi ai biosferei (*Deevey, E.S., 1970*), adică, în constituția materiei vii, acest element ocupă un loc egal cu oxigenul, situându-se drept al doilea element constituent al biosferei, după hidrogen (49,8% din compoziția în atomi a biosferei).

Ecologie

Carbonul este înmagazinat pe planeta noastră în câteva importante mari depozite prezentate în schema (fig. 3.2) și tabelul de mai jos: (1) ca și **molecule organice** în organisme vii și moarte care se găsesc în biosferă; (2) ca și **gaz – dioxid de carbon** în atmosferă; (3) ca și **materii organice** în sol; (4) în litosferă ca și **carburanți fosili și roci sedimentare** în depozite de calcare și dolomiți; și (5) în mări și oceane ca **dizolvați atmosferici** de dioxid de carbon și **carbonați de calciu** în scoici și organisme marine.



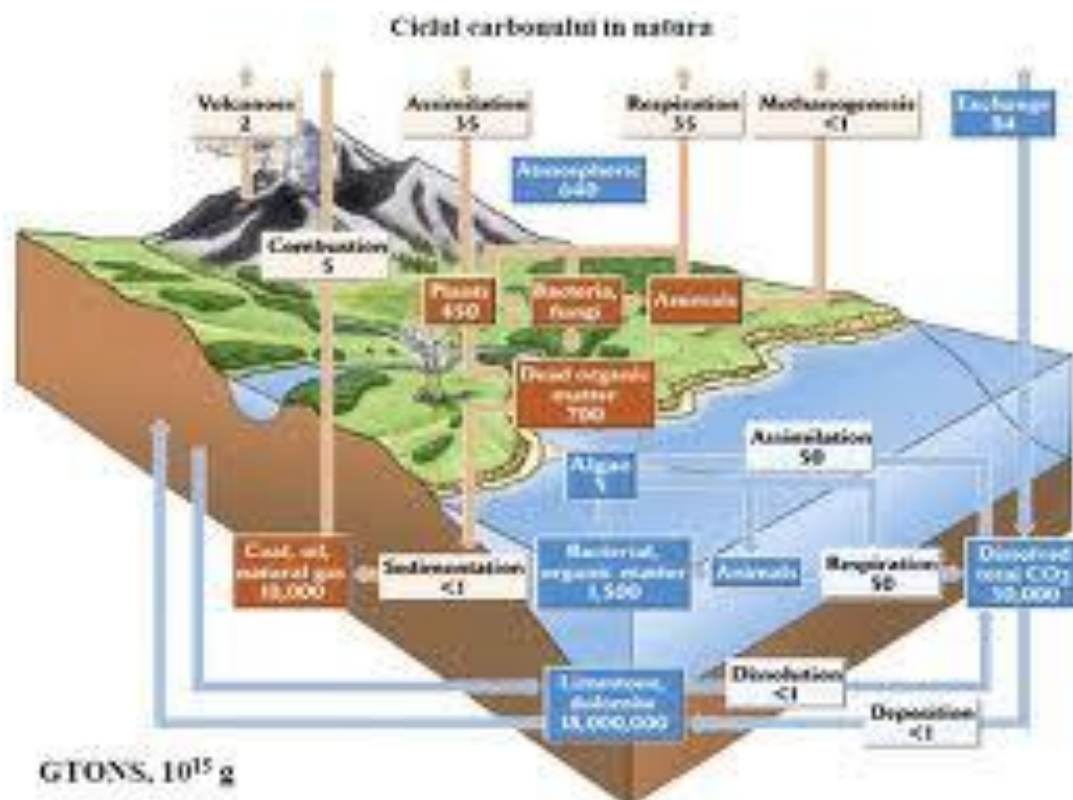


Fig. 3.2. Circuitul / ciclul carbonului

Tabelul nr. 3.1

Estimări ale depozitelor de carbon de pe pământ

Rezervor	Valoare în Miliarde de Tone Metrice
Atmosferă	578 la 766
Materii organice din sol	1.500 la 1.600
Mări și oceane	38.000 la 40.000
Sedimente marine și Roci sedimentare	66.000.000 la 100.000.000
Plante	540 la 610
Depozite de carburanți fosili	4000

Ecosistemele obțin majoritatea dioxidului de carbon din atmosferă. Un număr important de organisme autotrofe au mecanisme specializate care permit absorbția acestui gaz în celulele proprii. Cu adăugarea apei și a energiei din radiațiile solare, aceste organisme utilizează **fotosinteza** pentru a face transformarea chimică a dioxidului de carbon în molecule de zahăr cu conținut de carbon.

Aceste molecule pot fi modificate chimic de către aceste organisme prin aportul metabolic al altor elemente care produc compuși mult mai complecși cum sunt proteinele, celuloza și aminoacizii. Câteva dintre aceste materii organice produse în plante sunt apoi modificate prin consum de către animale heterotrofe.

Dioxidul de carbon intră în apa mărilor și oceanelor printr-un mecanism simplu de difuzie. Odată dizolvate în apa de mare, dioxidul de carbon rămâne așa cum e sau se poate modifica în carbonați (CO_3^{2-}) sau bicarbonați (HCO_3^-). Diverse forme de animale marine fixează bicarbonații cu calciu (Ca^{+2}) pentru a produce carbonat de calciu (CaCO_3). Această

Ecologie

substanță este folosită pentru reproducerea scoicilor sau a altor părți ale viețuitoarelor marine, cum ar fi: corali, raci, stridiile, câteva protozoare, și câteva alge. Când aceste organisme mor, învelișul scoicilor și diverse părți ale corpului se scufundă pe fundul mărilor și oceanelor, acumulându-se în depozite bogate în carbonați. După lungi perioade de timp, aceste depozite sunt considerate, din punct de vedere fizico-chimic, roci sedimentare. Depozitele din mări și oceane constituie de departe cele mai mari rezervoare de carbon ale planetei – după cum se poate observa și în *tabelul 3.1*.

Carbonul este eliberat în ecosistem ca și gaz de **dioxid de carbon** prin procesul de **respirație**. Acest proces are loc atât la plante, cât și la animale, implicând descompunerea moleculelor organice pe bază de carbon în dioxid de carbon și alți compuși. Circuitul alimentar primar conține o mulțime de organisme, al căror prim rol ecologic este de a descompune materia organică în produși anorganici.

De-a lungul a miliarde de ani, cantitatea de dioxid de carbon care se găsește în atmosferă a fost tot timpul în descreștere. Oamenii de știință au format ipoteza că această schimbare este un răspuns la creșterea puterii solare în aceeași perioadă de timp. Valorile ridicate ale dioxidului de carbon au ajutat reglarea temperaturii Pământului la valori ușor ridicate față de cele care se întâmplă azi. Aceste temperaturi moderate au permis înflorirea vieții plantelor contrar efectului de radiație solară. Mărirea efectului de seră, datorat unei concentrații mai mari de dioxid de carbon în atmosferă, a suplimentat producția de energie solară prin niveluri mai ridicate ale radiațiilor. Cu cât soarele era mai intens, diverse mecanisme biologice au stocat în mod gradat dioxidul de carbon din atmosferă în carburanții fosili și rocile sedimentare. Pe scurt, acest proces de reglare a menținut temperatura constantă pe Pământ.

Carbonul este înmagazinat în litosferă atât în formă organică, cât și anorganică. Depozitele anorganice din litosferă includ carburanții fosili ca petrolul, cărbunile, gazul natural, șisturi și carbonați de bază în depozite de roci calcaroase. Formele organice ale carbonului în litosferă includ litieră, materii organice, și substanțe humice din soluri. Dioxidul de carbon este eliberat din interiorul litosferei și prin vulcani.

De la revoluția industrială, umanitatea a mărit excesiv cantitatea de dioxid de carbon care se găsește în atmosfera și apele Pământului. Nivelul din atmosferă a crescut cu peste 30 %, de la aproximativ 275 părți/milion în anii 1700 la peste 365 părți/milion în zilele noastre. Oamenii de știință estimează că viitoarele niveluri de dioxid de carbon din atmosferă ar putea ajunge la valori cuprinse între 450 și 600 părți/milion în anul 2100. Majoritatea acestui gaz provine din activitățile omului incluzând arderea combustibililor fosili și modificările din **aurul verde** al Pământului – iarbă, păduri. Emisiile obținute din arderea combustibililor sunt de însumă aproximativ 65 % în plus față de dioxidul de carbon aflat în atmosfera Pământului. Ceilalți 35% derivă din defrișările, despăduririle și conversia ecosistemelor naturale către agricultură. Cercetătorii au arătat că ecosistemele naturale pot să înmagazineze de la 20 până la de 100 de ori mai mult dioxid de carbon decât terenurile agricole.

Sursele de carbon anorganic joacă un rol foarte important în determinarea structurii și a funcțiilor biocenozelor algale și, de asemenea, pot prezenta importanță în eutrofizare. Majoritatea formelor de carbon prezente în apă reprezintă produse de echilibru ale acidului carbonic, dar numai dioxidul de carbon și bicarbonatul sunt, de obicei, considerați a fi surse accesibile de carbon pentru fotosinteză. Sub valori ale $\text{pH} = 5$ se găsește numai CO_2 liber, la pH cuprins între 7 și 9 predomină bicarbonații, asimilați direct sau indirect de către alge, iar la valori ale $\text{pH} > 9,5$ domină carbonatul și nu este utilizat în această formă de cele mai multe alge. Atunci când algele utilizează în procesul fotosintezei dioxidul de carbon liber și și bicarbonații, un nivel ridicat al pH -ului în sistem poate induce o concentrație scăzută a carbonului organic asimilabil.

Unele ape dure de lac conțin mari cantități de bicarbonat și, probabil, carbonat de calciu particulat și coloidal. În aceste ape, carbonatul de calciu particulat și coloidal pot

inactiva compușii organici labili, reducând metabolismul bacterian, întârziind regenerarea anorganică și organică, înăbușind disocierea carbonului anorganic din complexul carbonat – organic, carbonul devenind limitativ pentru activitatea fotosintetică.

Atunci când algele utilizează în procesul fotosintezei CO_2 liber și bicarbonați, un nivel ridicat al pH-ului în sistem poate induce o concentrație scăzută a carbonului anorganic asimilabil. Unii cercetători afirmă că, mai degrabă decât fosforul sau azotul, **carbonul** este un **nutrient limitativ** în producerea înfloririlor algale (King, 1970). Dioxidul de carbon liber este indispensabil în ordonarea structurii comunităților acvatice.

Bacteriile aerobe degradează materiile organice și produc CO_2 , pe care algele îl utilizează în fotosinteză. În același timp, algele eliberează oxigen, pe care bacteriile îl folosesc în descompunerea materiilor organice.

Azotul, fosforul și alte substanțe necesare intră într-un ciclu în timpul acestui proces care se petrece între alge, bacterii și mediu.

Experiențele au demonstrat că atât carbonul organic, cât și cel anorganic (CO_2 gazos sau bicarbonat) determină o creștere foarte mică sau chiar nulă a biomasei, atunci când acesta este adăugat singur sau împreună cu azotul și fosforul (Ceapoiu, N. – 1968).

CO_2 – principalul rezervor de carbon implicat în funcționarea biosferei – este dizolvat sub formă de ioni carbonici în mările și oceanele lumii (cca. 35 000 milioane tone). Partea din atmosferă (rezervorul atmosferic) constituie cca. 700 miliarde tone, ea reprezentând, astfel, cel mai important factor în existența organismelor terestre (Bolin, B., 1970). Acest imens rezervor este aprovizionat continuu de către CO_2 produs prin respirație de către materia vie, prin procesul denumit **combustie biologică**, dar nu mai este alimentat și prin **combustie industrială**, cauzată de arderile carbonice ale resurselor fosile. Acest ultim izvor de CO_2 a devenit semnificativ în special în ultimii o sută de ani de existență a biosferei. Deoarece ieșirile din sistem, realizate doar prin fotosinteză, nu cresc în aceeași măsură cu intrările din procesele industriale, se înregistrează în atmosferă, în ultimul secol al mileniului II, o creștere progresivă a CO_2 în aer, de la 280 ppm la începutul secolului, până la 375 ppm în 2000 (Berca, M., 2000). Acest fenomen a condus la încălzirea atmosferei și la crearea unor dezechilibre globale în circuitul apei în natură, mai ales la topiri ale calotelor glaciare.

În scopul reglării problemei, societatea umană are două **soluții**:

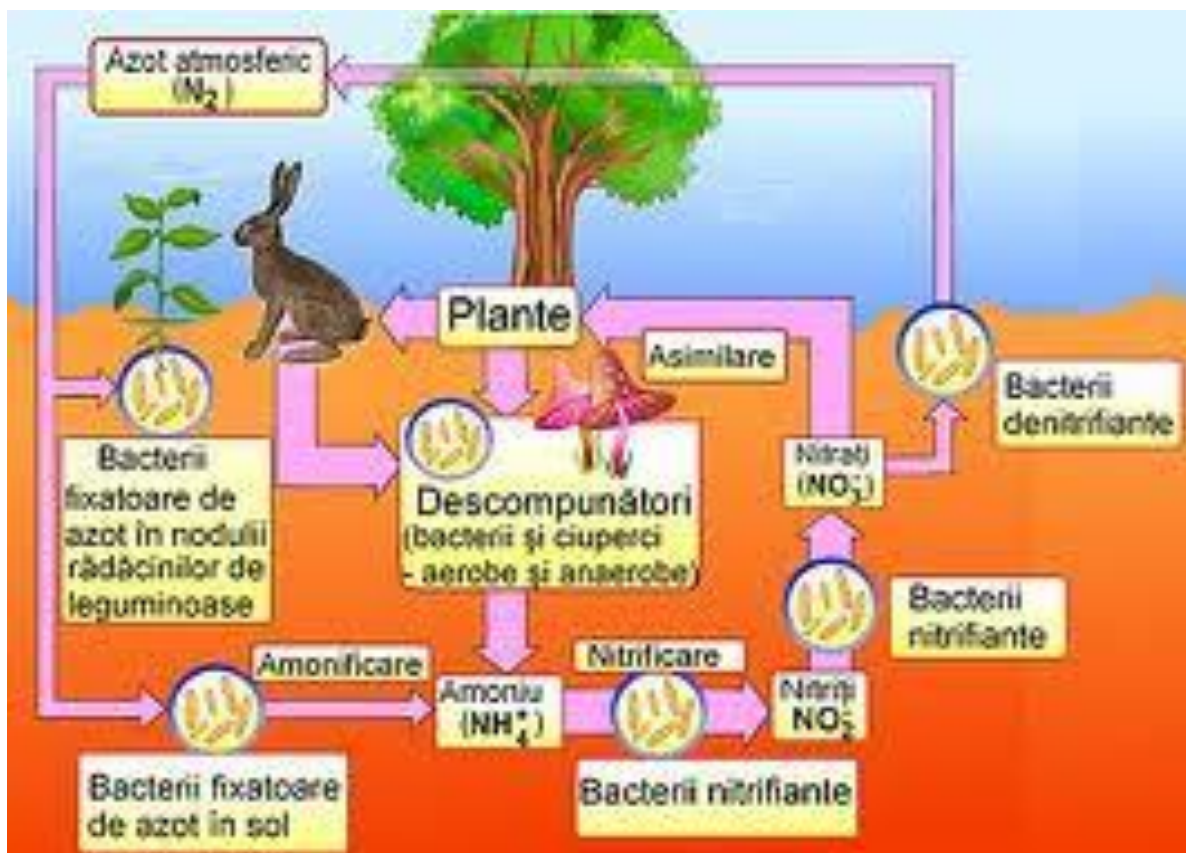
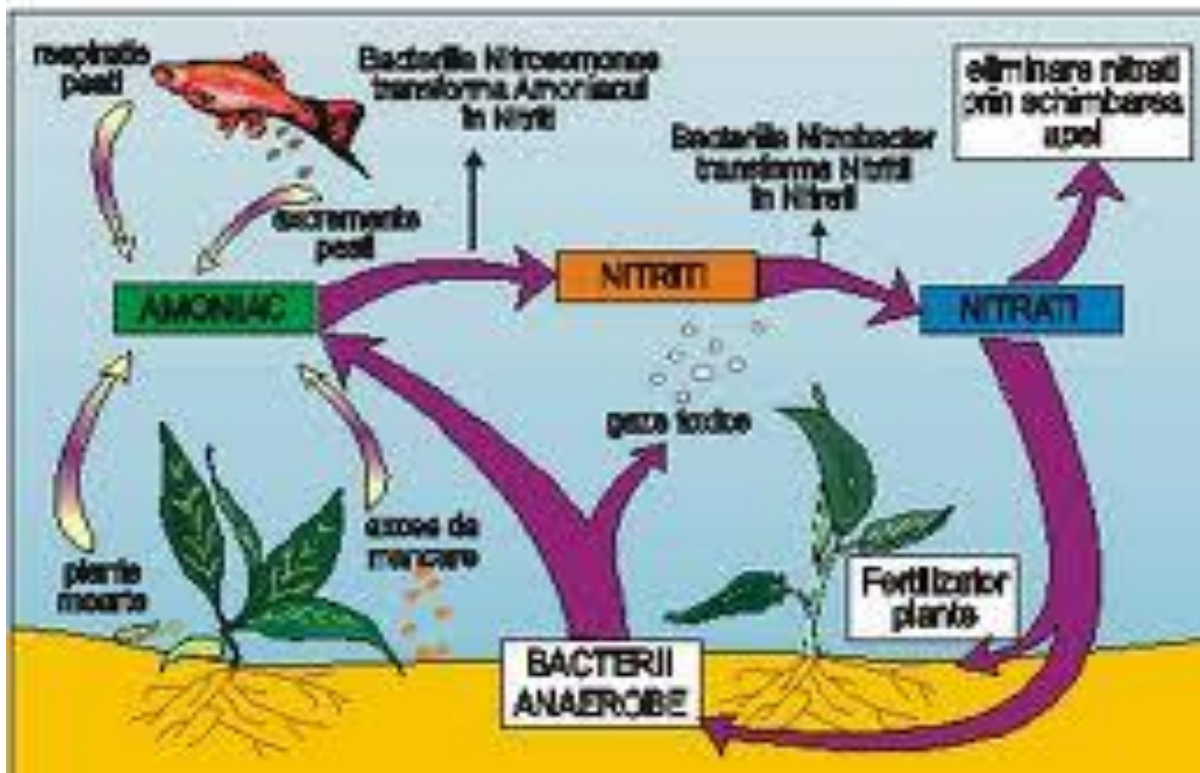
- creșterea consumului de CO_2 din atmosferă, prin mărirea volumului de vegetație și mărirea consumului specific, respectiv a intensității fotosintezei;
- reducerea emansiilor industriale de CO_2 în atmosferă, prin ridicarea gradului de tehnologizare industrială și protecție a naturii.

De aici, rezultă importanța factorului uman în dinamica circuitelor biogeochimice și în funcționarea și evoluția biosferei.

III.3. Circuitul / ciclul azotului

Spre deosebire de carbon, atmosfera este foarte bogată în azot – 79%, sub formă moleculară (N_2). Deasupra fiecărui hectar de pământ sau apă se află 80 000 tone azot molecular, considerat, practic, un gaz inert. Există, însă, foarte puține organisme capabile să-l utilizeze și sub această formă (N_2). Din punct de vedere biologic, principalul rezervor de **azot** îl constituie: azotul **mineral**, **amoniac**, **nitriți**, **nitrați** etc.

CICLUL AZOTULUI



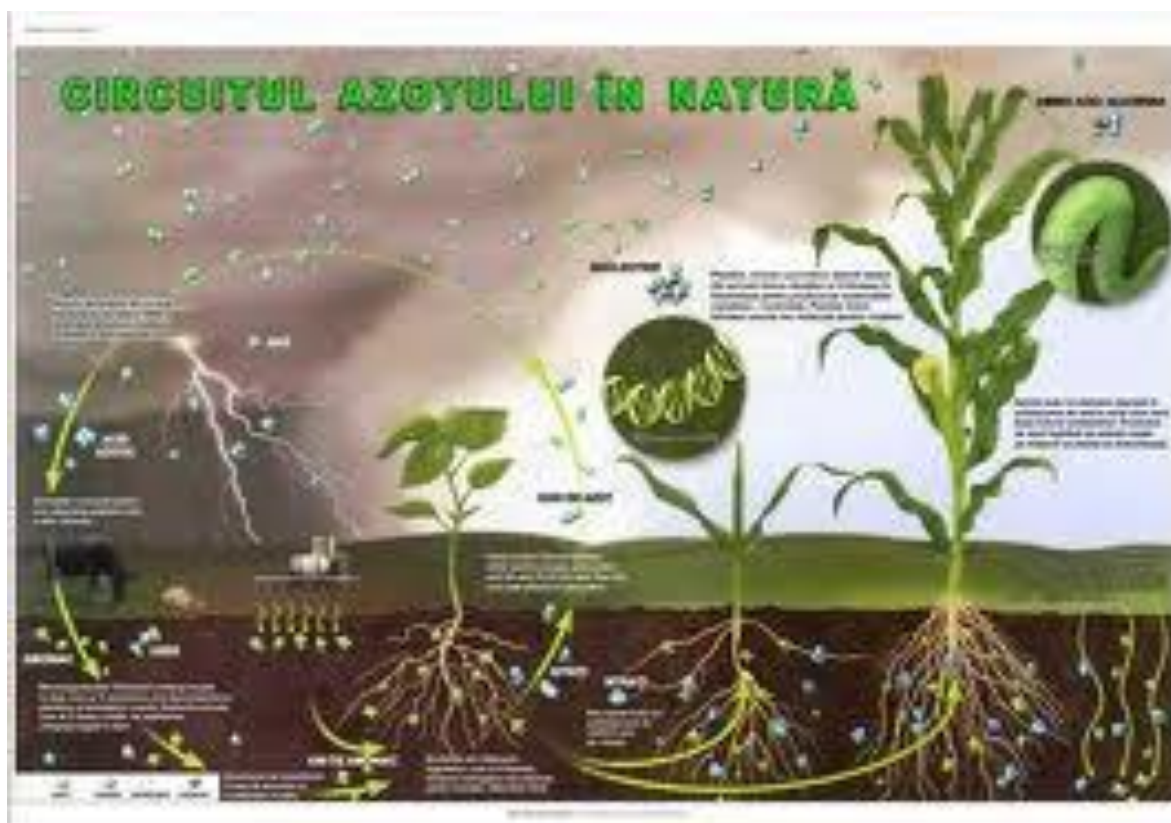


Fig. 3.3. Circuitul / ciclul azotului în natură

Cantitățile de azot fixate în biomase și rezervele fosile și schimburile anuale ne indică faptul că biosfera dispune de rezerve imense de azot, care, în două cifre, se materializează în 4 miliarde de milioane tone, în sediment și, respectiv, 3,8 miliarde de milioane tone, în atmosferă. Alte 3-4 miliarde de milioane tone se află în dinamică, în circuit.

În complexul bilanț al nutrienților - de care au nevoie pentru organizare, expansiune și continuă întreținere comunitățile algale -, azotul și fosforul sunt cele mai importante elemente din această fundamentală categorie și, în consecință, constituie factori vitali de control ai structurii comunităților acvatice.

Azotul pătrunde în lacuri din foarte multe surse: precipitații, râuri, ape subterane, scurgere directă sau indirectă etc. și este considerat ca fiind **factor limitativ**. Adăugat în cantități potrivite, acesta stimulează creșterea comunităților algale. Majoritatea algelor au capacitatea de a utiliza atât amoniul, cât și nitratul, când acesta se găsește în concentrații adecvate. Unele specii de alge au aceeași rată maximă de creștere în prezența nitratului ca și în prezența amoniului, însă nitratul cere mai multă energie pentru reducere și, în cazul când aceasta este limitată, o creștere mai puternică are loc în prezența amoniului. Dezvoltarea explozivă a *diatomeelor* este asigurată de amoniu. *Shickland* (1969) arată că, în tancuri cu diametrul de 10 m și adâncimea de 5 m, culturile de *dinoflagelate* și *diatomee* au asimilat NH_3 înaintea NO_3 .

Nivelul de utilizare a glucozei la *Chlorella pyrenoidosa* este mai mare cu 16% în prezența amoniului decât în prezența nitratului. *Gaematococcus pluvialis* și *Botrycoccus* preferă nitratul amoniului, în timp ce alte grupe utilizează amoniul și exclud nitratul (*Ceapoiu, N. - 1968*).

Lumina și asimilarea azotului sunt într-o strânsă interrelație. Eficiența conversiei energiei luminoase la *Chlorella* este cu 30% mai mare în prezența amoniului decât în prezența nitratului. Amoniul produce o rată mai scăzută a sintezei în celulă decât nitratul, în condiții limită ale intensității luminoase.

Ecologie

Efectele nocive ale amoniului sunt vizibile în medii cu capacitate de tamponare redusă; nitrații și ureea nu produc asemenea efecte. S-a demonstrat că fitoplanctonul prosperă în concentrații relativ scăzute de săruri nutritive, în special fosfați (de obicei, mai mici decât cele întâlnite în mediile de cultură).

Nitriții pot fi folosiți ca sursă de azot pentru unele specii de alge; în mod sigur, unele alge pot utiliza și azot organic.

Creșterea algelor în cultură este optimă la valori cuprinse între 0,3 și 1,3 mg N mineral/l, pentru unele specii limitele putând fi mai mari: *Asterionella*, *Tabellaria*, *Fragilaria* nu necesită cantități ridicate de azot; în schimb, *Ankistrodesmus falcatus* nu atinge optimum de creștere decât la concentrații ce depășesc 10 mg/l.

Vollenweider, R.A. (1970) a arătat că există o riguroasă dependență a speciei *Tabellaria fenestrata* față de azotul anorganic. Studiile realizate de *Jones și Stewart* (1969) evidențiază, în general, condiții optime pentru diatomee la valori sub 1 mg N/l, iar pentru algele verzi și albastre la valori peste 1 mg N/l.

Rolul acestor doi principali nutrienți în procesul de eutrofizare este strâns legat de înțelegerea naturii trofice a apelor de suprafață.

Condițiile ecologice de bază guvernează productivitatea biologică a lacului sau rezerva de hrană, compusă din diverse vietăți, de la alge unicelulare la nevertebrate planctonice și pești.

O limitare a cantității de pește care populează un lac este dată de reacția peștilor față de ei înșiși. Cercetările au demonstrat că numeroase specii de pești reacționează negativ la suprapopulare. Dacă, de exemplu, există mai mulți indivizi dintr-o specie într-un lac decât capacitatea sa, anumiți pești (roșioara, crapul etc.) vor elimina feromoni în apă, împiedicând, astfel, femelele să depună ouă. Deși o cantitate mare de pește introdusă ar putea însemna, aparent, o recoltă bogată, totuși, piscicultorii evită primăvara suprapopularea cu puiet a crescătorilor, deoarece aceasta ar conduce la obținerea unor exemplare de talie mică și, în multe cazuri, la o mortalitate piscicolă foarte ridicată (*Sosin, M., Clark, J.* – 1973).

Abundența plantelor în apă este limitată de cantitatea substanțelor nutritive dizolvate în apă, lumina solară ce trece prin apă, temperatură etc. La o cantitate limitată de plante în apă, deci, rezultatul va fi un număr limitat de consumatori primari (obleți, boarcă, fircă etc.), secundari (raci etc.) și prădători (știucă, șalău, avat, somn etc.). De regulă, există o reducere a volumului de 10 la 1 pentru fiecare verigă a lanțului trofic (*fig. 3.4*).

Pentru a produce o știucă de 5 kg sunt necesare 50 kg de puiet, care consumă 500 kg de nevertebrate, iar acestea, la rândul lor, mănâncă 5 000 kg de plante.

Ecosistemul acvatic are un echilibru delicat și orice perturbare a unei verigi din lanț va afecta automat întregul sistem. Unii ecologi se referă la acest sistem ca la o piramidă, nu ca la o rețea sau un lanț. Efectul de piramidă este cel care limitează drastic abundența prădătorilor.

Peștii răpitori sunt în vârful piramidei, în competiție cu alte specii de prădători, unii pentru plancton, alții pentru amfibieni, insecte etc.

Reducerea din piramidă, de la un stadiu la altul, nu reprezintă pierderi ale ecosistemului. Dioxidul de carbon, eliminat prin expirație, este refolosit de plante la fotosinteză. Excrementele animalelor sunt transformate în substanțe nutritive de bază (nitrogen, fosfați etc.) și apoi sunt reciclate.

Toate organismele moarte sunt reconvertite de către bacterii în nutrienți de bază, care vor fi utilizați de plante în fotosinteză și reciclați prin întregul lanț. Din acest motiv, bacteriile au fost denumite a 5-a verigă din lanț (*Sosin, M., Clark, J.* – 1973).

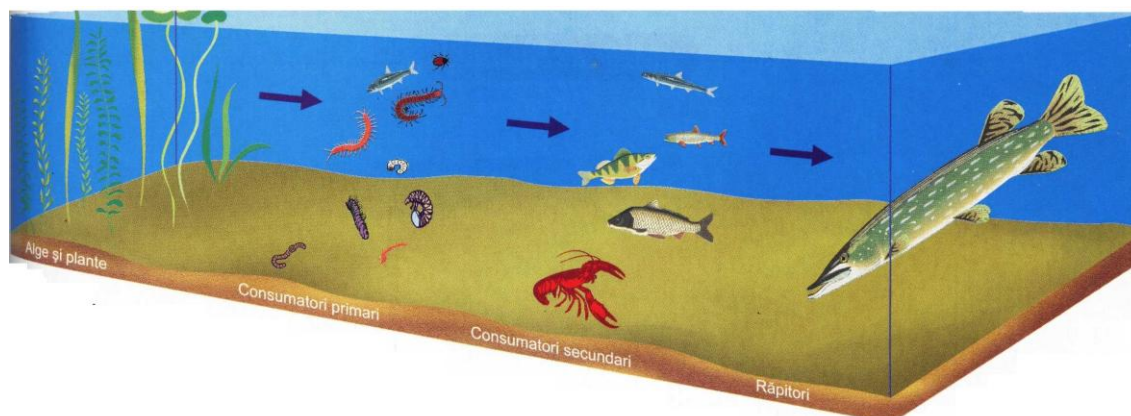
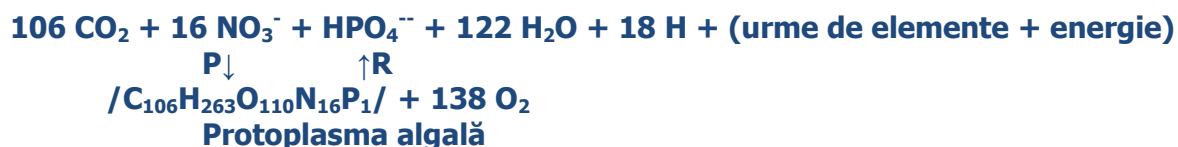


Fig. 3.4. Circuitul hranei în forma sa de bază
(Agafiței, Alina, 2006)

Importanța azotului și a fosforului în menținerea stabilității sistemelor ecologice se evidențiază în ecuațiile stoichiometrice elaborate de *Stumm* și *Morgan* cu privire la autotrofie și heterotrofie.

Într-un sistem ecologic echilibrat există o interrelație reciprocă între activitatea producătorilor și cea a consumatorilor, între fotosinteză și respirație, între producție și degradarea materialului organic sau între producerea și consumul de oxigen. În starea de echilibru se produce un surplus constant de oxigen.

Ecuația lui *Stumm* și *Zolinger* (1972) constituie o prezentare simplificată a ecuațiilor stoichiometrice și caracterizează nivelul staționar dintre producția fotosintetică și rata descompunerii materialului organic (*Ceapoiu, N.* – 1968):



Menținerea constantă a compoziției chimice în apă asigură starea staționară. Eutrofizarea ("înflorirea" apei, datorată excesului de nutrienți) conduce la tulburarea acestei stări în epilimnion și hipolimnion, în paralel cu dezvoltarea condițiilor anaerobe. Activitatea heterotrofă depășește producerea oxigenului prin fotosinteză. O simplă trecere a unui mg de fosfor prin ciclul heterotrofic – eutrofic implică consumarea a 138 mg de oxigen. Completa dezoxigenare a hipolimnionului apei lacurilor stratificate poate fi produsă de cantitatea de 70 μl P anorganic.

Ideea că azotul și fosforul pot limita creșterea algelor este evidențiată de *Sawyer*, care a demonstrat că "înfloriri" ale fitoplanctonului sunt probabile dacă în primăvară concentrația fosforului în apă depășește 0,01 mg/l, iar cea a azotului 0,3 mg/l.

În evoluția mediului viu, unele fenomene biologice și biochimice, în care este implicat azotul, sunt foarte importante – determinante, chiar, în funcționarea sistemului biologic, și anume:

- fixarea azotului;
- amonificarea;
- nitrificarea;
- denitrificarea.

Apele uzate industrial contribuie, prin cantitățile relativ însemnate de azot și fosfor pe care le conțin, la stimularea procesului de eutrofizare. Cantitatea maximă de azot și fosfor o furnizează apele uzate provenite din industria alimentară (fabricarea berii, distilarea alcoolului, prepararea și prelucrarea cărnii etc.), textilă și de fibre sintetice.

Un aport important de fosfor este produs prin deversarea leșiiilor. Eliminarea, într-o măsură satisfăcătoare, a zotului, respectiv a fosforului în cadrul stațiilor de epurare necesită echipamente specifice, care, datorită costului lor ridicat, nu sunt în mod suficient disponibile.

În lacuri și râuri se întâlnesc patru forme de azot - organic și, respectiv, mineral, sub forma: NO_3^- , NO_2^- și NH_4^+ . Formele nitrit (NO_2^-) și amoniac (NH_4^+) sunt prezente în cazul disfuncționalității mediului acvatic, fiind toxice pentru organismele vii; aceste forme sunt, de obicei, rare și, în orice caz, tranzitorii.

În condiții normale de oxigenare, azotul se găsește în special sub forma nitraților (NO_3^-), care, fiind în stare dizolvată, prezintă o mobilitate potențială foarte mare. În sedimente, azotul se găsește sub formă de azot organic. Atât în apele naturale, cât și în cele uzate, cunoașterea formelor de azot este deosebit de importantă pentru aprecierea stării de oxidare, NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ și azotul organic, toate aceste interacțiuni fiind, din punct de vedere biochimic, interconvertibile.

Formele de azot dizolvat se referă la azotul mineral (azotați, azotiți, amoniu) și azotul organic (aminoacizi). Sub formă particulară, acesta apare în special sub formă de azot organic din detritus.

Azotul organic și amoniacul se pot determina analitic, ca "azot Kjeldahl". Partea organică include materii naturale (proteine, peptide, acizi nucleici și uree) și numeroase substanțe organice sintetice, concentrațiile variind în ecartul sute mg/l până la peste 20 mg/l (canalizări).

În lacuri și râuri, fosforul se găsește sub formă de fosfor organic, de PO_4^{3-} dizolvat și de P fixat pe particule aluvionare; această ultimă categorie poate avea, uneori, o pondere importantă. Este știut că impactul nutrienților asupra mediului, în particular asupra florei acvatice, este în funcție de forma lor de prezentare. Nitrații și fosfații (PO_4^{3-}) corespund formelor de azot și fosfor direct asimilabile de către vegetația acvatică. Alte forme de fosfor pot fi utilizate de flora acvatică numai în condiții de mediu.

Formele dizolvate de azot și fosfor se pot fixa pe particulele prezente în ape prin mecanisme ce depind de natura particulei și a nutrientului. Acestea pot fi adsorbite fizic, chimic sau pot să precipite. În funcție de condițiile hidrodinamice, particulele conținând nutrienți se pot găsi în stare mobilă (în suspensie) sau se pot decanta pe fundul mediului acvatic.

Ridicarea în suspensie sau în soluție a nutrienților aflați în depozitele sedimentare de fund poate avea loc și în alt mod, caracteristic apelor cvasistătătoare. În perioada estivală, insolația puternică și absența vântului produc o stratificare termică a apelor calme: cele de suprafață se încălzesc, în timp ce apele de fund rămân reci (*Varduca, A. - 2000*).

Gradientul de densitate mărit între masele de apă cu temperaturi diferite frânează schimbul pe verticală. Apele de fund nu se primenesc, sărăcind în oxigen, datorită degradării materiilor organice decantate. Acest deficit de oxigen modifică condițiile fizico - chimice la interfața apă - sediment, ceea ce provoacă ridicarea în soluție a numeroși ioni fixați pe particulele de mîl. Acesta este, în particular, cazul compușilor amoniacali și al fosfaților.

În ceea ce privește transportul masic de nutrienți, acesta se referă în principal la NO_3^- și PO_4^{3-} , fapt ce arată că intrările în sistem sunt mai mari decât ieșirile (degradare, asimilare, precipitare etc.) În schimb, la azotați și amoniac, mecanismele de îndepărtare din sistem prezintă o pondere superioară, astfel încât transportul masic este mai puțin relevant în comparație cu cel specific azotaților și ortofosfaților.

Pentru ciclurile biogeochimice aferente și din punct de vedere al monitoringului, se vor considera ca elemente de bază azotul, fosforul și carbonul în apele de suprafață (*fig. 3.5*).

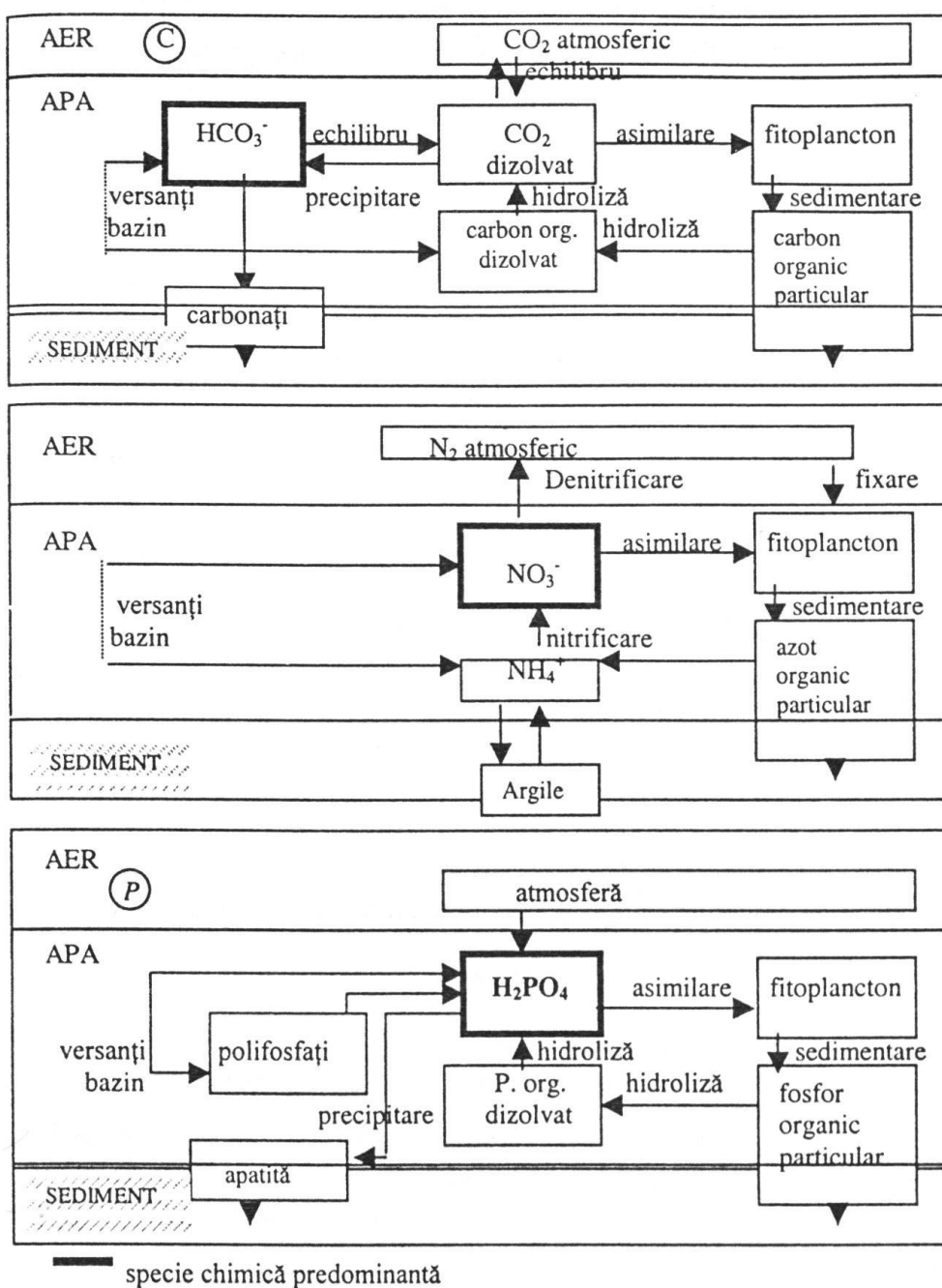


Fig. 3.5. Ciclurile biogeochimice ale C, N și P în apele de suprafață (după Varduca, A. – 2000)

Activitatea biologică a organismelor ce trăiesc în mături (larve, nevertebrate benthice diverse) poate favoriza, de asemenea, revenirea în stare dizolvată a nutrienților fixați pe sedimente.

Detalii asupra dinamicii materialelor în suspensie într-un colț al lacului sunt prezentate schematic în fig. 3.6.

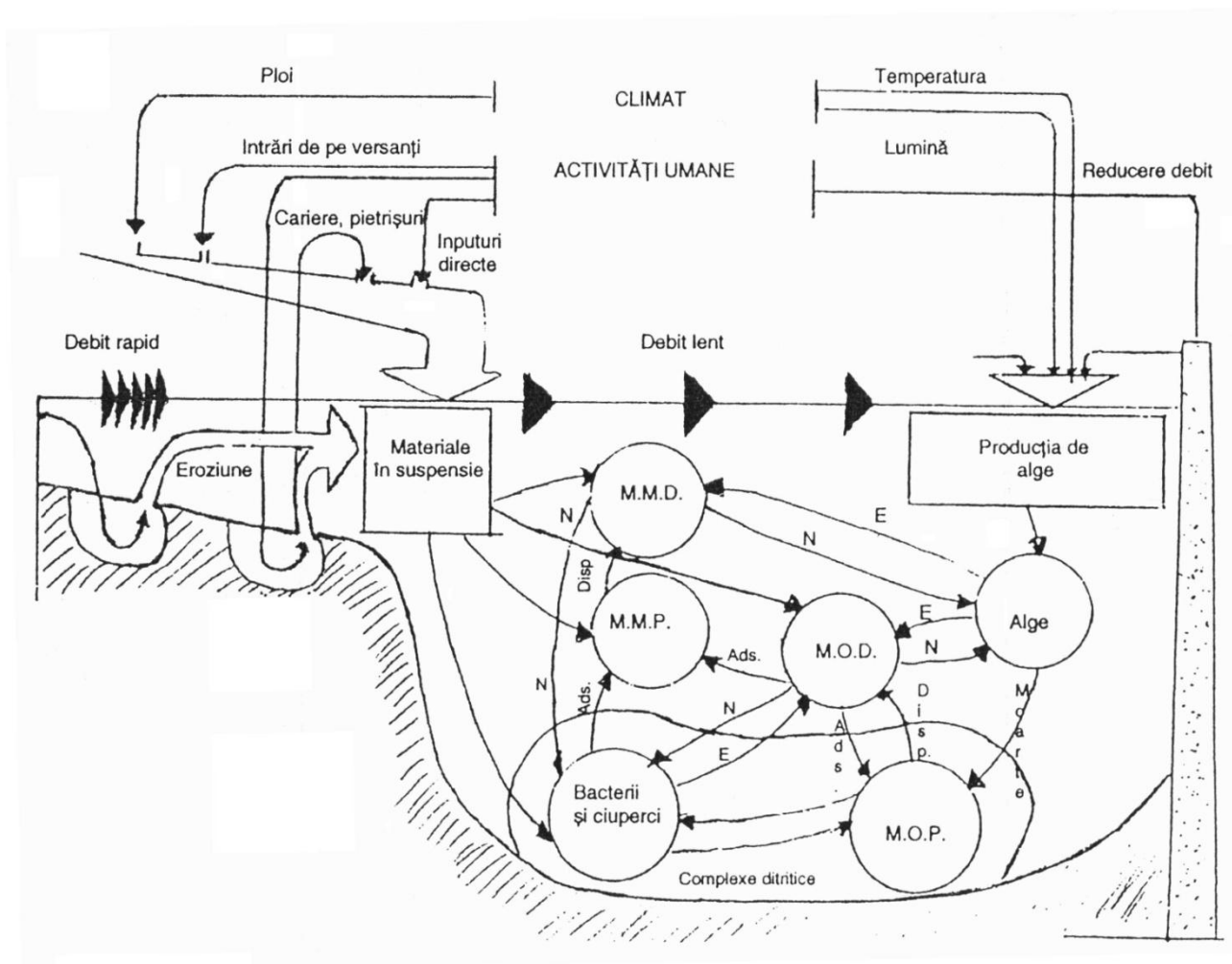


Fig. 3.6. Detalii asupra dinamicii materialelor în suspensie, într-un colț al lacului; MMD, MMP: materii minerale dispersate; Ads: adsorbție; E: excreție; N: nutriție (Agafitei, Alina, 2006)

Bacteriile sunt prezente atât în masa de apă, cât și în sedimente, în funcție de condițiile de oxigenare, degradând materiile organice și influențând puternic repartiția formelor de nutrienți.

Transformările au loc în trei faze:

- **amonificare:** $N \text{ organic} \rightarrow NH_4^+$;
- **nitrificare:** $NH_4^+ \rightarrow NO_3^-$;
- **denitrificare:** $NO_3^- \rightarrow N_2 \text{ gazos}$.

Conținutul în substanțe nutritive al reziduurilor industriale este prezentat într-un raport al O.C.D.E. (1966):

Conținutul în substanțe nutritive al reziduurilor industriale
(după *Phelippot, S.* – 1995)

Natura reziduurilor	CBO ₅ (mg/l)	N (mg/l)	P ₂ O ₅ (mg/l)	P	CBO ₅ /N	CBO ₅ /P
Fabrici de zahăr	1180	21-70	6-30	2,6-13	56/1	356/1
Apă de spălare	4630	-	-	-	66/1	455/1
Amidon din cartofi	3120	89-196	63-184	27-80,5	16,8/1	38,7/1
Lăptării	200	30	2-3	0,9-1,3	6,7/1	222/1
Depozit de malț	1621	29	30	13	56/1	125/1
Fabrică de bere	611	159,4	46,5	20,2	3,9/1	30,2/1
Drojdie	3042	858	-	-	3,5/1	-
Abatoare	838	145	18,7	8,2	5,8/1	102/1
Jupuirea animalelor	1000	400	100	43,7	2,5/1	22,9/1
Panouri de paie	3900	165	-	-	23,6/1	-
In	2500	40	60	26,1	62,5/1	96/1
Amidon	3000	319	175	76,5	9,4/1	39,2/1
Spălarea lânii	10000	1400	-	-	7,2/1	-
Vopsitorii	1020	7-22	-	-	145/1	-
Tăbăcării	296	57	-	-	5,2/1	-
Altele	622	51	-	-	12,2/1	-
Distilării	15000	1900	-	-	7,9/1	-
Penicilină	4030	400	-	-	10,1/1	-
Lăptării	400	40	20	8,7	10/1	46/1

Conținutul mediu al azotului în plante este de 16 mg/g. Acesta are un rol esențial în procesul de **nutriție**. Plantele își procură azotul din compuși anorganici (azotați, azotiți, săruri de amoniu) ori din compuși organici (amine, amide, aminoacizi etc.). O altă sursă o constituie azotul atmosferic. Prin una dintre cele patru transformări anterior amintite, se ajunge la azotul necesar plantelor.

Fixarea azotului natural. Pentru a deveni biologic utilizabil, azotul atmosferic (N₂) trebuie să fie fixat sub formă de molecule anorganice, ca rezultat al unui proces fizico-chimic direct în atmosferă, generat de energia luminoasă și termică a descărcărilor electrice din timpul furtunilor. Cantitatea de nitrați produsă anual în biosferă în acest mod se ridică la 7,5 milioane tone/an (*Delwiche, C.C., 1970*).

Ciclul azotului în biosferă este același, indiferent de specialiștii care îl studiază și/sau reprezintă grafic. Modul de prezentare și de interpretare a fenomenelor poate fi diferit. *King, T.J., 1989*) consideră această interpretare ca fiind cea redată în *fig. 3.7*:

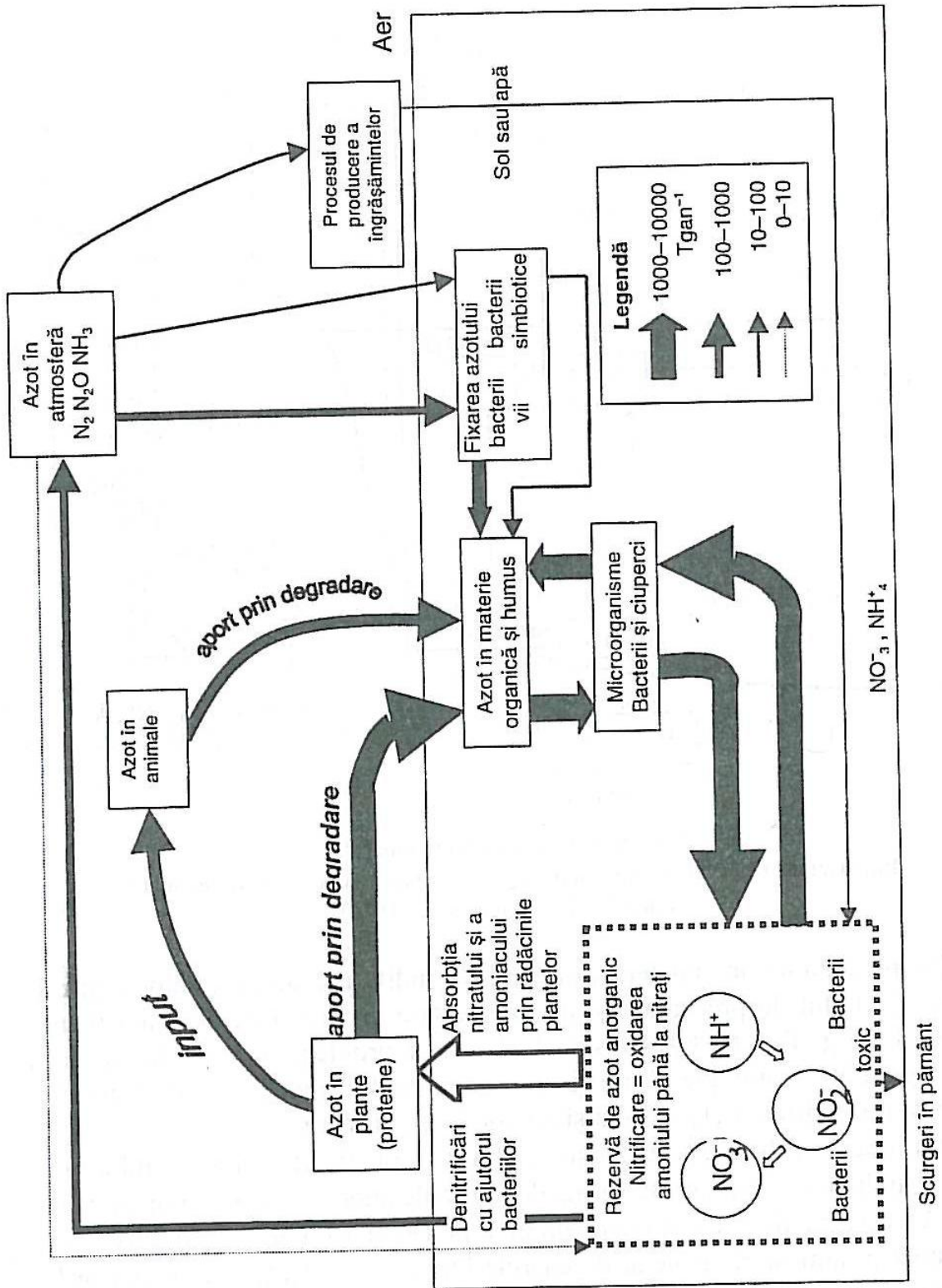


Fig. 3.7. Ciclul / circuitul azotului în biosferă în viziunea lui King, T.J., 1989, redată de Berca, M., 2000)

Cantitatea de nitrati este transportată spre sol cu ajutorul precipitațiilor. Mult mai importantă este, însă, **fixarea biologică**, estimată la 44 milioane tone/an. Un alt gen de fixare a azotului, semnificativă, de asemenea, este sinteza industrială a îngrășămintelor, în cantum de aprox. 30 milioane tone/an la sfârșitul anilor '60 și care a continuat să crească până în prezent.

III.4. Ciclul / circuitul fosforului

Fosforul este elementul chimic care intră în compoziția acizilor nucleici și joacă rolul de stocare și transmitere a informației genetice. El intră, de asemenea, în compoziția fosfoproteinelor, fosfolipidelor și a scheletului vertebratelor, sub formă de fosfat de calciu, iar în semințele plantelor se află sub formă de fitină.

Fosforul joacă un rol esențial în procesele metabolice, în fotosinteză și în procesele de transfer energetic, atât la plante, cât și la animale. Sursa principală de fosfor o constituie rocile fosfatice, precum: apatita, fosforitele, depozitele de guano, oasele scheletelor de animale etc. Circuitul fosforului în natură este legat de circuitul apei, deoarece acest element nu are compuși gazoși. Din rocile eruptive și sedimentare, prin dezagregare și alterare chimică, fosforul este preluat de apele de precipitații, ajunge în râuri, mări, oceane și se depune în rocile sedimentare continentale sau marine. Pe acest circuit geochimic, se grezează circuitele biologice.

Fosforul este un element esențial, considerat de *Thienemann* ca fiind unul dintre **principalii factori limitativi** de creștere. Sursele de fosfor în apele de suprafață sunt foarte variate: geochimice (spălarea solului, eliberarea din sedimentele de fund), particule atmosferice aduse de ploaie, biologice (descompunerea plantelor și a animalelor terestre și acvatice), agricole (spălarea terenurilor pe care s-au aplicat îngrășăminte chimice, excremente), ape reziduale (canal, detergenți și ape industriale) etc.

Ciclul fosforului în apă se petrece între stările anorganice și cele organice. Nivelurile ierarhice și de timp ale dinamicii fosforului într-un lac se prezintă în *fig. 3.8*.

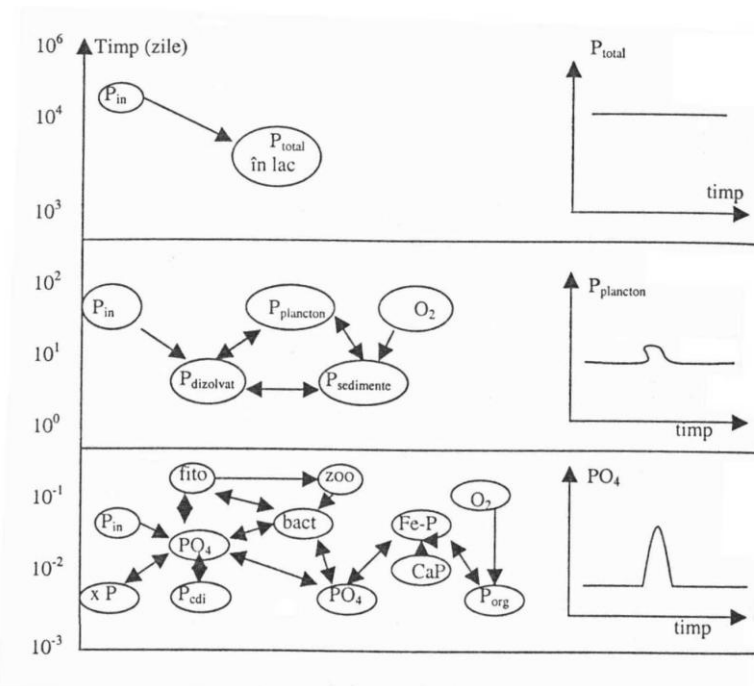


Fig. 3.8. Nivelurile ierarhice și de timp ale dinamicii fosforului într-un lac și transmiterea de impulsuri către nivelurile superioare de integrare (după *Varduca, A.* – 2000)

Ecologie

Algele au fost clasificate, pe baza capacității de a tolera diferite concentrații de fosfat, în:

- alge cu toleranță scăzută: < 20 μl (*Dynobryon divergens*, *Uroglena*);
- alge cu toleranță medie: = 20 μl (*Asterionella formosa*);
- alge cu toleranță ridicată: > 20 μl (*Scenedesmus quadricauda*).

Deficitul de fosfați este frecvent înlocuit de capacitatea algelor de a înmagazina fosfați în exces în timpul perioadei de surplus al acestora în mediul acvatic. Această înmagazinare îngăduie algelor folosirea și în perioada absenței fosfaților.

Cercetarea ultrastructurii algelor albastre a evidențiat clar membrane care înconjoară depozite de polifosfați. Încă din 1953, Rice a stabilit că, atunci când algele cresc în medii cu fosfat din abundență, ele îl acumulează în proporția în care se găsește în mediu și excesul se adună sub formă de săruri anorganice.

Marea varietate a răspunsurilor comunităților acvatice față de nivelurile ridicate de fosfor depinde de compoziția speciilor. Cultura de *Tabellaria flocculosa* manifestă toleranță mai scăzută decât alte alge. Un nivel ridicat al fosfaților limitează această specie în unele lacuri. Nivelul optim de creștere este cuprins între 90 și 1800 μl . O concentrație de fosfați mai mică de 90 μl limitează capacitatea de creștere a acestor alge. Culturile de *Euglene gracilis* prezintă o creștere parțial dependentă de existența fosforului. Densitatea maximă este atinsă la un nivel al fosfaților de 400 – 500 μl ; concentrația de 1000 μl inhibă creșterea. O dezvoltare bună a algelor planctonice are loc într-o soluție nutritivă de 0,1 – 2 ppm fosfor; concentrațiile sub 0,05 ppm P limitează creșterea, iar cele ce depășesc 20 ppm au efect inhibitor (Ceapoiu, N., 1968, după Gron, 1976).

Cercetarea efectelor azotului și fosforului asupra algelor în cultură au arătat că scăderea raportului N/P nu afectează creșterea acestora.

Ținând seama de implicațiile ecologice și fără a uita de nivelul optim al concentrațiilor de azot și fosfor în mediul natural, aceasta este mai curând o excepție decât o regulă.

Pe baza experimentelor efectuate în laborator pe diferite culturi de alge, Vollenweider, R.A. a stabilit o ordine a speciilor după nevoia minimă de fosfor, în $\mu\text{g}/\text{m}^3$ volum celular:

- *Asterionella formosa*: < 0,2;
- *Tabellaria*, *Fragilaria*: 0,2 – 0,6;
- *Scenedesmia*: > 0,5;
- *Oscillatoria*, *Microcystis*: >0,5.

Cantitatea de fitoplancton ce poate fi produsă cu un μg P/l se evaluează între 2 și 5 mm^3/l . În planctonul natural, valorile sunt ușor inferioare acestora.

Descoperirea acestui raport de utilizare a fosforului aduce o contribuție importantă la problema succesiunii biocenotice, care este paralelă cu procesul de eutrofizare.

Cercetările întreprinse de Vollenweider, R.A. se concentrează într-un mod cât se poate de grăitor asupra importanței nutrienților, în special a azotului și fosforului, în determinarea nivelului trofic al lacurilor.

III.4.1. Dinamica fosforului în ecosistemele lacustre

Cunoașterea mecanismelor și contribuțiilor fosforului în cadrul procesului de eutrofizare este, încă, incompletă. Comportamentul fosforului ca substanță hrănitore este complicat și greu de deslușit.

Fosforul poate fi identificat în apă în cel puțin două stări oxidate, precum și în particule materiale organice sau anorganice.

Dinamicile de modificare a concentrațiilor fosforului sunt net diferențiate în funcție de nivelul proceselor fizico-chimice considerate. De asemenea, adaptarea, respectiv competiția dintre specii la prezența unui chemical (grad de suportabilitate biocenoză) este dependentă de gradul de ierarhizare (fig. 3.9, fig. 3.10).

Formele solubile ale stărilor anorganice complexează cu ușurință cu materialele organice. Cei mai importanți compuși dizolvați care conțin fosfor în apă sunt: coloizii cu greutate moleculară mare (de ordinul 10^7), o clasă de compuși cu greutate moleculară de aproximativ 250 și $PO_4 - P$ (Ceapoiu, N., 1968; Rojanschi, Vl. ș.a., 1996).

Utilizând radioizotopi, Lean (1973) a demonstrat preponderența mecanismelor de schimb între fosfatul anorganic și fracțiunile "particulate" (fig. 3.11).

În fig. 3.11, semnificațiile simbolurilor sunt următoarele:

- K1 – asimilarea fosfatului (PO_4);
- K2 – eliberarea compușilor fosforici excretați (xP);
- K3 – o parte ce combină substanțele coloidale;
- K4 – ce poate fi hidrolizat ulterior;
- K5 – eliberarea PO_4 ;
- K6 – o parte a xP hidrolizează direct la PO_4 ;
- K7 – fosfor coloidal neutralizat biologic.

S-au evidențiat două mecanisme biologice mediatoare foarte importante.

Fosforul radioactiv, adăugat în apă nefiltrată de lac, a fost asimilat rapid de fitoplancton și bacterii. După câteva minute, o parte de radiofosfor a fost excretată ca PO_4 , iar alta – transferată coloizilor cu greutate moleculară mare, care nu sunt o sursă directă de fosfor pentru fitoplancton. Când fitoplanctonul a fost îndepărtat din apa lacului prin filtrare, nu a avut loc transferarea fosfatului la coloizi, ceea ce sugerează că organismele vii, mai degrabă decât factorii chimici, sunt responsabile pentru acest proces. Produsele fosforilate de excreție ale algelor și bacteriilor cu greutate moleculară de 250, legându-se la materialul coloidal, eliberează fosfatul disponibil pentru un nou transfer, printr-un proces necunoscut. Însăși fiziologia excreției este foarte complexă; uneori, rata excreției maxime corespunde cu maximul fotosintezei și cu faza de creștere exponențială a populației. În alte cazuri, o excreție ridicată se petrece în faza staționară sau în cea de declin.

Eliberarea produselor extracelulare nu este simplă, ci complicată de efectele schimbării luminii în timpul zilei. Eliberarea fosforului de către ultraplancton constituie un factor deosebit de important în rapida reciclare a acestui element. Cea mai mare parte a fosforului excretat de către zooplancton a fost sub formă de fosfat. Zooplanctonul pare a avea un rol important în mecanismele de reciclare a fosforului; hrănindu-se cu 10 – 100% fitoplancton, produsele de excreție sunt o sursă importantă de fosfat (circa 88% PO_4). În unele situații, fosforul organic dizolvat este utilizat de alte specii, în prezența fosfatazei alcaline.

Se cunosc trei **mecanisme** pentru întoarcerea $PO_4 - P$ în soluție:

1. eliberarea directă a fosforului de către ultraplancton;
2. excreția fosforului de către zooplancton;
3. hidroliza enzimatică a compușilor cu fosfor excretați de organisme sau produși prin autoliză sau descompunerea planctonului mort.

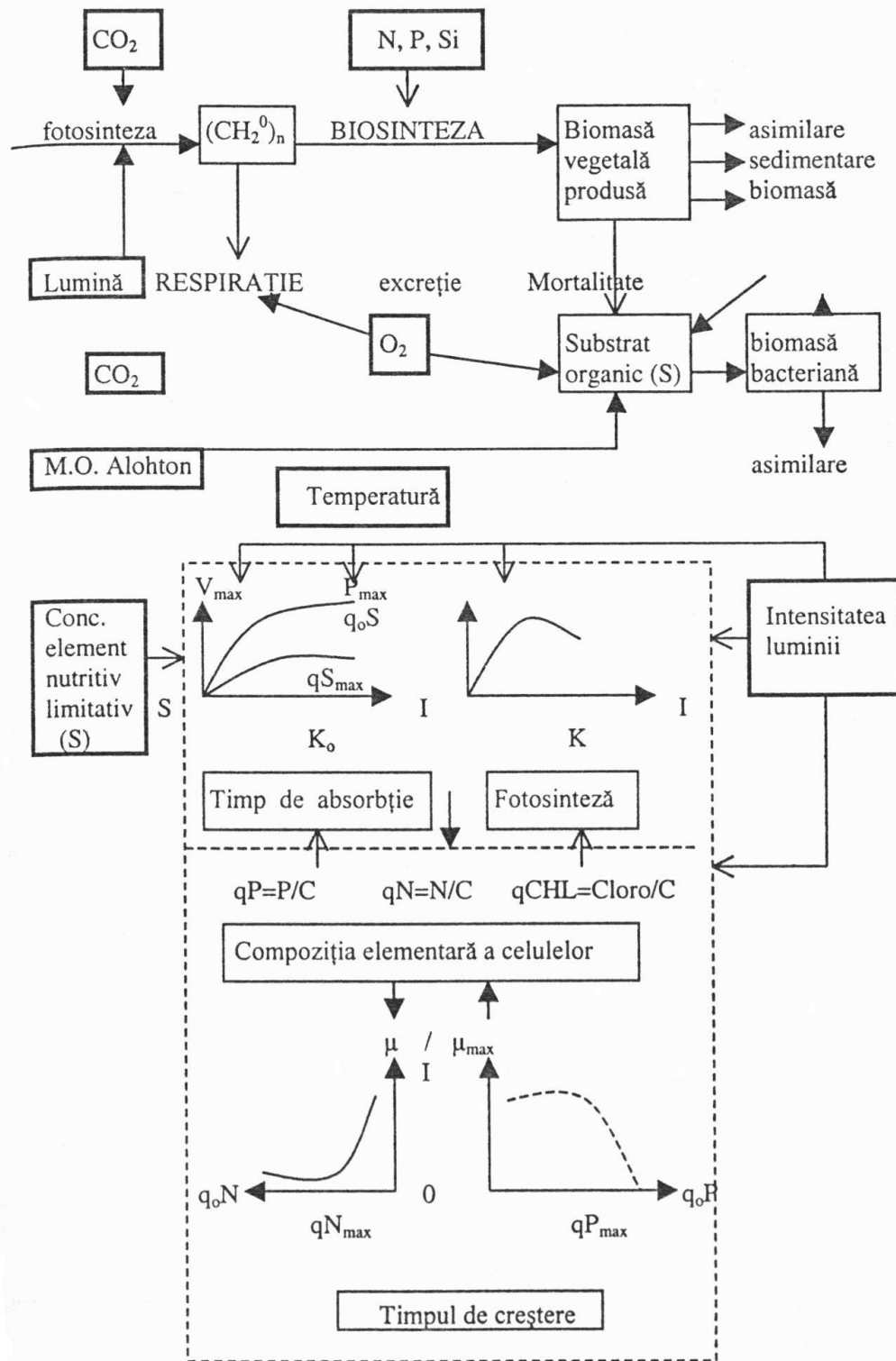


Fig. 3.9. Modelul conceptual al proceselor de producție fotoantropică și de degradare aerobică în zona pelagică a lacurilor (după *Varduca, A.* – 2000)

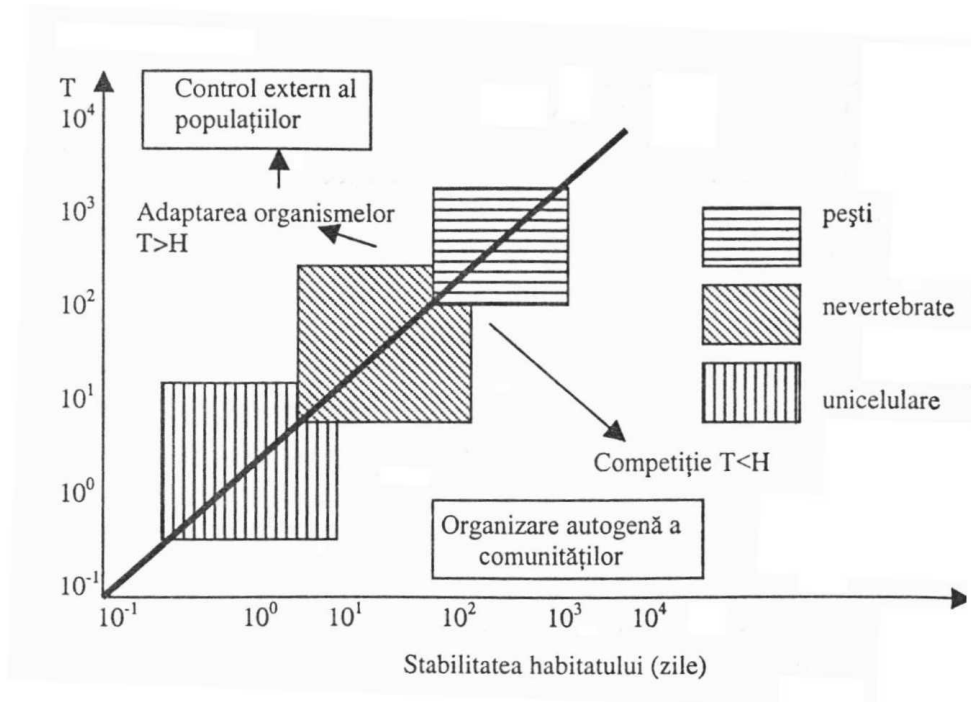


Fig. 3.10. Interacțiuni dintre organisme și mediu (după *Varduca, A.* – 2000)

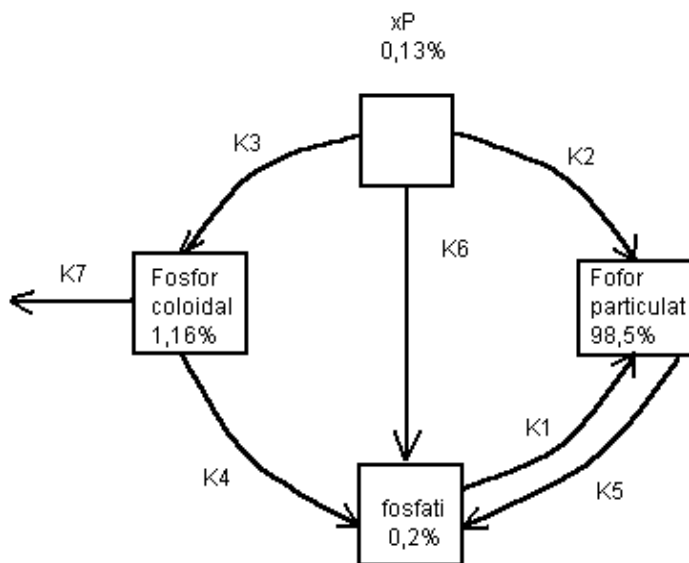


Fig. 3.11. Preponderența mecanismelor de schimb între fosfatul anorganic și fracțiunile particulare (după *Ceapoiu, N.* – 1968)

Mecanismul eliberării fosforului din sedimente este descris în literatură ca o reacție chimică cu fierul. Fosforul poate fi precipitat ca fosfat feric insolubil sau co-precipitat cu $\text{Fe}(\text{OH})_3$ în mediile bine oxigenate. În condițiile lipsei de oxigen, reducerea fierului determină precipitarea FeS , eliberându-se ionul PO_4^{3-} , care se dizolvă în apa lacului (*Ceapoiu, N.*, 1968; *Vollenweider, R.A.*, 1970). Concentrațiile mari de fosfor în hipolimnion nu pot fi privite ca o indicație a unui feed-back între acest element și sedimente.

Dinamica concentrației în fosfor în bazinul inferior al lacului Constanța este reglată, în principal, prin pierderile cauzate de efluenții acestuia (20% pe an), prin redizolvarea periodică a fosforului din sedimente și prin încorporarea acestuia în materialul în

sedimentare. Asigurarea unei concentrații de oxigen dizolvat de 4 – 6 mg/l, în orice moment, în lac, contribuie la diminuarea aportului de fosfor din sursele interne și externe.

Kenney, B.C. (1990) pleacă de la ipoteza că fosforul este, în mod efectiv, elementul care trebuie luat în calcul în procesul de modelare a eutrofizării. În consecință, prezicerea eutrofizării se va reduce la prezicerea momentului în care $P_L > 10 \text{ mg/m}^3$ (concentrația medie totală de fosfor). Cunoscându-se efectele pe termen lung ale încărcării în fosfor într-un lac, se poate stabili valoarea P_L în regim permanent.

Relația între încărcarea în fosfor și concentrația acestuia într-un lac, în regim permanent, este dată de ecuația (1.3) pentru un model legat de sedimentare. Încărcarea critică în fosfor, într-un lac dat, se poate determina înlocuind criteriul lui *Sawyer* în relația (3.1):

$$L = P_L [(z / \tau_w) + z\sigma] \quad (3.1)$$

în care:

$\sigma = 10 / z$ - constantă de proporționalitate (de sedimentare);

z - adâncimea medie, (m);

τ_w - intervalul de timp, (ani).

$$L_c = 10z[(1 / \tau_w) + \sigma] \quad (\text{mg/m}^2 \cdot \text{an}) \quad (3.2)$$

În limita acestei ipoteze, ecuația (3.2) a fost numită **ecuația predictivă a eutrofizării într-un lac**. Deși se cunosc z , τ_w și σ , încărcarea critică în fosfor poate fi calculată direct, aplicând ecuația (3.2). În ceea ce privește constanta de sedimentare, σ , există mai multe metode ce permit determinarea indirectă a acesteia pentru un lac dat, cunoscându-se tipul încărcării în fosfor asociată lacului respectiv (*Kenney, B.C.*, 1990).

Se cunosc, în acest sens, două metode de determinare: **metoda regimului permanent** și **metoda răspunsului forțat**. Prima se bazează pe modelul încărcării hidraulice și poate fi aplicată în cazul unui lac dat, dacă se știe că acesta se află în regim permanent și pe modele matematice referitoare la fosfor.

Legat de a doua metodă, în majoritatea lacurilor, încărcarea în fosfor nu este nici constantă, nici supusă unor variații bruște, ci variază, în general, în mod continuu. În aceste cazuri, se recomandă examinarea "răspunsului forțat" al lacurilor, în vederea determinării valorii constantei de sedimentare.

III.5. Interacțiunea dintre circuite / cicluri

Toate aceste circuite / cicluri prezentate anterior reliefează realitatea structurală a biosferei sau a ecosferei și nu trebuie considerate drept realități individuale separate, independente unul de altul.

De exemplu, ciclul carbonului și al oxigenului sunt extreme de legate, în special de funcția de **respirație (combustie)**, dar și de cea de **fotosinteză** a materiei vii, într-o formă sau în alta.

De asemenea, din prezentarea derulării etapelor ciclului / circuitului azotului, reiese în mod clar faptul că acesta depinde, într-o foarte mare măsură, de condițiile oferite de mediul ambiant, mai exact de celelalte circuite (cicluri), precum apa, oxigenul și carbonul, fără a uita de elementele minerale și de oligoelemente.

Capitolul IV. RELAȚIA POPULAȚIE - MEDIU

Sistemele ecologice sunt compuse pe o țesătură de fond, constituită din:

- **mediul** (suportul) fizico-chimic;
- **populațiile** interconectate la acest mediu.

Realitatea acestor sisteme este materializată printr-o permanență a populațiilor, mai mare sau mai mică, dar și a relațiilor dintre ele. Cheia acestei permanențe, în condițiile existenței efemere a indivizilor, rezidă, pe de o parte, în transmisia ereditară a caracterelor lor, iar, pe de altă parte, în mod paradoxal, în variabilitatea genetică și fenotipică a populațiilor, datorită căreia se pot adapta schimbarilor mediului lor fizico-chimic și biologic. Din acest punct de vedere, **populația** și nu **individul** constituie piesa elementară a edificiilor ecologice. Un individ este întotdeauna incert, dar o populație asigură permanența ecosistemelor, stabilitatea și o anumită certitudine a acestora.

IV.1. Populația. Ecologia populațiilor

Populația reprezintă "ansamblul / grupul indivizilor aparținând aceleiași specii și care au în comun un anumit biotop". (*Berca, M., 2000*).

Populațiile apar datorită heterogenității distribuției mediului natural. O populație poate fi constituită, de exemplu, din păduri de stejar din Lunca Argeșului, dar și din totalitatea pădurilor de stejar situate în Câmpia Română.

Pentru specialistul ecolog, limitele de populație sunt corelate atât cu obiectivele ce și le propune, dar și cu mijloacele de studiu de care dispune. Spre exemplu, dacă cercetătorul își propune să studieze Delta Dunării, atunci populația de pelicani se limitează doar la cea prezentă în acest ecosistem. Limitele populațiilor pot fi, în concluzie, de ordin: **local**, **regional** sau chiar **continental**.

Indivizii unei populații pot comunica între ei și pot interacționa sau interfera, astfel:

- se apropie, pentru a se reproduce;
- intră în competiție / concurență pentru resursele comune (de hrană, apă, loc de pontă, partenerii de reproducție etc.);
- cooperează pentru o mai bună exploatare a resurselor și pentru a se apăra împotriva prădătorilor;
- își transmit unii altora paraziții și bolile (de ex.: în cazul unui grajd cu porci).

Ținând cont de toate acestea, putem afirma că o populație poate fi considerată ca un **sistem** caracterizat prin diverse **variabile**.

Principalele variabile sunt:

- **efectivul populației** sau **densitatea** acesteia;
- tipul de **distribuție spațială** a indivizilor;
- structura **genetică** (sau frecvențele allelice);
- **organizarea** socială.

Fiind vorba de parametri variabili, specialistul ecolog judecă totul prin prisma unei mișcări permanente a sistemului. Această cinetică este generată cu precădere de numeroase procese demografice din interiorul sistemului "populație" (*fig. 4.1*):

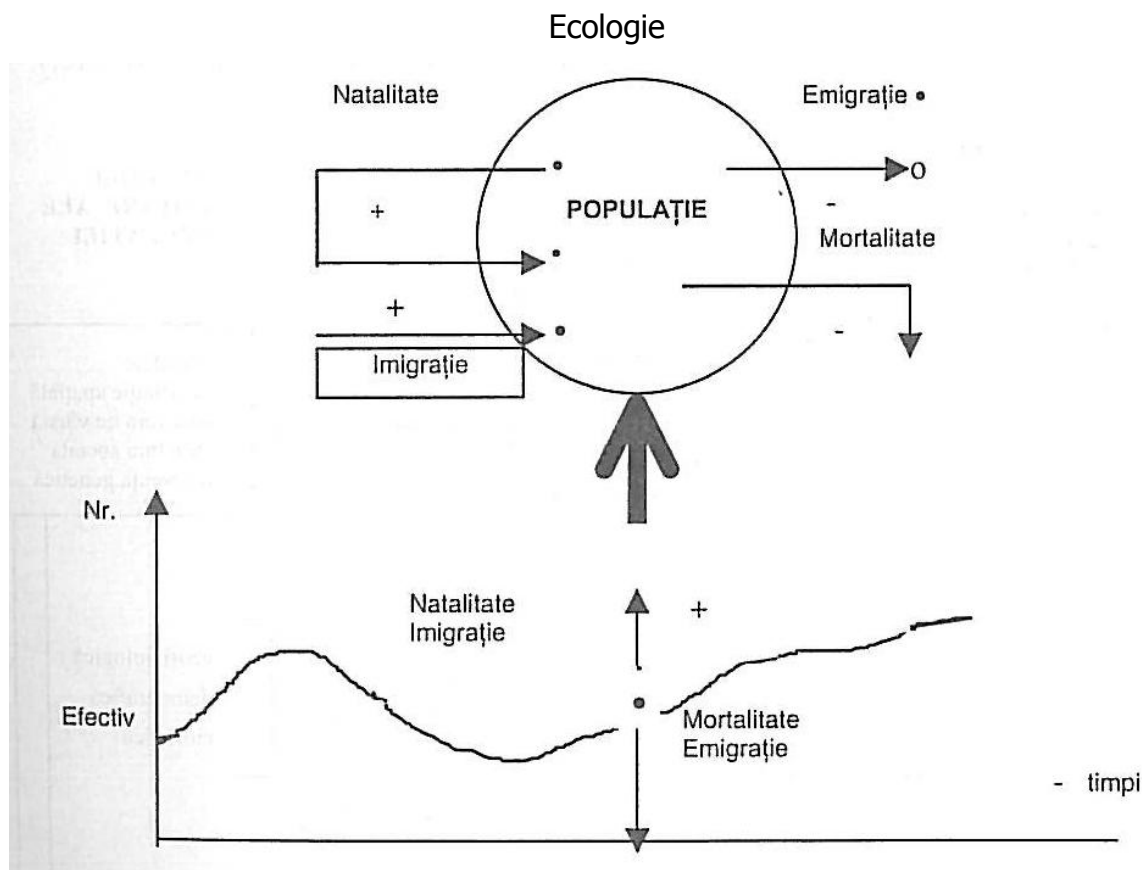


Fig. 4.1. Schema proceselor demografice
 Acțiunile pozitive sunt redată cu + (intrări) și cele negative cu - (ieșiri)
 (după Barbault, R., 1995)

Cele mai importante procese demografice sunt considerate a fi:

- natalitatea;
- mortalitatea;
- emigrația și
- imigrația.

Acestea depind, pe de o parte, de însușirile indivizilor care alcătuiesc populația, iar, pe de altă parte, de proprietățile / caracteristicile mediului.

De asemenea, este valabil și reversul – inversul afirmației, adică atât unele caracteristici ale mediului, cât și comportamentul indivizilor pot fi modificate de caracteristicile globale ale populației, corelate cu marile schimbări din climatologia globului.

Dinamica și funcționarea unei populații pot fi înțelese doar în strânsă corelație cu mediul acesteia. Se vorbește despre un **sistem integrat populație – mediu**, care oferă numeroase informații, mult mai multe decât sistemul simplu numit "populație" (fig. 4.2):

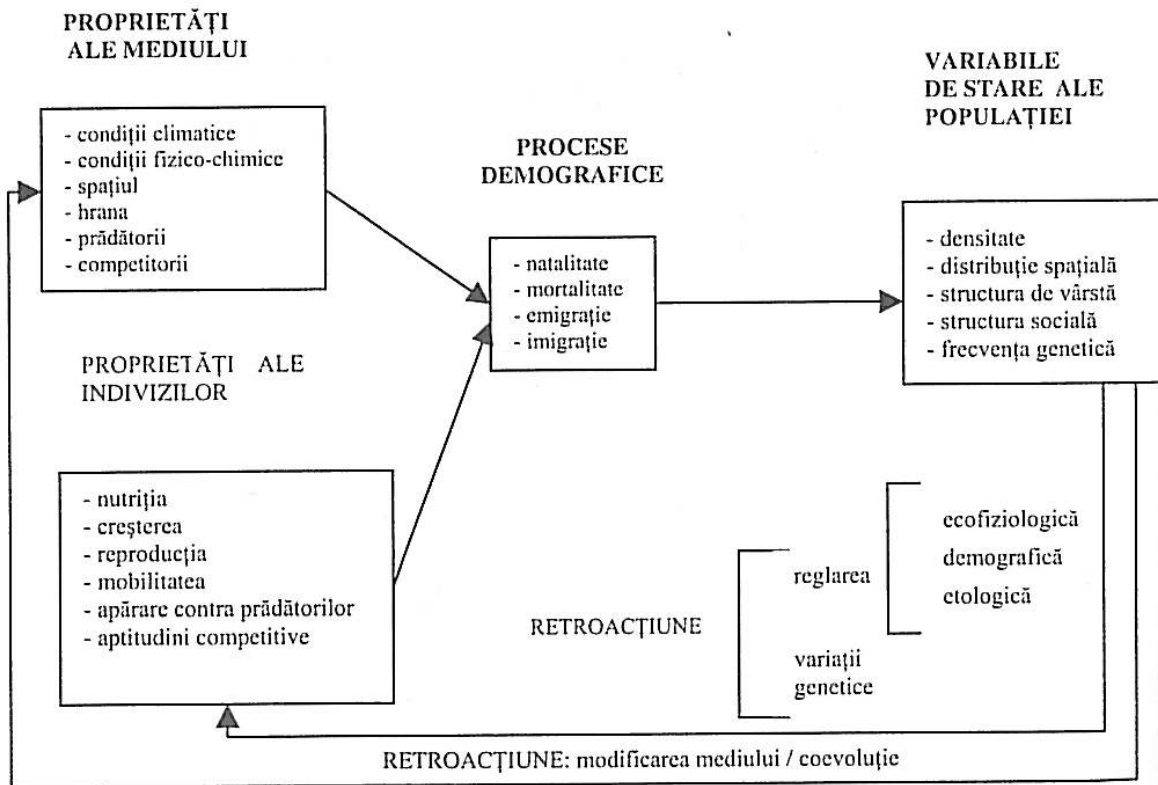


Fig. 4.2. Relațiile existente în cadrul sistemului **populație – mediu** (după *Barabault, R., 1995*)

Figura 4.2 demonstrează că relațiile dintre populație și mediu sunt extreme de complexe și intime. Definirea și caracterizarea celui mai potrivit mediu pentru o specie sau un ansamblu de specii studiate se realizează în mod dificil. Capacitatea senzorială (de comunicație), exigențele ecofiziologice ale speciilor trebuie analizate atent de către ecolog, având la bază un bagaj important de cunoștințe din domeniul Biologiei.

Aprofundarea studiului se realizează simultan, atât pentru populații, cât și pentru mediu, nici una dintre cele două componente ale sistemului nefiind prioritară, dar nici de neglijat.

Echilibrul dinamic al sistemului va conduce fie la o coevoluție a sa, atunci când toți factorii proveniți din cele două direcții vor fi pozitivi, fie la o involuție / degradare a sistemului, atunci când factorii de echilibru vor fi destabilizați (ex.: lipsa hranei, modificarea bruscă a climatului, înmulțirea prădătorilor ș.a.).

După extinderea și delimitarea biocenotică, se deosebesc trei tipuri de **populații**:

1. populații geografice

Cuprind indivizi care locuiesc într-o arie geografică delimitată și unitară sub aspectul condițiilor de existență, dar eterogenă din punct de vedere sinecologic.

2. populații ecologice sau cenotice (cenopopulații)

Sunt alcătuite din indivizi care formează populații de biotop, adică care aparțin unei singure biocenoze. În acest caz, configurația genetică și ecologică este proprie.

3. populațiile elementare

Sunt constituite din acele părți ale populației ecologice care sunt legate de anumite microbiotopuri. Studiul populațiilor se realizează după modelul demografiei umane din trei puncte de vedere: static, structural și dinamic.

Statica populației. Reprezintă descrierea formală, cantitativă a unei populații, indiferent de specia căreia îi aparține. Din această cauză, parametrii statici permit compararea populațiilor

Ecologie

unor specii aflate pe trepte evolutive diferite (de ex.: populația de insecte cu populație de pești).

Parametrii statici:

- **Efectivul (N)** reprezintă numărul de indivizi sau biomasa (alge, bacterii, organisme unicelulare) și cantitatea totală de materie vie sub formă de indivizi existentă la un moment dat în populație (ex.: număr de berzi din bazinul Crișurilor). Se poate determina prin **recensământ** sau **estimare**:

- **recensământul** - reprezintă înregistrarea directă a numărului de indivizi dintr-o populație, fapt care, în majoritatea cazurilor, este imposibil de realizat (numărat). Metoda este aplicabilă doar în cazul populațiilor cu efective reduse și care trăiesc pe un spațiu restrâns (păsări, mamifere care au tendința de teritorialitate și care trăiesc în colonii).

- **estimarea** - Se colectează eșantioane din arealul populațiilor și datele se prelucrează statistic. Prelucrarea statistică permite estimarea efectivului real.

- **metoda pătratelor**

Presupune colectarea indivizilor de pe suprafețe pătrate de mărimi diferite, analiza unităților probă și stabilirea numărului de indivizi pe unitatea de suprafață (la volum în cazul speciilor pelagice).

- **metoda capturării, marcării și recapturării**

Se aplică în cazul speciilor cu mobilitate mare. Avantaj: permite estimarea efectivului la anumite intervale de timp. Se pot determina ratele de intrare în populație (natalitate sau imigratie) și ratele de ieșire (mortalitate sau emigratie). Prin aceasta metodă, indivizii sunt capturați, marcați prin metode specifice (insecte se vopsesc pe elitre, la reptilele, amfibieni se taie un deget, la păsări, mamifere se utilizează emițătoare sau chipuri ori, la păsări, se poate practica și inelarea. Un alt avantaj este că indivizii sunt eliberați și se poate urmări evoluția lor în timp.

- **Densitatea**

Constituie efectivul raportat la unitatea de spațiu, suprafață sau volum. Unitatea de suprafață diferă în funcție de talia speciilor (mamifere – hectare, nevertebrate – m², la pești – ha luciu de apă). Determinarea densității are importanță ecologică deosebită, deoarece exprimă gradul de încărcare al biotopului – este o măsură a capacității biotopului de a suporta o anumită cantitate de biomasă (resursele pe care le consumă indivizii).

Capacitatea de suport și limita de toleranță variază în maxim și minim, cu semnificație de punct de **pessim**. Pragul inferior de densitate este cel care asigură supraviețuirea speciei în biotopul respectiv, pragul maxim dă limita suprapopulației (peste care nu se mai pot înmulți). Densitatea optimă corespunde șansei maxime de supraviețuire a populației în respectivul biotop. Conform principiului lui *O/lee*, supraviețuirea în populații este defavorizată atât de suprapopulație, cât și de subaglomerare. Supraaglomerarea are ca efect epuizarea resurselor de mediu, intensificarea concurenței intraspecifice, ceea ce duce la destabilizarea populației. Subaglomerarea este defavorabilă, deoarece poate micșora șansa de reproducere a indivizilor și duce la o utilizare inefficientă a resurselor.

Noțiunea de **efectiv** prea scăzut la nivelul populației este relativă, fiind dependentă de particularitățile reproductive ale speciei. De exemplu: o specie care are numai unul sau doi urmași sau efectivul redus reprezintă un pericol pentru existența populației. La speciile cu multe generații, efectivul produs crescut poate fi foarte rapid eliminat.

- **Natalitatea și rata natalității**

Natalitatea reprezintă numărul de indivizi nou apăruiți pe unitatea de timp prin diviziune, eclozare, germinare sau naștere. Natalitatea poate avea valori pozitive sau nule.

Natalitatea poate fi :

- absolută – reprezintă numărul de indivizi ce pot fi produși de o populație în condiții optime de existență;
- ecologică – reprezintă numărul efectiv de indivizi produși de o populație în condiții concrete de existență.

În natură există o serie de factori care acționează în mod eficient pentru a frâna creșterea excesivă a efectivului unei populații. Cauzele modificării numărului de indivizi într-o populație pot să fie extrinseci sau intrinseci.

Factorii **extrinseci** sunt legați de factorii abiotici și biotici, se referă la influența bolilor, prădătorilor, paraziților și factorilor abiotici nefavorabili, care pot determina eliminarea unui număr de indivizi din populație. Factorii **intrinseci** sunt datorati populației și, în general, sunt sub influența genomului. Legat de natalitate, cu influența asupra ei, sunt de notat fecunditatea și fertilitatea speciei.

Fecunditatea reprezintă performanța potențială sau capacitatea fizică a unei populații în ceea ce privește reproducerea. **Fertilitatea** este gradul în care această capacitate fizică se concretizează în indivizi viabili.

Rata natalității reprezintă raportul dintre natalitate și numărul total de indivizi dintr-o populație sau **cifra etalon**:

$$R_n = n/N, n/1000, n/10.000 \dots$$

Prin indivizi născuți se înțelege și în acest caz orice individ rezultat din orice tip de reproducere. **Rata natalității** este condiționată ecologic și genetic, deoarece fiecare specie prezintă un anumit potențial biotic, are o anumită capacitate de a se înmulți și de a supraviețui.

Factorii ecologici pot limita potențialul biotic al speciei. Pentru a evita acest fapt, unele specii au strategii de supraviețuire care constau în apariția urmașilor într-un interval de timp îndelungat, în mod eșalonat, deși ponta sau forma de rezistență a fost depusă la un moment dat. Prin această strategie (strategie de evitare a riscurilor) se asigură supraviețuirea unui număr de urmași din totalitatea celor eclozați, și anume a aceluia care au apărut atunci când condițiile de existență au fost favorabile vieții.

• **Mortalitatea și rata mortalității**

Reprezintă eliminarea indivizilor din populație, fie prin moarte fiziologică, fie datorită bolilor, dăunătorilor, prădătorilor sau altor factori. În funcție de mortalitate, se stabilește **longevitatea** unei specii. Aceasta poate fi fiziologică, când exprimă durata ciclului de dezvoltare a individului unei specii sau ecologică, reprezentând longevitatea medie realizată în condiții concrete de existență.

Rata mortalității constituie raportul dintre indivizii dispăruți într-un interval de timp și efectivul total al populației sau o cifră etalon:

$$R_m = m/N, m/1000 \dots$$

Înregistrările cu privire la dispariția indivizilor prin moarte pot fi prezentate într-un tabel de mortalitate. Pentru aceasta, se utilizează noțiunea de **cohortă** și **generație**. **Cohorta** este totalitatea indivizilor unei populații care trăiesc într-un interval de timp același eveniment (nașterea, atingerea diferitelor stadii de dezvoltare sau moartea indivizilor). **Generația** reprezintă o cohortă de tip special, pentru care evenimentul comun îl reprezintă nașterea relativ sincronă a indivizilor.

Cohorta se identifică, de obicei, prin caractere morfologice. La multe specii, în principalele stadii de viață, diferă ca înfățișare a indivizilor, datorită dezvoltării prin metamorfoză. La speciile unde nu apar aceste diferențieri morfologice se recurge la identificarea cohortelor după curba de frecvență. Se reprezintă grafic dimensiunea indivizilor în funcție de proporția claselor de dimensiuni, iar **maximele curbei** reprezintă cohortele.

Tabela de mortalitate urmărește modificările datorate dispariției indivizilor unei cohorte începând cu nașterea acestora și până la moartea ultimului individ. Modelul este preluat din demografia umană și permite calcularea duratei de viață previzibile (media de viață). În tabela de mortalitate se trec vârsta individului, numărul de supraviețuitori la

Ecologie

Începutul fiecărei clase de vârste, numărul deceselor (clase de vârste și raportul dintre mortalitate și clase de vârstă respectivă). Prin analiza tabelului de mortalitate, se poate întocmi **curba de supraviețuire a speciei** care poate fi de patru tipuri:

1. curbă puternic convexă

Se găsește la populațiile la care mortalitatea se produce masiv la ultimele vârste indicate de longevitate, la populațiile umane și la unele diptere (*Drosophilla*).

2. forma liniară

Constituie pierderea unui număr constant de indivizi la fiecare categorie de vârstă, fiind foarte rar întâlnită în natură. Apare la hidre.

3. curbă ușor concavă

Este dispariția din populație a unei proporții constante de indivizi, la unii pești, amfibieni.

4. curbă puternic concavă

Reprezintă mortalitatea foarte accentuată în primele vârste, în general la speciile cu prolificitate mare și care nu își îngrijesc descendenții.

Cunoașterea tipului de curbă de supraviețuire permite determinarea stadiilor cele mai vulnerabile din viața unei specii. Intervenind în aceste stadii, se poate modifica natalitatea sau mortalitatea și, drept consecință, evoluția ulterioară a speciei. Se aplică în general în interes cinegetic sau, în cazul insectelor dăunătoare, pentru combatere.

• **Indicele de creștere numerică. Rata de creștere numerică**

Indicele (q) este diferența dintre natalitate și mortalitate.

Rata (Rq) este diferența dintre rata natalitate și rata mortalitate. Indicatorii aceștia sunt cei care exprimă perspectiva unei populații din punct de vedere demografic:

- natalitatea > mortalitatea – $q > 0$... populație în creștere numerică;
- natalitatea < mortalitate – $q < 0$... populație în scădere;
- natalitatea = mortalitatea – $q = 0$... populația în stare staționară.

• **Rata intrinsecă a creșterii populației (rm)**

Reprezintă rata maximă de creștere a populației atunci când ea își desfășoară activitatea într-un mediu în care resursele se mențin la valori optime. Speciile concurente sau prădătoare sunt excluse, iar valorile factorilor abiotici se mențin în jurul optimului. În această condiție, rata intrinsecă de creștere a populației se modifică dacă :

- se modifică vârsta la care are loc prima reproducere;
- se modifică mărimea ponteii;
- se modifică numărul de reproduceri pe ciclu de dezvoltare.

IV.1.1. Teoriile reglajului numeric populațional

1. Teoria creșterii logistice

S-a dezvoltat la începutul secolului XX și a fost demonstrată experimental la populațiile de protozoare și drojdii, în culturi pure, cât și în culturi mixte. În culturile mixte, au loc relații concurențiale și de prădătorism. Creșterea logistică a fost numită și creștere biologică, deoarece numărul de indivizi crește după o ecuație logistică. Această situație este valabilă la speciile de populații unde indivizii sunt unicelulari. Creșterea logistică a populației se aseamănă cu modul de creștere a indivizilor biologici din momentul formării acestora și până la atingerea maturității.

Ulterior, pe la mijlocul secolului XX, s-a demonstrat că modalitățile de creștere numerică a populațiilor se realizează foarte diferit, creșterea logistică fiind un caz particular.

2. Teoria factorilor dependenți și independenți de densitate

La începutul secolului XX au fost elaborate teorii în care se considera că un rol fundamental în reglajul numeric al populațiilor îl au relațiile de tip concurență, prădătorism și parazitism. Adică sunt implicați factori biotici al căror nivel numeric suferă modificări, fără ca aceștia înșiși să-și modifice nivelul populației reglate. Factorul fundamental de reglare a nivelului numeric poate să fie dependent de densitatea indivizilor din populație sau independent.

• factorii dependenți de densitate

Includ în principal relațiile trofice prin care nivelul unei populații este reglat de către nivelul prădătorilor al bolilor de toate tipurile, al cantității de hrană disponibile și concurenței interspecifice. Dependența acestor factori de densitate este cu atât mai mare cu cât populația are un nivel numeric mai ridicat.

• factorii independenți de densitate

Cuprind totalitatea condițiilor climatice și a factorilor genetici independenți cu rol adaptativ (mutații, recombinări genetice).

3. Teoria reglajului numeric al populațiilor prin mecanisme naturale

În populațiile biologice, sub acțiunea selecției naturale, se produc modificări în structura internă a acestora, modificări care stau la baza dezvoltării mecanismelor de autocontrol (concurența intraspecifică).

Modificări demografice produse de migrație

Migrația reprezintă deplasarea indivizilor sau chiar a unor populații dintr-o regiune în alta, cauzată de obicei de factori climatici, nevoi de hrană, suprapopularea unui teritoriu sau necesitățile reproductive. Mecanismele migrației sunt încă incomplet elucidate. Cele mai multe cunoștințe și ipoteze sunt legate de migrația păsărilor. Se consideră că reducerea hranei disponibile, a duratei luminoase a zilei, scăderea temperaturii etc. sunt factori declanșatori pentru migrația păsărilor. În unele cazuri, intervine și modificarea echilibrului hormonal al indivizilor: glandele sexuale sunt activate înaintea migrației de primăvară și activitatea lor scade înaintea migrației de toamnă. Există și specii care nu migrează cu toate că majoritatea condițiilor de viață se înăspresc (porumbei, paseriforme).

După sensul de deplasare a indivizilor, migrația poate fi: emigrație și imigrație.

Emigrația

Presupune părăsirea locului de trai de către unii indivizi ai unor populații. De exemplu: după atacurile masive de dăunători (gândacul de Colorado, la cartof), aceștia, în parte, migrează în căutarea unor noi surse de hrană.

Are, uneori, caracter ciclic, dar poate fi și unidirecțională și este determinată de factori interni, de natură genetică, în corelație cu factorii externi, de natură ecologică.

Imigrația

Constă în pătrunderea unor indivizi noi din afară într-o populație nouă pentru aceștia, de obicei fără posibilitate de întoarcere la populația inițială din care provin.

Migrațiile se pot clasifica și după ciclicitate și durată:

Migrația circadiană

Se manifestă în special în ecosistemele acvatice, în acele zone ale acestor ecosisteme care înregistrează variații circadiene ale factorilor ecologici. De exemplu, nevertebratele care trăiesc în zonele de bătaie a valurilor migrează în concordanță cu fluxul și refluxul; migrațiile pe verticală a fito- și zooplanctonului sunt datorate, pe de o parte, alternanței zi-noapte și, pe de altă parte, concentrației nutrienților care se găsesc la adâncimi diferite în masa apei. Substanțele care conțin fosfor se găsesc în straturi mai

Ecologie

adânci, iar cele care conțin azot și potasiu mai aproape de suprafață. Ca urmare, fitoplanctonul migrează pe verticală pentru a-și asigura necesitățile nutritive date de aceste elemente, cât și în funcție de intensitatea radiației solare, pentru a putea realiza o fotosinteză optimă. Zooplanctonul care se hrănește pe baza fitoplanctonului migrează după acesta.

Migrația sezonieră

Se realizează în special în acel caz în care condițiile ecologice au suferit modificări. De exemplu: perioada de secetă care usucă bălțile, cursuri de apă mici etc.

Migrația la distanță

Se referă la speciile migratoare propriu-zise care migrează pe distanțe de mii de kilometri (păsări, cetacee).

Migrații cu revenire unică

Se referă la acele specii în care individul revine în biotopul inițial pentru reproducere, după care moare (somonul).

Migrațiile de tip calatorie unică

Individul matur migrează spre locul de depunere a pontei, iar după reproducere moare. Indivizii care au rezultat din reproducere pot da naștere la un număr de generații în cursul anului, iar o dată cu instalarea condițiilor nefavorabile se întorc în biotopul de unde provin părinții.

• Structura populației

Indivizii biologici, datorită polimorfismului lor genetic, determină ca populațiile din care fac parte să fie structurate pe **vârste, sexe și în spațiu**.

A. Structura pe vârste

Se exprimă prin proporția în care sunt reprezentate diferite grupe sau clase de vârste față de efectivul total al populației. Din punct de vedere fiziologic, viața unui organism poate fi împărțită în mai multe etape sau vârste, care diferă între ele prin anumite caracteristici. Din punct de vedere ecologic, se iau în considerare trei categorii de vârste :

- vârsta preproductivă (juvenilă)

Durează de la formarea zigotului din care se formează individul și până la prima reproducere (fără să o includă).

- vârsta reproductivă (de maturitate)

Ține de la prima reproducere până când este posibilă sau nevoie de ultima.

- vârsta postreproductivă (senescentă)

Începe după ultima reproducere și durează până la moarte. Există unele nevertebrate, organisme unicelulare care nu prezintă aceasta etapă.

În raport cu clasele de vârstă, procesele metabolice caracteristice fiecărei clase determină o sensibilitate diferită la factorii de mediu, fapt care face necesară stabilirea acestor clase de vârstă. Durata claselor de vârstă diferă în funcție de durata ciclului de viață al speciei. Durata postreproductivă este, în general, mai scurtă decât cea preproductivă. Dacă durata de maturitate sexuală este lungă, indivizii sunt longevivi și ajung la vârsta senescentă, atunci generațiile se suprapun. În acest caz, populația are o structură pe vârste care este caracterizată prin proporțiile în care sunt reprezentate diferitele perioade de dezvoltare a indivizilor în cadrul populației.

Structura pe vârste se poate determina numai pentru un moment dat. Modalitatea de determinare a vârstei indivizilor se face, de obicei, prin metode indirecte, specifice

fiecarei specii sau grup. Exemplu: lamelibranhiate - după condili sau inele de creștere; la iepure - după greutatea cristalinului (*Cușsa, Diana, 2006*).

În populația de plante, se disting șase clase de vârste, caracterizate după faza de vegetație și stadiul funcției reproductive:

1. plante în repaus (forme de semințe, tulpini subterane, forme de rezistență);
2. plante care germinează;
3. plante imature, juvenile – incomplet dezvoltate vegetativ și din punct de vedere al organelor sexuale;
4. plante virginale – complet dezvoltate vegetative, dar cu organele sexuale incomplet dezvoltate;
5. plante reproducătoare – complet dezvoltate vegetativ și sexual;
6. plante senescente – mai sunt capabile să vegeteze sau nu mai sunt capabile de reproducere.

Determinarea vârstei indivizilor permite estimarea mărimii populației și a distribuției indivizilor pe clase de vârstă în diferite momente. Structura pe vârste se reprezintă grafic printr-o diagramă numită **piramida vârstelor**. Pentru aceasta, pe abscisă se înscrie numărul de indivizi, iar pe ordonată vârstele corespunzătoare.

Din analiza structurii pe vârste la diferite specii, s-au putut evidenția trei tipuri de **piramide ale vârstelor**:

1. piramida cu bază largă

Cuprinde cel mai mare număr de indivizi în stadiu juvenil și caracterizează populațiile aflate în creștere rapidă.

2. piramida normală

Are formă de clopot și exprimă un raport echilibrat între diferitele grupe de vârstă. Caracterizează populațiile aflate în creștere staționară (natalitatea = mortalitatea).

3. piramida cu baza îngustă

Reflectă un număr mic de indivizi tineri și o dominanță a adulților. Caracterizează populațiile aflate în declin numeric.

În cazul în care generațiile se suprapun și diferențele de vârste nu sunt decelabile morfologic, atunci indivizii se pot grupa pe clase de dimensiuni. De exemplu, specii de pești care nu au solzi sau au solzi caduci.

B. Structura pe sexe ("sex ratio")

Diferă mult de la o populație la alta, putând să varieze de la un raport dintre mascul și femelă apropiat de 1 (populația umană, vrăbii etc.) sau un raport aflat în favoarea unuia sau a altuia dintre sexe (ex.: la crustacee mici, cladocere, *Daphnia* predomină femelele).

După predominanța unuia dintre sexe, se cunosc:

- distribuția egală;
- predominanța sexului masculin (mai rară);
- predominanța indivizilor de sex feminin (afidele).

Predominanța unuia sau altuia dintre sexe este un indice important pentru aprecierea perspectivelor de dezvoltare a unei populații. Dominarea femelelor presupune un progres numeric, în timp ce dominarea masculilor presupune o dezvoltare numerică mult mai lentă. Proporția sexelor în momentul fecundației poartă numele de "sex ratio" primar și poate fi diferită de cea înregistrată la sfârșitul perioadei de îngrijire a juvenilor de către părinți și care se numește "sex ratio" secundar.

Există și populații hermafrodite (nevertebrate, plante) unde nu putem vorbi de sex ratio, deoarece fiecare individ al populației prezintă atât elemente sexuale feminine, cât și masculine care funcționează alternative, de obicei sau simultan. Există populații în care

Ecologie

indivizii au sexele interschimbabile (pești – crap; la unele lamelibranhiate). Această schimbare între sexe se află sub controlul informației genetice.

C. Distribuția spațială

Indivizii populației prezintă în habitatul lor o distribuție caracteristică care variază de la o specie la alta. Modul de distribuție este în strânsă corelație cu limitele de toleranță pe care le au indivizii față de factorii abiotici, cu interacțiunile acestora cu alte grupe de organisme și cu comportamentul lor. Distribuția spațială influențează densitatea populației, cunoașterea sa fiind importantă pentru descrierea mărimii și dinamicii populației.

• Distribuția uniformă

Se caracterizează prin existența unor distanțe aproximativ egale între indivizi. Se poate întâlni în acele medii care satisfac cerințele speciilor în orice punct, în aceeași măsură. Se întâlnește rar în natură, poate apărea ca rezultat al competiției pentru hrană și spațiu. De exemplu: arborii dintr-o pădure matură se distribuie la distanțe aproximativ egale datorită comportamentului uniform față de factorul lumină, care duce la o concurență între indivizi, având ca rezultat menținerea unei distanțe egale între aceștia.

În cazul populațiilor animale, o astfel de distribuție se întâlnește la speciile care au comportament de teritorialitate, teritoriul unui individ sau grup având o suprafață egală cu teritoriul altui individ din aceeași specie.

• Distribuția întâmplătoare

Se caracterizează printr-o aranjare neuniformă a indivizilor unei populații în habitat, la speciile care trăiesc în medii omogene, dar care nu au tendințe de teritorialitate și nici agregare. De exemplu: păianjen, insecte galicole, protozoare.

• Distribuția aglomerată (grupată, contagioasă)

Este cea mai răspândită în natură. Indivizii sunt repartizați în habitat în grupuri de mărimi diferite, grupuri dispuse uniform sau la întâmplare. De exemplu: afidele (păduchi de plante), la care distribuția grupată este determinată de comportamentul gregar al indivizilor care caută să trăiască în apropierea semenilor lor și de variabilitatea condițiilor de biotop, indivizii fiind atrași de acele locuri unde condițiile de viață sunt optime.

Factori care determină gruparea sunt:

- viața socială,
- particularitățile de depunere a pontei,
- eclozarea concomitentă a indivizilor,
- transportul pasiv al ouălor, larvelor, semințelor,
- comportamentul colectiv de căutare a hranei și de apărare,
- evitarea zonelor de passim,
- competiția pentru asigurarea nevoilor energetice.

Comportamentul teritorial și ierarhia socială

Comportamentul teritorial este specific lumii animale și se poate manifesta permanent (exemplu: la felinele mari) sau poate fi temporar, la multe specii de păsări. Teritoriile reprezintă segmente de spațiu ocupate fie de un individ, de o pereche sau de un grup de indivizi și care este apărat împotriva altor indivizi din aceeași specie.

Teritoriul rezultă ca urmare a scindării spațiului în segmente individuale mai mici, datorită tendinței de izolare și intoleranță manifestate de indivizii unei specii.

Teritoriul cuprinde două **diviziuni**:

- **domeniul** – reprezintă spațiul vizitat de un individ în mod cotidian pentru a-și asigura hrana;

- **spațiul vital** – reprezintă întreg spațiul de desfășurare a vieții din momentul nașterii și până la moarte; este mai mare decât domeniul.

Diferitele tipuri de teritorii se clasifică în funcție de rolul pe care îl îndeplinesc. De exemplu: multe specii de păsări marine își apără ariile de cuibărit și zonele adiacente acestora. Totalitatea acestor zone reprezintă teritoriul de cuibărit. Unele păsări și mamifere își apără teritoriile pe suprafața cărora are loc împerecherea, suprafață care reprezintă teritoriul de împerechere. Cel mai răspândit tip de teritoriu apărat este teritoriul de hrănire, de pe suprafața căruia indivizii speciei își asigură sursa de hrană.

Pentru ca instinctul de teritorialitate să apară și să se manifeste, este necesar ca resursele mediului să fie limitate și să poată fi apărate. În general, resursele de hrană nu pot fi apărate mai ales în cazul prădătorilor care consumă prada în momentul când o prind. Însă, spațiul pe care poate fi găsită hrana se poate apăra cu cheltuirea unor resurse energetice din partea indivizilor. În unele cazuri, nici spațiul pe care există hrana nu e ușor de apărat, în special când aceasta este în cantitate mică și are o mobilitate mare. În acest ultim caz, nu se dezvoltă instinctul de teritorialitate privind hrănirea, deoarece cheltuiala energetică pentru dominarea teritoriului este prea mare în raport cu cantitatea de hrană care poate fi obținută de pe acel teritoriu.

Posesia unor teritorii servește și altor scopuri, și anume animalele devin familiare cu o anumită arie, ele învață când și unde poate fi găsită hrana, unde se pot adăposti în fața prădătorilor și unde pot fi întâlniți prădătorii. Ca urmare, indivizii care ocupă un anumit teritoriu vor fi avantajati în raport cu indivizii aceleiași specii, proveniți din alt teritoriu.

- **Ierarhia socială**

Ierarhizarea indivizilor într-o populație poate îmbrăca forme foarte diferite. Ca urmare a ierarhiei, apare o scară de dominație a indivizilor, care are rol în influențarea atât a fiecărui individ în parte, cât și a întregii populații.

De starea în care se afla ierarhia depinde frecvența luptelor și gradul de antagonism dintre indivizii cu toate consecințele care decurg din acest fapt, și anume: cantitatea de hrană consumată, modul de populare a biotopului și fecunditatea. Aceste caracteristici ce mențin la un nivel optim în momentele în care ierarhia este stabilă.

Viabilitatea unei populații depinde de heterogenitate și diferențierea caracterelor sale. Structura populației are o influență importantă asupra densității ei și depinde atât de natalitate și de probabilitatea de supraviețuire a indivizilor, cât, mai ales, de crearea unor condiții favorabile vieții pentru diferite categorii sau grupe de indivizi.

- **Heterogenitatea populației**

Pe arealul unei specii sau în cadrul diferitelor populații componente indivizii nu sunt identici, ei diferă prin dimensiune, colorit, biomasă, vârstă, grad de prolificitate etc. Diferențierea sexelor reprezintă un alt caracter esențial care mărește gradul de heterogenitate.

Populația, în ansamblu, nu este amorfă, ci are un pronunțat caracter **heterogen**. Heterogenitatea este un parametru important în menținerea coeziunii unei populații în raport cu condițiile concrete de existență.

În interiorul arealului pe care îl ocupă, o specie are populații distribuite într-un număr variabil de habitate locale condiționate de factorii mediului înconjurător.

Diferențierea habitatelor reprezintă un factor important al discontinuității morfologice și fiziologice care există între populații fiecare habitat, grupând indivizii cei mai bine adaptați sub aspect morfologic, fiziologic și comportamental.

Deosebirile de structură și funcție manifestate de populațiile care trăiesc în habitate neomogene pot fi atribuite următoarelor două **cauze**:

Ecologie

• acomodarea

Reprezintă proprietatea pe care o are un organism sau o specie de a-și modifica forma, structura sau funcțiile pentru a rezista mai bine unor noi condiții de viață. Modificările apărute ca urmare a acomodării nu sunt de natură genetică, iar populațiile care prezintă astfel de modificări se numesc **ecofene**. De exemplu: sălciile care trăiesc în zona inundabilă a Dunării dezvoltă în perioada inundațiilor rădăcini adventive, care, după retragerea apelor, își încetează funcțiile și se usucă.

• adaptarea

Este capacitatea organismelor determinate genetic de a se diferenția în forme distincte, în conformitate cu condițiile de mediu nou create. Populațiile astfel diferențiate poartă numele de **ecotipuri**.

Prezența ecotipurilor unor specii demonstrează corelația existentă între caracterele genetice ale unei populații și condițiile mediului de viață. Adesea, diferențierea ecotipurilor apare fie la nivel fiziologic, se și numește **fizioecotip**, fie la nivel morfologic și se numește **morfoecotip**. Ecotipurile unei specii pot fi net diferențiate sau, în alte cazuri, diferențierile apar progresiv, de la o populație la alta, de-a lungul unui gradient ecologic.

• Dinamica populațiilor

Reprezintă variațiile numerice anuale ale unei populații. În decursul unui an, populația suferă variații numerice, trecând prin faze de creștere și declin numeric. Din punct de vedere teoretic, creșterea este exponențială. În realitate, însă, creșterea este exponențială doar la început, după care se înregistrează variații de diferite tipuri.

Strategii demografice:

În lumea animală, s-a constatat că există două tipuri de strategii demografice: **strategia r** și **strategia k**.

• **strategia r**

Constă în stimularea capacității reproductive, crescând rata natalității, dar și a mortalității. În acest caz, se nasc mulți indivizi, dar o mare parte dintre aceștia mor înainte de a atinge vârsta reproductivă și, astfel, nu contribuie la reproducerea speciei. Ca urmare, populația are un efectiv variabil în timp, situate, de obicei, sub capacitatea de suport a mediului, iar competiția intra- și interspecifică este foarte variabilă. Această strategie are următoarele avantaje selective:

- dezvoltarea este rapidă,
- se atinge rata de creștere maximă,
- reproducerea se face la intervale scurte,
- dimensiunile corpului sunt reduse,
- indivizii se reproduc în general o singură dată în viață, având durata de viață scurtă, în general mai mică de 1an.

• **strategia k** - limitează reproducerea, ducând la scăderea natalității și mortalității. Chiar dacă se nasc puțini indivizi, prin faptul că supraviețuiesc în număr mare, se asigură un număr suficient de indivizi pentru perpetuarea speciei. În cazul acestei strategii, asigurarea numerică a populației se realizează prin îngrijirea și apărarea juvenilor de către părinți. Ca urmare, populația are un efectiv aproape constant și apropiat de capacitatea de suport a mediului.

Avantaje selective :

- dezvoltarea se face lent,
- capacitatea de competiție este mare,

- reproducerea se face la intervale mari,
- mărimea corpului este mai mare,
- indivizii se reproduc de mai multe ori în viață,
- longevitatea este mai mare.

Există specii care au strategii demografice deosebite care nu se încadrează în una sau alta dintre strategiile amintite, și anume ele adoptă diferite strategii, în funcție de condițiile de mediu. De exemplu: în lacurile cu apă sărată, unele specii de pești adoptă strategia de tip **r** deoarece condițiile de viață sunt mai puțin stabile. În lacurile cu apă dulce, cu condiții stabile, se adoptă strategia de tip **k**. În cursul evoluției, fiecare specie are în bagajul său ereditar ambele strategii, iar adoptarea uneia sau a alteia dintre acestea depinde de disponibilitatea resurselor trofice din primele stadii de viață.

IV.2. Mediul

Mediul general de nivel global, cu subdiviziunile teritoriale și tipurile de mediu au fost redate pe larg în capitolul I, subcap. I.1, pag. 6.

În sens larg, general, prin **mediu** înțelegem ambianța rezultată din interacțiunea ansamblului de substanțe și energii care influențează direct sau indirect, pozitiv sau negativ, viața unui organism viu (**mediu eficient** sau **individual**). Substanțele, ca și energiile, fiecare prin natura și concentrația sa, reprezintă forțe ce determină schimbări în viața organismului viu, ale căror intensitate, amploare și direcție depind de interacțiunea dintre ele, adică de mediul (ambianța) pe care o formează împreună. Totodată, natura, concentrația și efectele fiecărei substanțe și energii, parametrii ambianței sau ai mediului individual suferă schimbări în viitor, provocate de prezența și activitatea vitală a organismului viu implicat.

Indiferent de scara de reprezentare, mediul funcționează ca un sistem unitar, caracterizat prin **integralitate**, trăsătura fundamentală a sistemelor, care le permite să-și păstreze funcțiile chiar dacă, în timp, se schimbă și își modifică parametrii funcționali și structurali, datorită caracterului deschis. Deși pare lipsit de consistență și concretețe, mediul este un sistem complex, practic infinit, dacă ne referim la cel global, care are, însă, o structură și organizare interioară bine definite, concrete și coerente.

Mediul înconjurător reprezintă ansamblul condițiilor și elementelor naturale ale Terrei: aerul, apa, solul, subsolul, aspectele caracteristice ale peisajului, toate straturile atmosferice, toate materiile organice și anorganice, precum și ființele vii, sistemele naturale în interacțiune, cuprinzând elementele anterior enumerate, inclusiv valorile materiale și spirituale, calitatea vieții și condițiile care pot influența bunăstarea și sănătatea omului.

Etapă actuală de dezvoltare a civilizației se confruntă cu două realități:

- progresul tehnologic extrem de rapid și cerințele societății umane, aflată într-o continuă ascensiune;
- natura, severă, cu legile care o guvernează, clare și obiective, precise și neiertătoare, care stau la baza vieții și activității umane.

Societatea modernă, dominată de individualism, trebuie să țină seama de efectele temporale și spațiale ale acțiunilor sale. Comunitatea mondială constituie un sistem complex, un ansamblu de subsisteme interdependente, care impune o imagine holistă, sistemică asupra dezvoltării viitoare a lumii (*Gore, Al. – 1994; Axinte, Stela ș.a. – 2003; Bica, I. – 2002; Agafiței, Alina, Agafiței, M. - 2005*).

Eforturile și sacrificiile necesare respectării și aplicării legilor după care s-au organizat și funcționează sistemele naturale de tip biotic x abiotic reprezintă o problemă de conștiință și de morală, care obligă la abandonarea egoismului și aroganței generației prezente, cu

scopul de a da o șansă generațiilor viitoare, idee ce constituie, de fapt, esența conceptului de **sustenabilitate**.

IV.2.I. Conferința O.N.U. pentru Mediu și Dezvoltare (Rio de Janeiro, 1992). Conceptul de "Dezvoltare Durabilă"

Alarmată de rezultatele și concluziile Raportului Brundtland ("Viitorul nostru comun" – 1987), Comisia pentru Mediu și Dezvoltare, creată în 1983, în cadrul Organizației Națiunilor Unite, începe, în 1989, pregătirea Conferinței Mondiale asupra Mediului și Dezvoltării, care are ca scop determinarea acceptării, de către toate statele membre, a aplicării principiilor dezvoltării durabile și găsirea mijloacelor efective de implementare în practică a acestora.

Pe parcursul a mai bine de doi ani, experți din toată lumea au conlucrat pentru pregătirea documentelor acestei conferințe, desfășurată în 1992 la Rio de Janeiro (Brazilia). La aceasta au participat reprezentanți la vârf ai guvernelor, dar și ai societății civile, din 179 de țări, fiind considerată, pe drept cuvânt, cea mai mare reuniune care a avut loc vreodată la un asemenea nivel.

Au fost semnate și asumate răspunderi concrete, din partea fiecărei țări participante. Forumul de la Rio mai este cunoscut și sub denumirea de "Întâlnirea la Vârf a Pământului" și prezintă, prin documentele adoptate, o importanță deosebită pentru viitorul dezvoltării societății umane.

La această Conferință au fost adoptate **cinci documente**, care se constituie în programe concrete pentru implementarea în practică a principiilor dezvoltării durabile, respectiv pentru coordonarea planurilor și programelor de protecție a mediului:

- Declarația asupra Mediului și Dezvoltării;
- Declarația de principii pentru îndrumarea gospodăririi, conservării și dezvoltării durabile a tuturor tipurilor de păduri;
- Convenția Cadru a Națiunilor Unite referitoare la schimbarea climei;
- Convenția privind diversitatea biologică;
- Agenda 21.

Declarația asupra Mediului și Dezvoltării sintetizează drepturile și responsabilitățile fiecărei națiuni în realizarea dezvoltării și bunăstării umane, în apărarea și conservarea mediului.

Se accentuează ideea că singura cale spre un progres economic sigur, pe termen lung, constă în corelarea acestuia cu cerințele protecției mediului. Sunt prezentate 27 de principii care pot ajuta la realizarea acestui deziderat, dintre care amintim următoarele:

- națiunile au dreptul suveran de a-și exploata propriile resurse, fără a provoca prin aceasta daune mediului de dincolo de frontierele lor;
- stabilirea unui parteneriat global între națiuni, care să implice organizațiile guvernamentale, populația și societatea civilă;
- dezvoltarea durabilă poate fi realizată numai dacă protecția mediului se constituie ca parte integrantă a procesului de dezvoltare;
- este necesar ca, pentru fiecare proiect de dezvoltare, să se evalueze impactul acestuia asupra mediului și să se propună măsuri tehnice de minimizare a impactului negativ, respectiv de amplificare a celui pozitiv;
- dezvoltarea durabilă impune o mai bună înțelegere științifică a problemelor; națiunile trebuie să-și împărtășească cunoștințele și tehnologiile novatoare, în vederea realizării obiectivului de viabilitate;
- națiunile sunt obligate să se avertizeze reciproc cu privire la dezastrele naturale sau activitățile care ar putea avea efecte dăunătoare transfrontiere etc.

Prin **Declarația de principii pentru îndrumarea gospodăririi, conservării și dezvoltării durabile a tuturor tipurilor de păduri** se recunoaște în mod explicit importanța deosebită a pădurilor în dezvoltarea economică și în întreținerea tuturor formelor de viață. Pădurile reprezintă surse de energie regenerabilă și materie primă pentru industrie (lemn, hrană și medicamente), în același timp, constituie bogate depozite de produse biologice, încă nedescoperite.

Pădurile acționează ca adevărate acumulate de apă și carbon, care, altfel, pătrund în atmosferă și formează gaze cu efect de seră. Protecția pădurilor impune conlucrarea tuturor țărilor pentru adoptarea și aplicarea unui set de **principii și măsuri**:

- țările sunt chemate să participe la acțiunea de înverzire a planetei prin noi împăduriri;
- pădurile existente trebuie conservate și se vor aloca suprafețe suplimentare de teren pentru plantarea de păduri noi;
- pădurile trebuie astfel gospodărite astfel încât să facă față nevoilor sociale, economice, ecologice, culturale și spirituale ale generațiilor prezente și viitoare;
- utilizarea pădurilor de către fiecare națiune în parte se poate face pe baza unor strategii care să fie compatibile cu principiile dezvoltării durabile;
- pădurile unice, cele cu valoare culturală, istorică sau de altă natură vor trebui protejate în mod special;
- sunt necesare proiecte silvice viabile, bazate pe directive pentru un mediu sănătos; acestea include gospodărirea suprafețelor din jurul pădurilor într-un mod sigur pentru mediu;
- populația fiecărei națiuni este chemată să participe activ și eficient la proiectarea și implementarea strategiilor silvice naționale etc.

Politicile și obiectivele strategice, codul de conduită silvotehnică trebuie bine precizate, popularizate și apoi impuse tuturor deținătorilor de păduri și alte categorii de fond funciar silvic, pentru ca pădurile să-și manifeste multifuncționalitatea (productivitatea, funcții ecologice complexe și diversificate) așteptată și benefică pentru întreaga societate, de la nivel național și continental și, într-un plan superior și implicit, pentru societatea și mediul de nivel global.

Ecosistemele de pădure (naturale sau culturale), odată înființate, întemeiate, conduse și apoi exploatate sunt ecosisteme multi-multi anuale, a căror existență se întinde pe zeci și sute de ani, producând efecte de anvergură nu numai în timp, ci și în spațiu (directe și indirecte), astfel că, pe drept cuvânt, ele sunt considerate resurse (productive, mediogene, medioprotectoare) cu caracter continental, ca și apele.

Atât ca sisteme productive, cât, mai ales, prin funcțiile lor edafice, hidrologice, climatice, sociale, ele au menirea de a contribui la **imprimarea caracterului de durabilitate – sustenabilitate**, atât dezvoltării rurale, ca parte integrantă, cât și dezvoltării industriale și urbanizării, indirect, prin capacitatea pădurilor de a anihila, minimiza riscurile ecologice ale acestora.

Dezvoltarea sustenabilă în ansamblul său nu este posibilă în viitor decât atunci când politicile și strategiile față de păduri, conduita în exploatarea acestora permit dezvoltarea și manifestarea plenară a tuturor funcțiilor posibile ale pădurii, cu accente pe funcțiile mediogene, medioreglatoare și medioprotectoare, chiar dacă astfel funcția productivă se diminuează.

Din perspectivă ecologică, este și trebuie luată în considerare doar suprafața efectivă a fondului funciar silvic acoperită cu păduri, adică **suprafața împădurită**, raportată procentual la suprafața totală (a țării, zonei climatice, bazinului hidrografic, peisajului), acesta fiind un indicator ecologic relevant, cu denumirea de **procent păduros** al unui teritoriu. Tot din aceeași perspectivă, ecologică, se consideră că un teritoriu dat beneficiază de influențele pozitive ale pădurii asupra mediului său (hidrologic, edafic, climatic) dacă procentul păduros este de 32 – 35% din suprafața totală. Prin urmare, nu ponderea fondului funciar silvic total contează în această analiză, ci ponderea suprafețelor ocupate cu păduri (procentul păduros).

În esență, trebuie acționat în direcția reducerii considerabile a suprafețelor de fond funciar silvic cu alte destinații decât pădurile și a creșterii neconținute a suprafețelor ocupate cu păduri (a procentului păduros).

Convenția – cadru a Națiunilor Unite referitoare la schimbarea climei

Modificările produse în chimismul atmosferic, temperaturile globale și abundența speciilor vii reflectă momentul depășirii unor praguri esențiale în evoluția sistemelor naturale, situație ce poate afecta capacitatea pământului de a asigura existența unei populații umane în continuă creștere.

Prin activitățile pe care le întreprinde, omul introduce în atmosferă mari cantități de gaze, printre care și bioxidul de carbon, care formează doar 0,03% din atmosfera pământului ca volum, situându-se pe locul patru după azot (78,1%), oxigen (21,0%) și gazul inert argon (0,9%). Dar tocmai această proporție relativ scăzută ascunde importanța sa deosebită pentru ființele vii, vulnerabilitatea acestuia față de acțiunea umană, precum și posibilitatea reglementării nivelului său de către omenire. Restabilirea echilibrului în cadrul ciclului global al carbonului constituie o cerință imperativă și realizabilă. Este știut că CO₂ contribuie la creșterea efectului de seră în atmosfera pământului. Prin urmare, **rolul** esențial al acestei Convenții îl reprezintă încurajarea aplicării acelor măsuri care să conducă la stabilizarea gazelor din atmosferă care provoacă efectul de seră. Dintre aceste **măsuri**, cele mai importante considerăm a fi următoarele:

- fiecare țară are dreptul să utilizeze propriile resurse, cu condiția ca activitățile desfășurate să nu pună în pericol siguranța mediului;
- fiecare țară va trebui să adopte legislații care să țină sub control emisiile de gaze cu efect de seră și să asigure funcționarea proceselor naturale care pot îndepărta o parte din aceste gaze din atmosferă; rolul principal, în acest sens, revine țărilor dezvoltate, acestea fiind marile producătoare de gaze cu efect de seră; nivelul emisiilor de CO₂ și al altor gaze cu efecte asemănătoare va trebui redus la cel al anului 1990;
- țările dezvoltate trebuie să acorde sprijin material și asistență tehnică națiunilor în curs de dezvoltare, atât pentru determinarea emisiilor de gaze cu efect de seră, cât și pentru dezvoltarea tehnologiilor mai puțin poluante;
- fiecare țară trebuie să ofere informații despre cuantumul emisiilor de gaze cu efect de seră și estimarea proporției (din această cantitate) ce va fi absorbită de păduri și oceane;
- vor fi promovate moduri raționale de gospodărire durabilă și conservare a pădurilor, terenurilor plantate, oceanelor; acestea constituie adevărate acumulate de gaze cu efect de seră;
- opinia publică trebuie informată asupra modificărilor de climă și a efectelor acestora; publicul trebuie antrenat la elaborarea măsurilor de minimizare a acestor efecte;
- la nivelul O.N.U. este stabilit un grup special care să ajute la transferul de fonduri și tehnologii, să sprijine țările în procesul de combatere a emisiilor de gaze cu efect de seră etc.

Convenția privind diversitatea biologică

Conservarea și utilizarea durabilă a diversității biologice prezintă o importanță deosebită în asigurarea nevoilor de hrană, sănătate și a altor necesități pentru populația globului, aflată în continuă creștere. Deși investițiile în conservarea biodiversității vor fi considerabile, beneficiile aduse de acestea justifică eforturile ce urmează a fi întreprinse.

Principalele **constrângeri** ce derivă din acest document sunt următoarele:

- fiecare țară poate utiliza resursele biologice de care dispune, dar este responsabilă pentru conservarea acestora și pentru utilizarea lor în mod viabil;
- este necesară identificarea acelor comunități biotice importante pentru conservare, urmărindu-se cu precădere activitățile cu impact negativ semnificativ asupra acestora;
- deciziile politice trebuie să țină seama de necesitatea conservării și utilizării durabile a diversității biologice;

- populația trebuie educată în spiritul protejării și conservării sistemelor biotice;
- ecosistemele degradate vor trebui refăcute, recuperându-se speciile amenințate ori aflate în pericol; se va preveni introducerea de specii străine care amenință ecosistemele, speciile sau habitatul;
- țările în curs de dezvoltare trebuie să aibă asigurat accesul la tehnologii sigure pentru mediu, de care au nevoie în vederea conservării și utilizării durabile a diversității biologice;
- țările în curs de dezvoltare trebuie să primească sprijin științific, astfel încât să poată dezvolta propriile instituții și să capete experiență în utilizarea durabilă a diversității biologice.

Agenda 21 reprezintă un program amplu, detaliat, concret despre modul în care dezvoltarea în secolul XXI poate deveni durabilă.

Fără ocrotirea mediului nu se poate asigura **dezvoltarea durabilă**. **Dezvoltarea durabilă include protecția mediului, iar protecția mediului condiționează dezvoltarea durabilă**. Pentru a se dezvolta durabil, toate țările au nevoie de acces și perfecționare în domeniul utilizării tehnologiilor curate și care risipesc mai puține resurse.

Conferința Națiunilor Unite pentru Mediu și Dezvoltare (UNCED) a arătat, de asemenea, că nu se mai pot gândi mediul și dezvoltarea economică și socială ca domenii izolate și că singura cale spre progres economic pe termen lung este legarea acestuia de protecția mediului.

Problema cheie a dezvoltării durabile o constituie reconcilierea între două aspirații umane: necesitatea continuării dezvoltării economice și sociale, dar și protecția și îmbunătățirea stării mediului, ca singura cale pentru bunăstare atât a generațiilor prezente, cât și a celor viitoare. Dezvoltarea durabilă, viabilă și susținută din punct de vedere ecologic, este considerată acea dezvoltare care satisface nevoile prezentului fără a compromite capacitatea generațiilor viitoare de a-și satisface propriile necesități.

Agenda 21 reprezintă cel mai important document adoptat la "Întâlnirea la Vârf a Pământului" și reflectă dorința țărilor semnatare de a coopera în domeniul protecției mediului, al dezvoltării economice și sociale, al gospodăririi raționale a tuturor resurselor naturale.

În cele 40 de capitole ale sale, Agenda 21 analizează toate aspectele vieții sociale și economice cu care se confruntă, la ora actuală, planeta, stabilind măsuri și responsabilități precise pentru toate verigile societății: guverne, syndicate, oameni de afaceri, oameni de știință, femei, copii, organisme internaționale, organizații neguvernamentale, grupuri sociale, categorii profesionale, sectoare de activitate etc.

Dintre cele mai importante **directive** dezvoltate în acest amplu document se rețin, în mod special, următoarele:

- 1. Combaterea sărăciei**
- 2. Schimbarea modelelor de consum.**
- 3. Protecția și promovarea sănătății umane.**

Ca **strategii** generale, se propun următoarele:

- eliminarea unor boli cu arie largă de răspândire;
- combaterea tuberculozei;
- combaterea infecțiilor respiratorii;
- combaterea malariei;
- reducerea deceselor la copii;
- elaborarea de programe pentru combaterea poluării;
- ținerea sub control a distribuției pesticidelor;
- instruirea oamenilor pentru a face față pericolelor care pot afecta sănătatea mediului.

4. Protecția atmosferei. Principalele probleme legate de poluarea atmosferei sunt datorate gazelor cu **efect de seră**: amenințarea modificărilor climatice, reducerea stratului

Ecologie

de ozon, ploile și depunerile acide; elaborarea unor metode precise pentru determinarea nivelului poluanților din atmosferă; modernizarea sistemelor actuale de generare a energiei, creșterea eficienței, dezvoltarea unor noi resurse regenerabile de energie, folosirea mai eficientă a acesteia; folosirea studiilor de mediu în proiectele de dezvoltare a noi capacități de producere a energiei. Trebuie încurajate acele activități care minimizează emisiile de poluanți în atmosferă; dezvoltarea instalațiilor de reținere a emisiilor poluante (*Bica, I. – 2002*).

O mică parte din acestea penetrează atmosfera, dispându-se în univers, dar cea mai mare parte sunt reținute de stratul gazos care joacă un rol similar învelișului unei sere. Astfel se face că temperatura medie la suprafața pământului este de cca. 15 °C, nu de – 15 °C (valoarea termică în absența acestui strat). Fenomenul descris este efectul de seră normal, cu implicații benefice.

O dată cu creșterea concentrației acestor gaze (numite **gaze de seră**), fluxul de radiații IR care se pierd în cosmos este mai redus și, prin urmare, căldura acumulată la suprafața terestră va fi mai mare. Creșterea temperaturii aerului, ca urmare a efectului de seră, ar avea efecte deosebit de grave asupra factorilor meteorologici.

Ozonul este prezent în atmosfera terestră la toate altitudinile, până la 100 km. Stratul de ozon, situat în stratosferă, încorporează peste 90% din ozonul atmosferic. În stratosferă, ozonul se formează în mod natural prin acțiunea radiațiilor UV din radiația solară asupra moleculelor de oxigen. Deși concentrația atmosferei în ozon este foarte mică, comprimat la presiunea barometrică de la suprafața pământului, stratul de ozon ar avea o grosime de 3 – 4 mm, jucând un rol esențial în chimia atmosferei, controlând fluxul de raze UV nocive vieții (*Duca, Gh. ș.a. – 1999; Teușdea, V. – 1998; Vișan, S. ș.a. – 1998; Balasarian, I. – 2003*).

Degradarea stratului de ozon, mai accentuată iarna și primăvara, este datorată unor gaze provenite din activitățile industriale și ajunse în atmosferă, care au, în conținutul lor, carbon (CO, CO₂, CH₄, hidrocarburi superioare), hidrogen (H₂, H₂O), fluor și clor (fluorocarboni, clorofluorocarboni, freoni). Distrugerea stratului de ozon este efectul unor reacții chimice care au loc la mari altitudini, la temperaturi scăzute, sub influența razelor UV. Scăzând doar cu 1% concentrația de ozon stratosferic, fluxul de radiații UV crește cu 2%.

5. Gospodărirea viabilă a terenurilor. Se impune găsirea celor mai eficiente modalități de folosire a terenurilor. Se va asigura o folosire durabilă a terenului; zonele protejate constituie o prioritate în alegerea folosințelor, în asigurarea protecției și exploatarea resurselor. Vor fi încurajate modelele tradiționale de gospodărire viabilă a terenurilor și de protejare a acestora atât în vederea conservării diversității biologice, cât și a altor beneficii ecologice; planificarea ecologică va fi utilizată în toate proiectele de exploatare a terenurilor, în special a resurselor acestora. Sunt stabilite termene ferme pentru îmbunătățirea modalităților de planificare a terenurilor.

6. Combaterea despăduririlor.

Pădurile sunt grav amenințate de degradare, ca urmare a creșterii nivelului de poluare și a deteriorării factorilor de mediu. În document sunt făcute precizări vizând domeniul dezvoltării de noi plantații, obținerii de noi soiuri de arbori, dezvoltării silviculturii urbane, protejării pădurilor existente, încurajării folosințelor cu impact redus asupra pădurilor, minimizării deșeurilor de lemn, creșterii valorificării secundare a resurselor lemnoase, încurajării cooperării internaționale în exploatarea și valorificarea resurselor oferite de păduri etc.

La baza acestor politici și strategii silvice sustenabile stă, ca și în cazul dezvoltării agricole și industriale, conceptul de **spațiu ambiental**, în general și **parametrii** acestuia pentru **domeniul silvic**.

În esență, **spațiul ambiental** al unui teritoriu (continent, țară, regiune etc.) rezultă din raportarea suprafeței totale a acestui teritoriu la efectivul populației sale, iar **parametrii**

săi rezultă din raportarea resurselor spațiului ambiental la populația care dispune de ele (Axinte, Stela – 2003, Agafitei, Alina ș.a., 2010).

7. Combaterea deșertificării și a secetei. Este o problemă gravă, având în vedere faptul că statisticile arată că peste 70% din terenurile disponibile sunt afectate de degradare.

Impactul acestora asupra sănătății și bunăstării populației este direct și important. Măsurile propuse în capitolul consacrat pădurilor contribuie, indirect, la reducerea degradării terenurilor; în vederea combaterii deșertificării și degradării terenurilor, oamenii trebuie sprijiniți, prin credite, tehnologie, asistență tehnică și instruire.

8. Dezvoltarea durabilă a agriculturii și a localităților rurale. Diversitatea genetică a celor câteva specii de plante și animale care asigură hrana omenirii – așa-numitele "resurse de plasmă germinativă" - oferă un ridicat potențial pentru îmbunătățirea performanțelor agriculturii. În același timp, există mari posibilități de lărgire a bazei de specii pentru producția de alimente și fibre.

9. Conservarea diversității biologice

10. Protecția și gospodărirea oceanelor. Se vor asigura următoarele acțiuni pentru protecția și dezvoltarea durabilă a mărilor și oceanelor:

- evaluarea activităților cu impact negativ;
- elaborarea unor strategii naționale de protecție a mediului marin;
- îmbunătățirea standardelor de viață ale populațiilor din zonele de coastă;
- eliminarea deversărilor de produse chimice;
- reducerea riscului de accidente în transportul maritim;
- controlul deversărilor de azot și fosfor;
- folosirea unor pesticide și insecticide mai puțin periculoase pentru mediul marin;
- stoparea depozitării în mare a deșeurilor periculoase;
- supravegherea atentă a pescuitului;
- evaluarea impactului pescuitului asupra ecosistemului marin;
- protejarea zonelor marine speciale, recife de corali, estuare, zone umede, platforme cu alge marine, zone de înmulțire sau de depunere a icrelor.

11. Protecția și gospodărirea apelor dulci. Resursele de apă trebuie folosite rațional și viabil, asigurând, în același timp, protejarea lor. Se vor dezvolta surse alternative de apă dulce, prin desalinizare, captarea apei din ploii, reutilizarea apelor uzate, recircularea apei.

12. Gospodărirea deșeurilor periculoase. O cantitate tot mai mare de deșuri periculoase ("toxice, inflamabile, explozive, infecțioase, corozive, radioactive sau altele, care, introduse sau menținute în mediu, pot dăuna acestuia, plantelor, animalelor sau omului") invadează mediul, afectând sănătatea acestuia și a populației. Este necesar să se realizeze centre de tratare și neutralizare a deșeurilor periculoase.

13. Consolidarea rolului principalelor grupuri sociale. Implementarea în practică a obiectivelor cuprinse în Agenda 21 necesită angajarea și participarea efectivă a tuturor grupurilor sociale de la nivelul societății.

14. Finanțarea dezvoltării durabile. Dezvoltarea durabilă, viabilă și susținută din punct de vedere ecologic, este considerată cea dezvoltare care satisface nevoile prezentului fără a compromite capacitatea generațiilor viitoare de a-și satisface propriile necesități. Un sector important este alocat în acest document conceptului de **implementare**; cea mai mare parte a fondurilor pentru asigurarea realizării acestor obiective vor proveni din sectorul public și privat al fiecărei țări.

15. Transferul de tehnologie. Dezvoltarea durabilă este strâns legată de perfecționarea tehnologică; țările în curs de dezvoltare au nevoie în mod special de asistență tehnică pentru a introduce tehnologii noi, curate și eficiente; orice ofertă de tehnologie va conține riscul pe care aceasta îl reprezintă pentru mediu, astfel încât alegerea să se realizeze în cunoștință de cauză.

16. Educația, instruirea și conștientizarea publicului.

Sensibilizarea și implicarea populației în asigurarea protecției mediului sunt dependente de gradul de înțelegere și cunoaștere a legăturilor dintre activitățile umane și acesta.

17. Crearea competenței pentru dezvoltarea durabilă.

Rezolvarea oricărei probleme de mediu nu poate fi corect soluționată atât timp cât ea nu este corect înțeleasă. Se vor propune măsuri suplimentare pentru consolidarea programelor tehnice internaționale de cooperare pentru dezvoltarea durabilă.

18. Legislația internațională. Este necesară dezvoltarea și revizuirea acestora astfel încât să devină mai eficiente, urmărind mai pregnant integrarea strategiilor de mediu și dezvoltare. Se vor dezvolta convențiile care stabilesc norme internaționale eficiente pentru protecția mediului, ținându-se cont de posibilitățile tehnice și financiare ale fiecărei țări.

Toate țările sunt chemate să participe la elaborarea tratatelor internaționale referitoare la dezvoltarea durabilă; standardele internaționale de mediu trebuie să recunoască situațiile și posibilitățile țărilor în tranziție referitoare la obiectivele de mediu.

Țările în curs de dezvoltare trebuie sprijinite în eforturile lor de implementare a acordurilor internaționale, pentru a putea participa efectiv și eficient la negocierile unor noi acorduri (*Bica, I. – 2002*).

Agenda 21 constituie cel mai cuprinzător program elaborat până în prezent pentru implementarea în practică a conceptului de dezvoltare durabilă, introdus și definit de Raportul Brundtland (1987).

De la Întâlnirea de Vârf a Pământului și până în prezent se constată, în locul unei ameliorări, agravarea unei serii de probleme cu care se confruntă mediul și dezvoltarea:

- suprafața zonelor împădurite a continuat să scadă;
- pădurile s-au degradat în continuare;
- emisiile de gaze poluante cu efecte asupra modificărilor climatice au atins niveluri mult superioare;
- s-au accentuat sărăcia, foametea, bolile etc.

Nu s-au produs modificări esențiale în politicile guvernelor diverselor națiuni, acestea continuând să urmărească doar creșterea economică, neglijând durabilitatea pe termen lung a drumului ales pentru dezvoltare.

Agenda 21 a fixat niveluri mult prea ambițioase și costisitoare pentru a putea fi aplicate în întregime și cu rezultate vizibile într-o perioadă relativ scurtă de timp, cât a trecut de la Conferința de la Rio. Deși Comitetul Națiunilor Unite pentru Dezvoltare Durabilă (înstituit la Conferință) a avut o serie de inițiative benefice, acestea nu au putut fi aplicate datorită lipsei puterii politice a acestui organism.

Strategiile existente tratează problemele mediului ca probleme separate, a căror rezolvare ține de ministerele mediului și nu ca fiind direct legate de economie.

Investițiile întreprinse în domeniul protecției mediului și în implementarea măsurilor Agendei 21 au fost mult sub cele prevăzute, datorită schimbărilor politice și economice majore produse în perioada care a trecut de la Conferință (1992) și până în prezent.

Resursele naturale

Resursele naturale sunt elemente materiale, energetice și informaționale existente în mediu, în afara activităților umane, susceptibile de a fi utilizate de către sistemele biologice. Conform acestei definiții, orice element material sau energetic reprezintă o sursă potențială, ea urmând a deveni o resursă reală, atunci când va exista un program informațional care să facă posibilă utilizarea ei

Resursele naturale sunt clasificate în:

- resurse **inepuizabile** (energia eoliană, energia mareelor, precipitațiile etc.) și,
- resurse **epuizabile**, care, la rândul lor, pot fi **regenerabile** (produsele vegetale și animale) și **neregenerabile** (zăcămintele, resursele genetice etc.).

O altă clasificare grupează resursele astfel:

- resurse geochimice;
- resurse energetice;
- resurse informaționale.

Din prima categorie fac parte elementele chimice care alcătuiesc masa Pământului, ele fiind prezente sub formă de compuși care intră în alcătuirea mineralelor, dissociate în soluții apoase ori gaze sau care se găsesc sub formă de compuși organici. Aceste elemente sunt utilizate repetat în cadrul circuitelor biogeochimice locale și globale

Resursele **energetice** sunt:

- resurse **autogene**: atracția gravitațională și energia reacțiilor nucleare de dezintegrare naturală a nucleelor radioactive din masa Pământului (energia geotermică);
- resurse **allogene**: gravitația Lunii, reacțiile de fuziune termonucleară din Soare, fotosinteza.

Resursele biologice includ resurse genetice, organisme sau părți din ele, populații sau orice alte componente biotice ale ecosistemelor având folosință sau valoare efectivă sau potențială pentru umanitate. Resursele informaționale ale biosferei sunt constituite din genofondurile tuturor speciilor existente pe glob, conform definiției date în Convenția privind diversitatea biologică, semnată la Rio de Janeiro, la 5 iunie 1992.

Biodiversitatea

Conform Convenției de la Rio de Janeiro din anul 1992, prin **diversitate biologică** se înțelege „variabilitatea organismelor vii din toate sursele, inclusiv, printre altele, a ecosistemelor terestre, marine și a altor ecosisteme acvatice și a complexelor ecologice din care acestea fac parte; aceasta include diversitatea în cadrul speciilor, dintre specii și a ecosistemelor”.

Biodiversitatea are o mare importanță pe plan economic (sursă de materii prime și mijloace de producție, rezervorul pe termen lung de resurse genetice utilizabile), pe plan științific (stă la baza mecanismelor ce permit să se asigure în permanență măsurile de protecția mediului, menținând parametrii solului și climatului în limitele compatibile cu viața), dar și pe plan etic și estetic.

Protecția mediului

Natura a fost considerată o sursă inepuizabilă de materii prime, materiale dar și un receptor de deșeuri de orice natură, în orice cantitate. Ca urmare, alături de progresele tehnice și modificările antropice cu rol pozitiv, au avut loc și fenomene negative precum: degradarea solului, dispariția unor specii de plante și rase de animale, epuizarea unor resurse naturale, apariția fenomenului de poluare etc.

Ca noțiune, protecția mediului înconjurător a fost și este de cele mai multe ori asociată fenomenului de **poluare**, dar, în realitate, conținutul acestei noțiuni este mult mai cuprinzător. Protecția mediului are în vedere următoarele **acțiuni**: gospodărirea rațională a resurselor, evitarea dezechilibrelor prin conservarea naturii, evitarea poluării mediului precum și reconstrucția ecologică a acestuia. Baza științifică a acestor activități este asigurată de ecologie care fundamentează biologic alegerea unor măsuri de protecție politică, juridică și economică

Măsurile de protecție a mediului trebuie să cuprindă „instituirea unei obligații, stabilirea unor condiții speciale și stipularea unor interdicții privind utilizarea rațională a resurselor naturale, prevenirea și combaterea poluării mediului și a efectelor dăunătoare ale fenomenelor naturale asupra elementelor sale componente.

Toate aceste măsuri au un sigur scop, și anume cel de **menținere a echilibrului ecologic**, în vederea asigurării unor condiții de viață și de muncă tot mai bune generațiilor viitoare.

Dezvoltarea durabilă

Acest concept, descris în cadrul prezentării Agendei 21 (cap. IV, pag. 92), pleacă de la premise că omul utilizează resursele naturale în vederea satisfacerii nevoilor sale strict biologice, dar și pentru crearea mijloacelor de transformare a mediului în funcție de dezvoltarea economico-socială. Pentru a garanta dezvoltarea socio-economică durabilă, este necesar să se asigure conservarea resurselor și a serviciilor produse de acestea în limitele de toleranță a componentelor sale –dezvoltare durabilă

Conceptul de dezvoltare durabilă a fost recomandat de Adunarea Generală ONU, prin Rezoluția 42/187, ca principiu director al strategiilor și politicilor naționale în domeniul evoluției economice și protecției mediului.

Conceptul de dezvoltare durabilă a fost legat inițial de problemele de mediu și de criza resurselor naturale, în special a celor legate de energie. Termenul s-a impus în vara anului 1992, după Conferința privind mediul și dezvoltarea, organizată de Națiunile Unite la Rio de Janeiro. La 10 ani de la Conferința de la Rio, în anul 2002, a avut loc, la Johannesburg, Summitul privind dezvoltarea durabilă.

Principiile și elementele strategice care stau la baza dezvoltării durabile:

Dintre acestea, amintim: principiul precauției în luarea deciziilor, principiul prevenirii riscurilor ecologice și a producerii daunelor, utilizarea durabilă a resurselor naturale; principiul prevenirii, reducerii și controlului integrat al poluării prin utilizarea celor mai bune tehnici disponibile pentru activitățile care pot produce poluări semnificative, principiul "poluatorul plătește", participarea publicului la luarea deciziilor privind mediul etc. (v. cap.IV, pag 92).

Strategiile de dezvoltare durabilă evidențiază interdependența între local și global, între țările dezvoltate și cele în curs de dezvoltare, accentuând necesitatea cooperării în cadrul și între sectoarele economic, social și de mediu.

Calitatea mediului

Prin calitatea mediului se înțelege starea acestuia la un moment dat, rezultată din integrarea tuturor elementelor sale structurale și funcționale, capabile să asigure o ambianță satisfăcătoare necesităților multiple ale vieții omului.

Sistemele de monitoring conduc la:

- cunoașterea gradului de afectare a calității mediului sub influența diferitelor activități umane;
- obținerea din timp a unor observații obiective care să poată permite sesizarea tendințelor în desfășurarea proceselor ecologice devreme și clar;
- stabilirea și impunerea măsurilor de protecție, conservare, reconstrucție și re tehnologizare;
- aprecierea reală a raportului cost/beneficiu a lucrărilor tehnice;
- realizarea unui control al eficienței măsurilor ce se iau pentru protecția mediului.

Poluare

Deteriorarea mediului presupune „alterarea caracteristicilor fizico-chimice și structurale ale componentelor naturale și antropice ale mediului, reducerea diversității sau productivității biologice a ecosistemelor naturale și antropizate, afectarea mediului natural cu efecte asupra calității vieții, cauzate, în principal, de poluarea apei, atmosferei și solului, supraexploatarea resurselor, gospodărirea și valorificarea lor deficitară, ca și prin amenajarea necorespunzătoare a teritoriului”.

Poluarea constituie o problemă a fiecărei țări, dar, în același timp, este și o problemă internațională datorită consecințelor social-economice pe care le poate produce (poluare transfrontieră).

Daună ecologică, prejudiciu

Tot mai des în actele internaționale și naționale termenul de prejudiciu este sinonim cu „dauna ecologică”.

Prin **prejudiciu**, se înțelege „efectul cuantificabil în cost al daunelor asupra sănătății oamenilor, bunurilor sau mediului, provocat prin poluanți, activități dăunătoare ori dezastre”.

Dauna ecologică reprezintă „acea vătămare care aduce atingere ansamblului elementelor unui sistem și care, datorită caracterului său indirect și difuz, nu permite constituirea unui drept la reparație”.

Dreptul mediului

Dreptul mediului este definit ca fiind „ansamblul regulilor juridice și instituțiilor stabilite în vederea protecției, conservării și ameliorării mediului, conform obiectivelor de dezvoltare durabilă”.

Din punct de vedere al modului de adoptare și aplicare a reglementărilor juridice, dreptul mediului apare sub trei ipoteze diferite:

- dreptul național al mediului, format din totalitatea reglementărilor interne ale statelor care vizează protecția, conservarea și ameliorarea mediului;
- dreptul comunitar al mediului, format din totalitatea surselor oficiale ale legii comunitare (tratatele constituționale ale Comunității – care reprezintă acte ale statelor membre; actele legislative ale instituțiilor politice ale Comunității; Deciziile Curții de Justiție, principiile legale generale și drepturile fundamentale recunoscute și elaborate de aceasta), legislația comunitară secundară (Directive, Regulamente, Decizii) precum și politicile, programele și alte documente adoptate în cadrul Uniunii Europene;
- dreptul internațional al mediului format din tratatele, convențiile și alte acte specifice care au ca obiect reglementarea raporturilor de cooperare dintre state și alte entități internaționale și care vizează protecția biosferei împotriva deteriorării majore și dezechilibrelor care ar putea perturba funcționarea normală.

Protecția mediului presupune utilizarea rațională a resurselor naturale, prevenirea și combaterea poluării, precum și a efectelor dăunătoare ale fenomenelor naturale.

CONCLUZII

Conservarea și ameliorarea mediului presupune menținerea și reproducerea calității factorilor naturali prin instituirea unor măsuri specifice de ocrotire și conservare.

Dezvoltarea durabilă urmărește integrarea problemelor de mediu în toate politicile economice, integrare care să permită satisfacerea nevoilor prezentului, fără compromiterea posibilităților generațiilor viitoare de a și le satisface pe ale lor.

Trebuie să facem precizarea că cei implicați în aplicarea reglementărilor din domeniul mediului trebuie să aibă în vedere definiția „legală” a termenilor întâlniți în reglementările generale și sectoriale.

IV.3. Unitatea vieții cu mediul

Viața tuturor organismelor este expresia mediului în care trăiesc și mor, fiind permanent influențată și condiționată de o serie de factori ai acestuia. Ca urmare, în sens larg, înțelegem prin **mediul înconjurător** ansamblul tuturor forțelor din univers care influențează organismul individual sau grupările de organisme, deci în acest sens, mediul este general, adică același pentru toate organismele vii și este infinit cuprinzând atât forțele terestre cât și pe cele cosmice. În realitate, mediul nu este același, deoarece valoarea forțelor sale este relativă, ceea ce înseamnă că o anumită forță din mediu este importantă

Ecologie

pentru anumite specii și nesemnificativă pentru alte specii. De exemplu, liniile de forță ale magnetismului terestru influențează migrația păsărilor și este total nesemnificativă pentru viața furnicilor.

Fiecare specie acționează ca și cum ar alege din mediu anumite elemente care sunt adecvate activității sale. Ca urmare, din mediul general se pot delimita **medii eficiente** și **medii specifice**.

Mediul eficient: Este mai restrâns decât mediul general, deoarece nu cuprinde forțele cosmice. În cadrul mediului geographic, se pot contura medii specifice, adică acele forțe care au influență nemijlocită asupra anumitor specii. În același mediu geografic se întâlnesc atât specii de *Lacerta vivipara* (*Zootoca vivipara*), cât și *Rupicapra rupicapra*, dar mediul specific pentru *Lacerta* este reprezentat de locurile însoțite de pe pietre, unde se încălzesc, de ascunzătorile unde se retrag în caz de pericol, iar hrana lor este formată din insecte, păianjeni. Pentru a doua specie (*Rupicapra*), este nevoie de terenuri întinse, înierbate, pe care să se hrănească, ele fiind influențate de suprapășunatul oilor care produc degradarea pajștilor alpine.

Mediul specific: Este alcătuit din două componente :

- mediul **fizic abiotic:** cuprinde precipitațiile, temperatura și umiditatea;
- mediul **biotic:** alcătuit din totalitatea organismelor.

Această împărțire este arbitrară, deoarece o serie de factori abiotici (temperatura aerului, umiditatea aerului în anumite limite) pot fi influențate de activitatea vitală a organismelor. *Tausley și Chipp* propun ca termenii de factori abiotici și biotici să fie reuniți sub denumirea de **factori ecologici** și să fie clasificați astfel:

- factori climatici: cuprind temperatura, lumina, umiditatea;
- factori fiziografici și orografici: formele de relief;
- factori edafici: solul, ca mediu de viață;
- factorii biotici: organisme, cu excepția celor edafice.

Dacă noțiunea de mediu se raportează nu numai la nivelul individului, ci și la nivelurile de organizare supraorganismice, atunci mediul apare structurat în opt **trepte**:

- mediul cosmic – cuprinde toate forțele extraterestre (radiația solară, radiația cosmică, lumina selenară și planetară),
- mediul geofizic – forțele fizice ale Pământului (câmpul gravitațional și magnetic),
- mediul orografic – formele de relief
- mediul edafic – solul, ca mediu de viață
- mediul hidrologic – hidrosfera
- mediul geochimic – combinația de substanțe chimice din învelișul superficial al planetei
- mediul biocenotic – biocenozele
- mediul biochimic – combinațiile chimice rezultate ca urmare a metabolismului viețuitoarelor (descrise mai detaliat în subcap. I.1.1, pag. 6 din Capitolul I).

Asupra mediului înconjurător, omul exercită o serie de acțiuni deliberate destinate modificării mediului în raport cu necesitățile umane imediate sau de perspectivă. Influențele umane s-au amplificat în ultimul timp în așa măsură încât să se poată afirma că nu există zonă din suprafața terestră în care să nu se facă resimțită, într-o oarecare măsură, influența omului, ca urmare, mediul înconjurător poate fi divizat în mediul **natural** și mediul **antropizat** (artificializat).

Mediul natural

Cuprinde fragmente ale scoarței terestre în care fenomenele biologice specifice se desfășoară în cadrul unor biocicluri naturale, neinfluențate de om. Extins în trecut la nivelul întregii planete, mediul natural și-a restrâns, progresiv, aria.

Mediul antropizat

Este o porțiune din mediul natural în care omul desfășoară activități specific, conform cu gradul de civilizație. Mediul locuit de oameni este un mozaic de medii naturale și artificiale, corelate mai mult sau mai puțin din punct de vedere ecologic și care se poate denumi, în sens larg, prin noțiunea de **oikumen** sau, în sens restrâns, de **sit** și desemnează un peisaj modificat de om. Pentru a sublinia și mai mult dimensiunile contribuției umane la formarea mediului actual și tendințele acestei contribuții în viitor, unii autori propun utilizarea termenului de **antroposferă** sau **noosferă** sau **tehnosferă**.

Pentru a evita disocierea completă între mediul natural și cel creat de el, *Commane* a introdus termenul de **ecosferă**, care, în concepția lui *Botnariuc și Bodineanu*, reprezintă unitatea dintre biosferă și troposferă (substrat abiotic ce cuprinde straturi inferioare ale atmosferei, hidrosferei și straturilor superioare ale litosferei).

Mediul structurat în trepte își exercită acțiunea la nivelul biotopului.

Capitolul V. DESCRIEREA PRINCIPALILOR BIOMI DE PE GLOB

V.1. Biomi acvatici

V.1.1. Ecosistemul acvatic

Ecosistemul acvatic este un ecosistem al cărui biotop este strâns legat de mediul acvatic. Aceste ecosisteme pot fi de diferite mărimi, de la mări până la iazuri mici. Ponderea biotopurilor acvatice (peste 70% din suprafața totală a Pământului), precum și calitățile specifice apei ca substanță chimică, conferă o importanță deosebită acestora în climatul planetar. Asupra biotopurilor acvatice acționează, desigur, o serie de factori abiotici, care influențează și biotopurile terestre, având, în acest context, importanță diferită, dar și factori specifici mediului acvatic. Din punct de vedere ecologic (dar nu numai din acest punct de vedere), dinamica oceanelor este deosebit de interesantă.

Ecosistemele acvatice se diferențiază în funcție de caracteristicile mediului de viață, anume apa, în:

- ecosisteme de ape stătătoare (ecosisteme **lentic**) și
- ecosisteme de apă curgătoare (ecosisteme **lotice**).

Cu alte cuvinte, **biomul acvatic** se împarte în:

- ecosisteme lentic (lacuri naturale, bălți, mlaștini, turbării, lagune, lacuri artificiale, eleste și iazuri);
- ecosisteme lotice (paraurile, raurile și fluviile);
- ape subterane (ape vadoase, ape junvenile, ape de zăcământ, ape fosile, ape geotermale și ape freatice de mică adâncime).

A. Ecosistemele lentic

Sunt de mai multe tipuri, în funcție de dimensiuni, evoluție, compoziția chimică a apei. Astfel, în funcție de dimensiune, deosebim ecosisteme de: **lac**, **mlaștină** și **baltă**. În funcție de salinitate, ecosistemele lentic sunt: **de apă dulce** și **de apă sărată**. Gradul de aprovizionare cu substanțe nutritive clasifică ecosistemele lentic în: **oligotrofe**, **mezotrofe** și **eutrofe**.

Privind resursele de apă dulce, România se situează pe locul 12 în Europa, iar resursele de apă utilizate în regim natural de amenajare se prezintă conform tabelului 5.1:

Tabelul nr. 5.1

Resursele de apă din România (Iancu, Paula - 2002)

Sursa	W (miliarde m ³ /an)	m ³ /s
Râuri și lacuri interioare	15,153	480,5
Dunărea	20,000	634,2
Resurse subterane	5,780	183,3
TOTAL	40,933	1298,0

Din studiile efectuate, rezultă că cerințele de apă de 20,4 miliarde m³/an vor crește la circa 27 miliarde m³/an în anii 2005 – 2010 și la 32 – 35 miliarde m³/an în anii 2020 –

2025, pentru asigurarea tuturor folosințelor (apă potabilă, apă industrială, apă pentru irigații și piscicultură).

Principalele probleme ce se ridică sunt legate de sursele de alimentare cu apă, calitatea apei, starea tehnică a sistemelor de alimentare și modul de gestionare a acestora.

În timp, au intervenit modificări semnificative și în calitatea apei la sursă, datorită intensificării fenomenelor de poluare, datorate restituțiilor neepurate corespunzător.

De asemenea, în același timp, ploile antrenează, atât în apele de suprafață, cât și în cele de adâncime, diferite substanțe utilizate în agricultură, dar și pulberile răspândite în atmosferă de diferite industrii și care, în cele din urmă, se depun pe sol. Natura poluanților este foarte diversă: îngrășăminte chimice, deșeuri organice, pesticide, săruri ale diferitelor metale, produse de sinteză și radioactive.

Diversitatea acestora, însoțită de creșterea ponderii substanțelor complexe, se amplifică pe măsura dezvoltării industriale, fapt ce conduce, de regulă, la o înrăutățire continuă a calității apei și, implicit, la dificultăți sporite în tratarea acesteia.

1. Lacurile - ocupă formele negative de relief (cuvete, depresiuni, cupe sau loji) care sunt umplute cu apă. Noțiunea de **lac** reprezintă legătura organică care există între cuveta și masa de apă. Majoritatea lacurilor de pe suprafața Pământului au masa de apă de origine continentală (rezultată din ploi, zăpezi sau izvoare), deci sunt lacuri care nu au făcut parte niciodată din Oceanul Planetar (*Rojanschi, Vl. ș.a., 1996*).

Particularitatea lacurilor constă în efectul de simplă amestecare al curenților de apă verticali și orizontali.

Importanță deosebită, îndeosebi pentru domeniul hidrotehnic, prezintă **lacurile antropice**, adică lacurile **artificiale**, rezultate prin activitatea omului. Majoritatea acestor lacuri sunt formate în lungul apelor curgătoare, în spatele unor baraje și reprezintă cea mai rapidă și eficace cale de regularizare a debitelor. Pentru combaterea inundațiilor, lacurile prezintă avantajul că pot controla din puncte concentrate debitele viiturilor, iar pentru folosințele de apă, acestea satisfac cel mai bine cerințele de consum.

Lacurile sunt formate, în general, prin barare naturală sau artificială a unui curs de apă. Comparativ cu apa râurilor pe care s-au format lacurile, apa acestora din urmă prezintă modificări ale indicatorilor de calitate datorită stagnării acesteia, un anumit timp, în lac, insolației puternice și stratificării termice și minerale.

Stagnarea apei conduce la reducerea turbidității, limpezirea apei mărind apreciabil posibilitatea de pătrundere a luminii solare, ceea ce are ca efect dezvoltarea planctonului.

Lacurile artificiale, rezultate prin activitatea omului, sunt compuse din următoarele părți:

- barajul, care se construiește din beton sau materiale locale;
- cuveta lacului, în care se realizează acumularea apei;
- construcțiile și instalațiile de golire sau evacuare a apei din lac, amplasate în corpul barajului sau pe unul din maluri (vane de diferite tipuri, deversoare centrale sau laterale, instalații de pompare etc.);
- AMC-uri, aparate de măsură și control (telelimnometru avertizor, limnigraf, aparat pentru măsurat grosimea depunerilor, evaporimetru etc.);
- lucrări anexe (rețeaua telefonică sau radiotelefonică, construcții social – gospodărești, plantații de protecție etc.).

Cea mai veche atestare documentară cu privire la realizarea unui lac de acumulare prin bararea albiei unui râu se referă la barajul Kosheish (cca. 2 900 î.e.n.), construit pe râul Nil, în aval de Memphis, sub domnia faraonului Menes, fondatorul primei dinastii.

Perioada modernă de realizare a lacurilor de acumulare începe aproximativ de la jumătatea secolului al XIX-lea, o dată cu dezvoltarea științifică a construcției de baraje. Sunt de remarcat contribuțiile aduse de inginerii francezi *De Sazilly* (1853) și *Delocre* (1858), care

au dezvoltat teoria barajelor de greutate din zidărie, respectiv *Collin* (1850), care a studiat teoria barajelor de pământ.

În țara noastră, realizarea de lacuri de acumulare are o tradiție veche. Dimitrie Cantemir menționează în lucrările sale numărul mare de iazuri piscicole existente în podișul Moldovei; la sfârșitul secolului trecut, numărul lor depășea 1 000. În paralel cu iazurile, s-au dezvoltat, în alte zone, heleșteele – acumulări executate în zone depresionare, realizate prin diguri de contur, cele mai vechi fiind situate în Câmpia Crișurilor.

De asemenea, constituie o tradiție larg răspândită pe teritoriul țării lacurile de acumulare realizate prin concentrarea căderii în vederea folosirii hidromecanice a potențialului energetic în instalații de diverse tipuri: mori, piue, gatere. Alte tipuri speciale de acumulări construite din perioade străvechi îl constituie benturile (mici acumulări pentru reținerea apei din ploi sau zăpezi, de formă pătrată sau dreptunghiulară, săpate în straturile argiloase impermeabile de la suprafața solului) și haiturile (acumulări de regularizare zilnică, realizate prin baraje de lemn) (*Agafitei, Alina ș.a., 2010*).

Dezvoltarea economică a țării a ridicat, în mod progresiv, probleme de alimentare cu apă a zonelor izolate pe cursuri de apă mici, în special în cele cu exploatarea miniere. În vederea satisfacerii acestor cerințe, s-au executat încă din secolul XVIII lacuri de acumulare, de regulă realizate prin baraje din zidărie de piatră (în Munții Apuseni, Baia Mare, Banat).

În perioada 1959 – 1962, România se afla printre primele cinci țări de pe glob care avea întocmit un **plan de amenajare integrală** pe ansamblul teritoriului său.

Lacurile de acumulare sunt amenajări de gospodărire a apelor realizate prin modificarea nivelului apelor față de cel natural, din amplasamentul respectiv și permit reținerea unui anumit volum de apă, în scopul modificării regimului temporal natural al apelor (*Chiriac, V. ș.a., 1976*).

Limitând definiția anterioară la apele curgătoare de suprafață, lacurile de acumulare sunt amenajări de gospodărire a apelor realizate prin supraînălțarea nivelului apelor peste cel natural și care rețin un volum de apă ce poate fi utilizat în scopul modificării repartiției în timp a debitelor cursurilor de apă.

Din acest punct de vedere, lacurile de acumulare realizează două tipuri de modificări ale condițiilor naturale din cadrul unui bazin hidrografic, și anume: modificarea profilului longitudinal al cursurilor de apă, respectiv modificarea regimului debitelor acestora.

Cel mai frecvent întâlnite sunt lacurile de acumulare cu funcțiuni legate de **modificarea regimului debitelor**.

Ținând seama de **amplasamentul** lacurilor de acumulare, în cadrul unui bazin hidrografic al unui râu, acestea pot fi: în zona **montană**, în zona **deluroasă** și în zona **de câmpie**.

Lacurile din zona de **munte** au baraje înalte și de lungimi mici, construite, de obicei, din beton sau piatră și au ca scopuri principale hidroenergetica și atenuarea viiturilor. În secundar, ele pot servi și la alimentări cu apă potabilă și industrială sau pentru irigații, dar costul apei este ridicat, datorită distanțelor mari de transport (*Giurma, I., 1997*).

Lacurile din zona **deluroasă** au baraje mai mici, construite, de regulă, din materiale locale și corespund cel mai bine alimentării cu apă potabilă și industrială a centrelor populate și pentru irigații, deoarece sunt situate în apropierea acestor folosințe și, totodată, le apără împotriva inundațiilor.

Lacurile din zona de **câmpie** au baraje de înălțimi mici și de lungimi mari, construite, de obicei, din pământ și prezintă avantajul că se găsesc în apropierea centrelor populate și a terenurilor de irigat, însă și dezavantajul că necesită lungimi mari de baraj și au pierderi mari de apă prin infiltrație și evaporație.

În țara noastră, există mari posibilități de creare a lacurilor de acumulare pentru atenuarea undelor de viitură și satisfacerea folosințelor în majoritatea bazinelor hidrografice ale râurilor.

În funcție de modul de exploatare cerut de funcțiunile pentru care au fost realizate lacurile de acumulare, se poate realiza următoarea clasificare:

- acumulări **permanente**, destinate fie asigurării unui nivel minim al apei, fie satisfacerii folosințelor de apă;
- acumulări **nepermanente**, destinate atenuării undelor de viitură;
- acumulări **mixte**, care îndeplinesc simultan ambele categorii de funcțiuni.

Această clasificare este schematică, deoarece marea majoritate a acumulărilor permanente cuprind, pe lățimea lamei deversante, un volum nepermanent, care realizează, implicit, o atenuare a undelor de viitură. La numeroase acumulări nepermanente se realizează un luciul de apă permanent, acoperind terenurile din cuvetă, care ar fi atât de frecvent inundate încât folosirea lor nu ar fi rațională și economic posibilă, fiind mai avantajoasă utilizarea acestui luciul pentru folosințe de importanță secundară. În acest caz, acumulările respective nu pot fi considerate mixte (*Chiriac, V. ș.a., 1976*).

În scopul stăpânirii apelor curgătoare de suprafață, se cunosc următoarele tipuri de **lacuri de acumulare**:

- **cu baraje frontale**, constituind tipul clasic de lac de acumulare și, totodată, cel mai frecvent întâlnit; realizate prin bararea unui curs de apă printr-o lucrare încastrată în cei doi versanți ai râului, la o cotă superioară cotei maxime a apei în lac; dintre acestea, menționăm: lacurile de acumulare cu un singur baraj frontal, cele cu baraj frontal și baraje laterale, cu baraje frontale prelungite cu diguri laterale sau cu mai multe baraje frontale;
- **laterale**, situate astfel încât să nu întrerupă curgerea naturală a cursului de apă, fiind realizate printr-un baraj longitudinal ce izolează lacul de cursul de apă, cu închideri în versanți la capătul aval și, de cele mai multe ori, la capătul amonte; dintre acestea, amintim: lacurile laterale cu închidere exclusiv în versantul aval și cu barajul longitudinal prelungit în amonte până când întâlnește cota terenului, lacurile laterale cu închidere amonte și aval, fără lucrări pe cursul principal, cele cu închidere amonte și aval, dar cu lucrări de admisie a apei în acumulare (stație de pompare, canal gravitațional) și lacurile realizate în foste bucle ale cursurilor de apă prin bararea capetelor amonte și aval și devierea cursului de apă, ce impun umpleri prin pompare;
- **cu diguri inelare**, situate, de regulă, în afara albiilor cursurilor de apă, în zone cu teren plan sau în vârfuri de munte ori deal, unde nu există versanți pentru încastrarea unui baraj; sunt utilizate la centralele hidroelectrice cu pompare și, uneori, înlocuiesc rezervoarele în sisteme de alimentare;
- **din zone depresionare**, situate în depresiuni, în care, pe întreg conturul lacului, se închide o curbă de nivel având cel puțin cota nivelului apei din lac, astfel încât să fie posibilă crearea retenției fără lucrări suplimentare de reținere; asemenea lacuri pot fi: cele din zone depresionare uscate (cuvuri, depresiuni etc.), care implică executarea unui sistem de aducțiune pentru alimentarea lacului dintr-o sursă de apă, lacuri pe amplasamentele unora existente, necesitând realizarea unui stăvilor pentru controlul debitelor defluente, executate prin excavare, fie la suprafața solului, fie chiar în galerii subterane, recomandate ca lac aval al unor centrale hidroelectrice cu pompare de mare cădere.

Deși constituie un simbol al progresului economic al societății, lacurile de acumulare reprezintă și simbolul îngrijorării, al oprobiului public, oriunde ele produc modificări drastice în ecosistem. De aceea, printre rănilor planetei noastre legate de poluare, un loc important îl ocupă lacurile de acumulare al căror impact asupra mediului înconjurător a fost deseori neglijat ori subestimat. Din acest motiv, numeroase lacuri de acumulare sunt considerate adevărate catastrofe ecologice (ex.: cazul lacului Nasser, format pe Nil de barajul de la Assuan). Rețeaua de impacturi generate de om prin bararea cursului unei ape este deosebit de complexă, ele fiind de natură umană, biologică, hidrologică, atmosferică, terestră, toate acestea constituind componente esențiale ale mediului înconjurător.

Un caz particular îl constituie **lacurile colinare**, definite, în literatura de specialitate, ca fiind bazine de acumulare a apei provenită numai din precipitațiile scurse din bazinul

Ecologie

hidrografic, format printr-un baraj de pământ care închide o vale secundară sau o vâlcea, având înălțimea maximă de retenție între 8 și 15 m, cu destinație, în principal, agricolă: irigații, creșterea peștilor și a păsărilor de apă, alimentarea animalelor cu apă, regularizarea scurgerilor pe terenurile agricole, sport și turism în zonele rurale etc. (*Haret, C., 1979*).

Noțiunea de "lac colinar" este valabilă și pentru zona de câmpie cu relief ușor ondulat, diferențiindu-se, însă, de noțiunile de "lac de acumulare", "heleșteu" sau "iaz".

Principalele caracteristici ale lacurilor colinare (*Crivellari, 1969*) sunt:

- volumul barajului de pământ între minimum 6 000 – 7 000 m³ și maximum 25 000 – 30 000 m³;

- înălțimea maximă a barajului de 14 – 15 m;

- volumul cuvetei lacului între minimum 8 000 – 10 000 m³ și maximum 20 000 – 30 000 m³ sau chiar peste aceste valori.

În țara noastră, la sfârșitul anului 1989, existau peste 1 100 lacuri colinare. Folosința acestora era unică sau complexă, în următoarele proporții:

- numai pentru piscicultură: ~ 24,7%

- numai pentru irigații: ~ 14,0%

- numai pentru atenuarea viiturilor: ~ 0,4%

- pentru alimentarea cu apă (adăpostirea animalelor, stropitul pomilor și al viei): ~ 0,9%

- pentru irigații, adăparea animalelor și piscicultură: ~ 60,0%.

Din numărul total de lacuri colinare, cca. 74% erau utilizate pentru irigarea culturilor (\cong 265 mil. m³).

Experiențele din țări precum: Italia, Franța, S.U.A., în care tehnica utilizării acestor lacuri este temeinic fundamentată, reliefează o serie de **avantaje** ale folosirii lor, dintre care amintim următoarele:

- permit intensificarea agriculturii și obținerea de venituri suplimentare, utilizând mai bine rezervele naturale ale zonei;
- nu pun probleme deosebite la execuție și exploatare, fiind de dimensiuni relativ reduse;
- se pot dezvolta în toate regiunile în care apa deține un rol important pentru agricultură;
- nu implică condiții speciale de amplasament;
- necesită cheltuieli reduse etc.

Pentru țara noastră, se estimează un potențial maxim util acumulabil în lacurile de tip colinar, la asigurarea de 70 – 80%, de 1,3 – 1,8 miliarde m³/an (*Cojocaru, I. ș.a., 1998*).

Trecerea unei zone de teritoriu de la condițiile de uscat la cele acvatice sau lacustre este rapidă și mai mult decât evidentă. Consecințele se extind nu numai asupra suprafeței uscatului ci și departe, în timp. Dacă la efectul lacurilor de acumulare adăugăm și alte aspecte rezultate din alterarea calității apei datorită modului de cultivare a terenurilor agricole, pesticidelor sau altor activități umane, obținem imaginea complexă asupra problemelor rezultate din realizarea unui lac de acumulare.

Acesta au tendința de a deveni un ecosistem de lac natural, însă asta nu se poate întâmpla atât timp cât lacul este obiectul manipulării umane, prin variația nivelurilor și a debitelor evacuate.

Omul este capabil să găsească căile pentru a integra în natură ceea ce îi este util, generând un proces continuu de interacțiuni între el și celelalte elemente ale ecosistemului, dar incapabil să judece cu imparțialitate efectele posibile ale lacului de acumulare. Unele influențe îi sunt cunoscute și le poate prognoza, altele le poate doar intui, dar majoritatea îi sunt încă necunoscute sau nu le înțelege. Deși stadiul de definire și măsurare a impacturilor este primitiv, iar obiectul de măsurat este instabil, astfel că o apreciere fermă în orice moment este practic imposibilă, totuși, lacuri de acumulare mai mari sau mai mici se construiesc de mii și mii de ani (*Agafitei, Alina ș.a., 2010*).

Astăzi există în lume peste 50 de lacuri de acumulare cu suprafețe de peste 1 000 km² și cu volume ce depășesc 4 000 km³ și alte zeci de mii de lacuri mai mici.

În țara noastră există în prezent peste 450 de lacuri de acumulare cu volume de peste 1 000 000 m³, totalizând un volum brut de cca. 13,5 miliarde m³. Multe dintre acestea, mai ales marile lacuri de acumulare au creat efecte negative semnificative asupra mediului înconjurător, unele producând chiar pagube catastrofale și pierderi de vieți omenești (Tecuci, I., Bulacu, I., 1995).

În ceea ce privește evoluția **calității apei în lac**, un prim aspect care se ridică este legat de pregătirea inițială a cuvetelor lacurilor. Aceste cuvete include terenuri care, înainte de realizarea acumulării, nu erau în contact cu apa și care pot conține depozite de substanțe poluante. Chiar în starea naturală, vegetația și alte substanțe organice de pe aceste terenuri pot atrage după sine o murdărire organică a apelor lacurilor după realizarea lor (Rojanschi, Vl. ș.a., 1996). De aceea, este necesar să se acorde o atenție deosebită problemei curățării malurilor și fundului viitoarelor lacuri de acumulare.

În al doilea rând, în decursul exploatării, în lacurile de acumulare se produc anumite fenomene care nu aveau loc în regim natural.

Dintre **factorii modifcatori** care influențează sau chiar determină schimbări ale caracteristicilor fizico – chimice ale apei, amintim:

- diferența de densitate, care, în diferite porțiuni caracteristice ale amenajărilor complexe, este determinată de diferența de temperatură, salinitate, materii în suspensie etc.;
- variațiile de viteză;
- evaporarea, curenții de aer, dizolvarea sau precipitarea diferitelor minerale etc.;
- activitatea biologică.

Acești factori sunt corelați, variația unuia aducând modificări apreciabile celorlalți.

Densitatea apare mai evidentă ca factor modifcator în acumulările unde diferențele de temperatură, salinitate și materii în suspensie, între apa afluentă și apa acumulată, creează o stratificație a apei, în special în lacurile adânci. Ca urmare, se semnalează **stratificări termice și de salinitate** (Leu, D. și colab., 1998). S-au identificat trei tipuri de acțiuni ale curenților de densitate: de suprafață, intermediare și de fund. Având în vedere că densitatea maximă a apei se înregistrează la 4°C și că în adâncimea lacului temperatura apei este apropiată de această valoare, aici apa atinge densitatea maximă; la suprafață, temperatura apei este mai ridicată sau mai coborâtă, în funcție de anotimp.

Iarna, afluxul mai rece și mai dens decât apa lacului își formează un curent de fund. Primăvara, afluxul conține multe suspensii, care se sedimentează rapid, însă puține substanțe dizolvate, iar temperaturile sunt sensibil egale, ceea ce duce la crearea unui curent puternic de suprafață. Vara, afluxul descrește ca debit, dar salinitatea sa crește apreciabil, iar circulația este intermediară. Toamna, afluxul fiind mai rece, el pătrunde sub forma unui curent de fund până întâlnește apa mai grea, stratificată anterior (Rojanschi, Vl. ș.a., 1996).

Se stabilește, astfel, **stratificația termică**, unul dintre cele mai importante efecte ale diferențelor de densitate, care se consideră **directă** (vara) dacă straturile din adâncime se află la temperaturi mai coborâte decât cele de la suprafață și **inversă** (iarna) în caz contrar. Acest fenomen, în care factorii fizici, chimici și biologici aduc importante modificări ale caracteristicilor chimice ale apei, influențează în special folosințele din lac și, mai ales, din aval. Stratificarea termică se stabilește, în general, în lacurile adânci, în zonele cu variații apreciabile de temperatură (Rojanschi, Vl. ș.a., 1996). Tendința de creștere a densității apei o dată cu scăderea temperaturii suferă o răsturnare dramatică în preajma punctului de 3°C, când densitatea scade brusc, astfel încât, la 0°C, asistăm la o diferență majoră de densitate, care coincide cu formarea gheții. Fenomenul fizic descris este crucial în supraviețuirea organismelor subacvatice din apele continentale în zonele reci și temperate. Dacă densitatea apei nu și-ar schimba brusc curba ascendentă, gheața s-ar scufunda, prăbușindu-se peste structurile acvatice și peste viețuitoarele prezente aici.

Stratificarea termică este evidentă, atât în lacurile de mari dimensiuni și profunde (de tipul barajelor), cât și în fluviile mari din zona de câmpie (cu un curs mai lent).

Se pot diferenția următoarele straturi:

- stratul de suprafață, denumit **epilimnion**, expus încălzirii datorită radiației solare și aportului de apă caldă din amonte, mai cald vara și mai rece iarna (*Jacobescu M., Brehoiu Adriana, 1995*);
- stratul intermediar – **metalimnion**, în care apare un gradient mare de temperatură, denumit **termoclin** (*Leu, D. și colab., 1998*), ce constituie o demarcație netă, orizontală, între celelalte două straturi;
- stratul de adâncime – **hipolimnion**, aflat în partea inferioară a acumulării, cu o densitate maximă și o temperatură apropiată de 4°C, mai rece decât la suprafața apei în perioada de vară și mai cald în perioada de iarnă.

Acest tip de stratificație este specific îndeosebi perioadelor calde. În perioadele reci, coborârea temperaturii influențează, în primul rând, "epilimnionul", care ajunge să aibă o temperatură mai scăzută decât cea a "hipolimnionului". În consecință, "metalimnionul" dispăre, iar curenții verticali produc uniformizarea termică a apelor retenției.

Păstrăvii localizați în zona termoclinului sunt oarecum captivi în acest strat de apă; coborârea în hipolimnion poate provoca șoc termic și moartea peștelui.

Schemele următoare vizualizează stratificarea sus-menționată, cu cele trei zone (*fig. 5.1., 5.2 și 5.3*).

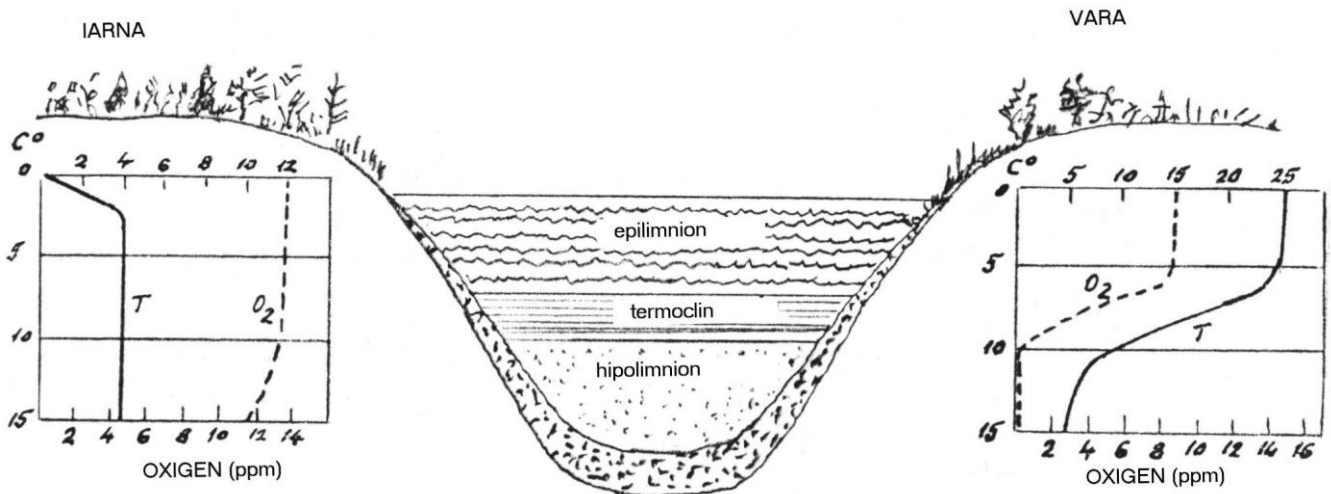


Fig. 5.1. Stratificarea termică a lacurilor (*Phelippot, S., 1995*)

Cele două diagrame din fig. 5.1 prezintă curbele oxigenului dizolvat și temperaturii în perioada de iarnă (fără stratificare) și, respectiv, în perioada de vară (cu stratificare).

Concentrația de oxigen, de materii în suspensie, de substanțe nutritive, precum și procesele chimice și biologice sunt diferite în cele trei straturi. **Oxigenul dizolvat** necesar menținerii speciilor acvatice și întreținerii capacității de autoepurare scade în epilimnion, o dată cu creșterea temperaturii.

Deficitul acut de oxigen în zona **hipolimnionului** determină procese anaerobe producătoare de **amoniu** și **fosfor**. Deoarece, în cele mai multe cazuri, nivelul prizei de apă se află în zona hipolimnionului, lipsa conținutului minim de oxigen dizolvat în apa prelevată vara poate crea probleme ecosistemelor aflate în aval de acumulare (*Jacobescu, M., Brehoiu, Adriana, 1995*). O diferență de 4°C intervenită brusc conduce la distrugerea epidermei, care va deveni opacă și la desprinderea ei de pe corpul peștelui. O diferență și mai mare de 4°C, intervenită brusc, va provoca leziuni ireversibile mai ample, deci moartea peștelui. Schimbarea treptată a temperaturii îi dă timp de adaptare acestuia, care va supraviețui fără probleme trecerii de la un regim termic la altul.

Trecerea din termoclin în epilimnion este mai puțin dramatică, deoarece păstrăvii nu trebuie să facă față unei diferențe termice la fel de mare ca cea dintre termoclin și hipolimnion. Doar că trecerea în stratul superior va fi evitată de pești deoarece deficitul de oxigen de aici, asociat cu stressul termic, nu oferă condiții propice pentru hrănire.

Datorită reliefului albiei, curenților care apar, vânturilor și valurilor, stratificarea termică poate prezenta discontinuități locale, anumite imperfecțiuni, în special spre maluri. Apar, astfel, "ferestre", care permit părăsirea termoclinului sau revenirea în acesta, în funcție de oportunitățile de hrănire.

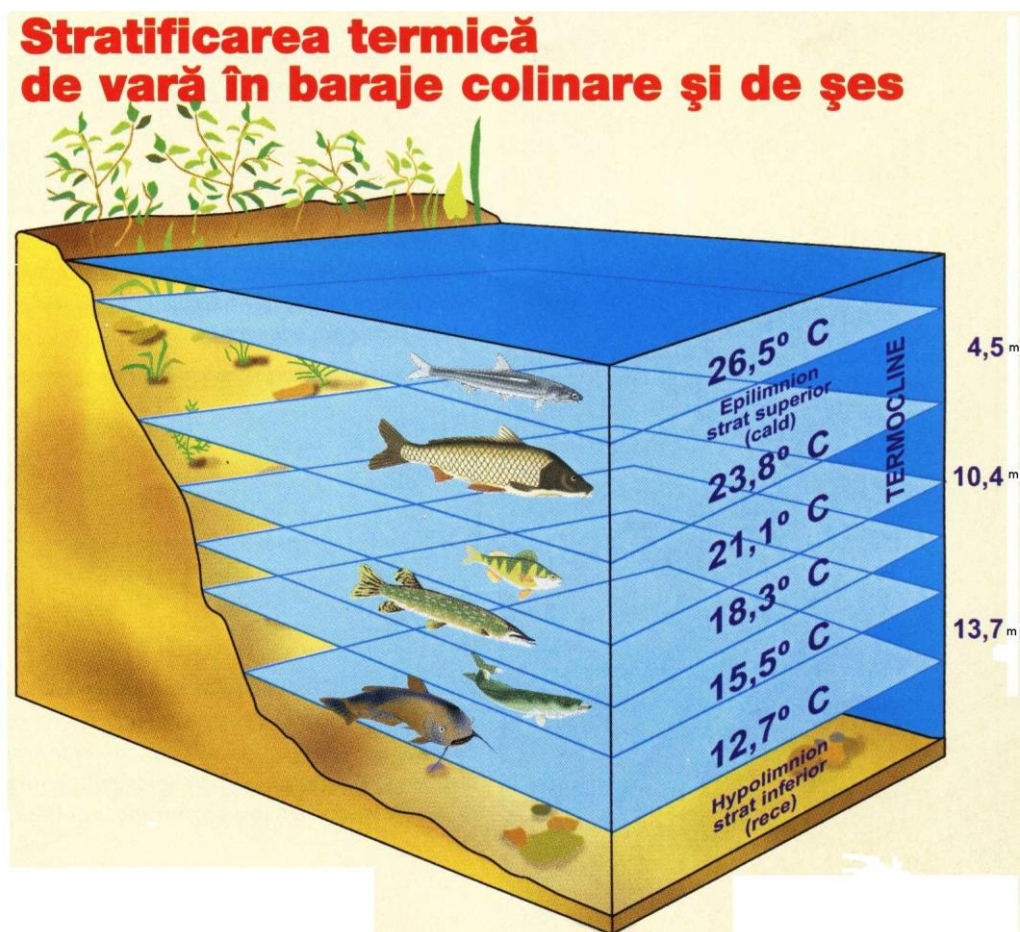


Fig. 5.2. Stratificarea termică de vară în baraje colinare și de șes

Sonarul poate indica exact la ce adâncime sunt suspendați peștii. Schimbările de temperatură în atmosferă, mai ales cele sezoniere, induc schimburi spectaculoase ale straturilor termice, chiar omogenizarea lor.

O dată cu venirea toamnei începe răcirea stratului superior, care, în timp, va căpăta o densitate mai mare, astfel că peștii preferă să stea "suspendați" în stratul superior, puțin deasupra termoclinului.

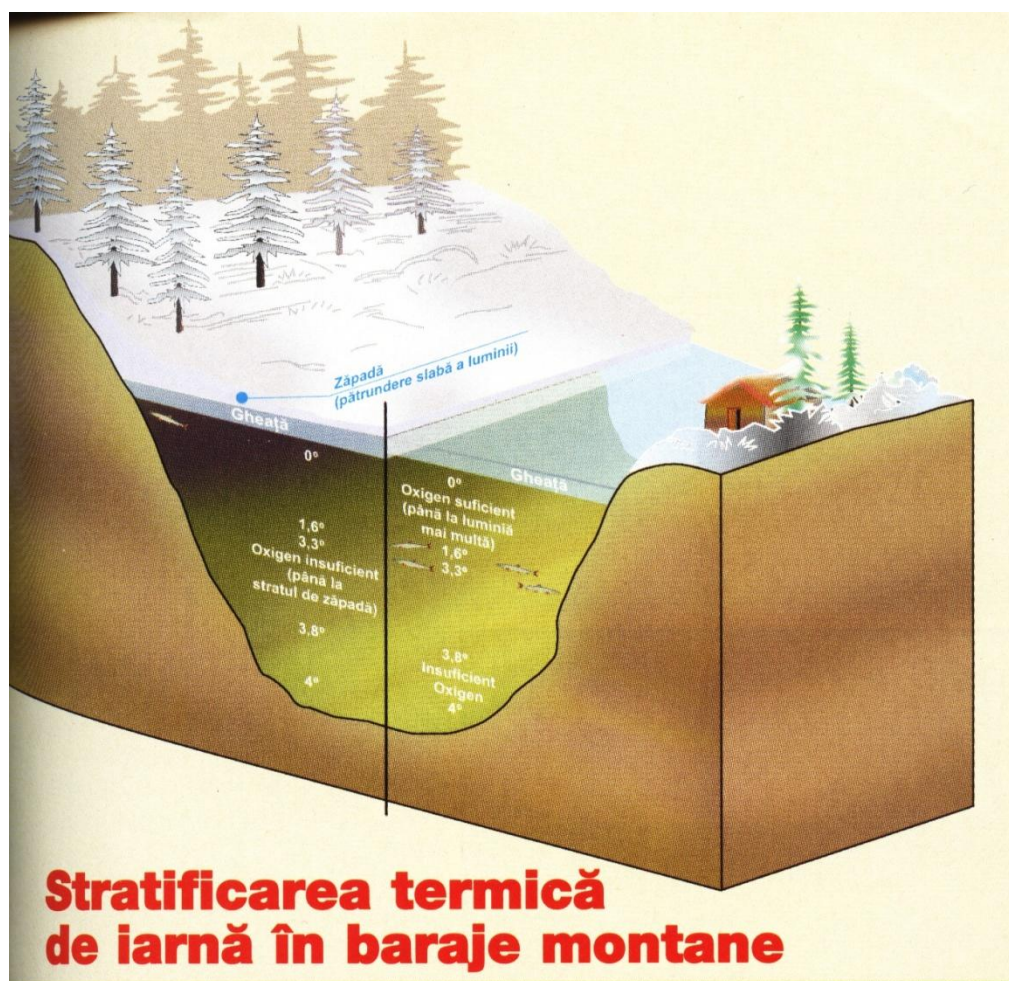


Fig. 5.3. Stratificarea termică de iarnă în barajele montane

Înainte de venirea iernii, stratul superior este destul de rece pentru a începe să se scufunde și să determine tranziția de toamnă, cu amestecarea straturilor termice și pregătirea pentru o nouă stratificare – cea de iarnă.

Peștii sunt foarte sensibili la schimbările temperaturii apei. Terminațiile nervoase din piele le conferă acestora abilitatea de a detecta infime variații termice ale mediului înconjurător, fapt ce indică deosebită importanță pe care **temperatura apei** o are în adaptarea activității peștilor după criterii termice.

Încălzirea apei primăvara, în perioada pre-productivă, activează peștii, care se vor hrăni intens, pentru a stoca energia necesară construirii cuiburilor (după caz), luptei cu rivalii, depunerii icrelor și, eventual, păzirii acestora. După reproducere, o dată cu o și mai accentuată creștere a temperaturii, peștii înregistrează al doilea maxim de activitate. Rata metabolismului crește, iar necesitatea de hrănire se manifestă în concordanță cu aceasta. Când temperaturile depășesc limitele optimului de mediu, peștii își reduc activitatea datorită scăderii cantității de oxigen solvit, fie își schimbă locația.

Apele au, în general, zone cu regimuri termice diferite, iar peștii vor face scurte migrații, pentru a regăsi temperaturile de confort. Aceste relocalizări sunt orientate pe orizontală (locurile de intrare ale unor râuri în lacuri, locurile aflate în vânt) sau verticală (gropane, locuri adânci). În lacurile în care apare stratificarea termică, termoclinul este cel care dictează relocalizarea. Indiferent de tip, apele nu au o populație piscicolă uniform

distribuită, peștii concentrându-se în anumite zone favorabile, unde temperatura este una dintre primele condiționări.

Temperatura apei este un factor care modifică în mod concludent **metabolismul**. Reacțiile metabolice ale organismelor acvatice cresc de două - trei ori la ridicarea temperaturii apei cu 10 °C, dar în limite compatibile cu viața și, mai ales, înscrise în acel optim caracteristic fiecărei specii (legea lui *Vant 'Hoff*). Din acest punct de vedere, peștii se împart în două categorii:

- pești cu un **optim termic de hrănire** între 2 și 18 °C (salmonidele);
- pești cu un **optim termic de hrănire** între 8 și 30 °C (majoritatea peștilor dulcicoli).

Sub limita inferioară de temperatură, peștii nu se mai hrănesc și cad în așa-numitul "somn de iarnă", iar peste limita superioară nutriția încetează, de asemenea, intervenind simptomele de asfixie și, uneori, un "somn de vară". Această **dependență strictă a peștelui de temperatură** este explicabilă prin faptul că el este un animal **poichiloterm** (are temperatura corpului egală cu cea a mediului), care nu posedă capacitatea de a-și regla temperatura internă pentru a compensa variațiile de temperatură ale mediului extern. Spre deosebire de păsări și mamifere (animale homeoterme), care au mecanisme de reglare a temperaturii interne, peștii au temperatura apei în care trăiesc. Într-o apă de 5°C, temperatura corpului unui pește este de 5°C, în mod similar, la temperatura apei de 20°C, peștele va avea o temperatură de 20°C. Cum metabolismul este influențat de temperatură, apetența peștelui și acceptanța sa senzorială vor urmări îndeaproape fluctuațiile termice ale mediului. În timpul somnului de iarnă, funcțiile organismului, inclusiv respirația, sunt mult reduse, consumul de oxigen fiind minim. Peștii se retrag în gropile de iernare, la o adâncime ce permite menținerea unei temperaturi cu 1-2 °C peste punctul de îngheț.

Pentru menținerea funcțiilor vitale în asemenea condiții, peștele consumă grăsimile acumulate din toamnă, ieșind slăbit în primăvară, cu o scădere de 5-10 % din greutatea inițială. Această perioadă este urmată de o hrănire intensă și constituie, totodată, cea mai propice pescuitului cu năluci (*Agafitei, Alina ș.a., 2006; 2010*).

Trezirea din "somnul de iarnă" se realizează treptat, o dată cu încălzirea apei; astfel, va crește ritmul metabolic și va apărea necesitatea de hrănire.

Se știe că temperatura influențează doi factori fizici importanți ai apei: **densitatea și vâscozitatea**. Densitatea apei este maximă la 4°C, iar la 0°C gheața formată este mai ușoară decât apa, fapt ce explică înghețarea numai la suprafață. La contactul cu aerul rece (0°C), apa va avea aceeași temperatură, însă, la fundul lacului, aceasta va fi apropiată de 4°C. Vâscozitatea (rezistența pe care o opune apa unui corp care se mișcă prin ea) este invers proporțională cu temperatura. La 0°C, vâscozitatea este dublă. Ea influențează atât viteza de deplasare a peștilor, cât și evoluția pescuitului.

Căldura specifică, conductibilitatea și dilatarea de dinainte de îngheț sunt parametri care condiționează existența vieții în mediul acvatic. Variațiile de temperatură dintr-o apă pe parcursul unui an depind de intensitatea razelor solare incidente pe suprafața apei. Căldura pătrunde lent în apă, încălzirea făcându-se treptat și în raport cu adâncimea bazinului de apă. Cu cât apa este mai adâncă, cu atât încălzirea se va produce mai greu. Lacurile, ape stagnante, au o temperatură de cca. 4°C la începutul primăverii, uniformă în toată masa apei, datorită **circulației de primăvară**, provocată de vânturi.

Spre vară, paturile de suprafață se încălzesc mai rapid, au o greutate maximă și rămân la fund. În timp, aceste straturi de apă nu se mai amestecă și apare astfel o stratificare termică, temperatura scăzând de la suprafață spre fundul lacului, care trece printr-o stagnare de vară.

Toamna, aerul rece influențează paturile superficiale ale apei, scăzându-le temperatura și acestea se scufundă până la nivelul unde vor întâlni ape cu aceeași densitate, iar în locul lor se vor ridica paturi de apă mai caldă, determinând o **circulație verticală a apei** – circulația de toamnă. Treptat, întreaga coloană de apă va atinge temperatura de 4°C.

Ecologie

Iarna, apa mai rece de 4°C nu se mai scufundă, stabilindu-se, astfel, o "stagnare de iarnă", cu stratificare inversă (temperatura crescând de la suprafață la fund). O dată cu topirea gheții, primăvara, apa se încălzește treptat și se scufundă, ajungând la o temperatură uniformă de 4°C, cu o circulație de primăvară. Un astfel de lac are o **variație termică sezonieră**, dar și **diurnă – nocturnă**. Fiecare specie de pești are anumite limite de temperatură, cuprinse între un minim și un maxim. Între aceste două extreme se instalează un **optim termic**, la care specia respectivă se dezvoltă cel mai bine. Cu cât ne apropiem de limita termică maximă sau minimă, cu atât este diminuată activitatea peștelui.

Peștii care au o plajă largă a optimului termic fac parte din speciile **euriterme** (crap, șalău, lin), iar cei care nu suportă decât un interval termic îngust constituie specii **stenoterme** (roșioara de apă termală – *Scardinius racovtza*). Reproducerea este și ea strict legată de temperatură, aceasta fiind, de regulă, mai coborâtă decât optimul termic al speciei respective (*Muşatescu, M., 2002*).

Cercetările privind evoluția **caracteristicilor fizico – chimice** ale apelor din lacurile de acumulare au arătat că:

- alcalinitatea se stabilizează după primul an;
- conductibilitatea și concentrația în fier au tendința de descreștere în timp și se stabilizează după o perioadă relativ lungă;
- concentrația în mangan crește cu vârsta acumulării, chiar după o perioadă de 30 – 40 de ani;
- există indicații că atât concentrația în fier, cât și cea în mangan depind mai mult de durata condițiilor anaerobe decât de îmbătrânirea lacului.

Deși în lacurile de acumulare efectele favorabile sunt apreciabile (ex.: descreșterea turbidității, numărul de bacterii, consumul biochimic de oxigen, atenuarea variației în substanțe dizolvate etc.), apar și efecte nefavorabile, uneori deosebit de grave, în ceea ce privește **gustul și mirosul** apei, concentrația în fier și mangan, cea a hidrogenului sulfurat și, mai ales, scăderea oxigenului dizolvat în apă, în straturile de mijloc și de fund. În acest fel, apa de la fundul lacului, cu un conținut redus de oxigen dizolvat, are un efect similar cu cel al unui curs de apă în aval de o sursă de poluare, uneori pe distanțe de până la 20 – 25 km sau chiar mai mult. În aval de descărcarea acestor ape sunt necesare măsuri speciale de reaerare.

În ceea ce privește **viteza apei**, reducerea acesteia în acumulări provoacă sedimentarea materiilor în suspensie și limpezirea accentuată a apei. Se realizează, de asemenea, reduceri ale culorii apei, când aceasta este dată de suspensii (*Rojanschi, Vl. ș.a., 1996*).

Evaporarea produsă de suprafețe mari de apă, supuse căldurii solare, provoacă creșterea concentrației în săruri a apei lacurilor de acumulare. În multe cazuri, în acumulările amplasate în regiunile montane, în special în munții cristalini, efectul evaporării este favorabil, deoarece conținutul în săruri al apei, uneori extrem de redus, îi imprimă acesteia un caracter de agresivitate. În aceste situații, acțiunea de dizolvare a diferitelor minerale cu care apa vine în contact este mai accentuată, producându-se un efect de îmbunătățire a calității sale.

În ceea ce privește **efectele biologice**, un curs de apă este o unitate biologică în care viața se desfășoară potrivit unor legi ecologice proprii. Amenajarea sa integrală, regularizarea parțială sau totală a albiei, compartimentarea sa prin baraje și crearea de lacuri de acumulare înseamnă modificări profunde aduse biotopului respectiv.

Limpezirea apei în lacurile de acumulare mărește apreciabil posibilitatea de pătrundere a luminii solare, ceea ce are ca efect dezvoltarea microorganismelor planctonice.

În lacurile de acumulare apar toate fenomenele biologice, care sunt în funcție de calitatea apei admise în lac, precum și de modul de curgere a apei în acesta. În cazul unui exces de substanțe nutritive, apare pericolul de **eutrofizare**.

Procesul de eutrofizare

Caracteristic lacurilor, în special celor artificiale, este procesul de evoluție a calității apei, existând tendința de **eutrofizare** a acestora, fapt ce ridică probleme deosebite din punctul de vedere al tehnologiilor de tratare a apei.

Acest fenomen este cauzat de creșterea peste anumite limite a concentrației substanțelor nutritive (azot, fosfor) din apele lacului, substanțe ce sunt antrenate prin spălarea terenurilor agricole pe care s-au aplicat îngrășăminte sau care provin din deversările insuficient epurate din amonte.

În lac se vor dezvolta alge, caracterizate printr-o mare putere de expansiune și care vor produce o creștere a deficitului de oxigen din apă, ca urmare a descompunerii algelor moarte căzute pe fundul lacului (*Iacobescu, M., Brehoiu, Adriana, 1995*).

Eutrofizarea reprezintă un proces complex, în care, datorită îmbogățirii apei cu substanțe nutritive pentru plante, se produce o proliferare exagerată a algelor și a altor plante acvatice, în paralel cu deteriorarea calității apei, sub raport igienic și estetic (*Cojocaru, I., 1995*). Eutrofizarea este un fenomen normal atât timp cât evoluția sa este naturală. **Eutrofizarea naturală** este deosebit de lentă, se întinde de-a lungul câtorva secole, pe măsură ce se acumulează cantități de substanțe nutritive (nutrienți) pentru plante și în concordanță cu anumite condiții climatice (condiții favorabile de lumină și temperatură). Dacă, însă, aportul de substanțe nutritive este stimulat **artificial**, ritmul de evoluție a eutrofizării se accelerează, impactul devenind deosebit de important și imposibil de ignorat (*Cojocaru, I., 1995*).

Primele relatări privind apariția eutrofizării datează încă din antichitate (Nil, Lago di Monerasi din Italia, Langsee din Austria ș.a.), dar procesele cu adevărat îngrijorătoare, datorită consecințelor lor, sunt semnalate, mai ales, începând cu secolul trecut (ex.: lacul Morat din Elveția, invadat în 1825 cu *Oscillatoria rubescens*) (*Cojocaru, I. ș.a., 1998; Agafiței, Alina, Agafiței, M., 2005*). Ea se înscrie între primele șase probleme majore de mediu întâlnite în lacurile și rezervoarele de pe glob. Procentul de lacuri și rezervoare care întâmpină probleme de eutrofizare se prezintă astfel: Asia și Pacific – 54%, Europa – 53%, Africa – 28%, America de Nord – 48% și America de Sud – 41% (conform datelor UNEP/ILEC, 2000). Relațiile dintre aceste **șase probleme grave de mediu** sunt redată în *fig. 5.4*.

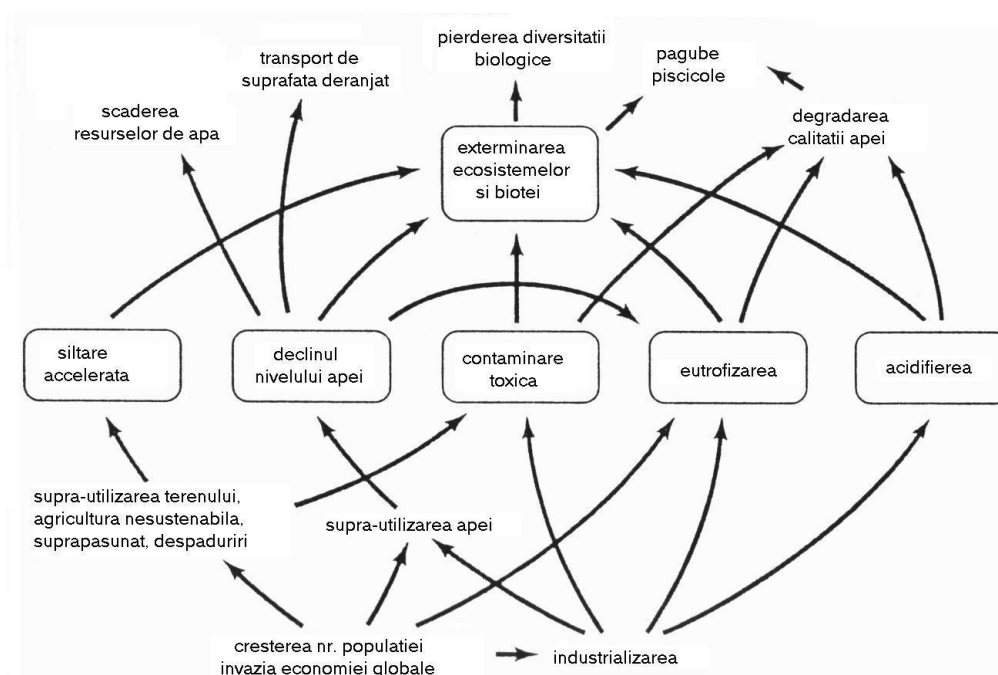


Fig. 5.4. Relațiile dintre problemele mediului acvatic (UNEP/ILEC, 2000)

Ecologie

Eutrofizarea apei este un proces natural de îmbătrânire, datorat îmbogățirii cu substanțe nutritive, care atrage după sine o creștere a productivității biologice și se termină, eventual, o dată cu dispariția lacului. În acest sens, se parcurg diferite **stadii trofice**. În funcție de stadiile trofice, acumulările pot fi:

- **oligotrofe**, sărace în substanțe nutritive, cu o producție biologică scăzută;
- **mezotrofe**, bogate în substanțe nutritive, cu o producție biologică sporită și un deficit minor de oxigen;
- **eutrofe**, foarte bogate în substanțe nutritive, care constituie suportul dezvoltării biologice rapide, generând o creștere a deficitului de oxigen.

O definiție comprehensivă a eutrofizării este cea dată de *R. Mărculescu*, în 1980, care a luat în considerare două categorii de lacuri, mai exact criteriile definitorii ale acestora: **oligotrofic** și **eutrofic**, și anume concentrația nutrienților și rata producerii materiilor organice: "Prin eutrofizare se înțelege procesul de a deveni mai eutrofic sau îmbogățirea în nutrienți."

Eutrofizarea este un proces natural de îmbătrânire, care se termină, eventual, o dată cu dispariția lacului. În cazul eutrofizării naturale, îmbogățirea în nutrienți se face numai pe seama agenților naturali, fluxul acesteia fiind discontinuu, fazele alternând cu creșterea și descreșterea nivelului nutrienților. Intensitatea și frecvența proceselor oscilează între aceleași limite, atrăgând după ele aceleași efecte. Îmbogățirea unui lac datorită uneia sau mai multor substanțe nutritive a fost denumită "**eutrofizare culturală**" (*Hasler*, 1947). Creșterea continuă a cantităților de nutrienți nu îngăduie sistemului să ajungă la un echilibru, rezultând, de aici, **simptomele** eutrofizării culturale: "Eutrofizarea este îmbogățirea în nutrienți a apelor, având ca rezultat stimularea unei serii de schimbări simptomatice, printre care creșterea producției algale și macrofitelor, deteriorarea pescuitului, deteriorarea calității apei; alte schimbări o fac indezirabilă și deranjează folosințele." (definiția *O.C.D.E.*).

Reynolds și *Sinker* (1976) consideră eutrofizarea "o formă a poluării prin efluenți cu ape uzate și a scurgerii de pe terenurile agricole, când nutrienții suplimentari măresc producția biologică" (*Mărculescu, R.*, 1981).

Deși definițiile fenomenului de eutrofizare elaborate de cercetătorii români și străini prezintă anumite puncte comune, apar, totuși, deosebiri importante referitoare la anumite laturi particulare ale acestui proces complex. În unele definiții, accentul se pune pe creșterea conținutului de nutrienți, în timp ce altele se referă în mod deosebit la sporirea cantității de biomasă autotrofă. Unele definiții iau în considerare rolul activității umane în procesul de eutrofizare, altele îl neglijează.

Este firesc să apară astfel de deosebiri de opinie, legate, în primul rând, de poziția pe care se situează cercetătorul, dar și de sistemul de referință în care se abordează problema. Spre exemplu, specialistul în gospodărirea apelor urmărește menținerea unei purități superioare a apei. Cel care valorifică apa în scop piscicol dorește obținerea unui nivel ridicat de troficitate. Din punctul său de vedere, calitatea apei se referă la aspectul acesteia ca mediu de viață capabil să asigure producția maximă de pește.

Până în prezent, nu s-a ajuns la un punct de vedere unitar asupra conținutului conceptului de eutrofizare. Însumând puncte de vedere ale mai multor autori, se constată că **eutrofizarea** reprezintă:

- îmbogățirea apei în nutrienți necesari pentru plante;
- creșterea concentrației unor factori chimici limitativi: macronutrienți (P, C) sau micronutrienți (Mo);
- creșterea producției primare de substanță organică, determinată de o intrare alohtonă de nutrienți sporită;
- creșterea biomasei vegetale ca urmare a ameliorării condițiilor trofice;
- creșterea cantității de material organic putrescibil în apă;
- un fenomen legat de apariția "**înfloririi**" algale;

- acțiunea de îmbătrânire a apelor de suprafață;
- un proces legat de colmatarea lacurilor;
- un proces de succesiune ecologică de la un nivel trofic inferior la un nivel trofic superior etc. (Agafiței, Alina, Agafiței, M., 2005; Agafiței, Alina, 2006; 2010).

Pornind de la ipoteza lui *Liebig*, conform căreia, într-un ecosistem, "elementul hotărâtor pentru dezvoltarea plantelor este acela care se găsește în cea mai mică cantitate în raport cu cerințele plantei respective", s-a formulat o concepție nouă, care poartă denumirea de "**teoria factorilor limitativi**" (*Mărculescu, R., 1981*). Epuizarea acestei mici rezerve limitează dezvoltarea în continuare a populației respective. Majoritatea adeptilor acestei poziții consideră că principalul factor limitativ al creșterii algelor planctonice este **fosforul**. Alți autori, ținând seama de rolul carbonului în procesul de fotosinteză, atribuie acestui element calitatea de factor limitativ.

În *Dicționarul Ecologic*, eutrofizarea este definită drept "poluarea organică, îndeosebi a apelor continentale, datorată introducerii unor cantități excesive de substanțe, ca urmare a activității umane". Tot aici, în funcție de gradul de poluare, apele sunt grupate în: **polisaprobe** (foarte puternic poluate), **mezasaprobe** (impurificate puternic până la moderat) și **oligosaprobe** (considerate practic curate).

Iacobescu, M. și Brehoiu, Adriana (1995) abordează problema eutrofizării din punctul de vedere al efectelor acesteia asupra calității apelor din lacurile de acumulare cu adâncimi mici. Aceștia consideră că fenomenul este cauzat de "creșterea peste anumite limite a concentrației substanțelor nutritive (azot, fosfor) din apele lacului, substanțe ce sunt antrenate prin spălarea terenurilor agricole pe care s-au aplicat îngrășăminte sau care provin din deversările insuficient epurate din amonte". Discontinuitatea apărută într-un punct al unui curs de apă prin crearea lacului de acumulare generează fenomene fizice, chimice, biologice și bacteriologice specifice acestei discontinuități, care nu existau în faza inițială. Este vorba, în primul rând, de apariția în retențiile cu adâncimi mici a fenomenului de stratificare termică a apelor.

Conceptul de "eutrofizare" relativ la stadiul trofic

Încă din 1954, *Elster* a subliniat că procesul de eutrofizare nu trebuie apreciat după un criteriu sau altul, ci după un ansamblu de criterii. În realitate, sintezele elaborate ulterior nu s-au subordonat acestei viziuni. Prin urmare, s-a ajuns la concepția potrivit căreia procesul de eutrofizare privește compartimentul abiotic al ecosistemului, la nivelul biotic resimțindu-se numai efectele acestui fenomen. Ca un corolar al acestei concepții, *Elster* a declarat **fosforul** "principalul **factor al eutrofizării**", iar încercările de modelare s-au concentrat asupra vitezei cu care acesta traversează ecosistemele acvatice.

Din punctul de vedere al specificației chimice, se disting: ortofosfații, fosfații condensați (piro, meta și alți polifosfați) și fosfații legați organic. Aceste forme se întâlnesc fie sub formă dizolvată, particulată (suspensii), fie în sedimente, în detritus sau organisme acvatice.

Modificările condițiilor fizico – chimice din mediul acvatic (de exemplu, reducerea concentrațiilor de fosfor solubil din sedimente, schimbarea potențialului redox sau a pH-ului) pot conduce la redizolvarea fosforului dizolvat. Comunitățile microbiene joacă un rol vital în descompunerea detritusului și recircularea fosforului organic sub forme ce sunt ușor asimilabile de către plante. În plus, respirația microbiană afectează potențialul redox din soluri și sedimente, având un efect indirect asupra sorbției abiotice și reacțiilor de formare a unor faze minerale:



Literatura abundentă care apare continuu asupra cazurilor concrete de eutrofizare sesizează, însă, din ce în ce mai mult, dificultățile de interpretare și încadrare tipologică a bazinilor afectate de acest fenomen.

Ecologie

În *fig. 5.5* redăm schema trofică funcțională a zonei fotice:

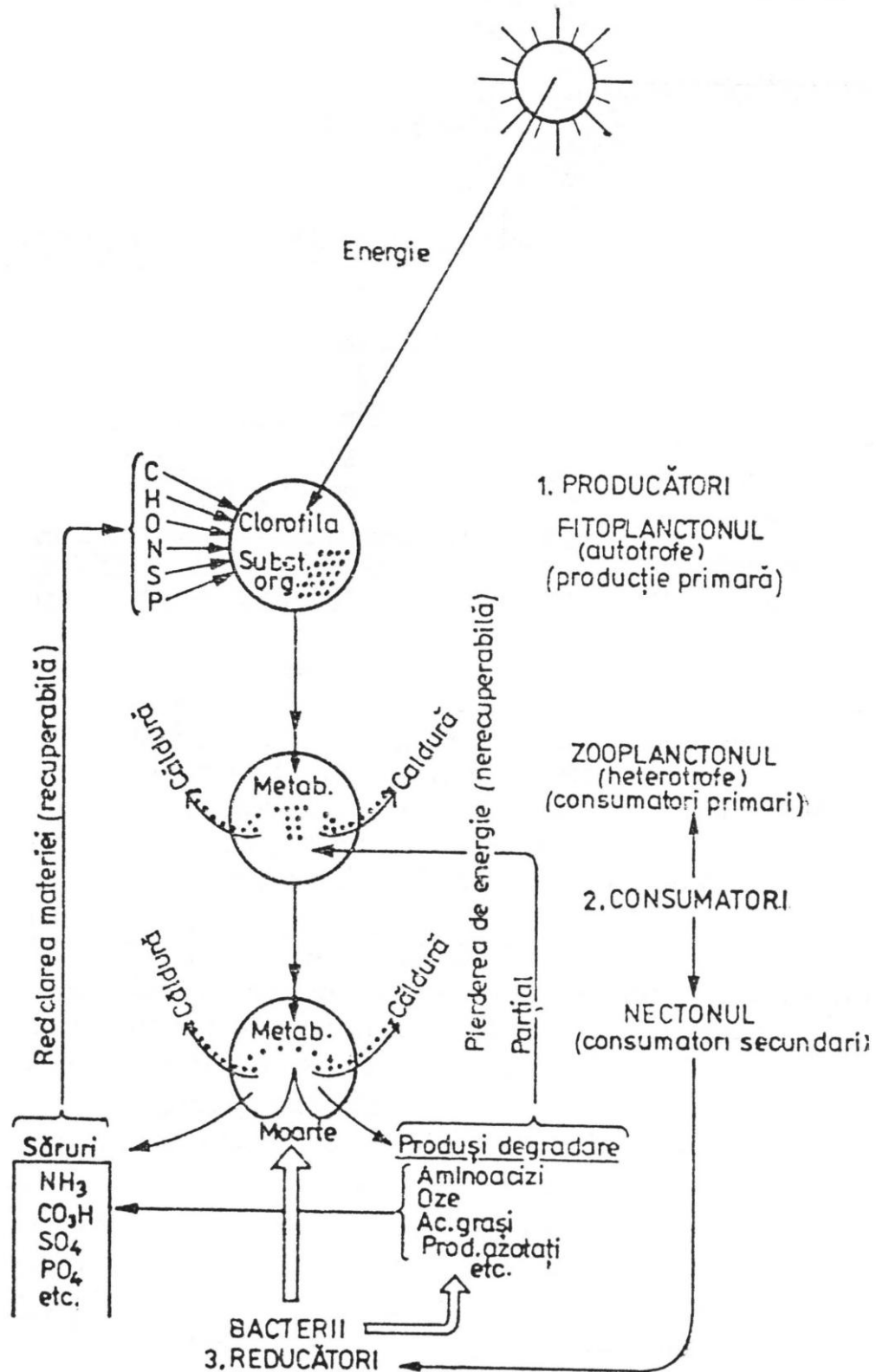


Fig. 5.5. Schema trofică funcțională a zonei fotice (*Agafitei, Alina, 2006*)

În viziunea lui *M. Oltean* (1977; 1981), principala carență a actualei teorii asupra eutrofizării constă în faptul că aceasta nu a fost elaborată în spiritul unei concepții sistemice. Eutrofizarea reprezintă, totuși, un proces natural de adaptare a structurilor și funcțiilor componentelor ecosistemului la condițiile nou apărute și, drept urmare, interrelațiile noi ce se creează fac parte din caracteristicile (eco)sistemului și nu pot fi substituite prin caracteristicile unui subsistem subordonat. Din acest motiv, numai analiza unui număr de elemente componente esențiale și edificatoare ale subsistemului și integrarea acestora într-o imagine complexă a ecosistemului, dominate de o interpretare sistemică integralistă, asociată cu o viziune cibernetică, pot conduce la o corectă înțelegere și clasificare a procesului de eutrofizare.

Necesitatea unei astfel de reformulări a problemei eutrofizării devine din ce în ce mai acută, nu numai ca o cerință a dezvoltării viitoare a cercetărilor fundamentale, ci și privită prin prisma derivatelor ei aplicative. Astfel, se fac pași siguri spre o clasificare trofologică unică a bazinelor lacustre, independentă de situația latitudinală sau altitudinală a acestora și care să jaloneze categoriile de troficitate în raport cu ecosistemul etalon, stabilite pe baze statistice. O astfel de clasificare ar permite încadrarea nuanțată a ecosistemelor lacustre în categorii de troficitate și chiar urmărirea dinamicii nivelului de troficitate al unui bazin acvatic sau comportarea caracterului trofic al unor bazine de aceeași categorie sau de categorii diferite.

Opiniile conform cărora o tipologie unică nu este posibilă și nici necesară, aflate în circulație în prezent, trebuie depășite, cu atât mai mult cu cât existența unui sistem de clasificare unic și suficient de detaliat este o necesitate, fără a cărei satisfacere cercetarea fenomenului de eutrofizare va continua să producă rezultate vagi, deseori dominate de indecizie. Pe de altă parte, ca rezultat al unei astfel de abordări teoretice a problemei eutrofizării și al existenței unei scări de troficitate exprimată în valori cantitative, se deschide calea spre elaborarea de **modele matematice** cu caracter predictiv. Totodată, poate deveni posibilă utilizarea unor procedee precum **analiza de regresie multiplă** în scopul **prognozării** eutrofizării pe baza modelelor matematice elaborate după criterii uniformizate, dar, de la caz la caz, pentru fiecare ecosistem în parte. Astfel, s-ar obține instrumente de prognoză mai corecte și mai eficiente decât modelele diferențiale existente în prezent, care se referă în special la dinamica fosforului în bazine și decât testele de mic sau mare volum efectuate in situ sau in vitro, prin care, de fapt, nu se determină potențialul funcțional al unor populații și nici un comportament de perspectivă al ecosistemului (*Oltean, M., 1977; Agafiței, Alina, Agafiței, M., 2005; 2010*).

Oltean, M. (1981) concepe troficitatea unui bazin ca fiind "un parametru variabil care reflectă stări succesive de echilibru dinamic, având caracter reversibil". În consecință, mai importantă decât încadrarea trofo-tipologică a bazinelor lacustre poate fi modalitatea de urmărire a fluctuațiilor capacității lor trofogenetice și reprezentarea acestora în valori numerice care să poată fi comparate în condițiile unui grad mai mare de certitudine.

În sensul celor de mai sus, la Institutul de Științe Biologice din București, au fost abordate cercetări orientate în vederea elaborării unei noi metodologii de interpretare în studiul nivelului trofic al bazinelor lacustre și al procesului de eutrofizare.

Ecosistemul acvatic, ca orice ecosistem, cuprinde diverși **constituenți**:

- **substanțe abiotice** (apa și componentele organice sau minerale ale mediului);
- **producătorii** (organismele autotrofe – producția primară; substanțele minerale), reprezentați de plantele vegetale, lumina constituind sursa de energie; există, de asemenea, bacterii autotrofe; în lacuri, producătorii sunt, în principal, algele și plantele superioare;
- **consumatorii** (heterotrofi: ierbivore, carnivore de gradul 1 sau 2; materia organică), care elaborează producția secundară, terțiară etc.;
- **descompunătorii** (heterotrofi, reprezentați, în principal, de bacterii și ciuperci care descompun materia organică moartă; degradarea și remineralizarea materiilor solubile utilizate de producători).

Ciclul nutritiv într-un lac, după A. Thienemann, este prezentat în fig. 5.6:

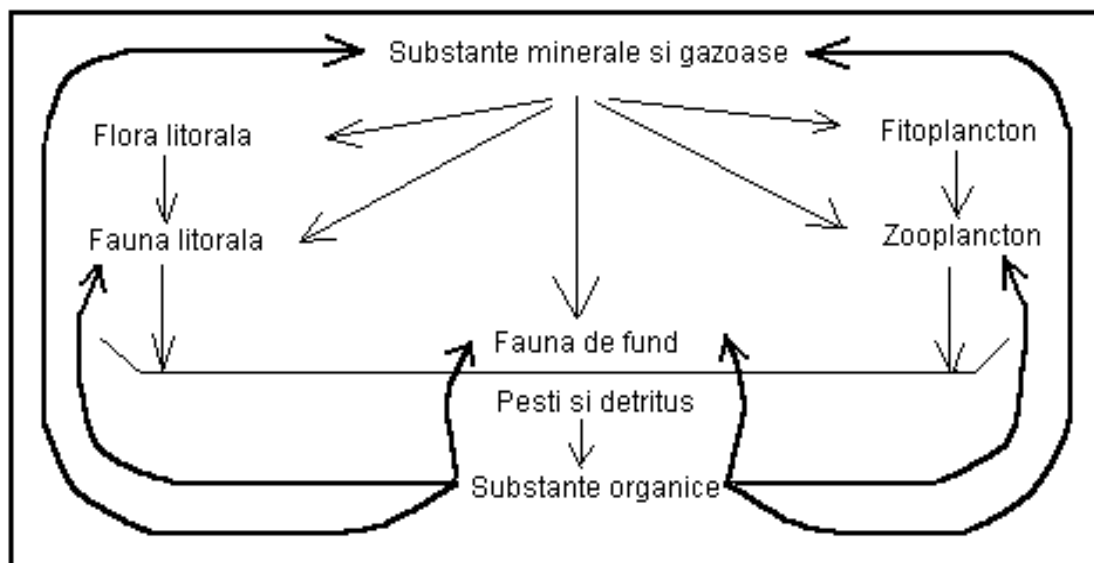


Fig. 5.6. Ciclul nutritiv într-un lac
(Phelippot, S., 1995, după Thienemann, A.)

Circulația materiei în ecosistemul lacustru este redată în fig. 5.7, luându-se în considerare procesele de producție microbiană, producție primară și producție secundară.

În lacurile oligotrofe, conținutul în oxigen este, în general, de peste 5 ppm, fiind prezente *Salmonidele*.

În lacurile eutrofe, acest conținut este practic nul, iar peștii (sau oricare altă formă de viață acvatică superioară) lipsesc; elementele nutritive din sedimente sunt solubilizate și dizolvate.

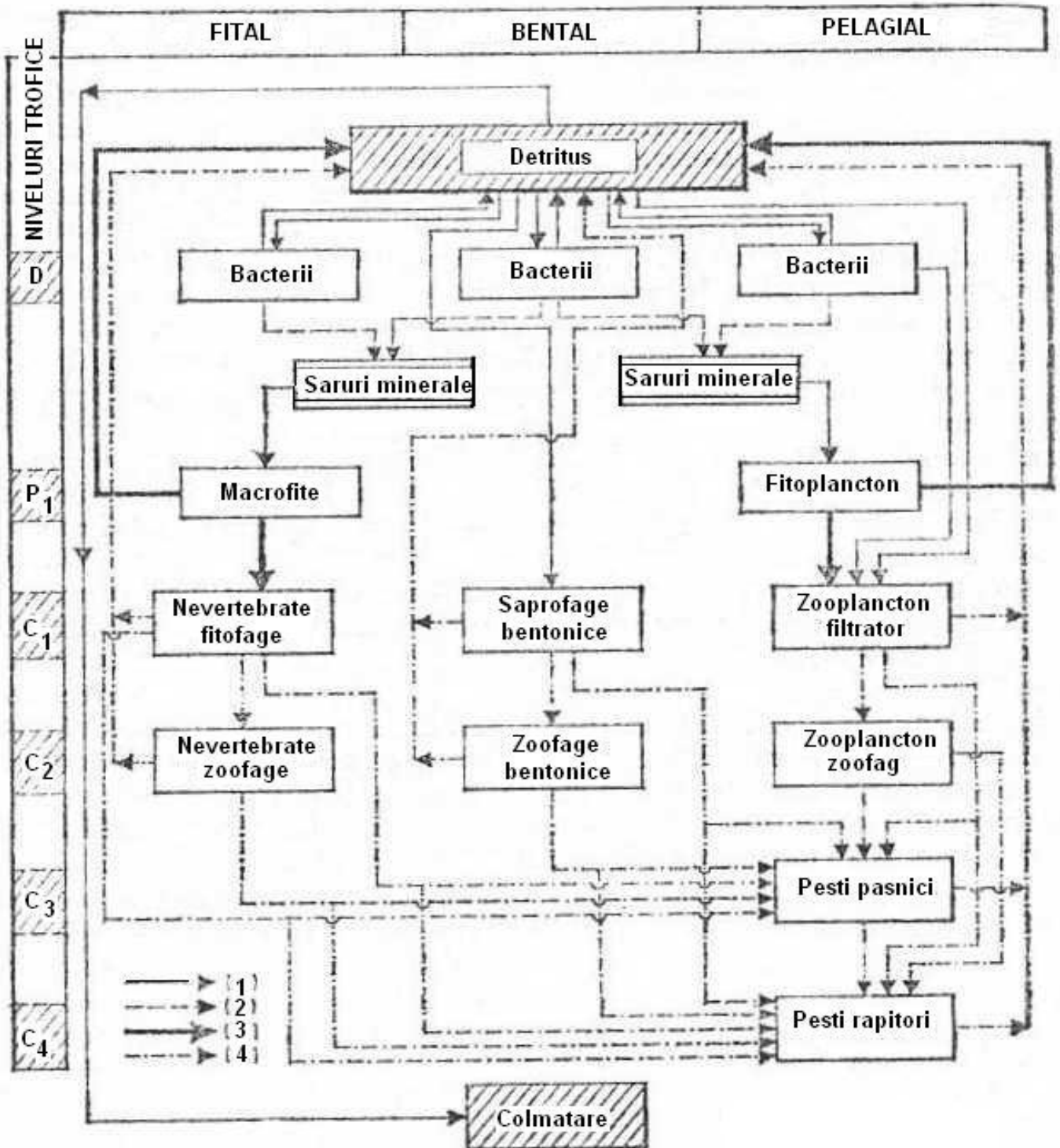


Fig. 5.7. Circulația materiei în ecosistemul lacustru (1), prin procese de producție microbiană (2), producție primară (3) și secundară (4)

Ecologie

Biomasa fitoplanctonică constituie, de asemenea, un indicator important al gradului de eutrofizare. După acest criteriu, se disting:

- lacuri **oligotrofe**, cu biomasă sub 10 mg/l;
- lacuri **mezotrofe**, cu biomasă între 10 și 20 mg/l;
- lacuri **eutrofe**, cu biomasă peste 20 mg/l (*Cojocaru, I., 1995, citat de Agafiței, Alina, Agafiței, M., 2005; 2010*).

În exploatarea iazurilor piscicole se practică stimularea procesului de eutrofizare prin aplicarea îngrășămintelor agricole, în scopul sporirii generale a bazei trofice la fiecare nivel al circuitelor trofice, obținându-se, în final, creșteri importante ale producției de pește.

Pe măsura avansării procesului de eutrofizare, apar **modificări calitative** profunde în cadrul ecosistemului acvatic, cum sunt:

- dezvoltări exagerate ale populațiilor de alge planctonice ("înfloriri" și, în special, invazii masive de *cianoficee*);
- dispariția completă a oxigenului solvit în hipolimnion, vara;
- apariția unor produși de descompunere a biomasei aflate în exces (hidrogen sulfurat, amoniac, metan);
- alterări de lungă durată ale echilibrului ecologic la nivelul sistemului lacustru;
- deprecierea calității apei, atât ca mediu de viață pentru organisme, cât și ca resursă economică.

Termenul "**eutrof**", a cărui semnificație este "bine hrănit", a fost introdus în limnologie pentru a caracteriza condițiile generale de nutriție într-un bazin acvatic. Dezvoltarea excesivă, relativ bruscă, a uneia sau a mai multor populații de alge microscopice în masa apei conduce la schimbarea culorii dominante a acesteia. Fenomenul de "înflorire" este atribuit, în general, dezvoltării masive a unor alge planctonice din grupa *cianoficeelor*, dar poate fi produs și de reprezentanți ai altor grupe de alge.

Se consideră, pe bună dreptate, că fenomenul este specific apelor "eutrofe" (cu saturația minimă sub 10%), dar cercetările au arătat că există posibilități de nuanțare (*Cărăuș, I. D., 1986*). Astfel, spre exemplu, o "înflorire" produsă de *diatomee*, alge mai puțin pretențioase față de cantitățile de nutrienți disponibile, indică un grad mai puțin avansat de eutrofizare decât o "înflorire" produsă de *cianoficee*, care semnaleză o eutrofizare foarte accentuată.

Luând în considerare aceste realități, *M. Oltean (1977)* a propus un sistem original de apreciere a nivelului de troficitate în funcție de tipul de alge care determină înflorirea.

Tabelul nr. 5.2

Compararea proprietăților apelor oligotrofe cu cele ale apelor eutrofe (*Phelippot, S., 1995, după Ravera, O., 1972*)

Proprietăți	Ape eutrofe	Ape oligotrofe
Aparență	destul de clare; verzui până la verzi; puțin penetrabile la lumină	foarte clare; puternică penetrare a luminii
Duritate	frecvent dure	dulci, în general
Miros și gust	de calitate inferioară, sulfuroase	fără "turbiditate"
Pește	a). fără sau cu pești rezistenți; b). valoare mică pentru pescuit	<i>Salmonidele</i>
Oxigen	conținut variabil în funcție de anotimp și de profunzime	aproape saturat
Facilitatea tratării	filtrare lentă; se pot înfunda filtrele cu nisip	filtrare ușoară

2. Balta

O **baltă** este un corp de apă stătătoare, de adâncime mică și cu o suprafață relativ redusă. Are o adâncime mai mică (3-5 m).



Fig. 5.8. Exemplu de baltă

3. Mlaștina

Mlaștinile se formează în condițiile unui climat cu umiditate abundentă, evaporație scăzută și în prezența unui strat impermeabil lipsit de scurgere superficială.

După modul de alimentare cu apă, după forma suprafeței și componența vegetației, mlaștinile se împart în trei grupe: eutrofe, mezotrofe și oligotrofe.

- **Mlaștinile eutrofe** se află răspândite pe spațiul lacurilor colmatate, în luncile râurilor frecvent inundate și în jurul izvoarelor lor.

- **Mlaștinile oligotrofe** se dezvoltă în regiunile cu climat umed și rece. La noi în țară sunt numite „**tinoave**” și se află situate în regiunile carpatice și subcarpatice. Mlaștinile oligotrofe sunt răspândite în Europa nordică, Canada și Alaska, iar la noi - în Carpații Orientali (Munții Harghita, Depresiunea Dornelor, Munții Maramureș, Gutâi etc.) și Munții Apuseni (regiunea de izvoare a Someșului Rece și Someșului Cald).

- **Mlaștinile mezotrofe** – de tranziție - ocupă o poziție intermediară sau de tranziție între cele oligotrofe și eutrofe, atât prin componenta floristică, cât și prin gradul de mineralizare a apelor.

B. Ecosistemele lotice (izvoare, pârauri, râuri, fluvii, mări și oceane)

Prin **izvor** se înțelege punctul din scoarța terestră prin care apa subterană iese la suprafața pământului. Se caracterizează prin curent slab, caracteristicile fizico-chimice ale apei fiind apropiate de caracteristicile apelor subterane.

Râurile. Râul constituie un ecosistem acvatic cu caracter permanent, formate din confluența mai multor pâraie. Profilul unei ape curgătoare prezintă de-a lungul cursului său trei secțiuni diferite din punct de vedere fizico-chimic, hidrografic, topografic și hidrologic (*Mustață, 2000*). **Cursul superior** începe din zona de izvor, care se situează într-o zonă muntoasă sau colinară și evoluează în aval, pe o pantă mai mult sau mai puțin abruptă, pe un pat de rocă, cu blocuri mari de piatră, apele coborând cu viteze mari (*Fabian și Onaca, 1999*). **Cursul mijlociu** se situează pe pante mai domoale, cuprinde cea mai mare porțiune din lungimea râului, cu o viteză a apei mai redusă, cu valea mai largă, acoperită cu păduri de luncă și pajști. În acest sector, apar așezările umane. Granulometria fundului evoluează de la pietriș grosier, după la inflexiunea pantei, spre pietricele și nisip (*Fabian și Onaca, 1999*). **Cursul inferior** este caracterizat de o albie mai largă și o viteză de curgere a apei mult redusă. Fundul albiei este dominat de nisipurile marnoase și argiloase, iar pe ultimii kilometri, înainte de vărsare, este argilos-mâlos.

Ecologie

Fluviile. Fluviile sunt cursuri de apă continentale, care străbat unul sau mai multe bazine hidrografice, colecând apele de la numeroși afluenți care se varsă într-un bazin marin sau oceanic. Fluviile se caracterizează prin lungimi mari, de mii de km, debite ridicate, datorită confluenței cu numeroase râuri. Albiile sunt mai largi, bine consolidate, panta este mică, malurile și fundurile sunt uniforme. Conțin sub formă de suspensii cantități mari de mîl.

Dunărea este al doilea fluviu ca lungime din Europa (după Volga). Izvorăște din munții Pădurea Neagră (Germania) (1241m) și se varsă în Marea Neagră printr-o Deltă, Delta Dunării.

Delta Dunării este o câmpie de altitudine foarte joasă, întinzându-se la 0,52m deasupra Nivelului Mediu al Mării Negre..

Rezervația Biosferei "Delta Dunării" deține triplu statut de protecție, și anume:

1. Rezervație a Biosferei desemnată internațional de Comitetul MAB UNESCO;
2. Zonă Umedă de Importanță Internațională, desemnată de Secretariatul Convenției Ramsar;
3. Sit Natural al Patrimoniului Natural Universal, recunoscut de către UNESCO.

Din cauza așezării bazinului hidrografic, la contactul dintre climatul temperat-oceanic din vest, temperat-continental din est și influențele baltice în nord, regimul hidrologic al Dunării se caracterizează prin existența unor importante variații de nivel și de debit în cursul anului și în decursul timpului.

Situată în extremitatea estică a României, cu o suprafață totală de aproximativ 5.800 kmp (împreună cu complexul lagunar Razim – Sinoe), Rezervația Biosferei Delta Dunării (R.B.D.D.) întregeste patrimoniul natural și cultural mondial.

Delta Dunării acoperă 2,5% din suprafața țării, iar, din punct de vedere administrativ, rezervația se situează pe teritoriul județelor Tulcea (51,88% din suprafața județului), Constanța (2,89% din suprafața județului) și Galați (0,098% din suprafața județului).

În perimetrul rezervației au fost delimitate 18 zone strict protejate, ce ocupă o suprafață de 50.600 ha (8,7%), reprezentative pentru ecosistemele naturale, terestre și acvatice din rezervație, precum și zone tampon în suprafață totală de 223.300 ha.

Teritoriul Deltei Dunării se împarte în două subregiuni geografice, și anume: Delta propriu-zisă, aflată între brațele fluviului și zona complexului Razim, cu o suprafață de 990 km². Din punct de vedere fizico-geografic, Delta se împarte transversal pe brațele fluviului în două mari subregiuni naturale: delta fluvială și delta maritimă.

Delta Dunării este structurată pe trei canale principale – Chilia, Sulina și Sfântul Gheorghe.

Delta fluvială ocupă peste 65% din suprafața totală a deltei și se întinde de la ceatalul Izmail, spre aval, până la grindurile Letea și Caraorman, pe linia Periprava (pe brațul Chilia) – Crișan (pe brațul Sulina) – Ivancea (pe brațul Sf. Gheorghe) – Crasnicol – Perișor.

Delta maritimă ocupă mai puțin de 35% din suprafața Deltei Dunării, la răsărit de linia Periprava-Crișan-Ivancea-Crasnicol-Perișor.

Clima Deltei Dunării se încadrează în climatul temperat-continental, cu influențe pontice. Regimul termic (temperatura aerului) are valori moderate cu o ușoară creștere de la vest spre est. Cantitatea mare de căldură este dată de durata medie anuală de strălucire a soarelui care este de cca. 2.300-2.500 ore, iar radiația solară globală însumează anual 125-135 kcal/cm², fiind printre cele mai mari din țară.

Condițiile geografice și climatice deosebite din Delta Dunării au favorizat dezvoltarea unor importante resurse naturale regenerabile: pește, stuf, pășuni, păduri, plante medicinale, ciuperci, etc., care sunt valorificate prin activități economice tradiționale de către populația locală. O resursă naturală importantă o constituie peisajul deltaic, care are caracteristici specifice și este deosebit de atrăgător.

Resursa peisagistică este valorificată prin activități de turism, atât de către agenți economici specializați cât și de populația locală.

Dr. ing. Alina Agafiței

Exploatarea resurselor naturale se face de către instituții locale, județene și naționale în baza legilor și a normelor de aplicare a acestora. Conform reglementărilor în vigoare, populația locală beneficiază de dreptul de utilizare a resurselor naturale pentru consum propriu. Localnicii folosesc o cotă de pește pentru consum familial, de circa 3 kg/familie/zi, precum și o cotă de stuf de 2 tone/gospodărie pentru construcții specifice (garduri, învelitori și anexe gospodărești).

Terenurile de pășunat sau terenurile agricole sunt folosite pentru creșterea animalelor și agricultură. În satele fără terenuri agricole, (Mila 23, Crișan, Sfântu Gheorghe, etc.), localnicii folosesc terenul din gospodărie pentru grădinărit. Produsele obținute nu sunt suficiente, însă contribuie la întreținerea gospodăriei.



În perimetrul RBDD au fost identificate diferite resurse naturale neregenerabile: nisip cuarțifer pentru siderurgie, minereuri de metale grele în nisipurile grindurilor litorale, turbă, etc. Nisipurile din grindurile fluvio-marine au constituit obiect de exploatare, cele din grindul Caraorman (nisip cuarțos – 90,8 % SiO) pentru a fi folosite la fabricarea sticlei și în procesul tehnologic la Combinatul Siderurgic de la Galați. După declararea Deltei Dunării - rezervație a biosferei, au fost stopate lucrările de realizare a exploatării și au fost abandonate instalațiile și construcțiile neterminate care, în prezent, nu se integrează în peisajul deltei. Nisipurile din cordoanele litorale au fost exploatate pentru extragerea unor metale grele. Activitatea de extragere și prelucrare industrială a metalelor grele din nisipurile grindului Chituc, a fost oprită în anii " 90 datorită incompatibilității acestor activități cu statutul de rezervație.



Ecologie

Delta Dunării este un teritoriu complex atât datorită varietății patrimoniului natural, de biodiversitate, cât și datorită celor 32 de localități, din care 25 în interiorul rezervației, care găzduiesc o populație de aproximativ 27.000 locuitori. În cadrul rețelei de localități se remarcă Sulina – singura cu statut de oraș, înglobând peste 20% din populația aflată în Rezervația Biosferei Delta Dunării. Celelalte localități sunt incluse, administrativ, în 7 comune aflate integral pe teritoriul rezervației (Ceatalchioi, Pardina, Chilia Veche, CA Rosetti, Crișan, Maliuc și Sf. Gheorghe), trei localități situate pe teritoriul RBDD, dar aparțin de comune limitrofe (Beștepe cu Bălteni de Jos, Nufăru cu Ilgani de Jos și Murghiol cu Uzlina) și 7 localități aflate pe teritoriul județului Constanța. Aceste localități sunt concentrate în cea mai mare parte în lungul brațelor Dunării și ocupă suprafețe reduse de teren din cauza suprafețelor mici de terenuri neinundabile. Densitatea populației este de circa 3,5 locuitori/km², raportată la suprafața continentală a rezervației.

Complexitatea teritoriului Deltei Dunării este determinată în primul rând de **biodiversitate**, o treime din numărul de specii de plante ce trăiesc în România regăsiindu-se în acest spațiu. Mozaicul de habitate existente în RBDD este cel mai variat din România și găzduiește o mare diversitate de comunități de plante și animale, al căror număr a fost apreciat la:

- 30 tipuri de ecosisteme
- 5 429 specii, dintre care:
 - 1 839 specii de floră
 - 678 specii alge planctonice
 - 107 specii licheni
 - 38 specii macromicete
 - 1016 specii plante vasculare
 - 3 590 specii de faună
 - moluște (91 specii)
 - insecte (2 244 specii)
 - pești (135 specii)
 - amfibieni (10 specii)
 - reptile (11 specii)
 - păsări (331 specii)
 - mamifere (42 specii).

În Delta Dunării se regăsesc și cele mai multe specii de plante medicinale, dar și cele mai mari suprafețe acoperite cu stuf de pe glob. Pădurile Letea și Caraorman, formate din stejari seculari și liane mediteraneene, sunt unice în Europa. Totuși, se apreciază că cea mai mare bogăție faunistică a rezervației o constituie **pășările**, care, fie poposesc pe acest teritoriu în timpul migrației, fie au ales delta ca loc de hrănire, cuibărire și creștere a puilor.

Toate aceste elemente unice fac din Delta Dunării o bancă naturală de gene cu valoare inestimabilă pentru patrimoniul natural mondial, un laborator de cercetare și observare pentru cercetători din întreaga lume, dar și pentru turiștii iubitori de natură care vizitează delta în căutarea unor zone naturale și a unor specii deosebite.

Din cele mai vechi timpuri, pescuitul a constituit principala ocupație a locuitorilor din Delta Dunării. Deși în ultimul timp resursa piscicolă a cunoscut un anumit regres, **pescuitul** reprezintă în continuare principala preocupare, cu precădere în localități cum sunt: Crișan, Mila 23, Gorgova și Sfântu Gheorghe.

Cea de-a doua ocupație principală a locuitorilor Deltei o constituie **creșterea animalelor**, care, dintr-o activitate inițial temporară (transhumanța), a devenit o preocupare permanentă la sfârșitul secolului XIX. Localități cu tradiție în creșterea animalelor sunt: Letea, Periprava, C.A.Rosetti, Sfiștofca și Caraorman.

Terenurile agricole însumează o suprafață care reprezintă 11,6% din teritoriul Rezervației Biosferei Delta Dunării, fiind preponderent concentrate, în proporție de aproximativ 68%, în delta fluvială, mai evoluată sub aspect morfologic și pedologic.

Din suprafața de teren agricol, peste 54% se află în incintele agricole îndiguite și desecate, iar restul - pe Câmpul Chilie, grindurile marine, cele de mal ale brațelor principale și grindurile fluviomarine. În structura de folosință a terenului agricol, cea mai mare pondere revine terenului arabil (67,61%), urmat de pajiștile naturale (32,04%). Viile și livezile ocupă suprafețe neînsemnate (0,34%), acestea fiind situate, de regulă, în vatra satelor, pe loturile private ale locuitorilor. În privința structurii culturilor agricole, se constată ponderea cerealelor păioase, a porumbului și a florii-soarelui - 75,02%, celelalte culturi (inul pentru ulei, legumele și furajele de pe ogor propriu) ocupând 24,97% din suprafață. Se mai cultivă pepeni și plante de nutreț.

Terenurile agricole aflate pe grindurile marine, grindurile de mal și șesul deltaic în regim liber de inundare sunt ocupate cu pășuni și mici suprafețe arabile, exploatate tradițional de populația locală, majoritatea fiind crescători de animale și mici producători de cereale, legume și furaje.

Un număr de zece operatori economici practicau agricultură ecologică în 2007 în Delta Dunării:

□ producție vegetală: 6 operatori, pe o suprafață totală de 3108 ha;

□ producția animală: 4 operatori, cu 245 familii de albine.

În Delta Dunării sunt înregistrate efective de peste 15600 bovine, 110000 capete ovine, 7151 caprine, 4517 porcine, 83600 capete păsări, 5080 familii albine.

Agricultura tradițională a fost practică în zonele cu suprafețe mari de teren arabil: Chilia, Pardina, Plaur, Sălceni, Ceatalchioi și Pătlăgeanca, formate din soluri aluvionare de pe grindurile fluviatile cu risc mic de inundare. Din cauza solurilor sărace (nisipoase), agricultura a cunoscut o mai mică dezvoltare pe grindurile marine Letea și Caraorman.

Pescuitul a constituit și constituie cea mai reprezentativă activitate economică în Delta Dunării, având în vedere structura acesteia, aproximativ 85% de terenuri inundabile.

Majoritatea unităților industriale sunt concentrate în localitățile urbane din zona limitrofă a deltei propriu-zise. Astfel, industria se dezvoltă pe baza exploatării și valorificării resurselor naturale, în primul rând a resurselor piscicole, agricole (legumicole, cerealiere, animaliere etc.), stuficole. Între resursele specifice, peștele și stuful prezintă cea mai mare însemnătate, atât pe plan local, pentru economia arealului deltaic, cât și în funcționarea unor ramuri industriale de interes național. Acestor resurse li se alătură, în proporții mai mici, lemnul de esențe moi (salcie și plop), resurse agricole, vânatul, precum și particularitățile peisagistice ca mijloc de punere în valoare prin turism. Amplasarea unităților cu activitate industrială este strâns legată și condiționată de existența resurselor de sol și subsol ce constituie materia primă pentru ramurile industriale respective, ca și de căile de transport (fluviale, maritime, terestre), de potențialul uman al regiunii, gradul de urbanizare și, de tradiția meșteșugărească. În perimetrul RBDD funcționează câteva unități economice ce reprezintă industria alimentară: puncte de colectare pește, centre de panificație la Crișan și Sulina.

Un element important sub aspect economic îl constituie **transportul**, în timpul sezonului de vară, a unui număr important de turiști, constatându-se în ultimii ani o revigorare a turismului cu nave fluviale.

Statutul Deltei Dunării de arie protejată a determinat un proces de reorganizare a turismului ce se desfășoară pe acest teritoriu, în contextul valorificării durabile a resurselor naturale și în special a resursei peisagistice cu impact minim asupra integrității ecosistemelor naturale. Componentele principale ale peisajului din Delta Dunării sunt cele aproape 400 de lacuri de diferite mărimi, stufărișurile, pădurile de stejar și frasin, dunele de nisip, plajele de pe litoralul marin deltaic, toate acestea conferă o diversitate și varietate spațială deosebită. Totodată, așezările umane, prin unicitatea lor, precum și arhitectura specifică reprezintă atracții turistice deosebite. Diversitatea acestor resurse face posibilă practicarea, în perimetrul Rezervației Biosferei Delta Dunării, a turismului, în diferitele sale forme:

Ecologie

- turism pentru odihnă și recreare, practicat prin intermediul companiilor de turism, în hotelurile de pe teritoriul rezervației sau hoteluri plutitoare, combinând excursiile pe canale și lacuri pitorești cu băile de soare și apa marină pe plajele situate de-a lungul coastei Mării Negre;
- turism de cunoaștere (itinerant), practicat fie individual, fie prin intermediul excursiilor organizate, potrivit pentru grupurile mai mici de vizitatori care au ocazia să exploreze varietatea peisajului sălbatic, combinând plimbările cu bărci propulsate manual pe canale pitorești cu drumeții de-a lungul canalelor sau pe grindurile fluviale și marine, etc.;
- turism specializat (științific), pentru ornitologi, specialiști, cercetători, studenți;
- programe speciale de tineret, pentru cunoașterea, înțelegerea și prețuirea naturii;
- ecoturismul, cu rol în promovarea utilizării durabile a biodiversității, prin generarea de venituri, locuri de muncă și oportunități de afaceri, cu distribuția echitabilă a beneficiilor rezultate către populație și comunitatea locală;
- turism rural (în cadrul căruia turiștii sunt găzduiți și ghidați de localnici), are tradiție în Rezervația Biosferei Deltei Dunării, multe familii de localnici găzduind și însoțind vizitatorii în Delta Dunării; acest tip de turism reprezintă un important potențial pentru îmbunătățirea veniturilor populației locale;
- turism pentru practicarea sporturilor nautice, foto, safari;
- turism pentru practicarea pescuitului sportiv, foarte apreciat de vizitatorii de toate vârstele, în orice sezon, pentru orice specie de pește, și vânatoare sportivă.

Dintr-o primă analiză a situației economico-sociale din zona Deltei Dunării, se pot identifica o serie de **puncte vulnerabile**, care constituie, sau pot deveni, **amenințări**. Astfel, pentru mediul social se evidențiază următoarele:

- condițiile de mediu favorizează răspândirea zoonozelor precum și emergența unor boli infecțioase cu potențial sever de sănătate publică, Delta Dunării fiind o zonă endemică pentru holeră și gripă aviară;
- starea actuală a sistemului sanitar face imposibilă intervenția promptă în cazul apariției de epidemii;
- aprovizionarea cu apă potabilă precum și lipsa canalizării pentru apele menajere reprezintă probleme cu impact asupra morbidității și mortalității prin boli specifice;
- posibilitățile de acces la serviciile medicale, pentru populația expusă la factori de risc, sunt limitate, având un impact important pe sănătate;
- lipsa infrastructurii și dotărilor pentru furnizarea de servicii medicale de calitate;
- deficit de personal medical cu studii superioare și medii;
- lipsa infrastructurii școlare, preșcolarii și elevii din învățământul primar fiind netransportabili/foarte greu transportabili, mai ales în condiții climatice nefavorabile;
- infrastructură precară pentru depozitarea deșeurilor;
- probleme de accesibilitate, determinate de nefuncționarea aeroportului din Tulcea la capacitatea necesară, precum și de lipsa unui pod peste Dunăre în zona Brăila-Galați, care să faciliteze legătura zonei cu centrul și nord-estul, implicit conectarea la axele de dezvoltare.

Activitățile curente din porturi au un **impact negativ asupra mediului**, condițiile existente fiind insuficiente în raport cu cerințele minime pe care România și le-a asumat prin convențiile internaționale și prin legislația europeană transpusă în legislația națională:

- operarea inadecvată a mărfurilor pulverulente în vrac: operatorii de mărfuri vrac utilizează tehnologii inadecvate de operare, ceea ce conduce la poluarea directă a aerului mediului înconjurător, datorită dispersiei pulberilor, și indirect la poluarea apei. Mărfurile vrac depozitate pe cheu și platforme sunt antrenate de vânt și apele pluviale în bazinul portuar conducând la poluarea apei și a sedimentelor. Acest fenomen este predominant în zonele în care se operează cereale, minereu, cocs, bauxită, fosfați, îngrășăminte, uree;
- activitatea de reparații nave, executată în șantierul naval și docurile plutitoare de reparații

reprezintă o sursă importantă de poluare a apei și sedimentelor, cu reziduuri petroliere, rugină, metale grele, compuși toxici;

- deversări necontrolate de reziduuri petroliere și gunoi de la nave;
- poluarea aerului cu noxe provenite de la navele care tranzitează cât și de la navele operative;
- tratarea inadecvată a reziduurilor petroliere și apelor de spălare provenite de la tancurile petroliere, a apelor de balast de la tancurile de transport substanțe chimice lichide, a apelor tehnologice și de platformă din terminalul petrolier; după îndepărtarea și recuperarea produsului petrolier, apa este deversată în bazinul portuar fără o tratare prealabilă.

Alte **amenințări** pentru protecția ecosistemului sunt constituite de:

- lipsa lucrărilor de protecție împotriva inundațiilor;
- depunerile de aluviuni;
- poluarea apei și a aerului cu noxele eminate ca urmare a transportului cu ambarcațiuni cu motoare de mare viteză;
- poluarea sonoră produsă de zgomotul motoarelor;
- realizarea unor activități neadaptate condițiilor specifice zonelor de deltă: amenajarea de mari incinte agricole, amenajări silvice cu specii neadecvate zonei;
- supradimensionarea exploatărilor specifice Deltei (agricole și piscicole) sau de exploatarea stufului.

Riscurile aferente mediului economic sunt reprezentate de:

- proliferarea fenomenului de braconaj piscicol;
- fragmentarea și utilizarea necorespunzătoare a terenurilor agricole;
- dotări turistice insuficiente;
- tehnică agricolă învechită;
- suprafață irigată redusă;
- nivel redus de accesare a fondurilor destinate susținerii agriculturii;
- exploatațile zootehnice sunt de dimensiuni mici;
- lipsa de pregătire profesională a celor care cultivă pământul;
- emigrația populației și îmbătrânirea forței de muncă;
- slaba reprezentare a asociațiilor de producători.

Mări și oceane. Caracteristicile termice ale mediului marin sunt mai mici decât ale uscatului. Apa marină nu îngheață decât la suprafață și în apropierea țărmurilor, la fund temperatura este constantă și viața se desfășoară normal. Apa marină este o soluție - tampon, menținându-și valori constante de pH, între 7,5 și 8,4. Soluția - tampon a apei de mare are posibilitatea de a îngloba cantități mari de carbon, sub forma de CO₂, fără a se schimba pH-ul, carbonul fiind necesar plantelor pentru producerea materiei organice.

Transparența apei de mare are o deosebită importanță pentru desfășurarea vieții în mediul acvatic. Lumina pătrunde în apa de mare până la adâncimi mari, de cca. 200 m. Pe adâncime, mările și oceanele se pot zona în modul următor:

- zona **epipelagică** sau **euphotică**, până la o adâncime de 200 m;
- zona **mesopelagică** sau **disphotică**, între adâncimile de 200 - 1000 m;
- zona **bathipelagică**, între adâncimile de 1000 - 4000 m;
- zona **abissopelagică**, între adâncimile de 4000 - 6000 m;
- zona **hadopelagică**, la adâncimi peste 6000 m.

Sub aspect **biocenotic**, găsim trei zone:

1. zona litorală (0-20m adâncime)

Datorită condițiilor favorabile (aport de nutrienți de pe continent, temperatura mai ridicată, pătrunderea luminii), această zonă este foarte bine populată cu organisme vegetale și

Ecologie

animale. Biocenozele bogate și variate cuprind alge verzi, brune și roșii, plante acvatice și numeroase animale marine.

2. zona pelagică

Cuprinde stratul de apă din largul mărilor și oceanelor lipsit de țărături sau substrat solid. Cea mai importantă comunitate vie a acestei zone este **planctonul**. Alături de plancton, care constituie veriga primară a lanțului trofic marin, aici se întâlnesc: pești, sepia, caracatițe, cetacee, delfini, rechini.

3. zona abisală

Zona abisală cuprinde masa de apă situată în apropierea fundului oceanic, dincolo de limita de pătrundere a luminii. Formele de viață sunt adaptate condițiilor extreme: temperatura scăzută, lipsa luminii, presiune ridicată. Organismele sunt mici, lipsite de culoare, au proprietăți luminescente și forme caudate.

Marea Neagră este o mare din bazinul atlantic și prezintă o serie de aspecte unice în lume. Mările sunt, în general, de mică amploare (cca. 12 cm). Salinitatea apei este în larg de 17-18 la mie, față de 24-34 la mie în alte mări și oceane.

O particularitate a Mării Negre constă în faptul că viața vegetală și animală sunt reprezentate numai în straturile superficiale, începând de la țărături și până la adâncimea de 150-200 m. La adâncimi mai mari, apare o mare concentrație de hidrogen sulfurat, astfel că se dezvoltă doar bacteriile anaerobe, ceea ce face ca 85-90 % din întreaga masă de apă să fie complet lipsită de viață. Salinitatea redusă face ca numărul de specii din Marea Neagră să fie de 4 ori mai mic decât în Marea Mediterană.

a. În **zona litorală** se găsesc două biocenoze importante, legate de diferitele faciesuri:

- biocenoza **stâncilor**, populate cu crustacee (*Balanus*, *Pachygrapsus*) și moluște (*Patella*, *pontica*, *Mytilus*), alge brune (*Cystoseira*) și verzi, pești scorpenide etc.;
- biocenoza **nisipului**. Lumea animală legată de nisip este reprezentată prin diferiți viermi (*Linaeus*, *Saccocirrus*) și crustacei - amphipodi, care se strecoară în nisipul umed de pe țărături, iar în apa cu fundul nisipos, pe care-l scormonesc cu mustățile, înotă barbunii (*Mullus barbatus*); pe fund, fiecare pagur (*Diogenes*) trage după el scoica în care introduce abdomenul său moale; alături de pagurii mici, stau culcate sau îngropate - în parte - cambulele turtite (*Pleurenectes*). La 10-30 m adâncime, crește iarba de mare, înaltă (zoostera), se ascund peștișori viu colorați (*Crenilabrus*) și acul de mare (*Syngnathus*), căluții de mare (*hippocampus*), crevete (*leander*, *hippolyte*). La adâncimea de 50 m se întinde zona fundului nămolos, pe care se găsesc stridii (*Ostrea*) și de midii (*Mytilus*).

La adâncimea de 50-80 m predomină midiile, algele roșii (*plyllophora*), spongierul *Suberites* și ascidiile (ciona, molgula). De la adâncimea de 55-65 m și până la 180-185m, se găsește biocenoza nămolului, reprezentată prin lamelibranhiate și amphiura, singurul reprezentant al echinodermelor.

b. Zona pelagică. Zooplanctonul, care are origine mixtă (marină și de apă dulce), este format în special din crustacei inferiori (Copepode și Cladocere), flagelate fosforescente (*Noctiluca*), meduze mari, ca: *aurelia aurita* și *rhizostoma pulmo* etc. Peștii pelagici sunt: hamsia, scrumbia albastră, rechinul. Mamiferele marine sunt reprezentate de o specie de focă și trei specii de delfini: delfinul propriu-zis, porcul de mare și afalenu. Marea Neagră, deși lipsită de faună de adâncime.

c. Zona abisală este lipsită de viață. Sunt prezente numai câteva bacterii sulfuroase.

Ipoteza potopului pontic

În 1997, hidrologul *William Ryan* și geologul *Walter Pitman*, americani, descoperă lucrările hidrologilor și sedimentologilor români, bulgari și ruși, publicate în analele institutelor de cercetări marine de la Constanța, Varna și Sevastopol și, relatând cercetările întreprinse prin anii 1970, îndeosebi analiza cu metoda carbon a cochiliilor subfosile de

moluște de apă dulce, prezente în straturile de sub sedimentele marine actuale de pe platforma continentală. Analizele concordă: cochiliile respective au circa 7000 de ani. Cercetătorii români, bulgari și ruși conclud că, acum 7000 de ani, Marea Neagră a cunoscut, cel puțin în straturile de ape superficiale, o mare scădere a salinității, fapt datorat, poate, scurgerii spre bazinul pontic a unei mase de apă de topire post-glaciară prin fluviile rusești. Dar *Ryan și Pitman* emit altă ipoteză, bazându-se pe legenda Potopului din Biblie, ea însăși moștenită din mitologia Sumeriană, anume din legenda lui Ghilgameș. Ei presupun că bazinul pontic adăpostea de zeci de mii de ani un lac de apă dulce, pe care îl numesc *Lacul Pontic*, al cărui nivel era cu 180 m mai jos decât nivelul actual al mării, astfel că platforma continentală era la aer liber și adăpostea primii agricultori europeni (arheologia ne spune că Sud-Estul Europei a fost prima zonă în care s-a răspândit agricultura). Când nivelul apelor oceanice și ale Mediteranei au depășit altitudinea cea mai joasă a istmului Bosforului, apa marină a format o scurgere (actuala strâmtoare) care a umplut în mod catastrofal bazinul pontic, în câteva luni, printr-o cascadă gigantică, obligând agricultorii să-și părăsească brutal așezările.

Ryan și Pitman afirmă că aceste populații s-au răspândit, căutând alte câmpii de cultivat, în Anatolia și în Mesopotamia, vehiculând astfel legenda Potopului. Ei popularizează în S.U.A. această teorie, prin articole, cărți și filme documentare care au întâlnit un succes cu atât mai mare, cu cât cultura populară americană este în mod tradițional consumatoare de teorii care îmbină, într-un fel sau într-altul, Biblia cu știința.

Majoritatea cercetătorilor specialiști ai Mării Negre, însă, nu au admis ipoteza *Ryan-Pitman*, fiindcă aceasta lasă prea multe date neexplicate și contrazice cunoștințele hidrologice relative la Euxinism. În prezent, există trei reconstituiri diferite ale istoriei Mării Negre:

- *ipoteza catastrofistă Ryan-Pitman*, care a fost abandonată de aproape toți oamenii de știință (rămânând însă foarte populară în public),
- *ipoteza gradualistă*, care presupune o schimbare lentă și imperceptibilă contemporanilor, a caracteristicilor hidrologice ale Mării Negre (mai are încă partizani),
- *ipoteza conform căreia nivelul și salinitatea au oscilat de mai multe ori în decursul perioadelor glaciare, inter-glaciare și în ultima perioadă post-glaciară*, care are acum sprijinul majorității specialiștilor, fiindcă explică cel mai satisfăcător fenomenele observate.

V.2. Biomii terestri

Biomul este o comunitate biotică caracterizată prin existența unor populații dominante de plante și animale, care trăiesc într-un anumit climat specific, de regulă, unor zone geografice mai extinse. Biomul poate fi privit ca o asociație de biocenoze adiacente din punct de vedere geographic, ceea ce le conferă particularități distincte. Influențați de latitudinea și altitudinea geografice, de temperatura și regimul precipitațiilor, biomii terestri sunt diferiți și includ variate tipuri de păduri, întinderi ierboase (savana, stepa, tundra etc.) și zone deșertice. Tot în categoria biomilor terestri mai pot fi incluse ecosistemele antropizate: urbane și agricole. Deși aceste asociații de ecosisteme s-au format în zone geografice distincte, există unele similarități ca urmare a selecției naturale.

Diversitatea speciilor de animale, precum și a speciilor vegetale subdominante, care sunt, de regulă, caracteristice fiecărui biom, este controlată de condițiile de mediu și de productivitatea vegetației dominante. În general, diversitatea speciilor este mai mare dacă producția primară netă este suficient de mare și există condiții favorabile de umiditate și temperatură.

V.2.1. Categoriile de biomi terestri

A. Ecobiomii de tundră

Tunderele sunt formațiuni ecologice ierboase subarbutive și arbustive scunde.

Se formează sub influența climatului aspru polar și sunt situate la limita pădurilor de conifere. Climatul se caracterizează prin ierni lungi (7-9 luni) și reci, veri scurte (2-3 luni), răcoroase și luminoase. Se succed două anotimpuri: cel de vară și cel de iarnă. Fauna este săracă în specii (ren, ursul polar, vulpea polară, păsări). Vegetația este formată din mușchi și licheni (*Pârviu, 2000*).

B. Ecosistemele silvice

Silvicultura este știința de sinteză a datelor și faptelor acumulate privind studiul organizării, funcționării, evoluției și sistematicii pădurii, ca ecosistem și a măsurilor tehnice de dirijare și exploatare a acesteia în direcția satisfacerii intereselor social – economice momentane și de perspectivă, dar și de conservare, ameliorare și extindere a patrimoniului silvic.

Silvicultura studiază, deci, **legile și procesele de viață** din pădure și, pe această bază, stabilește **măsurile tehnice** capabile să-i sporească productivitatea și să-i intensifice funcțiile ecologice de protecție a altor areale. Studiul pădurii, care este și obiectul silviculturii, este unul sistemic, bazat pe metoda analizei sistemice, ea fiind indubitabil un ecosistem, aflat în diferite stadii de evoluție.

Din această perspectivă, știința silviculturii are trei ramuri:

- **silvobiologia**, care se ocupă cu studiul biocenozelor pădurii sub aspect morfologic, fiziologic, evolutiv și sistematic (compoziția și structura fito și zoocenozelor);
- **silvoecologia** (ecologia silvică sau forestieră), care studiază relațiile dintre biocenoză și biotopul pădurii, precum și funcțiile ecologice complexe ale pădurii, în ansamblul său;
- **silvotehnica**, care studiază metodele biotehnice și tehnologice utilizate la întemeierea, conducerea, îngrijirea arboretelor și exploatarea, regenerarea pădurii în conformitate cu natura sa (compoziție, structură, productivitate) și starea ori faza evolutivă.

Cele trei ramuri se împletesc și se intercondiționează, astfel că întreaga știință a silviculturii capătă un caracter unitar, pe fondul unei mari complexități.

Soluțiile tehnice impuse de nevoile social – economice trebuie să fie întotdeauna armonizate cu imperativele și legile bio-ecologice, astfel încât orice acțiune tehnică în pădure să aibă un pronunțat caracter biotehnic – adică să țină seama de particularitățile biologice și de cerințele și relațiile ecologice de care depinde existența, regenerarea, productivitatea, echilibrul și funcțiile protectoare ale pădurii.

Imperativele de ordin bio-ecologic sunt deseori intransigente, ele sunt legile de organizare și funcționare a ecosistemului, iar ignorarea lor în domeniul silvotehnicii poate avea grave consecințe pentru pădure, pentru existența sa de lungă durată, dar și pentru mediu, în general, date fiind multiplele funcții ecologice ale pădurii.

Prin forța lucrurilor, în etapa actuală, silvicultura nu poate fi, deci, decât una ecologică.

Pădurile și fondul funciar silvic

Noțiunea de fond funciar silvic sau fond forestier are un caracter generic.

Fondul funciar silvic sau forestier cuprinde suprafețele de teren incluse în circuitul silvic actual și de perspectivă, care este destinat susținerii diferitelor activități din domeniu.

El are o **extindere limitată** și o **structură complexă**, cuprinzând:

- suprafețele ocupate de ecosistemele de pădure (pădurile propriu-zise);
- suprafețele ocupate de alte ecosisteme silvice (rariștile și tufărișurile);
- amenajările silvice de protecție, înființate și întemeiate pe criterii ecologice;

- terenurile care urmează să fie împădurite, ocupate anterior de păduri defrișate sau tăiate "în ras", terenuri agricole (pajiști degradate, arabil pe pante > 25 – 30%), terenuri degradate de eroziune și alte cauze, care au **vocație silvică** și sunt cuprinse în ansamblul peisajelor predominant silvice;
- terenurile special amenajate pentru hrănirea suplimentară a vânatului din pădurile limitrofe;
- suprafețele ocupate de administrația silvică (cantoane, cabane turistice, ocoale silvice etc.);
- ansamblul drumurilor forestiere (din interiorul exploatațiilor silvice);
- apele și talvegurile din interiorul pădurilor;
- suprafețele ocupate de pepinierele silvice destinate producerii materialului săditor pentru plantarea noilor păduri și amenajări silvice;
- plantațiile silvice speciale (pentru "pomi de iarnă", răchitării);
- terenurile neproductive din interiorul masivelor păduroase (alunecate, ocupate de elementele eroziunii de adâncime și neîmpădurite, haldele de steril de la exploatațiile miniere sau de deșeuri de la prelucrarea lemnului etc.).

Așa cum ușor se poate deduce, suprafețele ocupate efectiv de păduri sunt, în general, mai mici decât suprafața totală a fondului funciar silvic sau forestier, toate celelalte ocupând restul fondului funciar, în diferite proporții și neîndeplinind funcțiile ecologice ale pădurilor, ci altele de interes economico-social și administrativ.

Din perspectivă ecologică, este și trebuie luată în considerare doar suprafața efectivă a fondului funciar silvic acoperită cu păduri, adică **suprafața împădurită**, raportată procentual la suprafața totală (a țării, zonei climatice, bazinului hidrografic, peisajului), acesta fiind un indicator ecologic relevant, cu denumirea de **procent păduros** al unui teritoriu.

Tot din aceeași perspectivă, ecologică, se consideră că un teritoriu dat beneficiază de influențele pozitive ale pădurii asupra mediului său (hidrologic, edafic, climatic) dacă procentul păduros este de 32 – 35% din suprafața totală.

Prin urmare, nu ponderea fondului funciar silvic total contează în această analiză, ci ponderea suprafețelor ocupate cu păduri (procentul păduros).

În esență, trebuie acționat **în direcția reducerii** considerabile a **suprafețelor de fond funciar silvic cu alte destinații** decât pădurile și a **creșterii neconținute a suprafețelor ocupate cu păduri** (a procentului păduros).

În țara noastră, fondul funciar silvic total, la nivelul anului 1998, era de 6 688 527 milioane ha, înregistrând o ușoară creștere față de anul 1994, când el era de 6 680 200 milioane ha (adică de 8 327 ha în trei ani).

În același interval al analizei succinte, suprafața ocupată efectiv cu păduri a fost de 6 124 580 milioane ha în 1994 (adică cca. 94% din fondul funciar total), procentul păduros al țării fiind de 26,2% din suprafața sa totală, iar în anul 1997 suprafața ocupată efectiv de păduri era de 6 112 300 ha și reprezintă în jur de 90% din fondul funciar silvic total, procentul păduros scăzând și el spre < 26%. În trei ani, deci, suprafața ocupată efectiv cu păduri a scăzut cu 12 280 ha, adică în medie cu 4 000 ha anual. În anul 1998, suprafața pădurilor și procentul păduros au scăzut (*Axinte, Stela ș.a., 2005*).

Reiese că aceste suprafețe au fost defrișate sau tăiate "în ras", căpătând alte destinații silvice sau îngroșând rândul suprafețelor silvice neproductive. De asemenea, este de dedus că acele creșteri ale fondului funciar silvic total s-au înregistrat nu prin plantarea de păduri propriu-zise, ci prin plantarea unor amenajări silvice cu rol de protecție a infrastructurii de comunicații sau antierozionale sau, și mai rău, prin creșterea suprafețelor silvice amenajate special pentru hrănirea vânatului și atragerea lui în organizarea așa-zisei "vânători sportive", care devine astfel nesportivă, neloială și care tocmai din acest motiv a determinat instanțele europene să interzică aceste amenajări.

Ecologie

Dacă extindem această analiză în trecutul mai apropiat sau mai îndepărtat, vom putea pune în evidență gravitatea acestui trend evolutiv care doar **se menține în ultimii ani**.

Astfel, suprafața ocupată efectiv cu păduri era, în România, de:

- în 1976 – 6 334 400 milioane ha;
- în 1989 – 6 252 000 milioane ha (- 82 400 ha, față de 1976, scăzând, în medie, cu 6 340/ha anual);
- în 1993 – 6 249 000 milioane ha (- 3 000 ha, scăzând cu 1 000 ha anual);
- în 1996 - 6 144 000 milioane ha (- 105 000 ha, scăzând cu cca. 30 000 ha anual, deși în anii 1994, 1995 s-au plantat 20 000 ha cu păduri);
- în 1997 – 6 112 300 milioane ha (- 32 000 ha, față de anul anterior);
- în 1998 – 6 087 000 milioane ha (- 25 300 ha , față de anul anterior).

După cum se poate constata, politica de defrișări de pădure și creștere forțată a suprafețelor arabile, dusă de regimul comunist înainte de 1989, a dus la pierderea a 82 400 ha pădure în ultimii 13 ani ai acestuia. Cea de aplicare (corectă sau nu) a Legii 18 în primii trei ani s-a soldat cu pierderea doar a 3 000 ha de păduri, iar în următorii patru ani s-au pierdut, deși s-au mai făcut și plantări noi, 137 000 ha de pădure (cu un ritm mediu anual de cca. 34 200 ha, ușor diminuat în penultimul an (1997 – 32 000 ha) și în ultimul an (1998 – 25 300 ha).

Analiza mai atentă arată că în intervalul 1990 – 1994, numai o parte din suprafețele împădurite au căpătat **destinație agricolă**, suprafața agricolă totală crescând cu cca. 26 000 ha. Însemnate suprafețe au fost întrebuintate ca pajiști (în general, ca fânețe secundare, mai rar ca pășuni). Celelalte suprafețe au căpătat alte destinații silvice sau au trecut în rândul terenurilor silvice degradate (cca. 2/3 din suprafețele despădurite).

În perioada 1994 – 1997, însă, suprafața totală agricolă a scăzut și ea cu cca. 3 500 ha, deci toate suprafețele despădurite în acest interval au devenit terenuri neproductive (137 000 ha), ca și o parte din cele agricole, datorită degradării rapide prin eroziune a solurilor de pe terenurile în pantă și înmlăștinirii celor de sub pădurile din lunci sau zăvoaie - defrișate.

Această analiză, în ansamblul său, conduce la o serie de concluzii, atât cu privire la **dinamica de ansamblu a vegetației forestiere** în țara noastră, cât și cu privire la **politicile și strategiile naționale** care au afectat-o, evident, negativ, și anume:

- fondul funciar silvic total al țării noastre este, în general, redus, în raport cu suprafața totală a acesteia, el reprezentând doar 28,6% din cele 23 839 071 milioane ha ale teritoriului țării;
- suprafața efectivă a pădurilor, de 6 112 300 milioane ha, nu reprezintă decât < 25,7% din suprafața totală a țării (cu 0,5 p.p. mai mică decât în 1994, când deținea 26,2%); procentul păduros este mai mic cu 7,3 p.p. decât cel considerat minim pentru un teritoriu (33%) și propus ca obiectiv strategic de mediu pentru U.E. și continentul european, în general;
- suprafața ocupată efectiv cu păduri nu reprezintă decât 90% din fondul funciar silvic total, la nivelul anului 1997, față de 1994, când ponderea ei era de 94%, deja considerată atunci, pe drept cuvânt, neacceptabilă și în scădere față de 1993 (97%);
- împăduririle noi, de după 1994 (cca. 20 000 ha până în 1997) au fost realizate pe suprafețe mult mai mici decât cele necesare și anihilate, în efectele lor de sporire a procentului păduros, de proporția copleșitoare a despăduririlor și a degradării suprafețelor de păduri din diferite cauze naturale și antropice; în total, s-au distrus de 7 ori mai multe păduri decât s-au plantat;
- nu există semnale de ameliorare a situației, în ultimii și ultimul an de analiză menținându-se trendul descendent al suprafețelor ocupate cu păduri și crescând ritmul procesului de despădurire; suprafețele împădurite anual sunt mici (cca. 10 000 ha);
- nu se poate pune în evidență o politică și o strategie coerentă în domeniul pădurilor, nici în raport cu interesul național și cu atât mai puțin corelată, acordată la politicile și strategiile

europene în domeniu, având în vedere, pe de o parte, caracterul lor continental, iar pe de altă parte, obiectivul politic major al țării noastre de integrare în structurile europene, în special în U.E.

Am putea afirma, fără nici un risc de a greși, că în domeniul silvic nu au existat asemenea politici și strategii sau că, dacă ele au fost formulate demagogic, legislația de mediu, codul silvic nu le-au oglindit, iar puținile și vagile prevederi ale acestora n-au fost respectate de către cei care dețin, gospodăresc și exploatează pădurile în țara noastră.

Politicile și obiectivele strategice, codul de conduită silvotehnică trebuie bine precizate, popularizate și apoi **impuse** tuturor deținătorilor de păduri și alte categorii de fond funciar silvic, pentru ca pădurile să-și manifeste **multifuncționalitatea** (productivitatea, funcții ecologice complexe și diversificate) așteptată și benefică pentru întreaga societate, de la nivel național și continental și, într-un plan superior și implicit, pentru societatea și mediul de nivel global.

Ecosistemele de pădure (naturale sau culturale), odată înființate, întemeiate, conduse și apoi exploatare sunt ecosisteme multi-multi anuale, a căror existență se întinde pe zeci și sute de ani, producând efecte de anvergură nu numai în timp, ci și în spațiu (directe și indirecte), astfel că, pe drept cuvânt, ele sunt considerate resurse (productive, mediogene, medioprotectoare) cu **caracter continental**, ca și apele.

Atât ca sisteme productive, cât mai ales prin funcțiile lor edafice, hidrologice, climatice, sociale, ele au menirea de a contribui la **imprimarea caracterului de durabilitate – sustenabilitate**, atât dezvoltării rurale, ca parte integrantă, cât și dezvoltării industriale și urbanizării, indirect, prin capacitatea pădurilor de a anihila, minimiza riscurile ecologice ale acestora.

Dezvoltarea sustenabilă în ansamblul său nu este posibilă în viitor decât atunci când politicile și strategiile față de păduri, conduita în exploatarea acestora permit dezvoltarea și manifestarea plenară a tuturor funcțiilor posibile ale pădurii, cu accente pe funcțiile mediogene, medioreglatoare și medioprotectoare, chiar dacă astfel funcția productivă se diminuează. Acesta este prețul ce trebuie plătit sustenabilității.

Așa după cum se știe, Europa, în general, diferitele comunități europene și U.E. (cea mai puternică dintre ele) și-au conturat deja politicile și strategiile dezvoltării sustenabile (vezi Agenda 21), în acord cu cele globale, prefigurate la Conferința pentru Mediu și Dezvoltare (de la Rio de Janeiro), ale cărei dosare au fost îndelung dezbătute, documentele fiind semnate de majoritatea țărilor europene, de toate cele din U.E. și de către țara noastră.

La baza acestor politici și strategii silvice sustenabile stă, ca și în cazul dezvoltării agricole și industriale, conceptul de **spațiu ambiental**, în general și **parametrii acestuia pentru domeniul silvic**.

În esență, **spațiul ambiental** al unui teritoriu (continent, țară, regiune etc.) rezultă din raportarea suprafeței totale a acestui teritoriu la efectivul populației sale, iar **parametrii** săi rezultă din raportarea resurselor spațiului ambiental la populația care dispune de ele.

Pentru că **spațiul este finit și netransferabil** în interiorul continentului, iar diferitele teritorii au resurse și populații diferite, se preconizează ca volumul resurselor dintr-un spațiu să poată fi redistribuit echitabil populațiilor din alte teritorii, astfel ca acestea să poată accede la un quantum uniform de resurse pentru viață și dezvoltare, în cadrul unui teritoriu mai vast sau mai restrâns (continentul Europa, U.E., C.E.F.T.A. etc.), respectând o legislație care fundamentează, reglementează circuitul limitat - comerțul cu resurse la nivel comunitar.

De exemplu, ca parametri ai **spațiului ambiental – pădure**, se operează în politicile și strategiile europene cu:

- suprafața de fond funciar silvic / locuitor (din Europa, U.E., România);
- suprafața de pădure / locuitor (ha/loc.);
- suprafața de păduri protejate / locuitor (ha/loc.);

Ecologie

- producția anuală de lemn / locuitor ($m^3/loc.$) (volumul creșterilor anuale ale lemnului din păduri / nr. de locuitori);
- recolta anuală de lemn (tăiat) / locuitor ($m^3/loc.$) (volumul de masă lemnoasă tăiată – $m^3/loc.$) etc.

Indicatorii strategici în silvicultură sunt calculați ca valori optime (medii) ale acestor parametri, pe termen scurt, mediu, lung.

Politice se referă la atitudinea instituțiilor statelor, oglindită printr-o legislație care să permită realizarea obiectivelor strategice, iar codul de conduită (codul silvic, în cazul de față) cuprinde toate reglementările privind metodele, tehnicile, procedeele permise sau interzise în înființarea, gospodărirea, exploatarea pădurilor, în conformitate cu legislația și cu strategia în vigoare la un moment dat.

Politici europene privind suprafața pădurilor, procentul păduros și regimul acestor suprafețe:

1. Suprafața absolută a pădurilor în U.E. ar **trebui să staționeze**, având în vedere că **procentul păduros este de 33%** și acesta este concordant cu sustenabilitatea.

2. Sunt **interzise defrișarea** pădurilor actuale și **"tăierile în ras"**, exceptând pădurile distruse de calamități naturale (doborâte de vânt și zăpezi, incendii, secetă) sau antropice (cu vegetația arboreală distrusă de ploii acide și radioactive, poluare chimică gravă); orice suprafață defrișată trebuie anterior sau simultan plantată cu păduri noi.

3. Plantarea pădurilor noi, ca și a altor plantații silvice cu rol de protecție, trebuie să aibă la bază **criterii ecologice** (analiza de detaliu și complexă a stațiunii – biotopului, favorabilitatea acestuia pentru specia(iile) ce se vor planta) sau modele structurale de păduri din aceleași condiții staționale.

4. Promovarea speciilor de **arbori autohtoni**, mai bine adaptați la condițiile locale, cu ritm mai redus de creștere anuală, cu producție mai mică de lemn, formând păduri mai stabile, mai sigure, cu o producție mai diversificată în esențe lemnoase și calitate (mai rare și mai scumpe) și cu o biodiversitate sporită de arbori, arbuști, plante ierboase, animale.

5. Interzicerea plantării în noile păduri europene a **speciilor și hibridilor** de arbori **repede crescători** (plop americani și euro-americani, conifere repede crescătoare – pinul strob, duglasul etc.), care au produs și produc grave dezechilibre ecologice în majoritatea pădurilor autohtone.

6. Promovarea **regenerării naturale** prin tehnici și biotehnici adecvate la liziera și în interiorul pădurii și refacerea compoziției de specii, structurii și desimii arborilor prin **materialul săditor propriu** sau produs în pepiniere silvice organizate în aceleași condiții staționale.

7. Interzicerea pășunatului turmelor domestice în păduri, pentru a menține stratificarea firească și regenerarea permanentă a vegetației lemnoase (arbori, arbuști) prin semințișul și lăstărișul propriu și a menține structura zoocenozei pădurii.

8. Interzicerea aplicării îngrășămintelor chimice și a insecto-fungicidelor în pădure, pentru a se reinstaura competiția și prădătorismul natural, mecanisme reglatoare esențiale în biocenoza pădurii.

9. Interzicerea amenajării de terenuri speciale pentru hrănirea suplimentară a vânatului, a vânătorii în sezoanele de reproducție și chiar în afara acestora, atunci când speciile sunt reprezentate de puține exemplare sau ocupă singure un nivel trofic, ca și **interzicerea prinderii, capturării, izolării** animalelor vii din pădure și a **comerțului intern** și internațional cu animale vii din fauna silvică.

10. Formarea unui **patrimoniu silvic protejat** (exclus de la exploatare, care să reprezinte, în medie, 10% din suprafața totală a pădurilor), cu scopul conservării biodiversității, protecției unor specii endemice vegetale și animale și a unor modele structurale de păduri virgine (naturale), cu vegetație foarte complexă și diversificată și cu o faună pe măsură – atât din zonele montane înalte, cât și din luncile râurilor regulat inundabile etc..

11. Exploatarea pădurilor (în proporție medie de 90% din suprafața lor totală) **numai în funcție de starea lor actuală** (exprimată de o serie de parametri de biotop și biocenotici monitorizați anual și trecuți în fișa obiectivă de descriere a pădurii și de producția acestora realizată în sezonul (anual) anterior.

12. Tăierile de masă lemnoasă (volum, structură calitativă, esențe) acceptabile într-un an ar trebui să fie **diferențiate** (de la o pădure la alta), **selective și mai mici decât volumul creșterii lemnului, în anul anterior**, în aceeași pădure, pentru a permite regenerarea pădurii prin forțe proprii și fluenta producției anuale de lemn.

13. Importul, exportul (și comerțul intern) de masă lemnoasă tăiată trebuie să fie reglementate și contigentate la nivel comunitar, în general și mai ales pentru esențele valoroase, rare, aparținând unor specii endemice pentru a preveni dispariția acestora din biodiversitate.

Principala problemă pe care trebuie să o rezolve România și care este cel mai important obiectiv strategic în perspectiva aderării la U.E. este legată de:

- suprafața mare de pădure (ca valori absolute totale și pe cap de locuitor) și procentul păduros foarte redus, mult mai redus decât cel mediu din U.E.;
- respectarea politicilor europene care prevăd realizarea unui procent păduros de 33%, fără creșterea suprafețelor împădurite și scăderea suprafeței de pădure pe cap de locuitor, cu cca. 15% în 2010.

În negocierile de aderare, România va trebui să obțină acordul U.E. privind creșterea considerabilă a suprafețelor împădurite, chiar dacă asta presupune și creșterea suprafeței de pădure pe locuitor și nu scăderea ei cu 15%, așa cum prevede strategia europeană.

România se află într-o situație cu totul specială din acest punct de vedere, dintre cauzele mai importante care au generat această situație menționăm două:

1. politica agrară a regimului comunist de extindere forțată a suprafeței agricole și arabile, cu un ritm anual greu de realizat altfel decât prin defrișări de păduri, pâlcuri, rariști, perdele forestiere etc., care mai și împiedicau organizarea și sistematizarea teritoriului în direcția formării de sole foarte mari și de forme geometrice cât mai regulate; s-a ajuns, astfel, ca, după ponderea pădurilor din suprafața totală a țării, România să aibă o poziție dezavantajoasă (locul 13, după procentul de împădurire, față de 9, după suprafața totală), deși condițiile pedoclimatice sunt mult mai avantajoase pădurilor decât în multe alte țări europene;

2. reducerea ratei de creștere a populației umane și a efectivului acesteia după 1990.

La aceste argumente trebuie adăugate și altele, care decurg din analiza **stării actuale a pădurilor** care formează fondul forestier și care le poate reduce durabilitatea. Este un argument în plus pentru împădurirea sau reîmpădurirea tuturor terenurilor care au vocație silvică și nu agricolă (vocația este dată de pantele mari, instabilitatea versanților, relief frământat și accidentat, soluri degradate, condiții climatice favorabile vegetației arborale etc.).

Tabloul fondului silvic afectat de diferiți factori degradatori ai pădurii (*tabelul 5.2*) este revelator și vine în sprijinul afirmațiilor de mai sus.

Tabelul nr. 5.2

Suprafața pădurilor afectate de uscare, pe tipuri de cauze ale uscării și grupe de specii, în România

Fondul silvic	Total (ha)	Rășinoase (ha)	Foioase (ha)
A. Afectat de uscare			
Total, din care pe grade:	457.142	50.600	406.542
1. Stadiu incipient	211.152	19.115	192.037

Ecologie

2. Slab	140.945	23.067	117.904
3. Mediu	85.817	4.899	80.918
4. Puternic	19.202	3.519	11.683
B. Afectat de poluare – total 242.934 (50% din suprafețele uscate)			
cu:			
- pulberi (ciment, var, alte)	22.267	8.717	13.550
- reziduuri ind. și zootehn.	866		866
- pulberi și gaze de la termocentrale	196.809	18.414	177.395
- gaze și pulberi – compuși de azot	22.992	6.982	16.010
C. Afectat din alte cauze	214.210	15.487	198.723

În afară de **uscarea** pădurilor, fenomen de proporții (afectând cca. 8% din suprafață) și cu o frecvență ridicată, mai pot interveni și alți factori care **pot reduce accidental** actuala suprafață de pădure (incendii, vânturi puternice, zăpezi etc.), ceea ce ar face ca procentul păduros să se diminueze și mai mult, dacă nu s-ar duce **o politică permanentă de împăduriri**.

Pe de altă parte, **repartiția regională a suprafețelor** împădurite și procentul păduros în diferitele regiuni este neuniform și neadecvat:

- regiuni montane – 61% din suprafața totală a pădurilor – 69% procentul păduros al regiunii
- regiuni deluroase și colinare – 30% din suprafața totală a pădurilor - 26% procentul păduros al regiunii
- câmpie - 9% din suprafața totală a pădurilor - 5% procentul păduros al regiunii.

După cum se poate constata, procentul păduros al zonelor colinare și deluroase este extrem de redus, cel considerat minim pentru asemenea regiuni fiind de 37 – 40%.

În condițiile schimbării climatului (încălzire – aridizare), regiunea de câmpie este foarte expusă la procentul păduros de 5%, fiind necesară plantarea de perdele forestiere de protecție întemeiate și exploatate pe criterii ecologice.

În *tabelul 5.3* sunt prezentați parametrii cei mai importanți ai spațiului ambiental, utilizând date din anuarul statistic FAO și al României și din broșura cu studiul de caz asupra României privind problematica Europei durabile.

Tabelul nr. 5.3

Parametrii spațiului ambiental pădure în U.E. și România (R), comparativ și tendințele lor pentru sustenabilitate (2010)

Parametrii (indicatorii) spațiului ambiental - pădure	U.M.	Anii de calcul:							
		1976		1994		1996		2010	
		U.E.	R	U.E.	R	U.E.	R	U.E.	R
Procentul de împădurire a suprafeței totale	%	29,3	27,6	33	26,2	33	26	33	
Suprafața totală de pădure pe cap de locuitor	ha/loc	0,142	0,261	0,166	0,280	0,164	0,270	0,138	0,236
Suprafața de pădure protejată / locuitor	ha/loc	0,036	0,003	0,052	0,013	0,065	0,014	0,085	0,016
Masa lemnoasă tăiată pe cap de locuitor	m ³ /loc	-	-	0,66	0,727	0,375	0,772	0,316	0,655

Se poate constata că, în timp ce în U.E. procentul de împădurire a crescut, în România el a scăzut. În 2010, în U.E. el trebuie să fie același (33%). Dar în România? Dacă se urmează strict politica U.E. de sistare a creșterii procentului păduros, cât de protector va fi cel actual de 26% în România? Ce-i de făcut? De negociat!

Suprafața de pădure pe cap de locuitor a crescut în U.E. în ultimii 20 de ani, simultan cu o ușoară creștere a populației, dar au avut loc împăduriri pe suprafețe mari. Valoarea acestui indice se prevede să scadă pentru 2010 cu 15% în U.E. pe seama sistării împăduririlor și a menținerii aceleiași rate de creștere a populației.

În țara noastră **valorile sunt mult mai mari**, deși într-o ușoară scădere. O reducere cu 15% în 2010 se consideră posibilă în cazul creșterii demografice, dar indicele ar fi deja cu aproximativ 0,1 ha/loc mai mare decât în U.E. **Dacă se va duce o politică de împădurire** și de creștere a procentului păduros, el va deveni mai mare decât acum și, evident, **de două ori mai mare** ca în U.E.

Negocierile de aderare în dosarul silvic se relevă a fi complicate. România are nevoie de argumente puternice și bine fundamentate în aceste negocieri. În caz de reușită (menținerea celui actual și creșterea lui în 2010), obligațiile țării noastre în comerțul european cu produse ale pădurilor, pe cât ar putea fi de binevenite atunci când starea și productivitatea acestora sunt bune, pe atât de mult ar dăuna, în cazul contrar, pădurilor românești pe termen lung.

Indicatorul "**păduri protejate și conservate**"/loc. analizat comparativ arată o prăpastie între politicile și strategiile europene și cele naționale. În timp ce în U.E. el a crescut neconținut cu pași serioși, în România, din 1994, el s-a oprit la o valoare de cca. 5 ori mai mică decât în U.E.

Pentru 2010 și în continuare, în U.E. acest indicator trebuie să crească cu 15%.

În România, dată fiind suprafața actuală foarte redusă, nereprezentând 10% din suprafața totală a pădurilor (obiectiv strategic în U.E.), ritmul de creștere trebuie accelerat prin identificarea tuturor suprafețelor care îndeplinesc condițiile cerute de acest statut și întocmirea documentației, studiilor care să permită luarea unor asemenea măsuri legislative.

Paradoxul acestei situații este total și mirabil, în același timp. El constă în discrepanța dintre suprafața mică de pădure aflată în conservare și păstrare (sustrasă exploatarei) și cea care ar putea și ar merita, ar trebui să aibă acest statut, care, în țara noastră, este cu mult mai mare.

Deși suprafețe mari de păduri de la noi sunt degradate din diferite cauze, alte suprafețe, mai mari decât în alte țări europene, sunt încă ocupate de păduri destul de **bine conservate (quasivirgine)**, oferind modele structurale din ce în ce mai rare și bune de urmat în construcția ecosistemelor silvice noi din zonele sau regiunile respective sau din altele asemănătoare.

Politica U.E. față de asemenea păduri este de conservare.

De asemenea, în țara noastră există încă întinse suprafețe de păduri **cu o mare complexitate și diversitate de specii**, atât în regiunile montane înalte, cât și în luncile inundabile ale râurilor, cu biotopuri generoase în resurse, care susțin și conservă un uriaș fond de **gene și biodiversitate**. În interiorul acestora, ca și în altele a căror complexitate a scăzut din cauze antropice, sunt prezente **specii endemice**, rare, în curs de dispariție, cu areale limitate de răspândire, numite, în general, **endemisme carpatice**. Politica și strategia față de acestea este de protecție, altfel există pericolul dispariției și pierderii lor din biodiversitate.

Prin urmare, pe baza unei serioase documentații, România ar putea trece în conservare și protecție mai mult de 10% din suprafața pădurilor sale, îndeplinind astfel obiective strategice ale mediului continental și global, fără a aduce prejudicii **interesului național** și al deținătorilor acestor păduri.

Diminuând suprafața de păduri exploatate prin tăierea lemnului, s-ar reduce simțitor **indicatorul – masă lemnoasă tăiată pe cap de locuitor**, care are valori de

Ecologie

peste două ori mai mari decât în U.E., în care el a scăzut substanțial (0,375 m³/loc., în 1996, față de 0,66 m³/loc., în 1994) și trebuie încă să mai scadă până în 2010 cu 15%, atât prin atingerea obiectivelor de protecție și conservare, cât și a celor privind tăierea selectivă, diferențiată a masei lemnoase, în cantități mai mici decât volumul creșterilor din anul precedent, pentru a permite regenerarea naturală a pădurii.

Acest indicator, valoarea sa în țara noastră (0,727 m³/loc. în 1994; 0,772 m³/loc. în 1996) exprimă în modul cel mai fidel atât politica, precum și strategia națională dezastruoasă în domeniul exploatarei pădurilor.

Valorile nu sunt doar mai mari față de cele din U.E., dar vin în **totală contradicție cu producția de lemn** a pădurilor românești. Astfel, la nivelul anului 1993, pădurile U.E. au realizat o producție de lemn de 3,12 m³/ha, ceea ce a făcut ca în anii următori cantitatea de lemn tăiat să se diminueze drastic. În România, în același an, producția medie de lemn a pădurilor a fost de 2,64 m³/ha, mult sub nivelul celei din U.E. și, în ciuda acestui fapt, masa lemnoasă tăiată a fost mai mare (în valori absolute și pe cap de locuitor).

Este aceasta cauza principală a regresului pădurilor atât sub aspect structural, cât și al producției și stării lor de ansamblu.

Acest nivel al producției pădurilor românești a fost în același an de trei ori mai mic decât al pădurilor din Rusia cu care se aseamănă în multe privințe.

În România se taie mai mult lemn pe cap de locuitor decât la nivelul întregului continent european (incluzând și Rusia) (0,772 m³/loc, în România, față de 0,563 m³/loc), în dauna regenerării și stabilității pădurilor.

Tăierea masivă a lemnului și haotică, necontrolată implică și riscul pierderii altor producții ale pădurii, distrugerea biotopurilor silvice prin tasare, împotmolire cu crengi, scoarță și alte materii vegetale moarte – reziduale, acoperirea cu rumeguș, poluare cu petrol), toate acestea determinând distrugerea vegetației arbustive și ierboase care ar trebui să protejeze semințișul și lăstărișul ce regenerează arborii tăiați din structura pădurii.

V.2.2. Rolul și importanța ecosistemelor silvice. Multifuncționalitatea

V.2.2.1. Funcțiile generale ale ecosistemelor de pădure

Deși diferențiate de la o etapă istorică la alta, ca și în diferite spații geografice, rolul și funcțiile pădurilor, atât de complexe, au fost și sunt percepute în același fel – ca de o extremă importanță pentru fiecare individ, pentru întreaga societate omenească, pădurea reprezentând pentru orice națiune cea mai valoroasă bogăție naturală. În etapa actuală, cel mai important obiectiv strategic de mediu este **păstrarea și intensificarea multifuncționalității pădurilor**.

În general, pădurile îndeplinesc două mari funcții:

- **funcția productivă** – capacitatea de a produce biomasă încorporată în corpurile plantelor și animalelor pădurii, sub forma unei largi varietăți de produse vegetale și animale;
- **funcția ecologică (mediogenă și protectoare)** – care constă în formarea și modelarea propriului mediu (biotopului pădurii), precum și în influențarea în mod pozitiv, moderator și protector, echilibrant, a mediului arealelor învecinate – în mod direct și mai intens, dar și a mediului regional, zonal ori global în ansamblul său.

Drama sau tragedia pădurii străvechi, ca și a celei actuale constă în faptul că omul a luat mai mult în considerare funcția sa productivă, pe care a exploatat-o nemilos și nerațional și mai puțin funcția mediogenă și protectoare.

Evident că această funcție nu i-a fost necunoscută omului străvechi și, cu atât mai puțin, omului contemporan. Erorile, ca și vina acestuia din urmă în subestimarea ei, sunt cu atât mai mari, cu cât ele se resimt mai pregnant sub forma: distrugerii peisajelor și pierderii stabilității terenurilor, intensificării fenomenelor hidrologice dezastruoase, reducerii

biodiversității, creșterii concentrației gazelor ce produc efectul de seră, creșterea vitezei vânturilor, aridizarea climatului și manifestările exceselor climatice etc. În conduita omului contemporan raportată la păduri sunt perpetuate aceleași erori dintotdeauna, de aceea și consecințele sale sunt la fel de grave, chiar intensificate și diversificate astăzi.

În etapa actuală de criză ecologică acută și globală este nevoie de a reconsidera și amplifica funcțiile ecologice ale pădurii, **ca prim obiectiv strategic** și de a redimensiona exploatarea resurselor pădurii după alte reguli, astfel încât această exploatare a funcției productive să nu diminueze sau să anuleze funcțiile ecologice ale acesteia.

V.2.2.2. Produsele pădurii sunt realizate de indivizii ce compun populațiile de plante și animale ale biocenozelor sale, integrați în lanțurile și rețeaua trofică străbătută ca o undă de fluxul de substanță și energie, inițiat și reluat la nivelul biotopului pădurii (sol, apă, aer, lumină, căldură etc.). Pe direcția acestora, substanța nu este doar vehiculată, ci transformată și reorganizată sub forma diferiților compuși organici, din care cea mai mare parte se depun și se acumulează în corpurile viețuitoarelor.

Rezultă, astfel, o mare diversitate de produse ale pădurii, formate din biomasa vegetală sau animală.

Din punct de vedere silvic și cantitativ, producția pădurii nu se referă la întreaga biomasă acumulată și prezentă la un moment dat, ci numai la acea biomasă înglobată în **produsele recoltate (recolta)**, extrase de om, în procesul de exploatare a pădurilor. Recolta silvică este de o mare diversitate sub aspect calitativ, ea fiind reprezentată de diferite produse.

1. Produse lemnoase. Produsul cel mai important al pădurii este biomasa lemnoasă produsă de arbori și recoltată prin diferite procedee, în exploatare. **Lemnul** are, așa cum se știe, întrebuințări în aproape toate ramurile economice de nivel casnic ori industrial, cunoscându-i-se circa 5000 de întrebuințări. Producția de lemn a pădurii are caracterul unei resurse regenerabile, cu un anumit ritm anual caracteristic speciilor arborale, vârstei, stării biotopului, determinat și de alți numeroși factori, inclusiv de natură antropogenă. **Capacitatea de regenerare** a producției de lemn este, deci, **limitată**. Imperativul ecologic în exploatarea lemnului este cel al reducerii neconținute și cu orice preț tehnologic al consumurilor specifice de lemn în toate ramurile de consum; acest imperativ este la fel de mare ca și acela al reducerii consumurilor specifice de energie fosilă.

2. Produse nelemnoase. Sunt reprezentate de o gamă extrem de largă de **produse vegetale** (iarbă, flori, fructe, scoarță, pomi de iarnă, puiți, substanțe tanante, rășini, coloranți, liber, cauciuc, gutapercă, plante medicinale și aromatice, ciuperci comestibile etc.), ca și de **produse animale** (întreaga faună cinegetică și piscicolă specifică pădurilor și biomasa lor), cu o compoziție chimică diferită de biomasa vegetală, furnizează produse de o mare valoare (carne, piei, blănuri, trofee, pene, puf și multe altele).

3. Alte categorii de produse sunt: **turba** (materia organică moartă și incomplet descompusă în condiții anaerobe și de exces de apă) – un important rezervor de energie și **pământul de pădure**, foarte intens humifer (numit și humus) – utilizat în pepiniere, răsadnițe, sere, spații verzi orașenești și alte produse ale căror întrebuințări se înmulțesc și actualizează.

V.2.2.3. Funcțiile ecologice ale pădurii și importanța sa pentru mediu

Într-o regiune cu un procent mare de împădurire, pădurile sunt cele ce controlează mediul și îl echilibrează din toate punctele de vedere, astfel că acolo oamenii locului, ca și analiștii mediului observă mai puțin sau, respectiv, pun mai puțin pe seama pădurii influențele și efectele beneficătoare asupra ambientului.

Ecologie

În aceleași condiții, însă, dispariția unei păduri sau reducerea procentului păduros sub o limită critică (considerată, în general, cea de 33% din suprafața totală) face să se releve, în cel mai scurt timp, cu multă pregnanță rolul important pe care l-a exercitat pădurea.

Informația istorică și arheologică abundă în exemple care demonstrează că devastarea și distrugerea pădurilor s-a soldat întotdeauna cu cele mai grave urmări pentru cadrul fizico – biogeografic, ca și pentru sistemul social – economic al regiunii respective.

Pădurile, prin întinderea și dezvoltarea lor, au jucat un rol de primă mărime în formarea, modificarea și conservarea scoarței terestre, precum și în dezvoltarea societății umane.

În trecutul geologic, giganticele păduri de fanerogame au contribuit la reducerea conținutului în CO₂ și creșterea celui de O₂ din atmosfera terestră, cu prețul dispariției lor, ceea ce a dus la formarea marilor zăcăminte de combustibili fosili (cărbuni, petrol, gaze naturale), ca și la **geneza solurilor forestiere**, cele mai favorabile pentru activitățile de cultură a plantelor pe sol.

Rolul de **formare a solurilor** este completat astăzi de acela de **protecție a acestora** prin contribuția pădurii la conservarea reliefului și peisajelor și la protecția lor împotriva alunecărilor de teren și eroziunii de suprafață și adâncime.

Întregul **climat este format și moderat** de pădure, atât în interiorul său, cât și în vecinătate, prin reducerea vitezei vântului și a amplitudinii de variație a temperaturilor, prin redistribuirea căldurii și a luminii sub formă de albedou, umbrire, creșterea umidității relative a aerului atmosferic.

Poate cel mai spectaculos rol al pădurii, în afara celui de formare a solurilor, este cel **hidrologic**. Pe lângă contribuția la redistribuirea și gestionarea economică a precipitațiilor, la regenerarea vaporilor de apă și formarea norilor și, în consecință, la împlinirea ciclului apei în biosferă, prin care este **regenerată apa lichidă curată**, pădurea reglează **scurgerea apei** la suprafața solului, debitul izvoarelor, îmbunătățind infiltrarea apei în sol și alimentarea pânzelor de apă subterană, contribuind la menținerea unui regim hidric favorabil al solurilor și împiedicând, pe aceste căi, dezlănțuirea fenomenelor torențiale și producerea inundațiilor cu toate efectele lor catastrofale asupra mediului și oamenilor, a economiei.

În mod indirect, ea **modelează rețeaua hidrografică** și potențialul său hidroenergetic, ferindu-le de instabilitate și fluctuații zgomotoase în timp.

Pe drept cuvânt, pădurea a fost numită "**plămânul planetei**" pentru că fitocenoza sa, prin procesul de fotosinteză intensă, consumă mai mult CO₂ decât produce ea însăși prin respirație și elimină mai mult oxigen decât îi trebuie în acest proces, astfel că plusul de oxigen produs acționează ca un stimulent și o garanție pentru respirația normală a întregii lumi animale care populează planeta (inclusiv omul), ca și la echilibrarea producției de CO₂ rezultat din descompunerea materiei organice moarte în biosferă și din arderile casnice ori în proporții industriale ale combustibililor organici (fosili sau actuali).

Are, prin acest comportament, funcția de **igienizare și sanogenă** pentru întreaga atmosferă. Funcția de **agent sanitar** al planetei mai constă și în reținerea prafului, fumului, gazelor nocive, aerosolilor, pulberilor poluante și radioactive, împiedicând circulația lor rapidă în alte medii. Prin metabolizii diferitelor viețuitoare ale pădurii, acumulați în concentrații mari (fitoncide, antibiotice etc.), distruge microorganisme (bacterii, ciuperci) patogene pentru om și animalele domestice, împiedicând răspândirea acestora și producerea de epidemii.

Funcția **recreativă** pentru om decurge din formarea unui mediu propriu în interiorul pădurii și în proxima vecinătate, mediu care contribuie la refacerea forței fizice și intelectuale și a echilibrului psihic al ființei umane. Este vorba de climatul ponderat și fără excese calorice, umbros, de acalmia vântului, de ozonizarea, oxigenarea și ionizarea aerului, de senzația de armonie dintre viețuitoarele pădurii, de frumusețea cântecului păsărilor și altele.

Din punct de vedere **estetic**, nimic nu este mai frumos ca pădurea, frumusețe care este transferată întregului peisaj natural sau artificial, atât în spațiul rural, cât și în cel urban.

Ea îndeplinește, deci, acest rol de **înfrumusețare** prin frumusețea vegetației, dată de "tăietura de aur" sau linia curbă care urmărește straturile pădurii, ca și de conturul fiecărei plante ori al fiecărui animal, prin coloritul atât de nuanțat al vegetației, indiferent de tipul de pădure sau anotimp.

Cele două funcții (recreativă și estetică) au impulsionat activitatea turistică, care, prin proporțiile sale și prin comportamentul antiecolologic al numărului imens de turiști, a adus și aduce grave prejudicii pădurii.

Pădurea nealterată, de codru, virgină, îndeplinește o **funcție științifică** inestimabilă. Ea furnizează informații asupra modului cum natura a creat pădurile, în ce compoziție și structură, în diferite condiții, după ce reguli sau legi funcționează ea.

Aceste informații științifice pot căpăta valențe practice de o importanță covârșitoare în reconstrucția ecologică a pădurilor degradate, în fundamentarea compoziției și structurii noilor păduri multifuncționale, astfel ca acestea să treacă rapid la faza de echilibru în care pot fi și exploatate, îndeplinindu-și toate funcțiile ecologice, în același timp.

Din această perspectivă trebuie privită strategia Europei durabile de a spori aria pădurilor protejate (la 10% din suprafața totală a acestora) și de a crea astfel parcuri naționale și rezervații naturale păduroase, care să nu fie deloc exploatate.

Pădurile își îndeplinesc aceste multiple funcții numai atunci când, printr-o exploatare și gospodărire – culturalizare pe criterii ecologice, este păstrată – conservată **marea lor diversitate tipologică și structurală** determinată de ansamblul reliefului, solurilor și climei din țara noastră.

Ecosistemele de pădure s-au diferențiat tipologic și structural, atât sub aspectul fanerofitelor (plantelor superioare) dominante sau codominante, din rândul arborilor, cât și sub aspectul compoziției păturii vii (erbacee) din etajul inferior (din proxima vecinătate a suprafeței solului), funcție de altitudine (relief), troficitatea, reacția solului, de tipul de humus (de mull, moder, acid – brun) și de regimul de umiditate al solului.

În tabelul 1.3 sunt redată extrem de schematic tipurile de păduri din țara noastră, după clasificarea lui S. Parcovski și V. Leandru. În tabel s-au notat fanerofitele principale și de amestec, prescurtat, după cum urmează: Mo – molid, Br – brad, La – larice, Pi – pin silvestru, Fa – fag, Sb – stejar brumăriu, Sp – stejar pedunculat, Sf – stejar pufos, St – stejar, Go – gorun, Gî – gârniță, Ce – cer, Ca – carpen, Me – mesteacăn, Aa – anin alb, An – anin montan, T – tei, Pm – paltin de munte, Pc – paltin de câmpie, Ju – jugastru, Ar – arțar, Fr – frasin, Sa – salcie etc. Speciile caracteristice stratului ierbos, prezente în exclusivitate, sunt: Ox – Oxalis acetosella, Vac – Vaccinium myrtillus, Lu – Lusula albida, Ca – Carex pilosa, Fe – Festuca silvatica. Speciile au fost prezentate în ordinea abundenței lor, astfel: în afara parantezei – speciile principale, care dau nota caracteristică pădurii și denumirea; în paranteza ce urmează – speciile de amestec care conferă nuanțarea tipului silvic. În paranteza de la numitor (dacă există) – speciile de amestec mai puțin importante, care apar mai rar. Liniuța după speciile principale indică, pentru majoritatea cazurilor, lipsa speciilor de amestec.

Prin **pătura vie** s-a desemnat, sintetic, vegetația ierboasă și stratul inferior format din mușchi, licheni, numit **patoma**. S-au folosit următoarele specificații prin speciile indicatoare ale parterului: Ac – vegetație acidofilă, Mș – mușchi, Mu – asociație de mull, Sa – vegetație slab acidofilă, Um – asociație de locuri umede, Xe – vegetație xerofită.

În cea de-a patra coloană s-au notat caracteristicile privind troficitatea solului: FB – soluri foarte bogate (megatrofe), B – bogate (mezomegatrofe), S – sărace (oligomezotrofe), FS – foarte sărace (oligotrofe): Us – uscat, Re – reavăn, Ji – jilav, Um – umed, Ud – ud (în ultima coloană), indică regimul hidric al solurilor.

Ecologie

Tipurile de păduri din țara noastră, definite de specia(iile) de arbori dominantă(e) și/sau codominante și specia(iile) ierboase dominantă(e) și dispuse în ordinea descrescătoare a altitudinii pe etaje de vegetație sunt redată în *tabelul 5.4*.

Tabelul nr. 5.4

Tipurile de pădure din România

Tipul de pădure	Fanerofite	Pătura vie	Troficitate	Umiditate
1. Molidiș normal cu Ox	$\frac{Mo(Br, Fa)}{(Pm, Un, Me, Pt)}$	Sa, Mu, Mș	FB	Ji-Um
2. Molidiș cu Ox pe soluri gleizate	idem	Mu, Um	FB	Um
3. Molidiș derivat cu floră de mull	idem	Mu	FB	Ji
4. Molidiș de mare altitudine cu Ox	$\frac{Mo(Pm)}{Br, Fa}$	Sa	B	Ji
5. Molidiș cu Ox pe sol schelet	$\frac{Mo(Br, Fa)}{(Pm, Um, Me, Pt)}$	Sa	FB	Ji
6. Molidiș cu mușchi	idem	Mș	B	Ji-Um
7. Molidiș cu Vac și Ox	$\frac{Mo}{(Fa, Pm, Pi)}$	-	B	Ji
8. Molidiș de limită cu mușchi	Mo –	Mș	S	Ji
9. Molidiș de limită cu Vac și Ox	$\frac{Mo(Br, Fa)}{(Me, Pm, Pi)}$	-	S	Ji
10. Molidiș cu Vac	Mo –	Afin, Mș	S	Ji
11. Molidiș de limită cu Vac	Mo –	Afin, Mș	FS	Ji
12. Molidiș de limită pe stâncării	Mo(La)	-	FS	Ji
13. Brădet cu floră de mull pe fliș sau coluviuni	$\frac{Br(Mo)}{(Pi, Pm, Me)}$	Mu	FB	Ji
14. Brădet normal cu floră de mull	$\frac{Br(Mo, Fa)}{(Pm, Me, Aa)}$	Mu	FB	Ji
15. Brădet de producție superioară pe soluri gleizate	$\frac{Br}{(Fa, Me, An, Mo)}$	Mu	B	Ji-Um
16. Brădet de producție medie pe soluri gleizate	$\frac{Br}{(Fa, Me, An, Mo)}$	Mu	FB	Ji
17. Molideto-brădet normal cu floră de mull	Mo, Br (Fa, Pm)	Mu	FB	Ji-Um
18. Molideto-brădet cu floră de mull pe soluri gleizate	Mo, Br (Fa, Pm)	Mu + Ac	B	Ji
19. Molideto-brădet pe soluri scheletice	Mo, Br (Fa, Pm, Pt)	Mu + Sa	FB	Ji
20. Molideto-făget normal cu Ox	$\frac{Mo, Fa}{(Pm, Br)}$	Mu + Sa	B/FB	Ji
		Ac	B/S	Ji

Dr. ing. Alina Agafiței

21. Molideto-făget nordic cu Ox	$\frac{Mo, Fa(Br)}{(Pm)}$	Ac Ac	S S	Ji Ji
22. Molideto-făget cu Lu	Mo, Fa –			
23. Molideto-făget de limită cu Vac și Ox	Mo, Fa –			
24. Molideto-făget cu Vac	$\frac{Mo, Fa}{(Br)}$	Mu	B/FB	Ji
25. Amestec normal de rășinoase și fag cu floră de mull	Mo, Br, Fa (P, U, La)	Mu	FB	Um
26. Amestec de rășinoase și fag cu floră de mull pe soluri gleizate	Mo, Br, Fa -	Mu + Um	B/FB	Um
27. Amestec de rășinoase și fag cu floră de mull, din nordul țării	Mo, Br, Fa (Pm)	Mu + Sa	B	Ji
28. Amestec de rășinoase cu Fe	Mo, Br, Fa -	Mi + Sa	B	Re
29. Brădeto-făget normal cu floră de mull	$\frac{Br, Fa(Pm)}{(An, Ca)}$	Sa (Mu)	FB	Ji
30. Brădeto-făget cu floră de mull	$\frac{Br, Fa(Pm)}{(Ca, Fr)}$	Mu	B	Ji
31. Brădeto-făget <i>Rubus hirtus</i>	Br, Fa –	Mu + Sa	B	Ji
32. Brădeto-făget cu Fe	Br, Fa –	Sa + Mu	B	Re
33. Brădeto-făget cu Lu	Br, Fa –	Ac	B/S	Ji
34. Făget normal cu floră de mull	$\frac{Fa(Br, Pm)}{(Mo, Um)}$	Mu	FB	Ji
35. Făget de deal cu floră de mull	Fa (Go, Sp, Ca, Pm, Fr)	Mu	FB	Ji
36. Făget sudic de mare altitudine cu floră de mull	Fa (Mo, Br, Pm)	Mu	B/FB	Ji
37. Făget nordic de mare altitudine cu floră de mull	Fa (Mo, Br, Pm, Um)	Mu	B/FB	Ji
38. Făget montan cu <i>Rubus hirtus</i> (mur)	$\frac{Fa(Br)}{(Mo, Pm)}$	Mu, Sa	B/FB	Ji
39. Făget cu Fe	$\frac{Fa(Br, Mo)}{(Ca, Pm)}$	Sa	S/B	Ji
40. Făget cu Ca (Carex)	$\frac{Fa(Go)}{(Ca, Me, Um, Pm)}$	Mu + Sa	B	Ji
41. Făget montan cu Lu	$\frac{Fa(Mo, Br)}{(Pm, Um, Aa)}$	Sa	S/B	Ji
42. Făget de deal cu floră acidofilă	$\frac{Fa(Go)}{(Ca, Me, T)}$	Sa	S/B	Ji
43. Făget de limită cu floră de mull	$\frac{Fa(Mo)}{(Br, Pm)}$	Mu	B	Ji

Ecologie

44. Făget montan cu Vac	Fa (Mo, Me)	Ac	S	Ji
45. Făgeto-carpinet cu floră de mull	Fa, Ca (Go, Me, U, Pc, Ju, T)	Mu FB	B/FB	Ji
46. Făgeto-cărpinet cu floră de mull și Ca	Fa, Ca -	Mu B	FB	Ji
47. Gorunet cu Ca	Go (Sp, Fa, Ca, T)	Sa + Mu	B/FB	Ji
48. Gorunet normal cu floră de mull	Go (Sp, Fa, Ca, Um, Pn, Ju)	Mu	B	Re
49. Gorunet de coastă cu Lu	Go (Fa, Ca, Um, Ju, T)	Sa + Mu	FB	Ji
50. Gorunet de platou pe sol greu	Go -	Sa	B	Um/Us
51. Șleau de câmpie	Sp, Ca (Ju, U, Ar, Pc)	Mu	S	Ji
52. Ceretoșleau	Ce, T, Fr, Ca, U, Ju	Mu Xe	M	Re
53. Stejăret de terasă	St (U, Ju)	-	S	Re
54. Șleau de deal	Go (T, Ca, Fr, U, Pc)/(Fa)	Mu	M	Re
55. Stejăret de platou cu <i>Quercus pubescens</i> (Sf)	Sf (Ce, Gî)	Xe	S	Us
56. Stejăret brumăriu	Sb (Ce, Gî)	Sa		Re
57. Ceret de câmpie	Ce (Gî, Sf, Sp)	Sa		Us
58. Gârnițete	Gî (Ce, Sp, Sf)	Sa	M	Re
59. Zăvoaie de salcie	Sa, An (Pn)	-	B	Ud
60. Zăvoaie de plop	P (Sa)	-	B	Ji/Ud
61. Aninișuri	An (Fr, U)	-	B	Ji
62. Stejăret de luncă	Sp -	-	B	Re
63. Șleau de luncă	Sp (U, Ca, Fi, T)	Sa	B	Ji

V.2.2.4. Zonele ierboase

Această categorie definește un biot caracterizat prin prezența și abundența vegetației ierboase înalte sau mai puțin înalte. În Europa și Asia, denumirea acestor zone este stepa, iar în America de Sud acest tip de biot se numește **pampas**. Înainte de intervenția omului, preeriile cu iarba înaltă erau formate mai ales din specii de *Andropogon sp* (barboasa), care alcătuiau dense zone ierboase cu înalțimi cuprinse între 1,5 și 2 metri. În zonele cu precipitații mai reduse, predomină o specie de numai câțiva centimetri înălțime, *Buchloe dactyloides* („iarba bizonului”). Solul este, de obicei, foarte fertil, cu o pondere mare a cernoziomurilor. În zonele mai uscate ale acestor biomi, fertilitatea solurilor poate fi influențată de salinitate. Fertilitatea acestor ecosisteme a determinat exploatarea unor mari întinderi pentru culturi agricole cerealiere, care suportă o umiditate mai scăzută. Mamiferele sunt reprezentate de ierbivore mici și rozatoare, precum și de ierbivore de talie mare și diferite specii de carnivore. Multe din aceste specii sunt amenințate de distrugerea habitatului, datorită extinderii culturilor agricole, iar câteva sunt chiar pe cale de dispariție.

Stepa reprezintă o zonă de vegetație în care flora este reprezentată de plante ierboase și condițiile climaterice sunt semiaride. Stepele sunt caracteristice regiunilor euroasiatice, dar pot fi întâlnite, cu unele excepții, și în Africa, Australia, în America de Nord și în America de Sud. În România, regiuni de stepă sunt cele din estul Câmpiei Române, o parte din Dobrogea și un sector din sud-estul Podișului Moldovei. Cad puține precipitații, nu

mai mult de 400-600 mm pe an. Luminozitatea este ridicată. Temperatura medie iarna este de -10°C...-5°C, iar vara poate ajunge până la 30...35°C.

Flora este dominată de graminee și din plante cu rizomi (care se dezvoltă rapid după ce apar condiții favorabile), dar și din tufărișuri și plante spinoase. Exemple: ovăz, salvie, etc. Arborii și arbuștii lipsesc din cadrul stepelor.

Fauna este reprezentată de diferite: rozătoare, lagomorfe, carnivore, ierbivore. **Silvostepa** este o zonă de vegetație intermediară între o stepă și o pădure de foioase. Silvostepetele se găsesc Europa de Est, la granița dintre pădurile de foioase și stepa europeană. Flora este dominată de plante ierboase (graminacee), arbuști și unii arbori (tei, arțari, stejari). Formațiuni de ierburi marunte (graminee). Fauna este diversă, având aspecte atât ale celei de stepă, cât și ale celei de pădure.

Preeria este un tip de stepă nord-americană, având condiții climatice similare celei europene. Ea este prezentă mai mult în centrul continentului nord-american, având soluri foarte fertile pentru agricultură. Biotopul preeriei este similar stepei euroasiatice, condițiile climatice fiind aceleași. Flora este specifică continentului american. Arborii sunt mai rari în preerie.

Pampasul are un biotop asemănător preeriei. Precipitațiile sunt abundente, luminozitatea este maximă. Solurile sunt fertile. Pampasurile sunt situate în partea centrală a Americii de Sud.

Savana este un tip de stepă africană, semiaridă, situată în regiunea tropicală din partea centrală a Africii. Biotopul este diferit de cel al altor stepe. În savană cad mai puține precipitații decât în stepa europeană. Clima în savană este mai caldă, iar anual sunt înregistrate secete. Solurile sunt mai puțin fertile, iar luminozitatea este maximă. Sunt două anotimpuri principale: sezonul secetos și sezonul umed. Vegetația dominantă este cea ierboasă. Astfel, pentru a supraviețui, arborii și arbuștii depozitează în trunchi apă pentru a supraviețui sezonului secetos, iar plantele ierboase își usucă partea superioară a corpului (situată deasupra solului), transportând substanțele hrănitoare și apa la rădăcini, și astfel reduc evaporarea apei. Fauna este reprezentată de mai multe tipuri de animale: **carnivore, primate, cornute.**

V.3. Ecobiomii deșertici

Deșertul sau **pustiul** este o zonă care primește foarte puține precipitații, aproximativ 250 mm pe an. Deșerturile susține foarte puține forme de viață. În prezent, aproximativ o treime din suprafața Terrei este acoperită de deșerturi. Caracteristic deșerturilor sunt diferențele mari de temperatură de la zi la noapte. În funcție de factorii de mediul abiotic, se cunosc mai multe tipuri de deșert, anume:

- deșerturi aride caracterizate prin carența de apă,
- deșerturi nisipoase din Arabia,
- deșerturi pietroase sau stâncoase,
- deșerturi cu pietriș iau naștere prin procesele de eroziune, astfel de pustiuri se pot întâlni în Asia Centrală (Iran),
- deșerturi de sare. Au luat naștere în regiuni aride unde sarea s-a depus după evaporarea apei în care era dizolvată.
- pustiuri de gheață. Pustiuri de gheață pot fi întâlnite în regiunea polară sau în munții înalți unde temperatura scăzută a împiedicat dezvoltarea vegetației. Apa fiind sustrasă solului prin îngheț, precipitațiile cad sub formă solidă (zăpadă). În această categorie, se pot aminti regiunile polare, din Antarctica.

Forma tipică de deșert este definită de existența unei vegetații slabe și dispersate, alcătuită mai ales din specii de arbuști. Cele mai importante biomi deșertici sunt localizate

Ecologie

Între paralelele de 25 și 35 grade latitudine nordică și sudică, de regulă, în interiorul continentelor. Existența deșerturilor este condiționată climatic și se datorează în mare parte prezenței curenților de aer descendenți ce limitează formarea precipitațiilor, care, în cele mai multe zone deșertice, nu depășesc valoarea anuală de 25 milimetri. În cazul în care precipitațiile sunt aproape absente, vegetația poate lipsi în totalitate în unele zone deșertice. Acolo unde există, vegetația este reprezentată de arbuști rezistenți la secetă (*Larrea divaricata*, *Artemisia tridentata* etc.) și plante suculente capabile să păstreze apa, de genul cactușilor. Cele mai multe mamifere de deșert sunt specii nocturne, care, astfel, evită căldura excesivă din timpul zilei. Sunt bine reprezentate de diferite reptile (șopârle și șerpi), care sunt specii poichiloterme, precum și de unele insecte.

Capitolul VI. PĂDUREA, CA ECOSISTEM – ECOSISTEMUL SILVIC (SILVOSISTEMUL)

VI.1. Originea, alcătuirea și caracteristicile ecosistemelor de pădure

Pădurea este indubitabil un **ecosistem natural**, unul dintre cele mai complexe tipuri de ecosisteme terestre, caracterizându-se printr-o mare diversitate structurală și funcțională, rezultată dintr-o îndelungată evoluție care a condus spre o remarcabilă stabilitate în contextul variației aleatorii și largi a factorilor mediului extern.

Ca orice ecosistem natural, ecosistemul de pădure, instalat inițial într-un teren nou, cu o biocenoză pionieră, a parcurs diferite tipuri de succesiuni (primară, secundară, ciclică, microciclică), provocate de schimbări în biotop, urmate de altele în biocenoză, care remaniază biotopul etc., până în stadiul de **climax**, exprimat de starea de echilibru maxim și stabilitate (fig. 6.1).

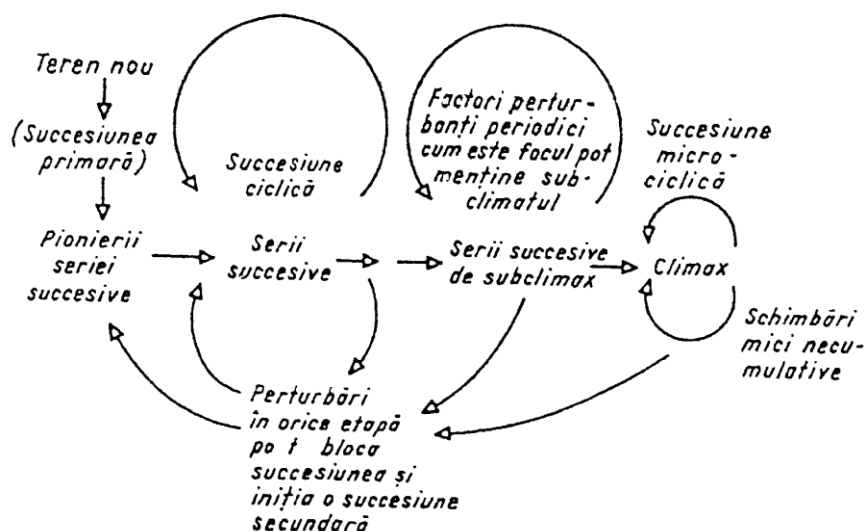


Fig. 6.1. Reprezentarea diagramatică a interdependenței dintre diferite tipuri de succesiuni: primare, secundare și ciclice. Starea de climax este starea unui echilibru dinamic (după MacMahon, 1980)

Sub presiunea factorilor antropici ecosistemele naturale de pădure s-au artificializat tot mai mult, cursul evoluției lor căpătând alte direcții, astfel că în etapa actuală puține, extrem de rare ecosisteme de pădure mai pot fi considerate cu adevărat naturale sau virgineori în stadiul de climax.

Orice pădure a avut la origine un **biotop** caracterizat printr-un anumit relief, climat, sol, pe care treptat s-a instalat o lume vie tot mai diversificată și mai complexă, anume acele plante și animale pentru care condițiile din biotop erau, dacă nu favorabile, măcar suportabile, în fiecare etapă evolutivă.

Schimbându-se condițiile din biotop sub acțiunea biocenozei, a fost posibilă instalarea de specii noi, astfel că fiecare ecosistem de pădure a reușit să-și structureze o **biocenoză** proprie, stabilă, **relațiile de interacțiune** ale acesteia cu biotopul permițând organizarea

Ecologie

unui flux specific de substanță, energie și informație care imprimă acestui ansamblu (biotop x biocenoză) integralitate funcțională și mecanisme de reglare și autoreglare ce permit instaurarea echilibrului extins în spațiu și în timp.

Ceea ce deosebește ecosistemul de pădure de alte ecosisteme terestre este prezența obligatorie, necesară și de multe ori suficientă a **macrofanerofitelor – arborilor** – denși, **în stare de masiv**. Aceștia, prin habitus (formă de creștere și dimensiuni), ca și prin biologia lor (durata vieții, intensitatea activităților fiziologice), constituie producătorii principali, scheletul pe care se consolidează întreaga biocenoză și mecanismele prin care ecosistemul de pădure valorifică și transformă condițiile și mediul în care funcționează (fig. 6.2).

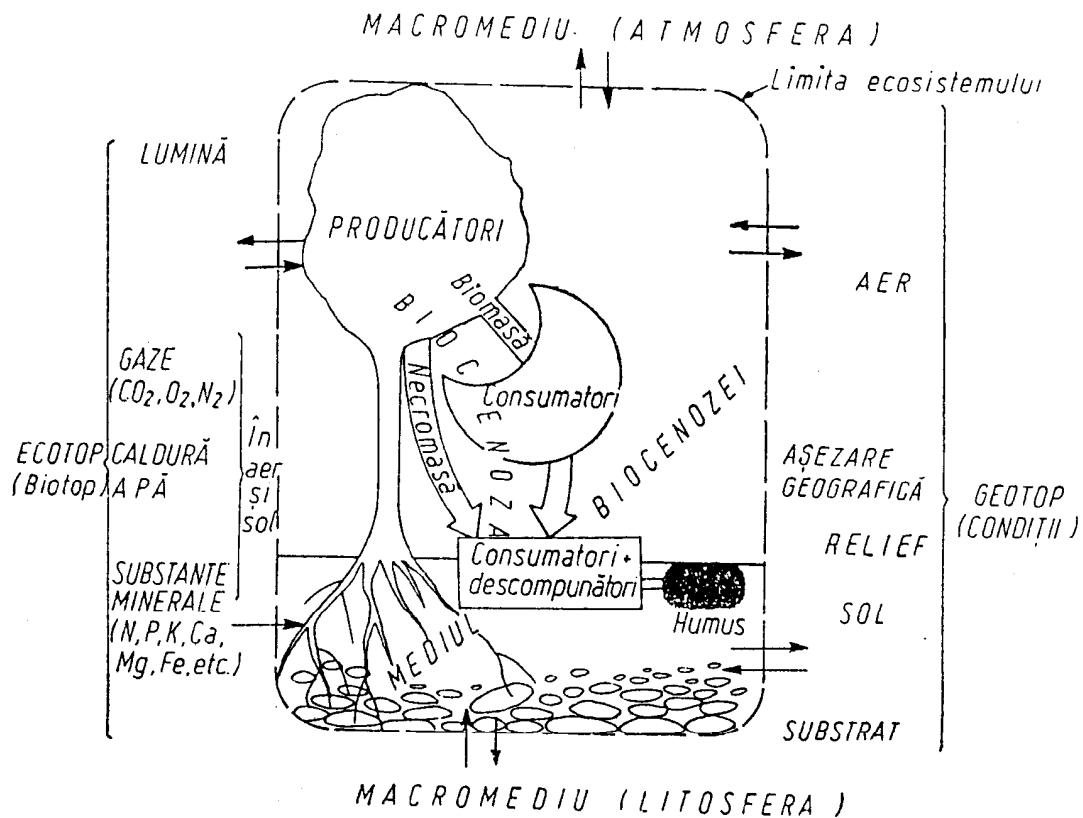


Fig. 6.2. Principalele părți ale ecosistemului forestier: biocenoză și mediul biocenozei cu cele două laturi – geotop (condiții) și ecotop – biotop (factori)

Prezența arborilor în stare de masiv înlesnește stratificarea ecosistemului, atât la nivel suprateran (sub coroanele arborilor instalându-se arbuști și ierburi), cât și la nivel subteran (*fig. 6.3*).

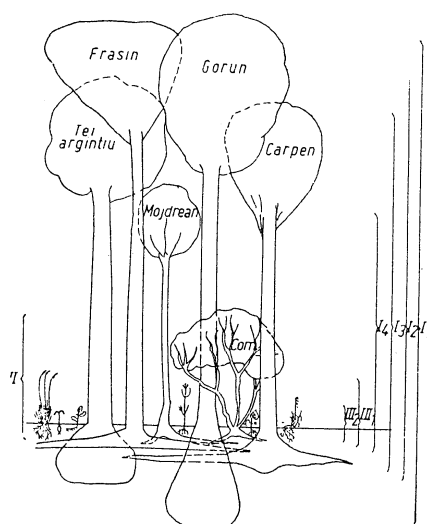


Fig. 6.3. Structura supraterană și subterană într-o biocenoză de șleau (după *Doniță*, 1971)

Astfel, pădurea are toate atributele unui ecosistem, iar prin complexitate structurală și diversitate ecologică optimă, poate fi apreciată ca unul dintre cele mai stabile, echilibrate și echilibrante ecosisteme care s-au organizat în biosferă.

Biotopul pădurii actuale (habitatul pădurii, habitat forestier), prin trăsăturile sale, date de amplitudinea variațiilor tuturor factorilor ecologici (factori orografici, edafici, climatici, geochimici etc.), este componentul esențial al ecosistemului de pădure, el comportându-se matriceal pentru întreaga biocenoză și furnizând toate condițiile necesare activității plantelor și animalelor din pădure.

Caracteristicile biotopului forestier (condițiile de viață sau mediul biocenozei) au o determinare foarte complexă, la formarea lor contribuind atât macromediul (mediul geografic), mediul local și însăși biocenoza pădurii.

Macromediul depinde de poziția geografică (*fig. 6.4*), forma majoră de relief, substratul geologic și hidrogeologic. Acestea formează macroclima și mediul litologic intern.

Ecologie

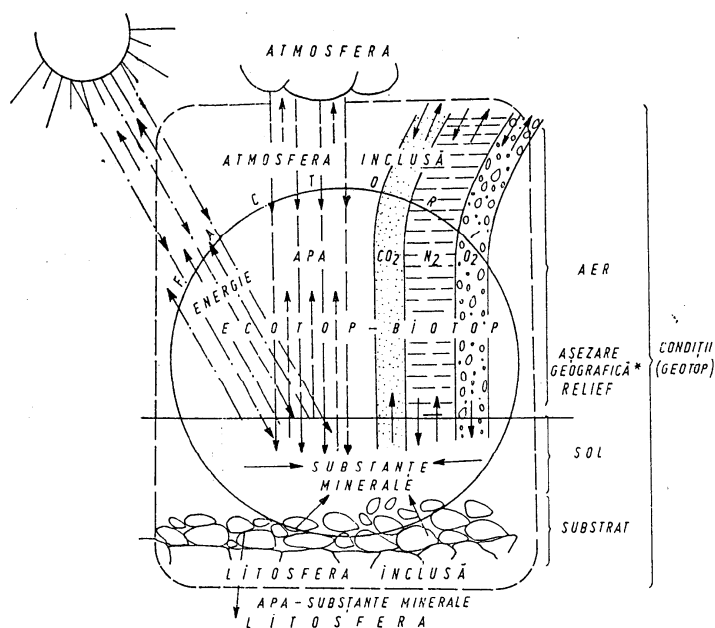


Fig. 6.4. Mediul biocenozei forestiere și relațiile de interacțiune cu mediul local și macromediul

Macroclima este caracteristică zonei sau regiunii, factorii săi acționând în stratul înalt de aer de deasupra ecosistemului (câțiva zeci de metri).

Mediul biologic intern (succesiunea de straturi geologice și hidrogeologice este de profunzime, rădăcinile arborilor coborând dincolo de profilul solului, în stratul de roci sedimentare, până la câțiva zeci de metri.

Macromediul influențează mediul local și biotopul silvic, dar și suferă modificări sub influența ecosistemului de pădure, cu care face schimburi permanente de substanțe și energii.

Mediul local este determinat de caracteristicile peisajului, mezorelief, învelișul de sol. Acestea determină configurația mediului climatic extern și a mediului edafic (sub aspect fizic și chimic).

Datorită complexelor interrelații din interiorul biocenozei, cât și dintre aceasta și mediul local, în biotop se creează un **mediu intern propriu – mediul silvic sau forestier**, în care factorii climatici sunt modificați în raport cu clima externă, inclusiv în stratul de aer care înconjoară până la înălțimi destul de mari coronamentul arborilor.

Ca urmare a desfășurării activităților fiziologice specifice, în fiecare strat al biocenozei se formează un mediu propriu, atât climatic, cât și sub aspectul compoziției aerului (fig. 6.5).

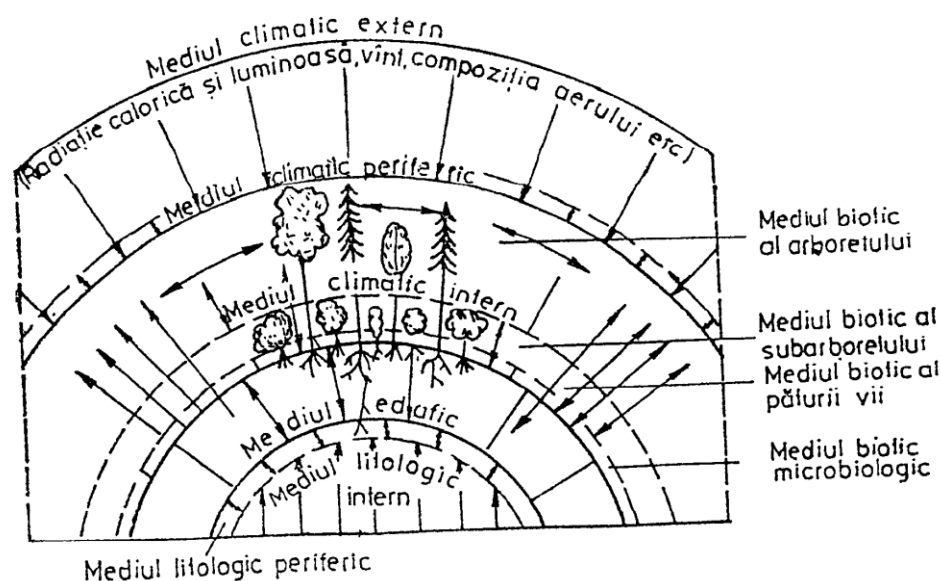


Fig. 6.5. Schema interrelațiilor în biocenoză forestieră și tipurile de mediu (după V. Stănescu, 1973)

Toate schimbările din macromediu, mediul local sau biocenotic atrag după sine schimbări în compoziția și structura biocenozei.

Relația dintre biotop și biocenoză nefiind întâmplătoare, rezultă că, în etapa actuală, schimbările drastice din biotopul pădurii, pe care le pot produce direct sau indirect oamenii prin activitățile lor (poluarea chimică și radioactivă a solului, tasarea excesivă a solului prin pășunatul animalelor domestice, intervenția cu îngrășăminte chimice sau cu stimulatori de creștere) sunt de natură să distrugă echilibrul din biocenoză pădurii.

Ca și în alte ecosisteme, **biocenoză** pădurii este alcătuită din două componente majore, aflate în interacțiune, fitocenoză și zoocenoză.

1. Fitocenoză sau vegetația forestieră este alcătuită din ansamblul populațiilor de plante superioare și inferioare (inclusiv microorganismele vegetale din sol). Se formează un covor vegetal continuu de arbori, arbuști, subarbuști, plante erbacee, în general cu clorofilă (verzi), care desfășoară fotosinteză, îndeplinind funcția de **producători** și microflora de **descompunători**. În fitocenoză forestieră, **arborii** de diferite înălțimi, aparținând diferitelor specii, reprezentați de un număr variabil de fitoindivizi și având cele mai variate distribuții spațiale, dau **nota distinctivă** fiecărei păduri și permit sau nu instalarea și distribuția celorlalte specii vegetale de talie mai mică, atât pe verticală, cât și pe orizontală. Întreaga fitocenoză, prin compoziția și structura sa, influențează atât spectrul de **animale consumatoare**, cât și spectrul de microorganisme descompunătoare din solul și litiera pădurii.

2. Zoocenoză forestieră (fauna pădurii) este alcătuită din specii de animale sub formă de populații, aparținând diferitelor grupuri taxonomice (mamifere, păsări, reptile, viermi, insecte, microorganismele animale) și plasate pe diferite niveluri trofice: ierbivore, zoofage, carnivore, saprofage, omnivore – hemizoofage. Unele populații viețuiesc în sol, altele în litieră, în covorul ierbos, în straturile de vegetație lemnoasă, într-o distribuție care nu mai are caracterul de continuitate, datorită stilului de viață animal determinat de deplasările după hrană. Fauna pădurii este nu numai dependentă de vegetația acesteia, dar, la rândul său, prin compoziție și structură numerică fluctuantă în timp, influențează în sens pozitiv sau negativ vegetația forestieră.

Ecologie

Se relevă, astfel, caracterul de **integralitate** a biocenozei forestiere, adică de a funcționa ca un tot unitar cu toate modificările care se petrec în biotop, cât și în fiecare dintre cele două componente ale biocenozei, ca urmare a schimburilor permanente cu exteriorul, consecința modificării aleatorii a factorilor naturali, cât și în urma intervenției omului în procesul de exploatare a pădurii.

Caracterul de sistem unitar și integralitatea se explică atât prin diferențele mari între subsisteme, dependența reciprocă dintre acestea, cât și prin intensele schimburi de substanță și energie între biocenoză și mediul său (biotop) și între întregul ansamblu și macromediul (*fig. 6.6*).

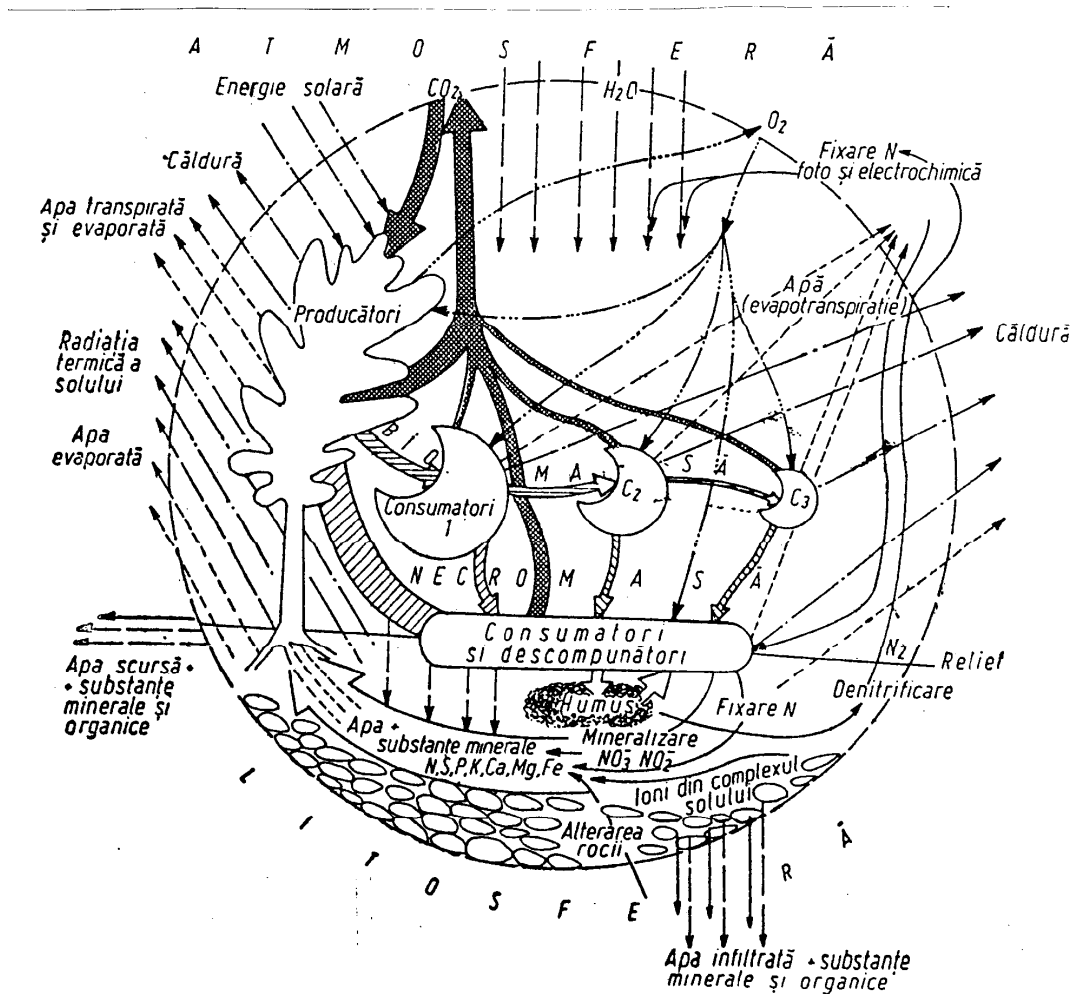


Fig. 6.6. Schema schimbului de energie și substanță între biocenoză - mediul biocenozei și între aceasta și macromediul

În *fig. 6.7* se pot observa structurile și componentele ecosistemului forestier și interacțiunile dintre ele. În relații de interacțiune se află ansamblul și cu **măsurile silvotehnice – antropice**, atât pe linie directă, cât și indirectă.

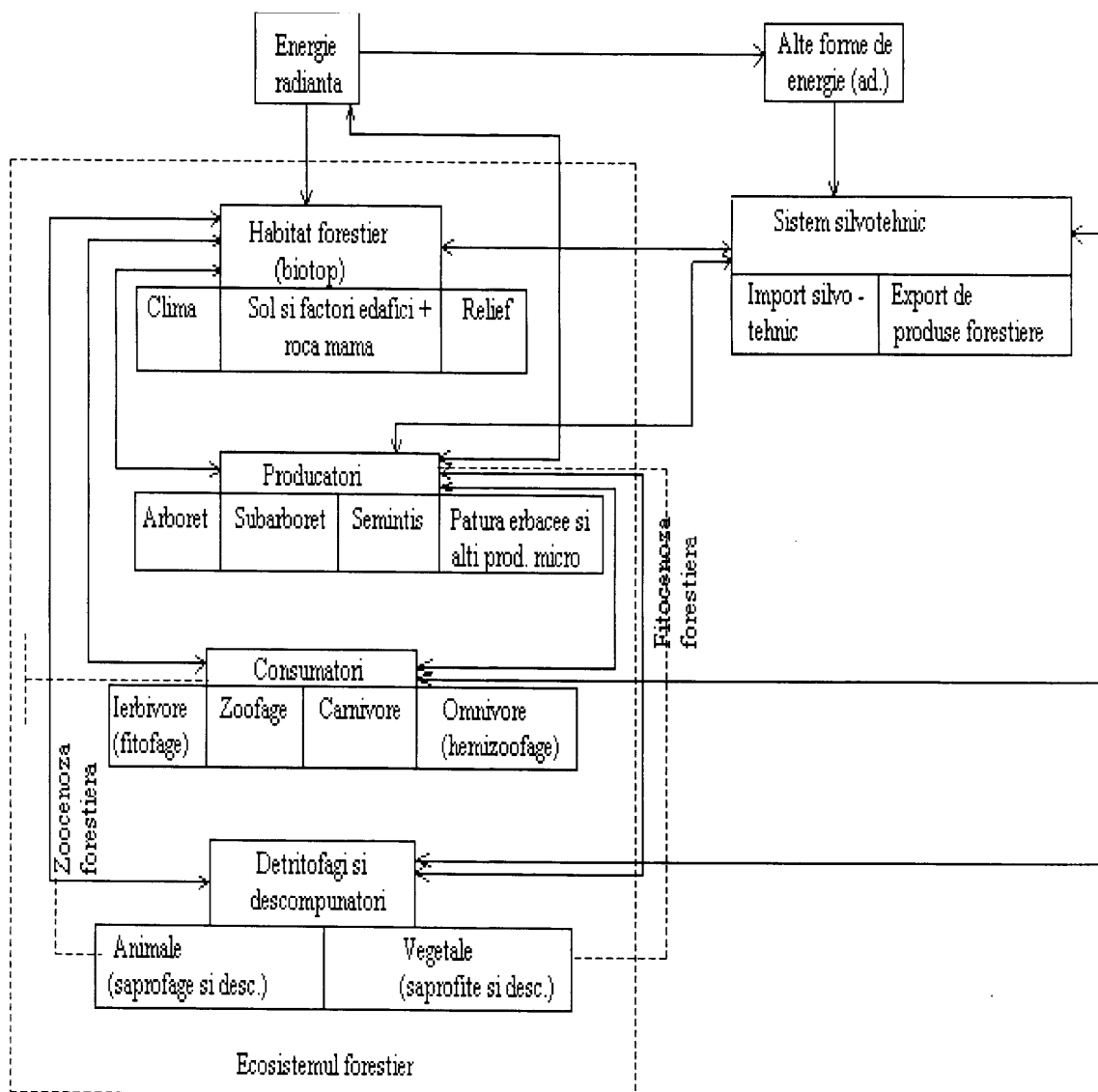


Fig. 6.7. Structura funcțională și interacțiunile dintr-un ecosistem forestier și dintre acesta și sistemul silvotehnic (antropic) (original)

Urmare a acestui mod de organizare și funcționare a ecosistemului forestier, prin **circuitele de tip feed-back**, este posibilă **autoreglarea**, reorganizarea, adaptarea și autoregenerarea pădurii. Așa se explică, deci, capacitatea sa de a contracara acțiunea factorilor externi de mediu atunci când aceștia capătă valori netipice biotopului forestier, precum și măsurile silvotehnice practicate de omul silvicultor, braconier sau din alte domenii de activitate. **Această capacitate a pădurii este limitată**, chiar și atunci când este virgină, așa se explică stricăciunile produse de calamitățile naturale (foc, vânturi puternice, uragane, inundații, alunecări și prăbușiri de teren, lavă vulcanică etc.) sau artificiale (ploi acide, ploi radioactive, poluare chimică masivă, pășunat excesiv, vânătoare intensă, braconaj).

Cu cât biocenoză forestieră este mai degradată (simplificată ca număr și diversitate a speciilor, cu o rețea trofică nepiramidală, ceea ce arată disproporții între populațiile de animale), cu atât echilibrul este mai fragil, numărul de circuite feed-back funcționale este mai redus și suportabilitatea variațiilor este limitată la niveluri inferioare, pădurea fiind mai expusă prăbușirii, dezorganizării.

VI.2. Caracteristicile fundamentale și particularitățile ecosistemelor de pădure

Sub aspect **fenologic**, caracteristica definitorie a pădurii este dată de **prezența arborilor în stare gregară**, care contribuie decisiv la fizionomia și tipologia sa și care, apoi, se impun funcțional prin biomasa lemnoasă elaborată și acumulată în decursul îndelungatei lor existențe.

Nu orice grupare de arbori formează o pădure, ci numai atunci când ei ocupă o suprafață suficient de mare (minimum 2500 m², conform unei legi mai vechi), când prezența lor pe respectiva suprafață nu este întâmplătoare, ci determinată de concordanța între nevoile lor ecologice și mediul local, când prezența lor durează timp îndelungat și în mod esențial, când, prin numărul mare și distribuția lor spațială, formează și mențin "**starea de masiv**" – un atribut al desimii și continuității spațiale.

Starea de masiv determină modificarea formei de creștere a arborilor din diferite specii, rezultând un habitus forestier diferit față de cel specific, atunci când același arbore trăiește izolat (*fig. 6.8*).

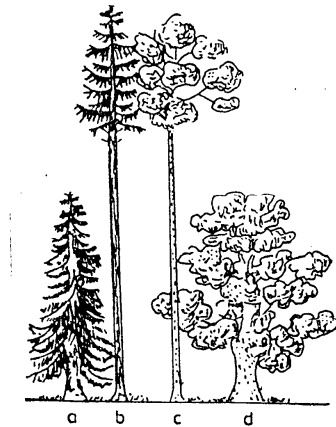


Fig. 6.8. Forma specifică la molid (a) și stejar (d) și forma forestieră la cele două specii (b, c) (după E.G. Negulescu)

În stare de masiv, arborii își alungesc tulpinile, are loc elagajul natural (uscarea și căderea ramurilor de la partea inferioară a trunchiului), coroanele se alungesc și se îngustează, astfel că la partea lor superioară crește proporția suprafeței frunzelor de lumină, față de cele de umbră (*fig. 6.9*). Prin rădirea naturală sau prin tăierea arborilor din masiv, suprafața totală a frunzelor de umbră crește, scăzând astfel intensitatea activității fotosintetice în coronamentul arborilor.

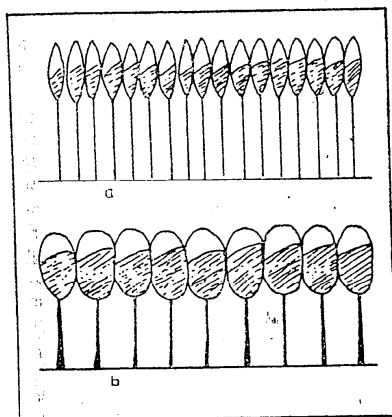


Fig. 6.9. Mărirea proporției frunzelor de umbră prin rădirea exagerată a pădurii: a – înainte de rădire; b – după rădire (după E.G. Negulescu)

Fizionomia pădurii este dată de forma (tipul) profilului - liniei care urmărește coronamentul arborilor. Acesta poate fi continuu, ondulat, în trepte sau dantelat și de modul cum acesta se închide (pe orizontală, pe verticală sau în trepte) (fig. 6.10).

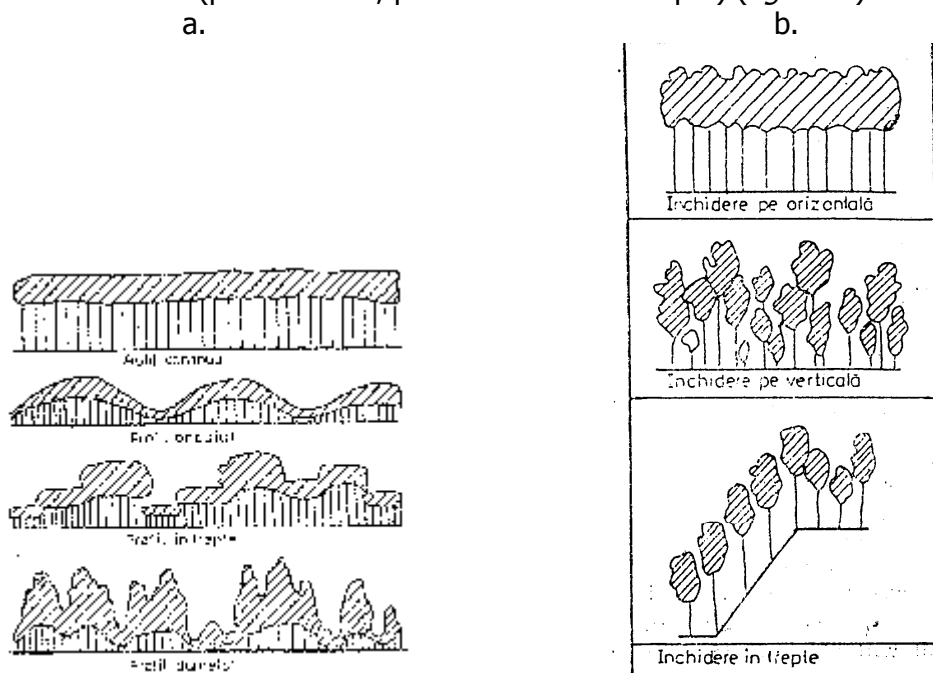


Fig. 6.10. Tipuri de profil și de închidere a profilului

Aceste caracteristici sunt determinate atât de desimea arborilor, cât și de distribuția lor pe orizontală sau de microrelief.

În interiorul pădurii, funcție de compoziția de specii de arbori, de vârsta lor, aceștia pot ocupa un singur strat activ, net diferențiat față de straturile inferioare, cu un singur etaj (fig. 6.11), cu două subetaje (fig. 6.12) sau poate fi bietajat (fig. 6.13), atunci când speciile de arbori dominante se deosebesc prin înălțimea medie a tulpinii.

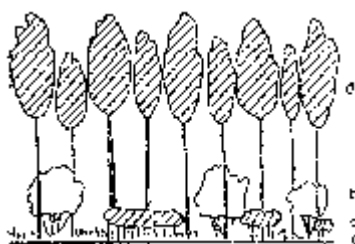


Fig. 6.11. Etajele de vegetație ale pădurii:
a – arboretul; b – subarboretul; c – semînțîșul;
d – pătura erbace (după E.G. Negulescu)

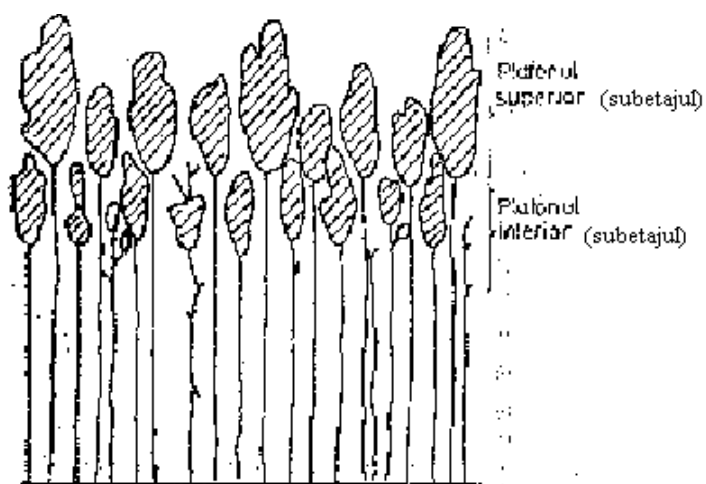


Fig. 6.12. Schema unui arboret monoetajat (după E.G. Negulescu)

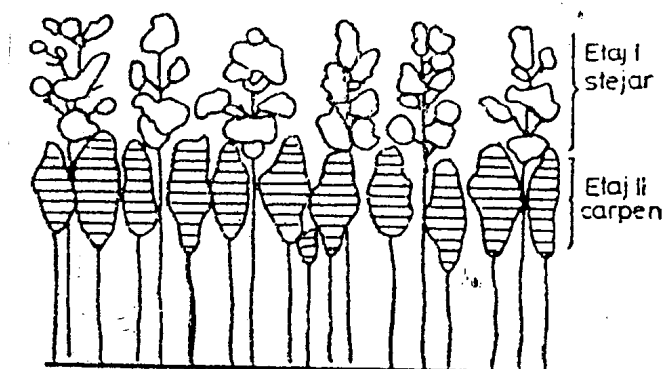


Fig. 6.13. Schema unui arboret bietajat, constituit din stejar și carpen (după E.G. Negulescu)

În pădurile de conifere sau mixte, etajele de arbori sau subetajele lor sunt mai puțin evidente din cauza formei specifice a tulpinilor (fig. 6.14).

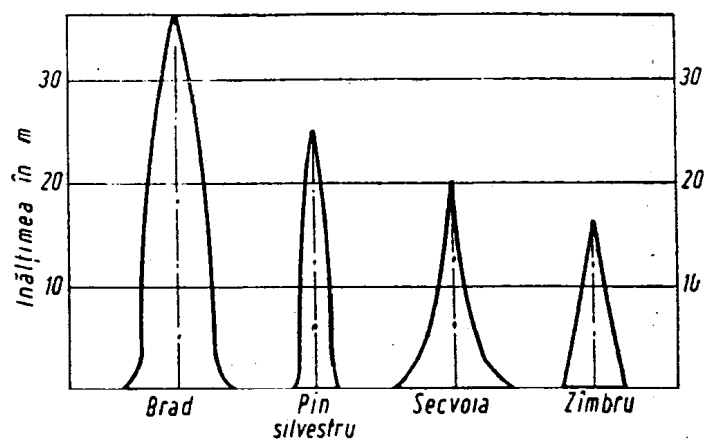


Fig. 6.14. Forma tulpinii la brad, pin, secvoia și zîmbru (după Leibundgut, 1970)

În funcție de specie, vârstă, poziția în raport cu alte exemplare, arborii capătă diferite înălțimi, forme ale coroanelor, ritmuri de activitate. Ei pot fi: predominanți, dominanți, codominanți, dominați sau deperisați (copleșiți) (fig. 6.15). La aceeași specie și vârstă, arborii înregistrează creșteri diferite, în înălțime, de exemplu, funcție de poziția în interiorul arboretului (fig. 6.16).

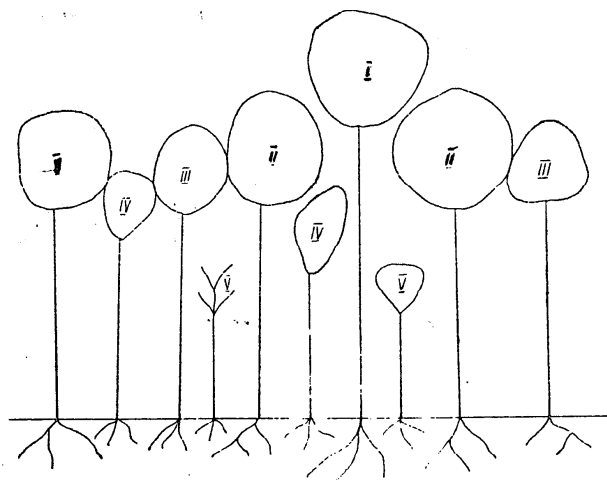


Fig. 6.15. Diferențierea pozițională a arborilor:

I - predominanți, II - dominanți,

III - codominanți, IV - dominați;

V - copleșiți (după Kraft)

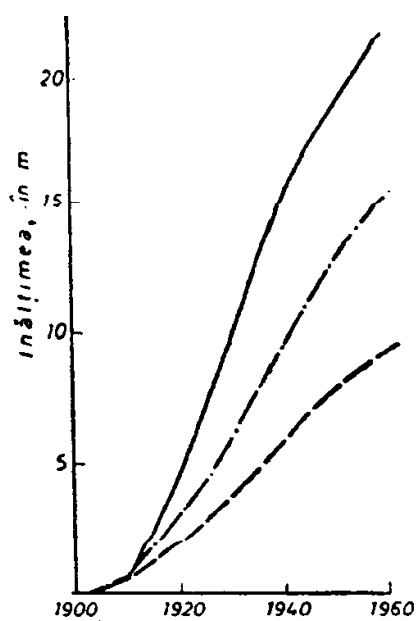


Fig. 6.16. Mersul creșterii în înălțime la exemplare de molid de aceeași vârstă (56 ani), având diverse poziții în arboret:
— predominant; -.-.- codominant; .-.-. dominat
(după Kern, 1966, din Mitscherlich, 1970)

Explicația constă în competiția pentru lumină, în care arborii codominanți și dominanți sunt dezavantajați față de cei predominanți sau dominanți.

Ecologie

Volumul ecosistemului forestier. Una dintre particularitățile importante ale ecosistemului forestier este **volumul mare atât al biocenozei, cât și al mediului ocupat de aceasta.** Acest lucru este condiționat de specificul părții definitorii a biocenozei forestiere – populațiile de arbori – unicele plante terestre care creează și mențin un stoc ridicat de masă organică și care, datorită dimensiunilor însemnate, contribuie la cuprinderea în ecosistem a unui volum mare de atmosferă și substrat, dimensiunea altitudinală (verticală) imprimând o geometrie particulară ecosistemului forestier.

În pădurile temperate, volumul de masă organică se poate ridica la 600 t/ha* în pădurile de foioase și la 400 t/ha în cele de rășinoase. La ecuator, acest volum poate atinge tot circa 600 t/ha.

În ceea ce privește volumul de mediu cuprins în ecosistem în pădurile temperate, acesta este de ordinul 150 000 – 500 000 m³/ha pentru atmosferă și 3 000 – 30 000 m³ pentru substrat, iar în pădurile ecuatoriale respectiv până la 1 000 000 și 50 000 m³/ha.

Raportul dintre masa organică și volumul mediului este extrem de mic pentru atmosferă (1/250 – 1/1600) și ceva mai mare (1/5 – 1/80) pentru substrat.

Volumul mare al mediului gestionat de pădure explică intensitatea și forța cu care ea își manifestă funcțiile ecologice complexe.

O altă trăsătură distinctivă a ecosistemelor de pădure este **longevitatea**, durata mare de existență (sute, mii, zeci de mii de ani). Aceasta este determinată de vârsta biologică enormă a speciilor de arbori (*tabelul 6.1*) și de capacitatea acestora de a regenera în timp, în același ecosistem.

Tabelul nr. 6.1

Longevitatea unor specii de arbori de la latitudinile mijlocii*

Specia	Vârsta maximă (ani)	Specia	Vârsta maximă (ani)
Molid	400	Paltin de munte	600
Brad	300	Stejar pedunculat	1500
Larice	500	Tei pucios	800 – 1000
Pin silvestru	430	Ulm	500
Tisă	3000	Carpen	150
Fag	630-930	Plop negru	150

* după *Kannegiesser, 1906, din Bûsgen – Münch, 1927*

* Se cuprinde aici și masa organică din sol care reprezintă circa 1/3 pentru pădurile de foioase, peste 1/2 pentru pădurile de rășinoase și mai puțin de 1/4 pentru pădurile ecuatoriale.

Arborii se înmulțesc, în vederea regenerării, atât pe cale sexuată, cât și pe cale vegetativă. Înmulțirea sexuată are loc la arborii maturi, vârsta maturității între 15 și 70 de ani variind de la o specie la alta (*tabelul 6.2*).

Tabelul nr. 6.2

Vârsta maturității la unele specii de arbori de la latitudinile mijlocii

Specia	Vârsta primei fructificări	Specia	Vârsta primei fructificări
Molid	30-40	Paltin de munte	30-40
Brad	60-70	Stejar pedunculat	40
Larice	20	Tei pucios	25
Pin silvestru	15	Ulm	40
Fag	40-50	Carpen	20-30

Multe specii de arbori se înmulțesc și pe cale vegetativă, în special prin **drajoni** (muguri de pe rădăcini) și prin **lăstarii** de pe trunchi și formațiunile scheletice ale tulpinii (**marcote**).

Plantele tinere provenite din fructe și semințe (pe cale sexuată) formează **semintișul**, iar celelalte **lăstărișul**, ambele contribuind la regenerarea și reîntinerirea pădurii.

În fiecare an, arborii din zona temperată au o **perioadă activă lungă**, cei foioși începându-și activitatea primăvara foarte devreme și continuându-și-o până toamna foarte târziu, la căderea frunzelor, iar cei din grupul coniferelor (rășinoaselor), datorită persistenței totale sau parțiale a frunzelor își continuă activitatea și în sezonul rece, chiar dacă într-un ritm mai scăzut.

Spre deosebire de plantele ierboase și chiar de arbuști, arborii cresc în dimensiuni și acumulează – stochează biomasă pe toată durata vieții lor, indiferent de specie. Ritmul de creștere se poate intensifica o dată cu vârsta (la molid) sau poate scădea după anumite vârste. Astfel, la pinul silvestru, creșterile maxime în diametru din fiecare an se înregistrează la 40 de ani, iar în înălțime la 20 – 30 de ani, după care ritmul anual de creștere diminuează, deși tulpinile continuă să se alungească și să se îngroașe până la 110 – 120 de ani (fig. 6.17).

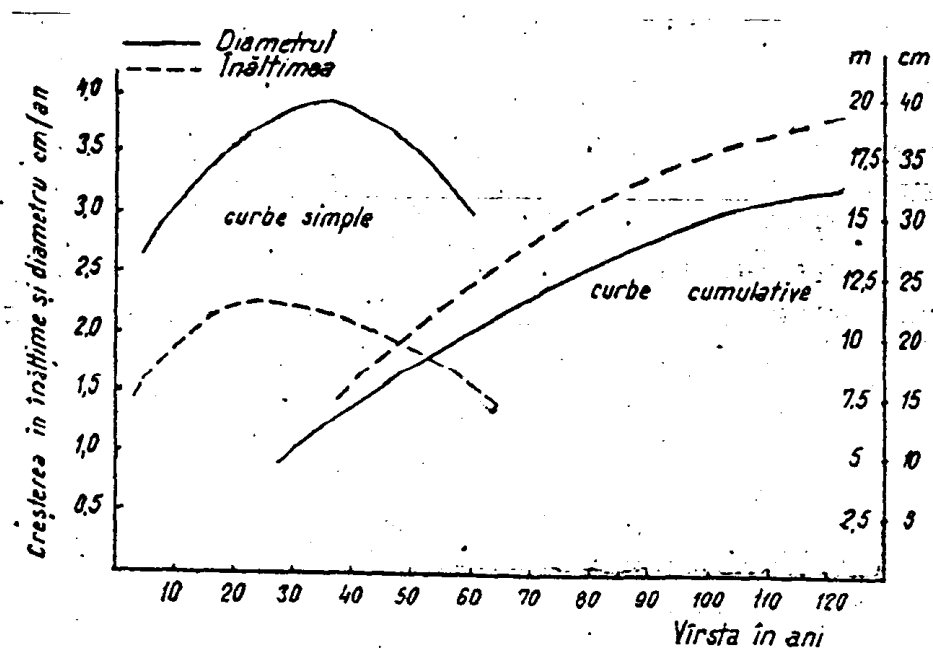


Fig. 6.17. Dinamica creșterii în înălțime și în diametru la o populație de pin silvestru (după Alexe, 1964)

Funcție de specie, până la vârste foarte înaintate cresc și rădăcinile arborilor. Creșterile anuale de biomasă sunt semnificative, numai în rădăcini acumulându-se peste 1,5 t/ha anual.

Creșterea arborilor și acumularea biomasei depinde de vârstă, dar la aceeași specie și vârstă intervine gradul de bonitate al stațiunii (troficitatea solului, regimul său hidric, lumina, căldura). Influența favorabilă a acestora se resimte mai ales în fazele de tinerețe ale arborilor, ca la molid (fig. 6.18).

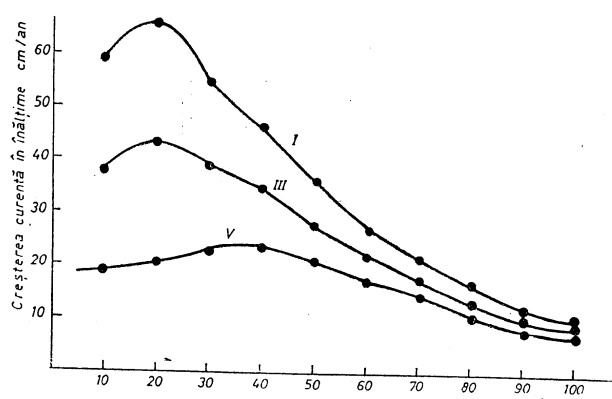


Fig. 6.18. Variația creșterii în înălțime la populații de molid în raport cu vârsta și în funcție de bonitatea stațiunilor

În aceeași situație se prezintă și creșterea rădăcinilor, ca, de exemplu, într-un stejar aflat în condiții staționale de slabă bonitate (tabelul 6.3) la care creșterea curentă a rădăcinilor scade după vârsta de 40 de ani.

Tabelul nr. 6.3

Acumularea biomasei rădăcinilor în raport cu vârsta arboretului într-o biocenoză cu stejar*

Vârsta în ani	10	20	40	60	80	100	120	140
Biomasa rădăcinilor t/ha	12,2	26,5	56,5	81,5	96,5	107,1	117,2	126,2
Creșterea curentă t/an/ha		1,4	1,5	1,25	0,75	0,50	0,50	0,50

Plantele lemnoase acumulează biomasa nu numai în tulpinile principale, ci și în ramurile scheletice (crăci), tot în raport cu vârsta. În frunzele arborilor și puietilor, se depun câteva zeci de grame pe m² sau câteva tone/ha, funcție de specie sau de complexitatea arboretului și favorabilitatea biotopului.

În arbuști, creșterile curente (anuale), ca și acumularea de biomasă depind de vârsta și tipul de arboret, fiind maxime până la 10 ani (faza de semințis a stejarului). În faza de creștere intensă a arborilor, arbuștii regresează complet, numai după 60 de ani reluându-și activitatea.

Trăsătura distinctivă a ecosistemelor de pădure, care determină această situație – **acumularea neconținută a biomasei în pădure**, până la vârste înaintate este **suprafața activă** a ecosistemului de pădure.

În ecosistemul de pădure, suprafața activă (suprafața părților structurale la care se petrec intense schimburi de substanță și energie cu exteriorul – biotopul – mediul) este **foarte diversificată**, fiind alcătuită din: suprafața foliară a arborilor, cambiul acestora (țesutul cambial asigurând creșterea în grosime și acumularea lemnului în tulpini), suprafața foliară a arbuștilor, semințisului și ierburilor, precum și suprafața literei în care sunt active microorganismele și detritofagii.

Toate aceste suprafețe active desfășoară activități specifice în partea **supraterană** a biocenozei, în **subteran** activând suprafețele active ale rădăcinilor, stratificate și având o extindere de circa 3 ori mai mare decât aceea a terenului ocupat (fig. 6.19).

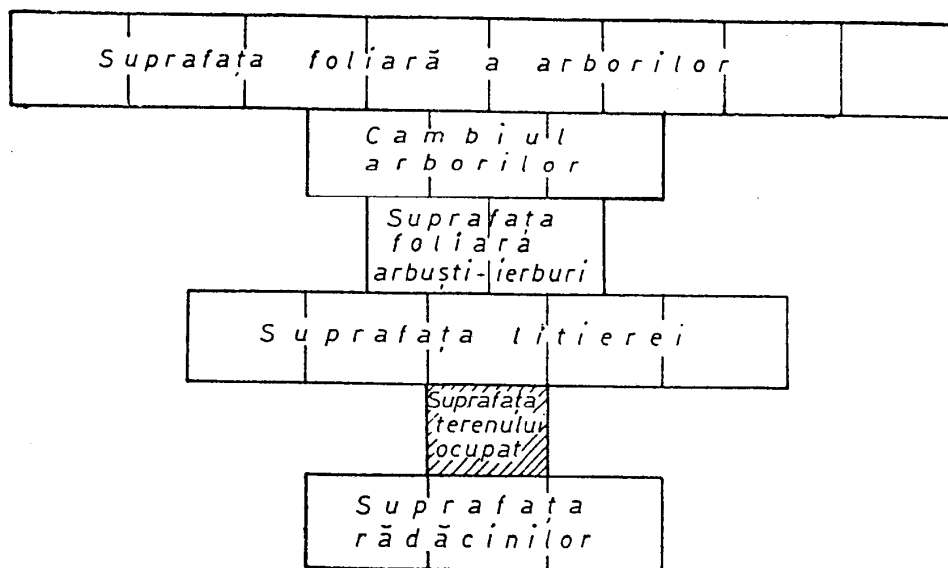


Fig. 6.19. Suprafețele active ale biocenozelor forestiere în comparație cu suprafața de teren ocupată

O altă caracteristică a suprafeței active este **mărimea considerabilă**. Numai suprafața foliară a arborilor poate fi de 8 – 10 ori mai mare decât cea a terenului ocupat, cea a cambiumului de cca. 3 ori mai mare, a frunzelor arbuștilor și ierburilor de 2-3 ori mai mare, iar a litierei de 5-6 ori mai mare.

Niciun alt tip de ecosistem terestru sau acvatic nu dispune de o asemenea diversitate și marime a suprafețelor active ale biocenozelor.

Intensitatea și randamentul mare al activității fotosintetice (productive) este o altă caracteristică a ecosistemelor de pădure. Arborii au o intensitate fotosintetică ridicată, apropiindu-se de cea a plantelor cultivate, dar ierburile heliofile, ca și cele sciofile sunt și mai active.

Randamentul fotosintezei, ca și energia solară fixată în acest proces, biomasa produsă sunt superioare la toate ecosistemele de pădure, datorită timpului lung de activitate fotosintetică și **coerenței ecologice**, faptului că fiecare specie s-a instalat natural în condițiile de mediu în care factorii limitativi nu le diminuează activitatea. Astfel și în pădurile din climate reci (boreale) randamentul fotosintezei este de 0,75, fixându-se 3400 kcal/m²/an, comparativ cu culturile agricole la care randamentul fotosintezei nu depășește 0,5, fixându-se 2500 kcal/m²/an. Așa se explică faptul că, în aceleași condiții staționale, de favorabilitate a biotopurilor, speciile silvice realizează producții de biomasă (ne referim doar la producția arborilor, nu și la celelalte produse), mult mai mari decât cele agricole (fig. 6.20). Aceasta explică și rolul pădurii în reducerea conținutului de CO₂ din atmosferă, speciile de arbori consumând, în fiecare oră de activitate, cantități de 2,2 – 9,6 mg CO₂/g de frunză/oră.

Ecosistemele de pădure realizează **producții nete** mult mai ridicate decât alte ecosisteme terestre (tufărișuri, pajiști), în cazul celor din România. Doar stufrările (care nu sunt ecosisteme terestre) pot întrece, ca productivitate, ecosistemele de pădure. Sunt păduri (de luncă, zăvoaie) care dau 12 t/ha·an⁻¹ biomasă sau de foioase (fag, stejar, gorun) cu producții de peste 10 t/ha·an⁻¹, în timp ce cele mai productive dintre pajiști realizează 4,8 t/ha·an⁻¹ biomasă ierboasă (singura lor producție).

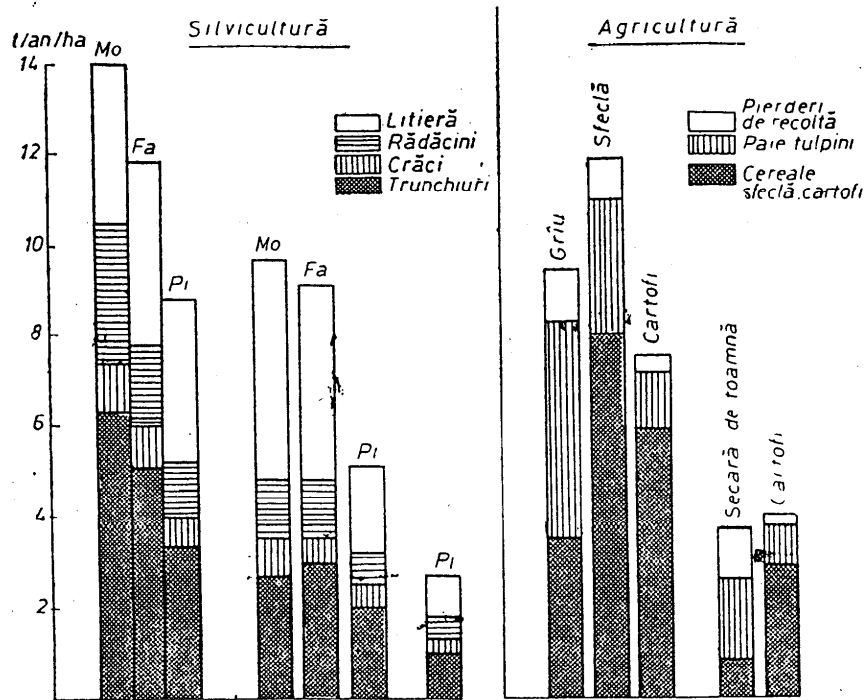


Fig. 6.20. Producția de biomasă în biotopuri de bonitate superioară, mijlocie și inferioară în silvicultură și agricultură (după Ehwald, 1957, din Mitscherlich, 1975)

Din perspectivă **fenomenologică**, în ecosistemul de pădure au loc **fenomene colective** și se organizează **fluxuri de substanță și energie particulare** și eficiente.

Existența de lungă durată și starea de masiv permit manifestarea unor **fenomene colective** cu caracter specific, și anume: regenerarea, creșterea, dezvoltarea, îndreptarea tulpinilor, elagajul, stratificarea verticală, eliminarea naturală (ajustarea numerică), succesiunea generațiilor etc.

Din această perspectivă, pădurea ar putea fi considerată o grupare deasă de arbori, care trăiesc în strânsă interdependență nu numai între ei, dar și cu celelalte plante și animale, cu condițiile de mediu în care este instalată întreaga comunitate vie, capabilă să îndeplinească împreună aceleași funcții productive și mediogenoprotectoare.

Funcționează nu numai ca un tot unitar, dar și ca o veritabilă uzină vie, care, primind din afară energia solară necostisitoare, o utilizează în toate procesele de formare și transformare a biomasei, plecând de la substanțele minerale cele mai simple: CO_2 , H_2O , ionii minerali și aducând-o în proporții industriale în starea de produse vegetale și animale de o complexitate și diversitate remarcabilă, în condiții de economicitate în utilizarea materialelor prin reciclare și regenerare, de randamente energetice ridicate – având două trăsături distincte: este nepoluantă și antientropică.

În *fig. 6.21* poate fi urmărit fluxul și bilanțul energetic al unui ecosistem forestier în stadiu de climax, a cărui caracteristică principală este **economicitatea și tendința de a fixa mare parte din energia solară consumată pe termen lung**, pe de o parte în lemn, pe de altă parte în humusul din sol (1 880 kcal/ha și, respectiv, 940 kcal/ha).

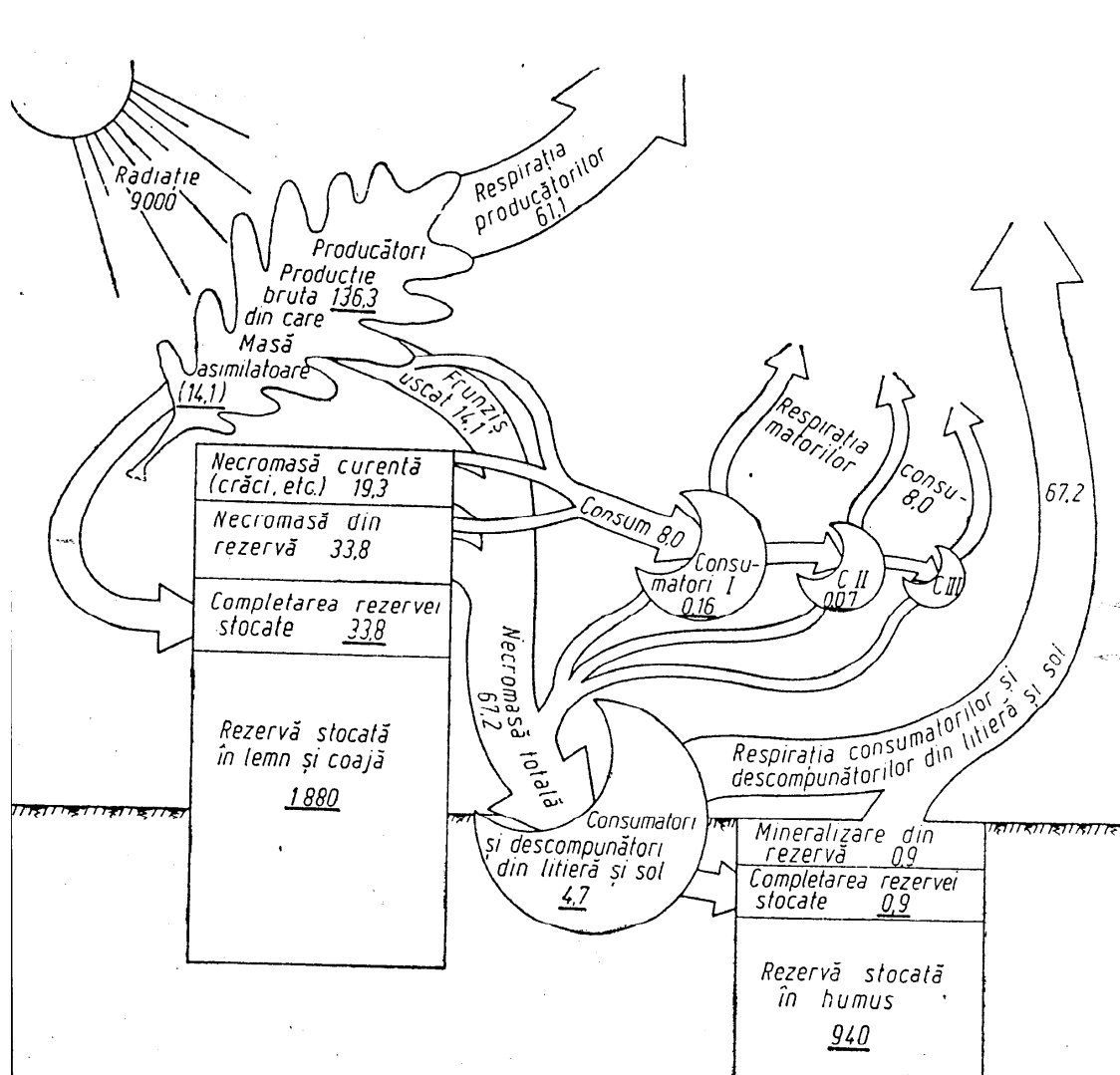


Fig. 6.21. Fluxul de energie într-un ecosistem forestier de foioase din zona temperată, în Kcal/an/ha (rezerva în Kcal/ha) (valorile după Duvigneaud, 1974 și alți autori)

Fluxul materiei organice (fig. 6.22) în același tip de ecosistem reflectă tendința ecosistemului de acumulare a materiei organice, atât sub formă de **biomasă**, dar și de **necromasă**, consumul producției primare de către animale fiind nesemnificativ ($1,7 \text{ t/ha}\cdot\text{an}^{-1}$), față de biomasa stocată de $7,2 \text{ t/ha}\cdot\text{an}^{-1}$ și de necromasa anuală produsă ($14,3 \text{ t/ha}\cdot\text{an}^{-1}$) și pusă la dispoziția detritofagilor și descompunătorilor sau pentru înlocuirea humusului consumat.

Funcționarea neîntreruptă și activă a ecosistemului de pădure se explică și prin modul cum sunt organizate fluxurile (circuiturile locale ale) nutrienților (fig. 6.23), marcate de **absorbții reduse** în fiecare an, **restituții înalte** (prin necromasă, în special), stocajul anual explicându-se prin **reciclarea repetată** a aceluiași atomi, datorită mineralizării rapide a necromasei și alcătuirii complexe a biocenozelor.

Ecologie

Pierderile de nutrienți prin infiltrare (levigare) sunt nule într-un ecosistem silvic aflat în stare de climax.

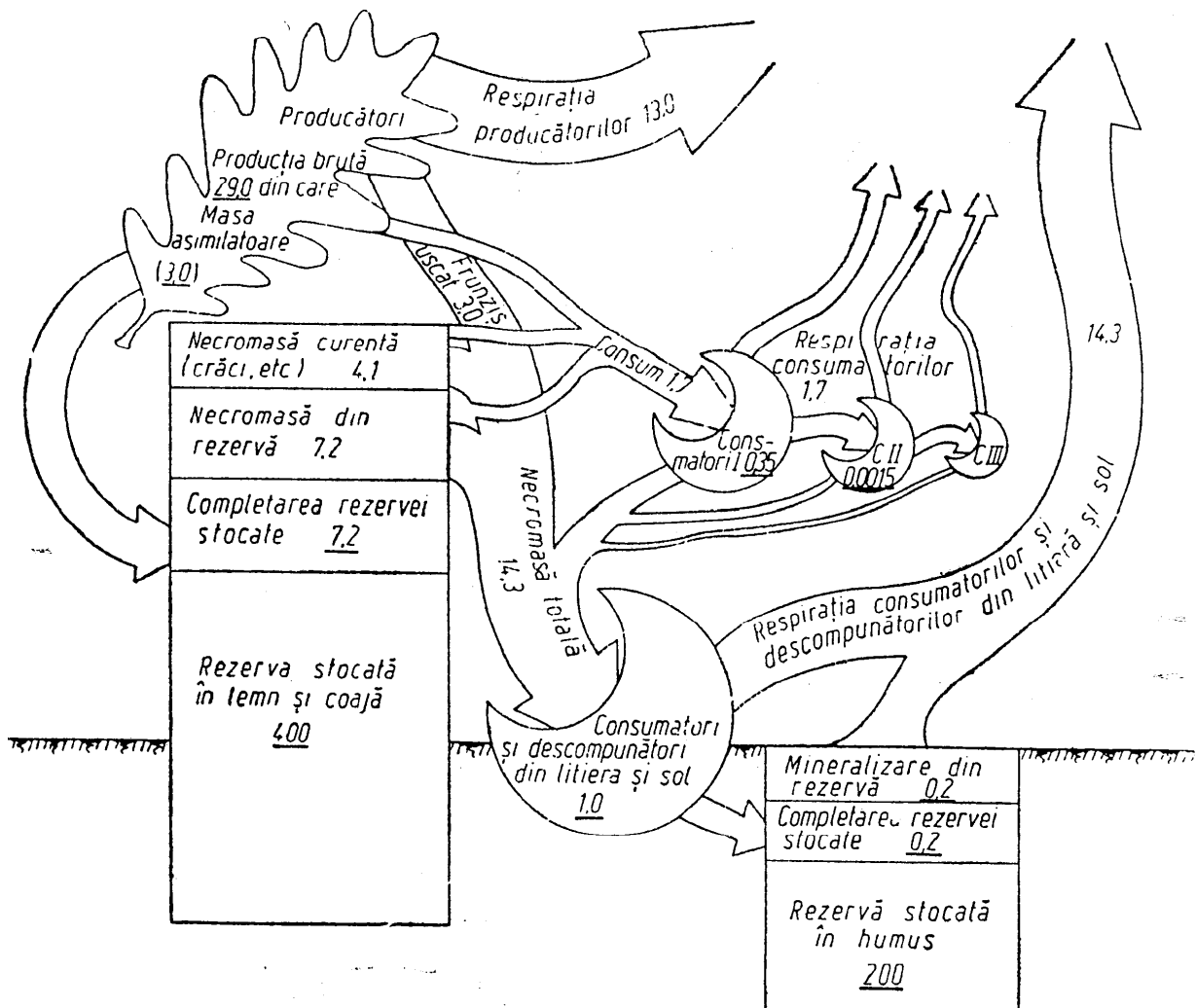


Fig. 6.22. Fluxul de materie organică într-un ecosistem forestier cu foioase din zona temperată, în t/an/ha (masa organismelor și rezervele în t/ha). Cifrele subliniate reprezintă biomasa conținută în organisme, cele nesubliniate reprezintă pierderile prin consum de biomasă, necromasă, respirație etc. (valorile după *Duvigneaud*, 1974 și alți autori)

Gestiunea nutrienților (absorbția / redarea în biotop) este diferită în funcție de tipul de ecosistem după specia dominantă de arbori, vârsta și condițiile staționale.

Trebuie remarcat raportul favorabil pentru sol, între absorbție (A) și restituție (R), în toate cazurile.

Pierderile prin denitrificare și amonificare sunt ne semnificative, în general mai mici decât cantitatea de azot atmosferic fixat biologic și fotochimic.

Modul de organizare a circuitelor locale de nutrienți explică situația paradoxală descrisă de conținutul redus în nutrienți al solurilor forestiere, valoarea mică a pH-ului, care diminuează troficitatea efectivă a solului și productivitatea înaltă, îndelungată a ecosistemelor forestiere.

În privința **azotului**, element consumat în ecosistemele silvice în cantitate mai mare decât alte macroelemente (doar consumul de calciu este mai ridicat), se observă (fig. 6.23) capacitatea ecosistemului silvic de **trecere a acestuia în forme stabile de azot organic și de reciclare rapidă**. Astfel, producătorii absorb 130 kg/ha azot mineral în fiecare an, din rezerva solului, iar prin reutilizare în plante și circuite scurte rezultă 149 kg de azot organic pe an. Din această cantitate, doar 34 kg/ha azot organic revine consumatorilor fitofagi, 45 kg/ha (32% din azotul consumat) se depune în lemn și coajă, 100 kg/ha este redat, prin necromasă, în biotop, reprezentând hrana detritofagilor și a descompunătorilor, 80% revenind pentru refacerea humusului mineralizat și doar 3% se pierde prin levigare în apele freatiche.

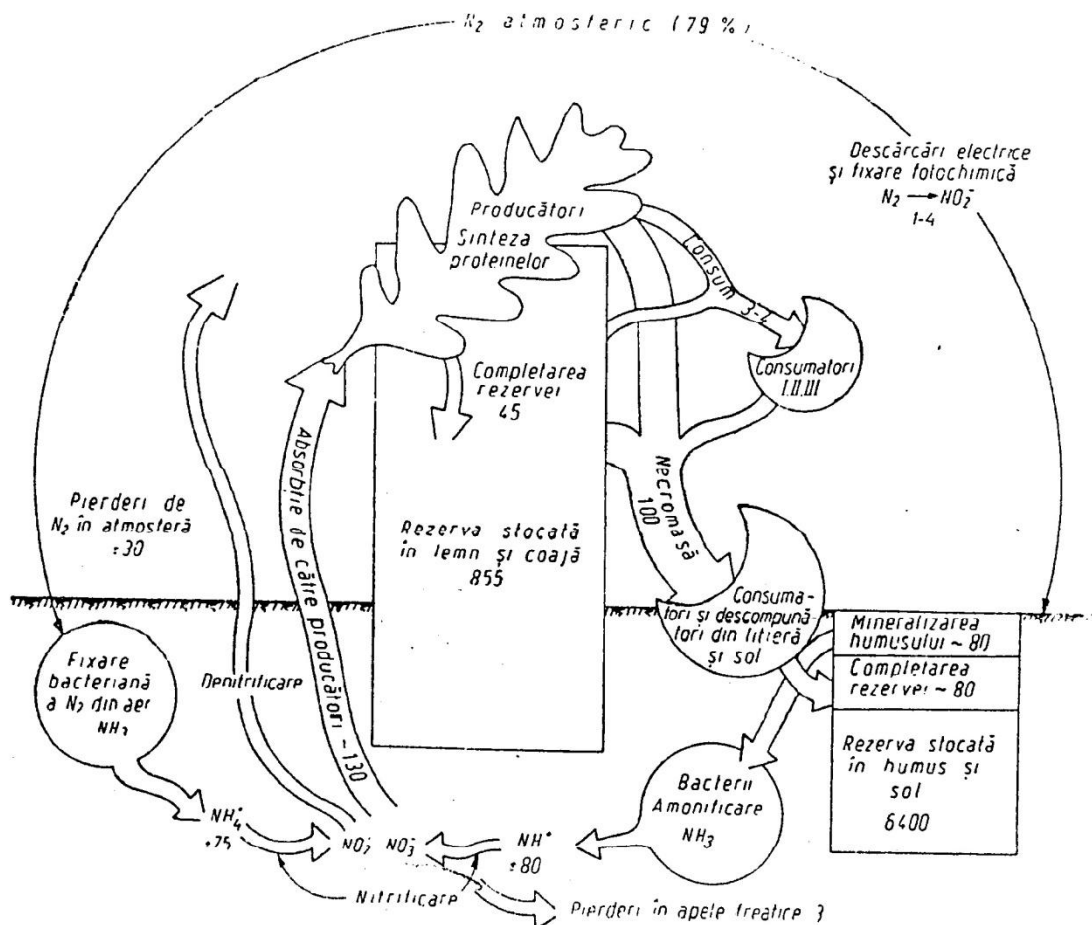


Fig. 6.23. Circuitul azotului într-un ecosistem forestier de foioase din zona temperată, în kg/an/ha (rezerva în kg/ha)

În ciuda rezervelor relativ mici de apă din solurile unor ecosisteme forestiere, productivitatea acestora este ridicată, datorită modului de organizare a fluxului apei și de valorificare a precipitațiilor: evaporare redusă a apei la suprafața solului (10%), scurgeri nesemnificative la suprafață, în afara ecosistemului (5%), infiltrație redusă în substrat (15%), apă care este frecvent utilizată de arbori, absorbția și transpirația, împreună cu retenția pe părțile aeriene ale biocenozelor reprezentând 45% dintr-un quantum anual de 800 mm precipitații, într-un ecosistem de foioase din zona temperată.

Ecologie

Ecosistemele silvice, funcție de arboret, gradul de acoperire cu coroane și situația păturii ierboase, reduc nu numai cuantumul scurgerilor de apă, ci și viteza scurgerilor, comparativ cu o pășune intens folosită.

Urmărind fluxurile **principalelor gaze din atmosferă**, putem constata, în ce privește CO₂, consumul mare (42,3 t/ha), stabilizarea în compuși organici din biomasă și necromasă, eliberare (restituire) în atmosferă, redusă - 12,7 t/ha (30% din consum). Consumul de oxigen este redus (19,59 t/ha), iar eliminarea O₂ în atmosferă întrece consumul (29,6 t/ha) cu 80%.

Această situație explică rolul ecosistemelor de pădure de salubrizanți ai atmosferei planetare, funcția lor de absorbție a emisiilor de CO₂ de la activitățile industriale și transporturi și de oxidare a atmosferei, dintotdeauna și în zilele noastre, mai ales.

VI.3. Structura fitocenozei forestiere

VI.3.1. Arborele, ca element caracteristic și funcțional

Fitocenozele forestiere se disting net de alte fitocenoze terestre (pajiști, stufărișuri, mlăștinișuri etc.) prin prezența speciilor lemnoase multianuale, de talie înaltă, având forma de creștere (biotică) arborescentă, **de arbore**.

Crescând izolați, arborii capătă un **habitus specific** descris de prezența unui singur **trunchi lemnos** de diferite dimensiuni, un schelet aerian lemnos de diferite configurații și mărimi, pe care se inseră formațiuni de creștere anuală sau multianuală și partea activă (frunzele), formând împreună o **coroană** unică.

Forma specifică se modelează în raporturile individuale cu mediul extern (aerian, edafic), care, în dese cazuri, acționează advers, astfel că înălțimea trunchiului se limitează la valori mai mici, grosimea crește și forma devine aproape conică, coroana se apropie de sol și este susținută de ramuri scheletice mai groase, cu noduri îngroșate și cu o pronunțată neregularitate în creșterile anuale. Lipsa competiției le impulsionează ritmul de creștere și ajung la dezvoltare mai rapidă, fructificând devreme (după 10 – 15 ani), mai des și mai abundent.

În fitocenoza forestieră, arborii nu trăiesc izolați, ci sub formă de populații cu efective diferite, iar populațiile diferitelor specii de arbori se amestecă cu cele ale altor specii vegetale, cărora le condiționează, în mod hotărâtor, existența.

În aceste condiții, arborii aceleiași specii, dispunând de o plasticitate ecologică și o adaptabilitate mare, realizează particularități morfologice, care le conferă un alt habitus - o altă formă de creștere decât cea specifică – **forma forestieră**.

La același arbore, forma forestieră prezintă trunchiul mult mai înalt, mai subțire, de formă aproape cilindrică, cu creșteri anuale mai regulate, elagat (eliberat de ramurile joase care cad natural după uscare), cu ramuri scheletice mai puține și mai subțiri, mai scurte, cu noduri fine, în consecință cu o coroană mai puțin voluminoasă și mai apropiată de forma piramidală.

Creșterile anuale sunt mai lente, fazele evolutive mai lungi, motiv pentru care fructifică mai târziu, mai puțin abundent și mai rar, durata vieții este mai scurtă și toate acestea ca urmare a presiunii competitive intra- și interspecifice.

Forma forestieră a arborelui este, deci, o creație a întregului care este biocenoza și biotopul pădurii. Cu cât pădurea este mai deasă, sub aspect fitocenotic, cu cât o specie arboreală are o populație mai numeroasă, cu atât sunt mai intense și mai frapante modificările formei forestiere, dar și producția și calitatea lemnului și mai scurtă durata de viață a fiecărui arbore.

Instalarea stării de masiv, atrăgând după sine modelarea formei forestiere, induce serioase modificări în ansamblul factorilor de mediu din interiorul pădurii – crearea

acelui **mediu specific pădurii**, în care își pot găsi sălașul și succesul celelalte componente, mai mărunte, ale fitocenozelor forestiere – a căror structură va depinde mai mult de arbori, decât de alți factori ai biotopului.

În mod indirect, deci, arborii sunt cei care decid și zoocenoza pădurii, strâns legată de natura hranei din covorul vegetal lemnos sau ierbos. La rândul lor, tot adaptându-se condițiilor pe care ei însșiși le-au creat în mod dominant, dar având acces la cea mai mare cantitate de energie solară prin poziția frunzelor, numărul lor enorm, dar și la apa și nutrienții plasați până la adâncimi uriașe, prin structura părții subterane dominante, sunt componenții cei mai activi în rândul producătorilor, sintetizând cea mai mare cantitate de biomasă, în special lemnoasă, care se și acumulează în timp.

Regenerarea fluxului substanței în întreaga pădure este determinată hotărâtor tot de arbori, pe mai multe căi:

- ei depun cea mai mare cantitate de materie organică moartă în litiera și solul pădurii, sursă de hrană pentru micro- și mezo-fauna descompunătoare și humificatoare, aducându-și aportul la creșterea și menținerea nivelului trofic al solului și la reciclarea atomilor;
- în jurul rădăcinilor lor gravitează ciuperci, bacterii protozoare, organizate funcțional sub formă de lanțuri trofice (micorize), o forță activă enormă în intensificarea transformării substanței din biotop.

Cu alte cuvinte, întreaga organizare și funcționare eficientă a fluxului substanței și energiei în pădure este dominată de arbori, motiv pentru care ei sunt și promotorii producției și productivității pădurii. Pe de altă parte, rolul lor nu se limitează numai la dominarea structurală și funcțională, ci și **la asigurarea stabilității, continuității temporale** a ecosistemului forestier, prin durata mare de existență, prin modul de înmulțire (atât prin fructe și semințe, cât și pe cale vegetativă), prin rata mare a natalității și indicele mare de multiplicare a unui individ. Este realizată, prin arbori, regenerarea anuală sau chiar mai rapidă a pădurii, reîntinerirea permanentă, succesiunea și continuitatea generațiilor.

Toate acestea duc la concluzia că, subordonându-se întregului care este pădurea, prin modelarea formei sale de creștere și adaptări funcționale, arborele este, în același timp, componentul structural decisiv al pădurii, care-i imprimă întreaga fizionomie, tipologie și fenomenologie, precum și toate trăsăturile distincte de productivitate, eficiență și stabilitate, echilibru.

VI.3.2. Structura spațială verticală a fitocenozelor pădurii (etajele de vegetație dintr-o pădure)

Într-o pădure nedeteriorată antropic se pot observa și determina elementele structurii verticale a vegetației – **straturile** sau **etajele de vegetație**, dispuse în spațiul aerian, precum și o serie de straturi subterane de rădăcini; straturile sunt locuite de animale care se cuibăresc și se hrănesc cu biomasa vegetală vie sau cu materia organică moartă, deși poziția acestora nu este la fel de stabilă ca a plantelor. Comportamentul lor fiind permeant – de pătrundere în toate straturile, în diferite perioade de timp, asigură și legătura dintre straturi.

Disponerea în straturile aeriene, ca și în cele subterane a diferitelor specii **nu este întâmplătoare**, ea fiind consecința deosebirilor privind exigențele față de lumină, căldură, aerăție, ca și a celor de ordin biologic (dimensiuni corporale – habitus, ritmuri de creștere) și funcționale ale plantelor din fiecare etaj.

Fiecare etaj de vegetație are caracter de **subsistem** al pădurii, alcătuirea și funcționarea sa subordonându-se nivelului superior – biocenoza, astfel că, prin legăturile de interacțiune dintre ele, dau integralitate biocenozei, o fac să valorifice integral și eficient toate resursele biotopului pădurii.

Ecologie

Cu toată această subordonare structurală și funcțională, fiecare etaj are însușiri specifice date de cele ale componentelor, adică ale speciilor care își trimit reprezentanții în acel etaj.

Etajele supraterane (aerene) de vegetație sunt:

- arboretul (format din coroanele arborilor);
- subarboretul (format din coroanele arbuștilor);
- semințișul (format din lăstarii plantelor lemnoase tinere), motiv pentru care se mai numește și lăstăriș; denumirea de lăstăriș se dă arborilor și arbuștilor tineri proveniți prin înmulțirea vegetativă;
- covorul ierbos sau pătura erbacee sau "vie", alcătuit din masa vie a plantelor ierboase (tulpini, lăstari, frunze etc.).

La suprafața solului forestier se formează un strat de materie organică moartă, vegetală și animală, provenită din etajele aerene și dominată de frunze, numit și **litieră**.

Sub litieră, începând de la nivelul "0" – suprafața orizontului superficial al solului, până la adâncimi variabile ce pot atinge, ca limită inferioară, 10 – 15 m sub pădurile de salcâm (*Robinia pseudacacia*), se stratifică rădăcinile diferitelor specii lemnoase și ierboase, într-o ordine inversă, ca adâncime și grosime față de etajele supraterane. Adâncimea maximă a fiecărui strat subteran, ca și grosimea acestuia, este determinată mai întâi de particularitățile sistemului radicular al speciilor forestiere (adâncime, ramificare, poziție spațială), de modul de înmulțire (de proveniența plantelor din semințe sau din organe vegetative), dar și de factori edafici (tipul de sol, orizonturile și grosimea acestora, starea trofică a solului etc.), zona climatică mai mult sau mai puțin umedă, litologie și hidrogeologie (succesiunea straturilor solide, textura, duritatea, chimismul lor, poziția apei freatică) etc.

Astfel, rădăcinile diferitelor specii se plasează până la adâncimi variabile:

- într-un șleau de gorun și carpen se pot distinge:

- 2 – 7 cm – plante erbacee cu rizomi și bulbi;
- 7 – 15 cm – plante erbacee graminacee;
- 10 – 20 cm – arbuști: frasin, mojdrean etc.;
- 20 – 50 cm – carpen, jugastru, sorb etc.;
- 30 – 70 cm – tei;
- 40 – 120 cm – gorun și alte quercinee etc.

De menționat este că straturile subterane se referă la zona de dispunere a rădăcinilor active, absorbante și nu a celor scheletice, care pătrund la adâncimi cu mult mai mari, de câțiva metri sau zeci de metri.

VI.3.2.1. Etajul arboretului

a. Semnificația și rolul arboretului

În sens strict fitocenologic, prin **arboret** înțelegem **totalitatea arborilor** care participă la alcătuirea unei păduri, iar în sens structural este acel strat omogen de pădure în care sunt grupate coroanele arborilor componenți, dar și animale, microorganisme caracteristice.

Arboretul are caracterul de sistem cu caracteristici proprii, care rezidă în interacțiunile dintre arborii din arboret (indivizi, populații), interacțiune care conferă arboretului, în ansamblul său, atât o structură, cât și o funcționalitate proprie, alta decât cea a fiecărui arbore luat separat.

Pentru a răspunde acestui deziderat și a-și putea îndeplini funcțiile specifice, arboretul **se întemeiază** numai în momentul când **numărul și masa exemplarelor componente** ating niveluri (desime, dezvoltare morfologică) la care toate exemplarele se condiționează reciproc în creștere, dezvoltare, imprimându-le **forma forestieră** și

ansamblului "**starea de masiv**" și se menține ca structură și funcționalitate atât timp cât durează starea de masiv.

Prin rădărirea arborilor, în mod unilateral sau excesiv, starea de masiv se destramă și funcțiile arboretului se diminuează.

Regenerarea permanentă a arborilor permite ca, de-a lungul existenței pădurii, să se succedă noi generații de arboret, să se mențină starea de masiv, să se reconstituie mediul specific pădurii și, prin controlul și autoreglarea acestui etaj, toate celelalte etaje de vegetație să existe și să funcționeze, iar pădurea să-și păstreze integralitatea structurală și funcțională, pe fondul permanentelor transformări care au loc în interiorul său.

Se relevă, astfel, faptul că **arboretul este veriga esențială** în existența pădurii.

În același timp, el este și principalul component de care depinde **productivitatea pădurii**. Prin distribuția coroanelor în atmosfera biotopului, cât și a rădăcinilor în sol, el controlează fluxul substanței în întregul ecosistem de pădure (în proporție de cca. 90%), astfel că biomasa produsă și acumulată în arboret, precum și cea necesară consumatorilor și materia organică moartă necesară descompunătorilor este constituită, în aceeași proporție, din cea produsă de arboret.

El are o **poziție – cheie** nu numai sub aspect cantitativ, ci și calitativ, biomasa lemnoasă atingând cantumuri înalte și având cea mai mare valoare economică. Ambele (cuntumul și calitatea) depind de tipul de arboret (specia de arbori dominantă), vârstă, gradul de bonitate al biotopului (troficitate, umiditate).

Funcția mediogenă și protectoare a pădurii este determinată în cea mai mare măsură tot de arboret.

Arborii și-au adus cea mai însemnată contribuție la formarea solului pădurii, tot ei modelează regimul de lumină, căldură, apă, aer din interiorul pădurii și din afara sa, mențin caracteristicile biotopului, prin perenitatea lor, astfel că, prin compoziția și structura arboretului, **biocenoză pădurii este indicator ecologic**, dar și **factor ecologic** (biocenotic) pentru celelalte viețuitoare ale pădurii.

Totodată, din perspectiva silvotehnică, arboretul este locul celor mai numeroase intervenții umane, atât pentru exploatarea pădurii, cât și pentru dirijarea creșterii, regenerării, organizării, structurării pădurii în scopul creșterii funcțiilor sale productive și protectoare.

b. Caracteristicile arboretului

În plan orizontal, arboretul unei păduri are caracteristici distinctive, față de altele, cum ar fi: compoziția, consistența și gradul de umbră a solului, diametrul mediu al arborilor și suprafața de bază, diametrul mediu al coroanelor și suprafața proiecției lor orizontale etc.

După compoziție, arboretele pot fi: perfect pure, practic pure și amestecate.

Dat fiind că majoritatea arboretelor sunt amestecate, iar diferitele specii se distribuie spațial funcție de varietatea condițiilor ecologice, pentru aprecierea compoziției și stării arboretului, este nevoie de inventarieri dintr-un număr suficient de mare de puncte, distribuite cât mai dispers pe suprafața arboretului, astfel ca rezultatele obținute în suprafețele de probă supuse inventarierii, prelucrate statistic, să reflecte cât mai fidel situația reală.

Totodată, fiecare specie din amestec (indiferent de ponderea sa momentană) are propriul său ciclu de viață, ritmul său de creștere și dezvoltare, rata sa proprie de dispariție și regenerare, încât, în timp, are dinamica sa proprie, diferită de a celorlalte, astfel că întregul arboret suferă modificări dinamice de compoziție și structură, în mod natural.

La acestea, naturale, se adaugă și modificările diferențiate determinate de măsurile silvotehnice, atât cele pozitive, cât și cele negative.

Tipuri de arborete după compoziție

Pefect pure	Practic pure	Amestecate
Specia și ponderea ei	Speciile și ponderea lor	Speciile și ponderea lor
Molidis perfect pur 10 Mo	Molidis practic pur: 9 Mo 1 Br dis. Fa, Ca, Te	Stejăriș amestecat: 6 St + 1 Te, dis. Ul. C.
Făget perfect pur 10 Fa	Făget practic pur: 10 Fa, dis Br, Fa, La	Goruniș amestecat: 5 Go + 3 Ca + 2 Fa, dis Mo
Brădet perfect pur 10 Br	Brădet practic pur: 9 Br + 1 Mo, Fa, La	Făget amestecat cu brad: 6 Fa + 4 Br, dis Ca, Mo
Cărpiniș perfect pur 10 Ca	Cărpiniș practic pur: 9 Ca + 1 St, Go, dis Mo	

Te – tei, La – larice, St – stejar, Go – gorun, Ul. c. – ulm campestru, dis. – diseminat, foarte rare exemplare. Notele de la 1 la 10 se dau pentru fiecare 10% de participare a speciei din numărul total de arbori al unei păduri; dis – diseminat, rar.

Iată de ce, **starea arboretului** prin prisma indicatorilor de compoziție și structură trebuie să fie mereu monitorizată, atât de către silvicultorul care trebuie să-și ajusteze măsurile de îngrijire și ritmul de exploatare funcție de aceasta, pentru păstrarea unei stări optime, cât și de către specialiștii în protecția mediului.

Consistența, desimea și densitatea arboretului, exprimată prin indicii de consistență (C), de desime, de densitate și gradul de umbrire, sunt caracteristici structurale de care depinde întreaga funcționalitate a pădurii, echilibrul său, atât productiv, cât și ecologic.

Numai în pădurea virgină consistența plină se reglează prin procese interne contradictorii – de creștere – dezvoltare și eliminare naturală.

În pădurea exploatată de om sau cultivată, consistența este mereu modificată (corectată, eventual) periodic, într-un ritm adecvat sau neadecvat – prin tăieri (răriri) sau prin înlocuirea arborilor dispăruți în mod excesiv cu un subetaj arborescent sau chiar cu subarboret.

c. Etajarea, profilul și închiderea arboretului

Etajarea arboretului se referă la dispunerea coroanelor diferiților arbori în straturi diferite, mai mult sau mai puțin durabile în timp, de diferite înălțimi, în primul rând ca urmare a diferențelor de înălțime dintre specii, dar și datorită vârstei și fazei de creștere diferite a arborilor din aceeași specie.

Sub acest aspect, **arboretele** pot fi:

- **unietajate sau monoetajate** – în care toate coroanele arborilor se dispun în același etaj așa cum sunt cele echiene – pure sau practic pure, dar și cele amestecate constituite din specii cu aceleași caracteristici morfologice și ritmuri de creștere; nici acest etaj nu este foarte omogen, astfel că unii arbori își formează trunchiuri și coroane mai lungi, plasate într-un plafon superior, iar alții, mai tineri, rămân mai scurți, își plasează coroanele sub primele sau printre ele, formând plafonul inferior și fiind dominate în creștere și producție de cei din plafonul superior;

- **bietajate** – în care se disting și se prezintă altfel două etaje, primul din arbori înalți sau repede crescători și al doilea din arbori de talie joasă sau mai lent crescători. De exemplu, în pădurile amestecate de foioase primul etaj poate fi ocupat de stejar, fag, mesteacăn, tei, iar al doilea de carpen, jugastru, paltin etc.

După cum cele monoetajate pot evolua spre păduri bietajate, tot așa și cele bietajate, în timp și datorită schimbării compoziției, pot trece în monoetajate.

- **multietajate**, cu 3-4 etaje distincte de arbori, extrem de rare sau absente în pădurile temperate, dar frecvente în cele tropicale și ecuatoriale.

Numai în arboretele **pluriene** caracterizate prin prezența arborilor de toate dimensiunile și vârstele nu se mai pot distinge și separa etaje de vegetație.

Fiecare etaj al arboretului se caracterizează prin suprafața superioară de o anumită formă (**profilul arboretului**), prin forma suprafeței inferioare, ca și prin adâncime sau grosime (cuprinsă între liniile ce urmăresc cele două suprafețe ale etajului, iar în ansamblu, arboretul se caracterizează după modul cum diferite categorii de arbori participă la realizarea stării de masiv (închidere).

Toate aceste caracteristici ale arboretului au implicații în existența și productivitatea pădurii, astfel că s-a impus o **clasificare a arborilor dintr-o pădure după înălțimea și poziția coroanelor** în coronamentul pădurii, dezvoltarea acestora, forma lor și aportul la bioproductivitate, determinat de valorificarea factorului lumină și aprovizionarea cu aer proaspăt:

- clasa I – arbori **predominanți** – cei mai înalți, cu coroanele cele mai dezvoltate și înfrunzite;

- clasa a II-a – arbori **dominanți** – cu o înălțime ceva mai mică sau apropiată de a celor predominanți, dar cu coroane mai puțin dezvoltate decât primele;

- clasa a III-a – arbori **codominanți** – cu înălțime mai mică și coroane slab dezvoltate și asimetrice;

- clasa a IV-a – arbori **dominați** – de înălțime mică, cu coroane înguste, scurte, asimetrice și înghesuie, dintre care numai unii ies cu vârful coroanelor la lumină (subclasa IV a), iar alții, care deși ajung cu vârful coroanelor printre cei mai înalți, au coroanele foarte înghesuie, asimetrice și cu multe ramuri bazale uscate (subclasa IV b);

- clasa a V-a – arbori **deperisați** – pe cale de a se usca, copleșiți, care mai prezintă frunziș (V a) sau nu (V b) – sunt, deci, complet uscați.

d. Originea (proveniența), clasa de producție, calitatea și starea de vegetație a arboretului

După **origine**, arboretele pot fi:

- **virgine** – apărute generație după generație în mod natural, fără intervenții antropogene;

- **cvasivirgine** – apărute în mod spontan, dar afectate indirect de intervenții antropogene, care nu induc modificări esențiale de structura și funcționalitate;

- **cultivate** – care iau naștere în mod spontan, natural, dar evoluează sub impact uman (silvotehnic) într-o direcție structurală și funcțională diferită de cea naturală și anume aceea care să satisfacă anumite scopuri de producție sau de protecție; în consecință, ele fiind create prin măsuri silvotehnice vor evolua în sensul dorit, **numai dependent de întregul program de măsuri** care să le optimizeze structural și funcțional.

Arboretele cultivate se extind pe toată suprafața împădurită și neprotejată, unele dintre ele fiind **naturale**, provenind din regenerarea naturală urmărită și înlesnită de silvicultor, iar altele **artificiale**, întemeiate prin intervenții decisive, inclusiv plantări masive ori integrale.

Arboretele de orice tip pot avea **proveniențe** diferite, funcție de modul de înmulțire a arborilor componenți:

- din **sămânță** – când arborii s-au înmulțit natural ori artificial pe cale sexuată (fructe, semințe) în proporții majore (70 – 100%);

Ecologie

- din **lăstari** – proveniți din diferite organe vegetative (drajoni, butași, stoloni, marcote) în proporție majoră (peste 70%);

- **mixte**, când arborii provin, în proporții echilibrate, pe ambele căi de înmulțire.

Arboretele au o **vârstă**, care se apreciază după cea medie a arborilor componenți, vârstă după care ele pot fi de trei categorii:

- **echiene** – în care toți arborii au aproximativ aceeași vârstă, fie că provin dintr-o singură fructificație sau regenerare artificială din semințe (sau au vârste care nu diferă cu mai mult de 20 de ani), fie că provin din lăstari sau drajoni apăruiți după o tăiere "rasă" sau aceștia au vârste ce nu diferă cu mai mult de 5 ani;

- **pluriene** – în care arborii componenți au vârste foarte diferite, depășind diferențe de 20 de ani la cei proveniți din semințe și 5 ani la cei din lăstari sau drajoni; într-un arboret tipic pluriene se întâlnesc, pentru toate speciile, arbori de toate vârstele, de la puietii din fructificația sau lăstărirea anului curent, continuând cu cei de doi, trei etc. ani până la cei exploatabili sau aflați la limita longevității fiziologice (în pădurile virgine sau în cele exploatare fără grijă);

- **de vârste multiple**, în care arborii pot fi grupați pe vârste medii, formează șiruri de generații, fiecare generație având ca vârstă un multiplu al vârstei generației celei mai tinere; nu este o situație naturală, ci o urmare a unui mod de îngrijire a pădurii ("în crâng compus"), în care arboretul suferă intervenții sistematice, atât în exploatare, cât și în regenerarea artificială, urmărind industrializarea proceselor silvotehnice.

Vârsta medie a arboretului, fără a evolua independent de vârsta individuală a arborilor, are un caracter statistic dinamic și de aceea pentru exploatarea corectă, ca și pentru îngrijirea atentă și protecția pădurii, ea trebuie să se determine periodic în modul cel mai corect, mai ales la arboretele echiene.

Cunoașterea vârstei arboretului capătă o importanță deosebită în exploatarea pădurii, în special în recoltarea lemnului, deoarece producția totală de biomasă a arboretului se corelează pozitiv cu vârsta și gradul de bonitate al stațiunii și negative, cu numărul de arbori din aceeași specie, modificând astfel și capacitatea competițională a speciilor în pădurile mixte. Astfel, producția de lemn a diferitelor specii înregistrează mari variații (\pm), față de cea care rezultă din tabelele de producție.

Totodată, bugetul de radiații de sub masivul pădurii, temperatura aerului și a solului și regimul de lumină se schimbă considerabil cu vârsta arboretului. Modificări substanțiale înregistrează bilanțul de apă al solului, o dată cu vârsta aceluiași arboret.

Toate aceste modificări în mediul pădurii au consecințe importante în structura, stratificarea și activitatea plantelor, dar și asupra zoocenozei pădurii, care trebuie luate în considerație în toate acțiunile silvotehnice.

Clasa de producție a arboretului este determinată de specia de arbore, vârstă, înălțimea arborilor (la cele echiene), dar și de nivelul de asigurare a factorilor ecologici. Ea exprimă capacitatea de producție a unui arboret oarecare, în diferite condiții de favorabilitate ecologică (ale stațiunii) sau sinecologică (echienă sau pluriene).

Fiecare specie de arbori, în diferite condiții, poate realiza o înălțime medie la un anumit diametru al trunchiului în arboretele echiene, față de cea realizată la același diametru de referință, în arboretele pluriene, iar în funcție de acești parametri realizează și o anumită producție medie de masă lemnoasă. De aceea, în determinarea producției se folosesc tabelele întocmite pe specii, vârste și înălțimi ale arborilor și clase de producție.

În clasa I sunt trecute producțiile ce se pot realiza în cele mai favorabile condiții staționale (optime, sub toate aspectele), iar în clasa a V-a (ultima) arboretele cu condițiile de creștere cele mai slabe (aproape improprie) (exemplu, în *tabelul 6.5*, la molid).

Valori biometrice, la molid, pe clase de favorabilitate și producție

Clasa de favorabilitate a condițiilor și de producție	Diametrul mediu al arboretului (cm)	Înălțimea medie a arboretului (m)
foarte bună I condiții optime	40,4	36,9
II	34,3	31,8
III	29,4	26,9
IV	25,3	21,9
foarte slabă V condiții slabe	21,5	17,0

Diferențele biometrice dintre specii fac ca, în condiții mai slabe ecologic, producția absolută a unei specii să fie mai mare decât cea a altei specii dintr-o clasă superioară de producție și de favorabilitate a condițiilor.

Calitatea arboretului se apreciază după lungimea medie și diametrul mediu al arborilor componenți, funcție de care ponderea de utilizare a masei lemnoase (lemnului de lucru) din înălțimea totală a arborilor, ca și cel al lemnului de lucru față de alte întrebuintări (combustibil), este diferită, atât la cele două grupe mari de arboret (rășinos și foios), cât și pe clase de calitate, diferențiate prin înălțimea totală a arborilor (*tabelul 6.6*).

Gruparea arborilor pe clase de calitate, după proporția lemnului de lucru și indicii de utilizare

Grupa de specii	Clasa de calitate (sortimentul)	Proporția lemnului de lucru (% din înălțimea arborilor)	Ponderea modului de utilizare a lemnului (% din total)		Coeficientul de echivalență (indicele de utilizare a lemnului de lucru)
			de lucru	de foc	
Rășinoase	I	> 60	98	2	1,0
	II	40-60	83	17	0,85
	III	10-40	62	38	0,63
	IV	< 10	15	85	0,15
Foioase	I	> 50	83	17	1,0
	II	25-50	64	36	0,77
	III	10-25	41	59	0,48
	IV	< 10	15	85	0,18

Cele patru clase de calitate se stabilesc prin observații directe și măsurători, fără tăierea arborilor și în interes practic se stabilește proporția arborilor din cele 4 sau, respectiv, 8 sortimente (în cazul pădurilor mixte de rășinoase și foioase).

Starea generală a pădurii poate fi apreciată și prin **starea de vegetație** a arboretului. Ea se referă la vigoarea și ritmul de creștere și de activitate a arborilor, la rezistența lor la diferiți factori adversi (naturali sau antropici), exprimată prin conformația exterioară a arborilor, prezența diferitelor defecte și malformații și simptome caracteristice ale diferitelor suferințe.

Astfel, arboretele pot avea o stare de vegetație **luxuriantă, foarte activă, activă**, dar și una **lâncedă** – cu creșteri reduse, activitate slabă, cu frecvente defecte de conformație a trunchiului, coroanelor și cu semne de suferință pe ramuri (uscări masive și premature), pe frunze (colorit, forme și marimi nespecifice) etc. – expresii ale condițiilor

Ecologie

grele, neprielnice de creștere, ale poluării chimice și radioactive a solului pădurii sau ale unei exploatare și îngrijiri neraționale, ale dezechilibrelor din cadrul faunei pădurii etc.

VI.3.2.2. Subarboretul

Este etajul care integrează toți arbuștii dintr-o pădure. El îndeplinește funcții importante, în special în ameliorarea și protecția solului, în instalarea stării inițiale de masiv a pădurii, în viața animalelor pădurii (adăpost, hrană, ascunzișuri) și, mai ales, a vânatului (păsări, mamifere).

Se caracterizează prin:

- **compoziție** – lista speciilor de arbuști, înscrise cu simboluri asemănătoare cu cele ale arborilor și în ordinea descrescătoare a ponderii de participare (apreciată vizual);
- **modul de răspândire** – exprimat prin distribuția mai mult sau mai puțin omogenă în teritoriu, grupată sau izolată a arbuștilor;
- **suprafața ocupată** – în procente față de cea ocupată de arboret sau față de suprafața totală.

Fiecare pădure are un subarboret propriu, a cărui compoziție, structură și răspândire, pondere teritorială depinde în cea mai mare măsură de trăsăturile arboretului.

Preponderența teritorială a lui, ca și bogăția exagerată de specii, starea de vegetație luxuriantă influențează negativ producția de masă lemnoasă a arborilor, condițiile ecologice și biotice ale regenerării arboretului.

VI.3.2.3. Semințișul

Cuprinde toți puietii speciilor din arboret și subarboret din care aceștia se vor regenera de la o generație la alta și se vor reînnoi sub aspect structural.

El nu are o poziție stabilă nici pe verticală, nici pe orizontală, ci funcții distincte, determinate de etapa evolutivă și starea pădurii.

La trecerea pădurii de la o generație la alta, are funcții cheie, de compoziția, structura, vigoarea sa depinzând toate trăsăturile noului arboret. De aceea, în această etapă, în silvicultură, i se acordă o atenție deosebită.

În mod natural, după ce arboretul a devenit matur, fructificând, după fiecare fructificare se instalează, potențial, un nou semințiș.

În funcție de specia de arbori și condițiile ecologice, dar și de factori silvotehnici, semințișul poate fi:

- **provizoriu – trecător** – care, deși apare după fructificația arborilor, nu se instalează, ci dispare din cauza condițiilor nefavorabile (climatică, edafică, allelopatice, condiționale etc.);
- **preexistent – quasipermanent** – care persistă în timp și poate constitui un nou arboret; acesta poate fi valoros - alcătuit din puietii ai speciilor de valoare pentru pădure, dar și cu valoare economică, sănătoși, viguroși, normal dezvoltati – atingând înălțimi de 30 – 40 cm la rășinoase și 40 – 60 cm la foioase și nevătămați de boli, dăunători, ori prin lucrările de exploatare a arboretului matur. În cazul acesta, el este **utilizabil**, putând fi folosit și pentru plantări în golurile aceleiași păduri sau în altele; o mare parte din el este **neutilizabil** și nu persistă în timp îndelungat, plasându-se în etajul subarboretului.

VI.3.2.4. Pătura erbacee

Este etajul cu talia cea mai joasă, cuprinzând toate speciile ierboase, ca și pe cele semiierboase, subarbustive, mușchii și lichenii dintr-o pădure.

Pătura erbacee (vie) a pădurilor se deosebește prin speciile componente, tipul de plante ierboase (după durata vieții, forma de creștere, adaptările la condițiile staționale), vigoarea lor, răspândire și suprafața ocupată (ca pondere din suprafața totală a pădurii).

Deosebirile se datoresc în primul rând solului (troficității, reacției, regimului hidric) pentru care ea este un indicator fidel, dar și diferențelor între pădurile de pe același sol, privind compoziția, structura, starea etajelor superioare și în special a arboretului și subarboretului care modelează clima pădurii (lumina, căldura, viteza vântului și calitatea aerului etc.).

Fauna pădurii depinde de compoziția și structura păturii erbacee, dar, la rândul său, influențează prin structura speciilor, tipul lor de hrană, prin numărul indivizilor, situația și răspândirea, vigoarea păturii erbacee.

Silvotehnica, deși nu vizează direct pătura erbacee, poate s-o modifice și s-o dezechilibreze substanțial.

VI.3.2.5. Microflora pădurii

În alcătuirea fitocenozii forestiere, o poziție aparte o ocupă microorganismele vegetale care se găsesc atât în atmosfera pădurii (libere sau fixate saprofit ori parazit pe plante sau pe animalele din pădure), dar mai ales în litiera și în solul pădurii.

Astfel că, în alcătuirea microflorei, intră într-o compoziție și concentrație variabilă diferite specii de bacterii, actinomicete, alge, ciuperci, funcție de poziția geografică, sol, climă, compoziția și structura biocenozii de nivel macro, dar și de amploarea și natura intervențiilor silvotehnice.

Cea mai mare concentrație de microfloră (ca număr de indivizi pe unitatea de suprafață – cm²) se găsește în litiera și solul pădurii (până la 10¹² – 10¹⁵), având, însă, o biomasă foarte redusă (câteva zeci de g/m²) și funcții foarte intense în descompunerea substanței organice moarte, formarea și mineralizarea humusului (tabelul 6.7).

Tabelul nr. 6.7

Structura și concentrația microflorei din litiera unor arborete
(la 1 g substanță uscată de litieră)

Tipul de arboret	Număr total de exemplare (mii)	din care:			
		Bacterii nesporigene	Bacterii sporigene	Actinomicete	Ciuperci microscopice
Stejăret	84.388	77.200	258	6150	780
Mestecăniș	240.764	236.200	104	2200	2260
Molidiș	44.414	35.680	136	6500	498
Pinet	35.351	30.170	529	3900	752
Laricet	185.944	175.600	1352	7800	1192

Microorganismele vegetale din solul pădurii au poziții spațiale și specializări trofice foarte diverse. Astfel, în afară de cele descompunătoare și chimiotrofe, cu roluri mai sus menționate, multe dintre ele sunt localizate funcție de plantele arborescente, în jurul rădăcinilor (peritrofe), pe rădăcinile acestora (ectotrofe), formând **micorize** (inclusiv **endotrofe**), în special ciuperci, dar nu numai, iar altele trăind în **simbioză** cu plantele lemnoase (actinomicete, ciuperci, bacterii), formând nodozități pe rădăcinile lor (anini, leguminoase – salcâm alb, salcâm galben etc., sălcioară, cătină).

Pe **coaja arborilor** se plasează **mușchi, licheni și alge corticole care fac fotosintează**, ca și plantele superioare din fitocenoză a pădurii.

Toate componentele microflorei pădurii îndeplinesc un rol complex și extrem de important în funcționalitatea, echilibrul, stabilitatea și productivitatea ei.

Ele constituie acea fabrică nevăzută care reciclează substanța proprie pădurii și intensifică fluxul de migrație și transformare a ei în noi cantități de biomasă, atât vegetală, cât și animală.

Din nefericire, nimeni nu se ocupă, în domeniul silviculturii, de această structură a pădurii, iar procesele antropice de tasare a solului pădurii, de poluare chimică, acționează drastic în sensul reducerii diversității de specii și a celei numerice, cu grave efecte asupra pădurii și funcțiilor sale.

VI.4. Interacțiuni ecologice în pădure

Din perspectivă ecologică, organismele vii se constituie în populații care interacționează între ele, condiționându-și reciproc existența, starea și funcționalitatea, dar se află în aceleași relații complexe de interacțiune și cu mediul abiogen din spațiul ocupat de comunitatea de viață (biocenoză).

Totodată, silvosistemul astfel format – pădurea în ansamblul său influențează și este influențat de alte ecosisteme limitrofe, integrându-se într-un nivel superior – **biomii silvici** (păduri întinse de diferite tipuri, acoperind un peisaj). Peste aceste interacțiuni complexe în care este angrenată pădurea se suprapun cele cu mediul social – uman, constituit preponderent din acțiunile silvotehnice, dar și din alți factori antropici, care provin din desfășurarea altor acțiuni umane și se redistribuie deasupra pădurii, condiționându-i existența, starea, funcționalitatea.

Silvoecologia, ocupându-se cu studiul relațiilor reciproce dintre factorii ecologici (abiogeni și biogeni) și componentele vii din biocenoză forestieră, are două trepte ale analizei sale:

- **autosilvoecologia** – care relevă interacțiunile la nivel individual și al speciei cu factorii ecologici (abiogeni și biogeni);
- **sinsilvoecologia** – care studiază relațiile dintre biocenoză forestieră și mediul de viață specific pădurii, ca rezultat a interacțiunii factorilor abiogeni și lumea vie din pădure (fitocenoză forestieră, zoocenoză forestieră).

Mediul specific pădurii, rezultând din interacțiunile complexe între organismele vii ca factori biocenotici și biochimici și mediul abiogen sau stațiunea forestieră (biotopul – habitatul), care include mediul cosmic, geografic, orografic, edafic, hidrologic, geochimic), are caracterul unei **rezultante ecologice** globale – care configurează ambianța **conjuncturală** (edafică, climatică etc.) specifică pădurii la un moment dat.

Mediul silvic astfel rezultat are un caracter conjunctural, deoarece mulți factori ecologici variază sub aspectul concentrației lor **aleatoriu** și, pe fondul interacțiunii complexe dintre ei, schimbarea concentrației unuia singur atrage după sine schimbarea tuturor și a rezultantei – mediul pădurii.

Într-o etapă inițială de existență a pădurii (practic înaintea instalării stării de masiv), aliura mediului este dominată de mediile abiogene – litologia, orografia, solul, clima locului sau biotopului, însă, după încheierea pădurii și stabilizarea biocenozei sale, configurația mediului său este determinată preponderent de factorii biocenotici și biochimici.

Este, astfel, lesne de dedus că factorii antropogeni – care acționează direct asupra pădurii (măsurile silvotehnice, vânătoarea sportivă și braconajul, pășunatul animalelor domestice), cât și indirect (poluanții chimici proveniți din agricultură, industrie, transporturi, izotopii radioactivi și energiile lor) pot perturba puternic mediul pădurii, datorită interacțiunilor complexe, atât cu lumea vie, cât și cu mediile anorganice.

În concluzie, compoziția, structura și funcțiile pădurii la un moment dat sunt condiționate de schimbările conjuncturii de mediu în decursul timpului, dar mediul său intern, funcția sa protectoare sunt determinate tocmai de structura și starea pădurii în fiecare etapă a evoluției sale.

Schimburile permanente de substanță, energie și informație dintre componentele vii și dintre acestea și mediul abiogen, care au avut intensități și direcții extrem de diferite în decursul îndelungatei existențe a pădurii, au permis instalarea unui **echilibru biocenotic** (raporturi numerice echilibrate între populații), ca și a unui **echilibru ecologic** (între acestea și mediul lor înconjurător).

Echilibrul este doar **aparent**, rezultând din armonizarea a numeroase antagonisme și este **fluctuant** – curgător, în fiecare moment fiind întrerupt de variații ale factorilor ecologici abiogeni, iar la intervale scurte, de variații populaționale (unii indivizi din diferite specii mor, alții se nasc, unii funcționează mai intens, alții mai lent etc.).

Într-o pădure complex și diversificat alcătuită și structurată aceste fluctuații nu afectează integralitatea și aparenta stabilitate, echilibrul întrerupt aproape continuu fiind rapid restabilit, nu la parametri săi dinainte, ci la alt nivel, de cele mai multe ori superior, datorită circuitelor feed-back, nenumărate și funcționale care determină reglajul și autoreglajul complex și de finețe al funcțiilor și al structurilor tuturor organismelor din biocenoza pădurii, precum și a unui feed-back generalizat, rezultantă a tuturor feed-backurilor biocenozei, care, ajungând în biotop (solul, climatul pădurii), produce reglajul, refacerea acestuia și reinstaurarea unei noi stări de echilibru sinecologic al pădurii.

În relațiile dintre viețuitoarele pădurii (specii de plante și animale) reprezentate de populații cu un efectiv variabil, cu o structură a generațiilor și de vârstă care se modifică în timp și factorii mediului lor extern (abiogen și biogen), fiecare factor ecologic are o acțiune specifică, chiar atunci când are aceeași concentrație (tărie).

Această acțiune specifică a unuia și aceluiași factor se manifestă în raport cu specia, individul, faza sa ontogenetică și vârsta, în conformitate cu legile ecologice: legea toleranței, a minimumului, a interacțiunii, relativității, studiate la Ecologie.

Așa stând lucrurile, evident că într-o populație de plante sau animale din pădure, cu cât efectivul său este mai numeros, dar și mai diversificat biologic și ecologic, cu atât efectul unui factor abiogen, aflat spre extremele zonei de toleranță a speciei va fi unul ponderat negativ, rezultat ca o medie a reacției individuale, atât de diferită, a indivizilor. Populația, specia căreia îi este subordonată va dăinui, chiar dacă va pierde din indivizii săi mai sensibili la extremele ecologice. Se explică, astfel, stabilitatea modelului structural al pădurii și a celui funcțional, pe fondul unor frecvente modificări de structură (numerice) și funcționalitate (mai intensă sau mai puțin intensă).

Totodată, în condiții ecologice optime pentru o specie, aceasta nu are evoluții copleșitoare (numerice, funcționale), în raport cu celelalte, devenind exclusivă, tocmai pentru că, din marea varietate de indivizi ai populației, vor fi întotdeauna unii, aflați la diferite vârste ori stări, pentru care factorul, optimal în general, să fie minimal sau maximal și vigoarea sau existența acestor indivizi să fie puse în pericol.

Sunt unii factori ecologici care s-ar putea comporta eliminătoriu pentru majoritatea speciilor din pădure, în conformitate cu Legea minimumului, dar aceștia sunt puțini și valorile lor minime sunt extrem de rar realizate, mai ales în pădure.

Unii dintre ei, cum ar fi lumina – durata și intensitatea sa, la valori minime, pot avea urmări complexe. La întuneric prelungit și lumină extrem de slabă, activitatea fotosintetică nu este posibilă, astfel că întreaga viață în pădure este periclitată.

La fel, coborârea umidității solului sub valoarea coeficientului său de ofilire (concentrația minimă a umidității accesibile plantelor) determină uscarea tuturor plantelor din pădure, chiar dacă toți ceilalți factori (lumină, căldură și troficitatea solului) ar fi asigurați la nivel optim.

Ecologie

În conformitate cu Legea toleranței, limitativ pot acționa toți factorii ecologici nu numai când au valori minime, dar și la concentrații excesive (peste limita superioară a zonei de toleranță): temperaturi prea ridicate, concentrații foarte înalte de săruri, de gaze toxice, de poluanți chimici, de izotopi radioactivi etc.

Există un nivel optimal al concentrației tuturor factorilor ecologici la care orice specie atinge maxima sa diversificare și dezvoltare, nivel care nu se realizează de obicei, coincidența concentrației optime a tuturor factorilor ecologici având o probabilitate mică.

Dar, este posibil ca optimul ecologic global (climatic, geochimic, sinecologic) să se realizeze ca valoare medie și atunci când majoritatea factorilor au concentrații apropiate de cele optime, în conformitate cu Legea relativității factorilor ecologici, după care valorile minimale, optimale sau maxime ale zonei de toleranță nu sunt punctuale, ci relative (oscilând, la rândul lor, între limite, desigur, restrânse), tocmai datorită interacțiunii dintre factorii ecologici.

Toate aceste legi ecologice sunt valabile pentru raporturile dintre populațiile de plante, dintre acestea și animale, dintre toate viețuitoarele și factorii mediului abiogen.

În existența pădurii, în evoluția sa, relațiile dintre factorii abiogeni și vegetație sunt decisive, în consecință, cunoașterea lor, a aspectelor generale și particulare prezintă o importanță cu totul specială, atât pentru execuția corectă a măsurilor silvotehnice, cât și pentru proiectarea unei noi păduri ori pentru reconstrucția ecologică a celor distruse.

Existența diferitelor specii de plante, efectivele lor, gradul de dezvoltare individuală, structura populațiilor de plante depind de ansamblul factorilor abiogeni și nu de concentrația și acțiunea fiecăruia dintre ei, ca și de regimul lor de variație în decursul timpului, și anume de succesiunea conjuncturilor ecologice staționale – pe perioade lungi de timp, anual, sezonier, lunar.

Pe de altă parte, fenologia, tipologia și fenomenologia vegetației pădurii sunt expresii ale adaptării plantelor nu la variațiile fiecărui factor ecologic, ci la aceste conjuncturi ecologice care s-au succedat în timp.

Astfel că, atunci când se analizează o stațiune în scopuri silvotehnice, ea trebuie descrisă sub aspectul tuturor factorilor ecologici și al interacțiunii dintre ei, cu întregul lor regim de variație (în trecut, astăzi, previzibil).

Totodată, se analizează vegetația și dacă se constată o anumită stare de degradare (mai mult sau mai puțin avansată), atunci nu trebuie căutată o **cauză** stațională, ci **un ansamblu de cauze** care au dus, prin interacțiune, la acest rezultat și mai rar factorul minimal care a determinat prăbușirea, excluderea unei specii sau a mai multor specii, chiar și atunci când ceilalți factori au fost dacă nu optimi, măcar tolerabili.

Vegetația forestieră are o înaltă capacitate de a se opune variațiilor aleatorii ale factorilor ecologici, chiar și atunci când acestea depășesc limitele zonei lor de toleranță, dacă aceste variații se repetă des în existența pădurii, de fiecare dată având intensități, sensuri și durate asemănătoare.

La toate acestea au loc schimbări, mai ales funcționale – calitative, care nu sunt altceva decât expresia adaptărilor ritmului lor biologic la aceste variații.

Când, însă, variațiile sunt bruște, neredundante, foarte înalte (cu mari amplitudini de variabilitate), de scurtă durată, ele nu permit modificări funcționale, ci cantitative – numerice, gravimetrice, care sunt vătămări, perturbări structurale, ca expresie a depășirii limitelor de reglare și autoreglare funcțională.

Pe de altă parte, mediul abiogen, propriu stațiunii cu o anumită poziție geografică, altitudine, relief, sol etc., este puternic modificat de vegetația pădurii, de structura sa, de natura și dezvoltarea arboretului, dar și de celelalte etaje în care, în mod esențial, este modificată clima.

În consecință, putem vorbi, luând pe rând factorii ecologici, de o influență specifică a acestora asupra plantelor, animalelor, vieții pădurii, dar și de o influență a vieții pădurii, animalelor, plantelor asupra factorilor ecologici abiogeni.

VI.4.1. Interacțiunea climă x viața pădurii

Prin **climă** se înțelege ambianța rezultată din interacțiunea căldurii, luminii, umidității, compoziției și mișcării aerului atmosferic (vântul).

În pădure, toți acești factori sunt interceptați de vegetație, în primul rând, modelați, modificați de ea într-un mod cu totul special, comparativ cu terenul descoperit, dar și cu alte tipuri de vegetație (pajiști, de exemplu), rezultând un climat aparte – **fitoclimatul forestier**, diferențiat ca un microclimat față de cel de deasupra sau din jurul pădurii. Acesta, la rândul său, modifică climatul edafic și influențează viața, nu numai a plantelor însele, ci și a animalelor. Fiecare factor climatic nu influențează separat indivizii și populațiile pădurii, ci numai în interacțiune concomitentă cu toți ceilalți.

VI.4.1.1. Energia radiantă (lumina și căldura)

Energia radiantă solară, compusă din radiații luminoase și calorice, emisă ca o constantă ($1,98 \text{ cal/cm}^2/\text{min}$) este reținută în proporție de cca. 53% de atmosfera pământului, prin reradiere și reținere, numai 47% putând ajunge practic la sol, când acesta este descoperit sau la suprafața coronamentului pădurii. Partea superioară a coronamentului pădurii se comportă ca un ecran în calea radiației cosmice, în general și a celei solare, în special.

Astfel, ea reflectă în atmosferă cca. 20 – 25% din această radiație (**albedoul**), absoarbe 35 – 70% din ea și numai 5 – 40% pătrunde în interiorul pădurii. La solul pădurii ajung doar $0,01 \text{ cal/cm}^2/\text{min}$ din întreaga constantă solară, în timp ce pe solul descoperit intensitatea radiației solare atinge $1,5 \text{ cal/cm}^2/\text{min}$.

Intensitatea radiației solare este neuniform distribuită în spațiu și în timp, datorită formei și mișcării plantei, în funcție de: latitudine, longitudine (poziție geografică), altitudine, orografia locală (relief), căpătând un caracter zonal și regional, cu valori care dau macroclima unor teritorii mai vaste (zone geografice, regiuni geografice etc.). La nivel local, forma versanților, mărimea pantelor și orientarea lor, umbrirea sunt factori determinanți ai gradului de insolație (*fig. 6.24*).

Din ansamblul radiațiilor solare, cu diferite lungimi de undă, cele cuprinse între $0,38 \mu\text{m}$ și $0,73 \mu\text{m}$ – formează spectrul vizibil sau **lumina solară**, iar cele cu lungimea de undă mai mare de $0,73 \mu\text{m}$ până la $3000 \mu\text{m}$ (infraroșii) formează spectrul caloric sau **căldura solară**.

Radiațiile ultraviolete au o pondere mai redusă în lumina terestră, ele fiind reținute în stratul cu ozon, iar cele infraroșii, cu putere calorică foarte mare sunt reținute parțial de vaporii de apă din atmosfera terestră, ca și de dioxidul de carbon, astfel că întregul spectru de radiații solare de la nivelul solului și vegetației sale acoperitoare este ponderat de caracteristicile și starea atmosferei într-o direcție propice vieții, cu toate formele sale de manifestare. Nebulozitatea (gradul de acoperire a cerului cu nori, tipul de nori și poziția plafonului acestora în înălțime determină intensitatea luminii la diferite latitudini (*tabelul 6.8*).

Ecologie

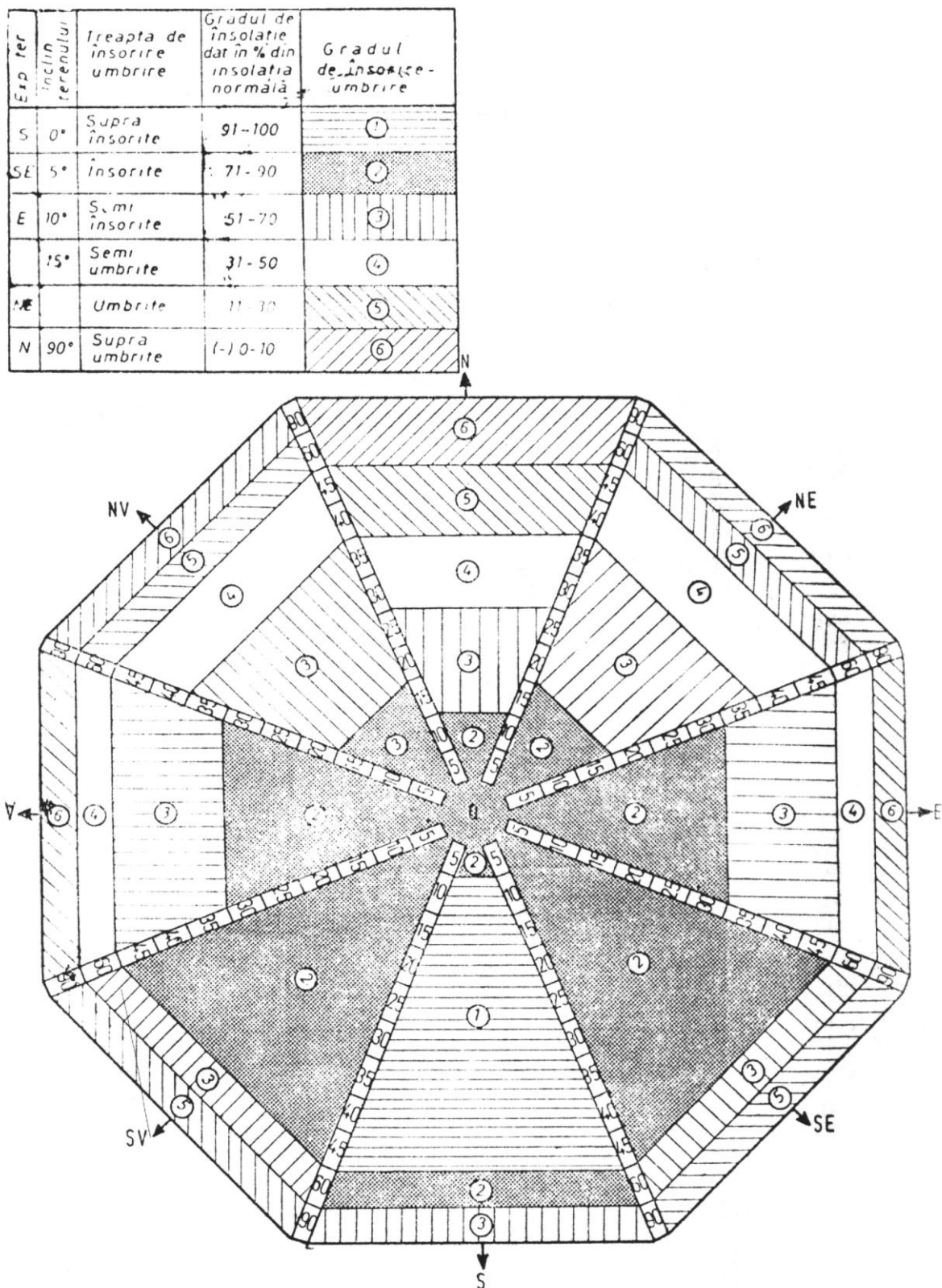


Fig. 6.24. Gradul mediu de insolație în perioada de vegetație pentru latitudinea medie a țării, în funcție de expoziție și înclinarea terenului (după *Stanciu*, 1973)

Iluminarea diurnă medie (în mii lucși) la nivelul suprafeței orizontale
a latitudini de 40-50° în condiții diferite de acoperire a cerului
(după *Barteneva ș.a., 1971, din Alekseev, 1975*)

Starea cerului		Latitudini			
		40°	45°	50°	
Fără nori	soare	58	67	76	
	umbră	12	13	14	
Nori cirus	soare	cer ¼ acop.	58	68	77
	curat	cer ¾ acop.	64	73	83
	soare	cer ¼ acop.	35	41	46
	în nor	cer ¾ acop.	40	46	52
Nori cumulus înalți	soare	cer ¼ acop.	62	74	84
	curat	cer ¾ acop.	73	83	92
	soare	cer ¼ acop.	16	20	22
	în nor	cer ¾ acop.	27	29	30
Nori cumulus de ploaie	soare	cer ¼ acop.	64	74	84
	curat	cer ¾ acop.	67	77	86
	soare	cer ¼ acop.	18	20	24
	în nor	cer ¾ acop.	21	23	24
Total înnorat: nori stratus			12	14	15

Înțelegem, astfel, ce importanță are pentru viață, în general și pentru pădure, în special, starea atmosferei, nu numai în mod direct, prin funcțiile ecologice ale gazelor sale (O₂, CO₂, N₂ etc.), dar și indirect, prin capacitatea sa de a modifica regimul celor mai importanți factori climatici – lumina și căldura.

VI.4.1.2. Lumina și pădurea

a. Bugetul și regimul de lumină al pădurii

Energia fotonilor din fluxul vizibil (luminos), captată de clorofilă și cloroplast și introdusă în fluxul energetic global al oricărei plante verzi, împreună cu energia geochimică a atomilor și moleculelor absorbite de aceeași plantă, reprezintă motorul care pune în acțiune întreaga energie geochimică și declanșează atât reacții de degradare (fotoliza apei), cât și de sinteză, regrupare moleculară, în direcția creșterii complexității, toate acestea la un loc cunoscute sub denumirea de **fotosinteză**. Prin fotosinteză, întreaga energie luminoasă este adusă la același numitor cu cea geochimică – și sub această formă (de energie chimică) este apoi vehiculată pe fluxul substanței din corpul fiecărei plante, pe calea lanțurilor trofice, în corpul tuturor animalelor, contribuind la toate transformările substanțelor dintr-un ecosistem și din întreaga biosferă. Toate transformările au avut și au ca rezultat marea diversitate de substanțe organice vii și de produse vegetale și animale și o mare diversitate de forme de energie (energia metabolică, de deplasare, de locomoție, nervoasă), precum și de ritmuri de activitate (de viață), de producție. Toate sunt condiționate de ritmul de furnizare a energiei solare, în special luminoase, mult mai pregnant și direct în lumea plantelor și mai puțin

Ecologie

pregnant și indirect în lumea animală, care a reușit să-și capete o oarecare independență față de ritmurile cosmice, prin perfecționarea sistemului respirator.

În consecință, compoziția, structura, dar mai ales starea și funcționalitatea pădurii, viața pădurii sunt condiționate pregnant de distribuția luminii și de efectele ei, sub aspectul **duratei de iluminare, intensității luminii și al calității** (redată de ponderea diferitelor tipuri de radiații din spectrul vizibil).

b. Efectul pădurii asupra luminii

Valorile acestor parametri ai luminii într-o pădure, ca și efectul lor asupra vegetației forestiere, depind, însă, într-o mare măsură tocmai de natura acestei vegetații.

Astfel, numai **durata de iluminare** este caracteristică stațiunii, funcție de poziția sa geografică, în timp ce intensitatea luminii, compoziția sa spectrală sunt modelate mai întâi de condițiile stațiunii (biotopului) prin poziție geografică, orografie, starea atmosferei înconjurătoare (grad de nebulozitate, încărcare cu pulberi, cu vapori de apă, cu gaze rezultate din arderi, ceață, smog etc.) și apoi de însăși **vegetația forestieră**, mai ales prin caracteristicile **arboretului** și ale suprafeței exterioare a coronamentului său.

Bugetul de lumină din interiorul pădurii este diminuat, față de cel ajuns la partea superioară a coronamentului, cu valoarea **albedoului** (% din radiația luminoasă ajunsă, care este reflectată în atmosferă). Valorile medii ale albedoului luminos sunt de 20-25%, dar limitele sale de variație sunt cu mult mai mari, funcție de caracteristicile arboretului, de masivitatea și desimea sa, de modul de închidere și de forma profilului, de caracteristicile frunzelor coroanei, mărimea, poziția, culoarea, starea suprafeței lor (netedă, lucioasă – reflectorizantă sau aspră, rugoasă, plumoasă, absorbantă) etc.

Pădurea își influențează nu numai propriul buget de lumină, dar, **prin umbra sa** care se întinde, în diferite direcții în cursul zilei, pe o distanță mai mare decât înălțimea medie a arboretului său, temperează și modelează bugetul și regimul de lumină și căldură al perimetrelor din jur ocupate de alte ecosisteme (pajiști, poieni, ecosisteme agricole) sau terenuri descoperite.

Din spectrul vizibil, radiațiile de diferite lungimi de undă și culori sunt reflectate (în albedou) sau recepționate (incluse în bugetul pădurii) în mod diferit la partea superioară a coronamentului, funcție de aceleași caracteristici.

Astfel, radiația verde este reflectată, în proporție de 10 – 20% de către frunziș (funcție de numărul, poziția, culoarea, morfologia și anatomia frunzelor), cea albastră și roșie până la 30%, cea ultravioletă până la 98% etc. (*tabelul 6.9*).

Tabelul nr. 6.9

Structura calitativă a radiației sub masivul unei păduri de stejar
(după *Sukaciov și Dîlis, 1964*)

Faza fenologică	Lungimea de undă, în μ						
	0.730	0.615	0.580	0.530	0.463	0.420	0.330
	roșu	port.	galb.	verde	albas.	violet	ultrav.
% din cantitatea de radiație în teren deschis							
Înainte de înmugurire – 18.III	63	57	53	49	48	47	45
În timpul înmuguririi – 15.IV	61	44	39	38	37	38	32
În timpul înfrunzirii – 10.V	21	7	7	6	6	6	5
După înfrunzire – 4-25.VI	15	5	5	4	3	3	3

Calitatea luminii din interiorul pădurii, ca și din afara sa (deasupra coronamentului) diferă de la un arboret la altul.

Întregul buget, ca și regimul de radiații luminoase din interiorul pădurii, randamentul bioenergetic al utilizării celei incidente, al celei pătrunse în bugetul propriu după scăderea albedoului, depind de caracteristicile suprafeței coronamentului arboretului și întreaga sa alcătuire. Intensitatea luminii scade în zona de influență a arboretului față de cea din terenul deschis (fig. 6.25).

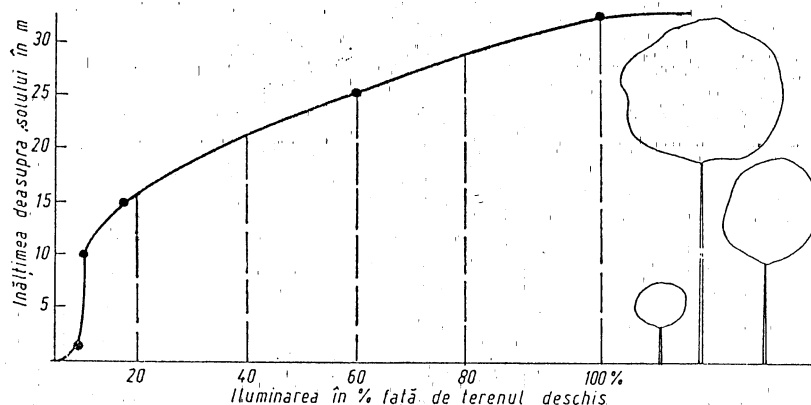


Fig. 6.25. Scăderea intensității luminii într-o biocenoză cu stejar (după Sukaciov și Dîlis, 1964)

Bugetul, regimul și eficiența luminii din toate etajele de vegetație sunt determinate de arboret și caracteristicile sale (starea, structura, vârsta) variabile la diferite păduri, dar și la aceeași pădure, în funcție de vârstă, sezon (anotimp), în adâncimea biocenozei (fig. 6.26). Gradul de acoperire a cerului cu nori și consistența arboretului pot avea efecte considerabile asupra acestui parametru.

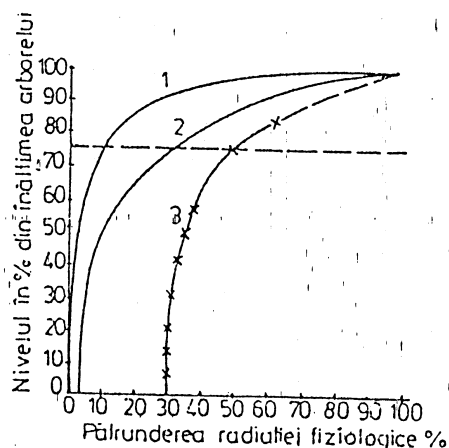


Fig. 6.26. Repartiția radiației în pădure:
 1-arboret de fag, 120-150 ani, pe pante sud-estice și pe timp senin;
 2-aceiași arboret pe cer acoperit;
 3-arboret de nuc negru, 80 ani, cl. a III-a de producție, consist. 0,7;
 linia punctată – linia inferioară a coronamentului (după Trapp)

În afară de albedou, care diminuează bugetul de lumină al pădurii direct proporțional cu mărimea sa, arboretul influențează regimul de lumină al etajelor inferioare de vegetație, prin absorbția și reținerea de către el însuși, în medie, a 35 – 70% din lumina incidentă, iar în unele cazuri până la 98% din **lumina plină** (rămasă după scăderea albedoului), care constituie sursa unică de alimentare a întregului buget luminos al pădurii). Procentul maxim de 98% se înregistrează în cazul unei păduri dese de brad, fag sau molid, la vârsta creșterilor curente maxime, împiedicând, astfel, instalarea oricărui alt etaj de vegetație sub arboret. Se diminuează, proporțional cu lumina plină, inclusiv seminișul arboretului.

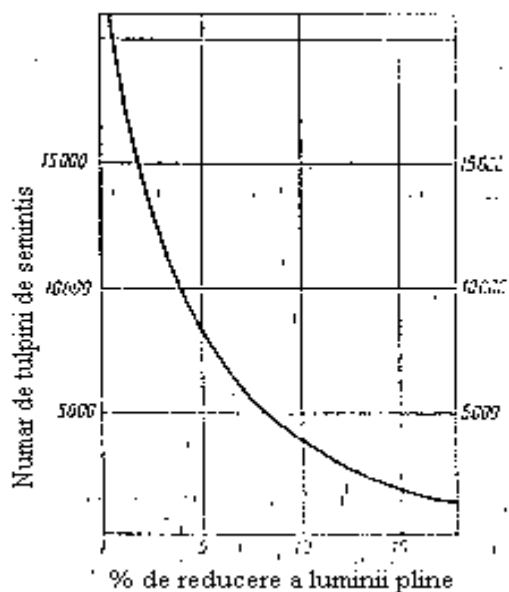


Fig. 6.27. Reducerea naturală a numărului de exemplare, în semințisuri de fag (funcție de desimea arborilor și lumina plină)

Lumina absorbită de arboret nu este totdeauna aceeași, chiar la aceeași pădure, astfel că regimul de lumină în celelalte etaje este fluctuant, funcție de vârsta, starea arboretului, compoziția și structura sa și anotimp.

Înainte stării de masiv, la maturitate sau **oricând desimea arboretului se reduce** din motive naturale (calamități) sau silvotehnice, etajele inferioare dispun de mai multă lumină și proliferază.

În timpul stării de masiv sau în pădurea corect exploatată, **etajele inferioare primesc mai puțină lumină** și arboretul prosperă, utilizând mai bine troficitatea solului, fără a putea elimina celelalte etaje de vegetație deja instalate, ci doar obligându-le să se redimensioneze structural și să se ajusteze funcțional – **să se limiteze**, funcție de cantitatea de lumină care ajunge la ele.

Cantitatea de lumină pe care o primesc celelalte etaje depinde nu numai de cea directă, lăsată de arboret să pătrundă, dar și de cea difuză (50-75%) care, fie că a trecut prin frunze (prin refracție), fie că este reflectată de pe frunzele interioare ale coronamentului arboretului, nu spre atmosferă, deasupra coronamentului, ci spre sol sau etajele inferioare sau de frunzele plasate mai jos, în același etaj, la limita de jos a coronamentului.

Evident, intensitatea luminii în interiorul pădurii scade gradat sau brusc de la etajele superioare spre cele inferioare, în orice pădure, mai mult sau mai puțin, funcție de natura arborilor.

De exemplu, într-o pădure de stejar, cu albedou mai redus, cu coroane mai late, cu frunze de forme neregulate, având o dispoziție mai neuniformă, cantitatea de lumină absorbită va fi mai mică și, deci, bugetul și regimul de lumină sub arboret va fi mereu mai favorabil, decât în una de fag, care lasă să treacă direct prin coronament doar 15% din radiația fotosintetic activă, absorbind 80% din radiația incidentă, în aparatul său fotosintetic și 70% din cea fotosintetic activă.

În *fig. 6.28* este reprezentat, schematic, modul cum se formează bugetul de lumină al pădurii și influența arborilor asupra acestuia.

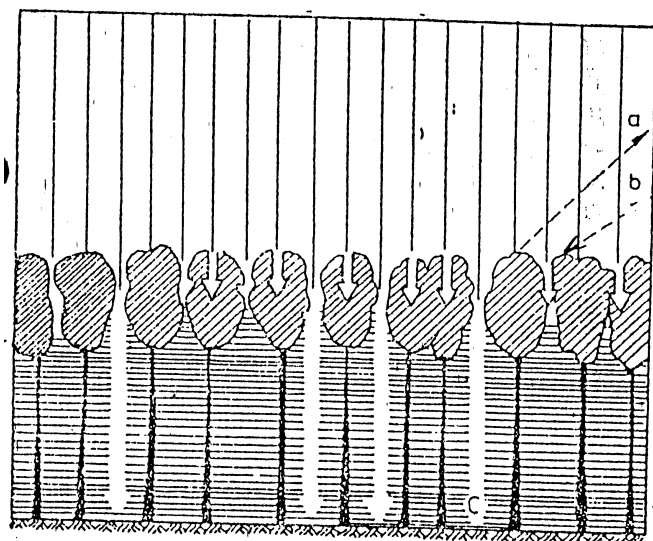


Fig. 6.28. Influența pădurii asupra luminii:
a – lumina reflectată (20-25%); b – lumina receptată (35-70%);
c – lumina pătrunsă în sol (5-40%) (după E.G. Negulescu)

c. Cerințele și comportamentul plantelor forestiere față de lumină

Față de **durata de iluminare** care are un caracter stațional (depinzând de poziția geografică a biotopului), plantele forestiere, ca și toate celelalte, de altfel, au cerințe și un comportament adaptativ determinate de zona de origine.

Fiecare zonă geografică este caracterizată printr-o anumită lungime a zilei. Funcție de istoricul evoluției sale într-un anumit areal geografic, mai scurt sau mai îndelungat, fiecare specie forestieră a căpătat adaptări la acea lungime a zilei (durata de iluminare).

Speciile forestiere din regiunile nordice s-au adaptat la zile mai lungi, dar la un interval de timp mai scurt (un număr de zile cu lumină mai mic), în timp ce cele din regiunile temperate, unde durata sezonului activ este mai lungă, însă durata diurnă de iluminare este foarte variabilă în acest interval, funcție de anotimp, mai mică primăvara și toamna, mai mare vara, s-au adaptat acestor condiții și de aceste adaptări va trebui să se țină seama în cazul când sunt transferate în alte areale geografice sau când este transferat material biologic de înmulțire (plantare) produs în alte condiții geografice decât cele de plantare, pentru a se evita, astfel, eșecul plantărilor de completare, regenerare sau al împăduririlor.

Speciile forestiere au exigențe, în general cunoscute, față de **intensitatea luminii**, care, în cazul arborilor, se referă la valorile intensității luminii caracteristice biotopului, prin poziția sa geografică, altitudine, formă, relief, pantă, exigențe care, satisfăcute, permit instalarea și dezvoltarea arboretului.

Și plantele din etajele inferioare au exigențe față de acest factor și un comportament specific la variația lui, numai că ele sunt satisfăcute sau nu, producându-le diferite modificări, nu atât de bugetul și regimul de lumină al locului, cât de structura și comportamentul față de lumină al arboretului (albedou, absorbție, umbrire).

Data fiind relația directă (dar parabolică, nu liniară) (fig. 6.29) dintre intensitatea luminii și intensitatea fotosintezei, exigențele și comportamentul plantelor forestiere arborale față de lumină, apreciate după intensitatea mai mare sau mai mică a fotosintezei în diferite condiții de iluminare (tabelul 6.10), știut fiind însă că aproape toate speciile activează intens la valori optime de 25 – 30 000, toate pot fi considerate "**iubitoare de lumină**". Nu toate, însă, suportă în același mod umbrirea sau intensitatea redusă a luminii, unele dintre ele

Ecologie

reacționând puternic la umbră, chiar în sens pozitiv și atunci sunt considerate "iubitoare de umbră" sau sciofile.

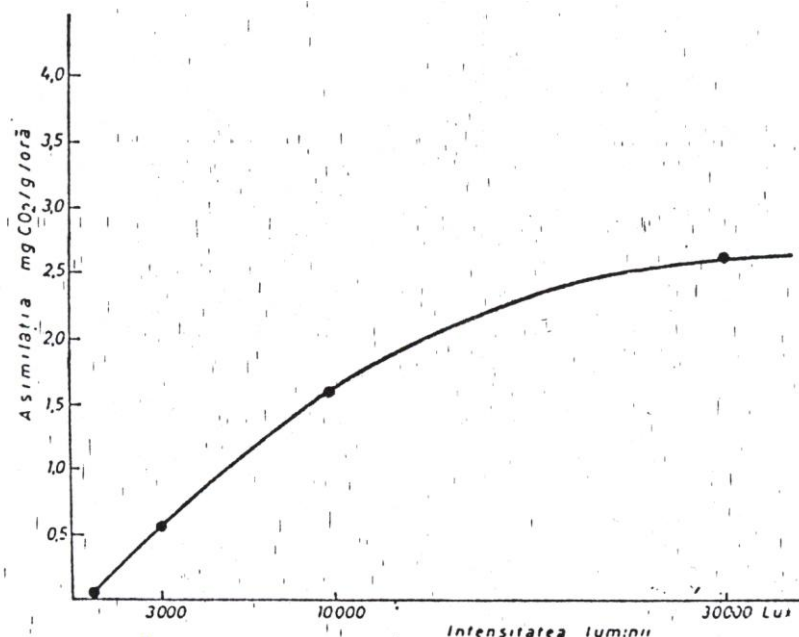


Fig. 6.29. Intensitatea asimilației în funcție de intensitatea luminii (după Pişek și Winkler, din Lyr și colab., 1957)

Tabelul nr. 6.10

Intensitatea fotosintezei la diferite specii lemnoase (în mg CO₂ la 1 g s.u. pe oră și la 18 – 22°C) în funcție de intensitatea luminii (după B.A. Rubin)

Specia	Intensitatea luminii (%)		
	1	30	100
Brad	0,13	3,4	2,6
Molid	0,06	1,6	1,7
Larice	0,06	3,1	4,4
Pin	0,08	2,1	3,3
Stejar	0,12	2,5	4,1
Tei	0,69	6,3	8,3
Salcie	0,03	4,2	8,0
Mesteacăn	0,18	6,0	9,4
Arțar	0,54	4,9	5,0

Reacția sau temperamentul speciei, adică intensitatea cu care ea se manifestă în procesele fiziologice la modificarea gradată a intensității luminii, exprimă ceea ce numim **exigențele** față de lumină, după care se pot încadra în patru grupe (tabelul 6.11).

Gruparea arborilor după exigențele față de lumină

Specii de lumină intensă	Specii de lumină relativ slabă	Specii de semi-umbră	Specii de umbră
Larice (<i>Larix d.</i>) Pin silvestru Chiparos de baltă Mesteacăn Salcâm Plop tremurător Plop alb Plop negru Salcie albă	Pin negru Zâmbbru Stejar Gorun Frasin Ulm de câmp Anin alb Anin negru Cireș	Molid Pin strob Duglas Jugastru Tei Ulm de munte Carpen Castan Palin de munte	Brad Tisă Fag

Mai mult decât la speciile ierboase sau chiar la subarbuștii ori arbuștii lemnoși, la arbori, datorită existenței lor de foarte lungă durată, se manifestă cu pregnanță comportamentul și **exigențele variate** față de lumină în raport cu vârsta, proveniența (din semințe sau pe cale vegetativă), condițiile staționale (temperatura – *fig. 6.30*), fiind diferite chiar la diferitele componente ale coroanei aceluiași individ.

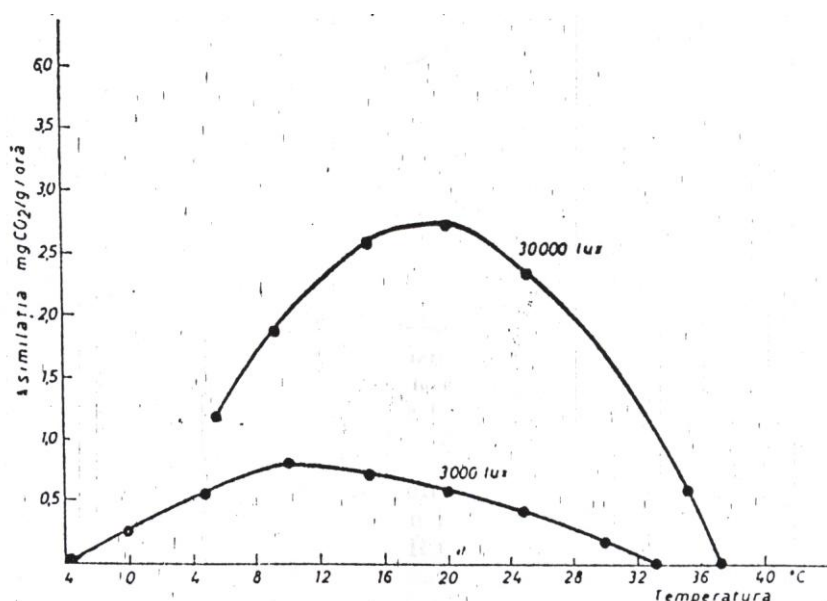


Fig. 6.30. Influența temperaturii asupra asimilației (fotosintezei) la iluminări diferite (după Pišek și Winkler, din Lyr și colab., 1957)

Așa, de exemplu, puietii de frasin suportă foarte bine umbra deasă, dar plantele mature sunt mai iubitoare de lumină. Exemplarele tinere de brad suportă umbrirea până la 50 – 60 (100) de ani, cele de molid până la 20 – 30 ani, iar stejarul doar până la 3 – 5 ani.

Plantele provenite din semințe sunt mai sensibile la umbră decât cele rezultate din lăstari, drajoni, marcote (organe vegetative).

Condițiile staționale de ansamblu (nu numai de iluminare) pot modifica exigențele și comportamentul față de intensitatea luminii. În principiu, cu cât ele sunt mai favorabile, cu atât speciile din primele două grupe suportă mai bine umbrirea sau invers, cu cât sunt mai

nefavorabile, cu atât cele din primele diuă grupe suportă mai greu umbrirea, iar cele din ultimele două grupe devin chiar iubitoare de lumină.

Așa se explică instalarea speciilor de umbră la adăpostul unei vegetații deja existente de arbuști ori ierburi înalte mai vârstnice.

Repartiția și asocierea diferitelor specii lemnoase în ansamblul unor ecosisteme forestiere diferite, funcție de orografia terenului, se explică prin variația intensității luminii sau umbrei, la diferite altitudini, pe versanții cu pante și expoziții diferite sau în cazul unor alte forme de relief (platouri, văi mai largi sau mai înguste). Comportamentul speciilor poate fi, însă, profund modificat de relief, deoarece acesta nu influențează doar regimul de lumină, ci și pe cel de căldură, de umiditate (precipitații și distribuția lor), de aer, al evaporației și transpirației, care în interacțiune pot determina chiar inversiuni fenologice și fenomenologice în comportamentul arborilor din păduri.

Pe de altă parte, arborii, odată instalați într-un teritoriu care le satisface exigențele față de lumină (ale speciilor, în general), trec la adaptări care au la bază mecanisme morfologice și fiziologice foarte variate și complexe, adaptări care le permit să valorifice cât mai bine condițiile optime de iluminare, dar să și reziste în condiții staționale sau biocenotice mai puțin favorabile.

Frunzele ocupă poziții cât mai mozaicate, pentru a recepționa cât mai multă lumină, forma coroanelor se modifică în aceeași direcție, devenind tubulară la puietii de fag, tei, ulm crescuți în masiv, asimetrice la arborii plasați spre liziera pădurii, dar și în masiv, alungite când desimea este mare (creșterea lungimii este mai mare decât a grosimii pentru a valorifica lumina în plafonul superior) etc.

În funcție de intensitatea luminii are loc și dinamica proceselor colective din interiorul pădurii: fructificația și regenerarea, creșterea și dezvoltarea, diferențierea și eliminarea naturală, îndreptarea și alungirea arborilor, decalajul fenologic, etajarea arboretului și a pădurii, în general succesiunea pădurii etc.

Funcție de specie, vârstă, adaptări, desime, arborii primesc diferite cantități de lumină și fotosinteza lor, randamentul acesteia este diferit, deoarece în același timp și respirația capătă diferite intensități. Decalajul (diferența) pozitiv între intensitatea fotosintezei și cea a respirației este mai favorabil. Când respirația este la fel de intensă ca fotosinteza se atinge **punctul de compensație**, iar când este mare – intensă, randamentul fotosintezei nete este mai scăzut decât al respirației și planta este în declin, începe să se usuce din partea de jos a coroanei, de unde mor mai întâi frunzele de umbră, apoi ramurile care se usucă și, astfel, are loc **elagajul**. Arborii iubitori de lumină plasați în partea inferioară a coronamentului se usucă și are loc **eliminarea** lor naturală.

Așa se explică ritmul mai lent de creștere a arborilor în masiv, diferențierea mai întârziată a mugurilor și fructificarea tardivă (cu 10 – 20 de ani mai târziu) decât în condiții de izolare sau în afara stării de masiv, fructificarea având un caracter periodic și o intensitate mai mică.

Aportul de lumină se află într-o relație directă cu **cantitatea și calitatea producției** și cum el se diminuează cu creșterea desimii, rezultă că în arboretele rărite până la nivel optim se formează arbori mai mari, mai activi, care produc mult, chiar mai mult decât în cele dese, lemnul fiind în proporție mai mare bun de lucru și de o calitate superioară.

Fără a se scota pe creșterea producției și calității lemnului la orice grad de rărire a arboretului (ci doar la un nivel cunoscut ca optim), rezultă că exploatarea pădurii prin tăierea limitată și selectivă a arborilor este calea cea mai sigură de a îmbunătăți regimul de lumină al întregului arboret și, prin aceasta, și al celorlalte etaje de vegetație.

O dată cu regimul de lumină este reglat și regimul de căldură de care depind toate procesele colective din pădure (*tabelul 6.12*).

Bugetul și randamentul energetic dintr-un făget natural de 100 de ani
(Warthe – Brașov), în sezonul de vegetație (V. Stănescu, 1980)

Radiații solare și biomasă	Valori energetice, kcal.
Radiația solară ajunsă la sol, în sezonul de vegetație / 1 ha suprafață orizontală	$801 \cdot 10^7$
Radiații fiziologic active (lumina) (0,7 – 0,3)	$400,5 \cdot 10^7$
Radiații neinterceptate de coronament (trecute prin coronament) (15%)	$60,1 \cdot 10^7$
Radiația incidentă absorbită de arboret (80%)	$272,3 \cdot 10^7$
Radiația absorbită, dar inactivă fotosintetic (raze verzi, extremul roșu etc.) (10% din cea absorbită)	$27,2 \cdot 10^7$
Total radiații active fotosintetic, absorbite de coronament	$245,1 \cdot 10^7$
Valoarea energetică a creșterii anuale de biomasă a arboretului (7 t/ha)	$2,9876 \cdot 10^7$
Randamentul energetic – coeficientul de conversie, exprimat procentual (%)	1,212 (s.veg.)
	0,766 (anual)
	0,272% (față de e.i)

Așa se și explică faptul ca majoritatea operațiunilor și măsurilor silvotehnice au ca obiectiv mai ales modificarea bugetului de lumină și, o dată cu el, a celui de căldură, în direcția optimizării randamentului bioenergetic – coeficientului de conversie a luminii incidente sau fotosintetic active în biomasă și în special în biomasa arboretului (fig. 6.31).

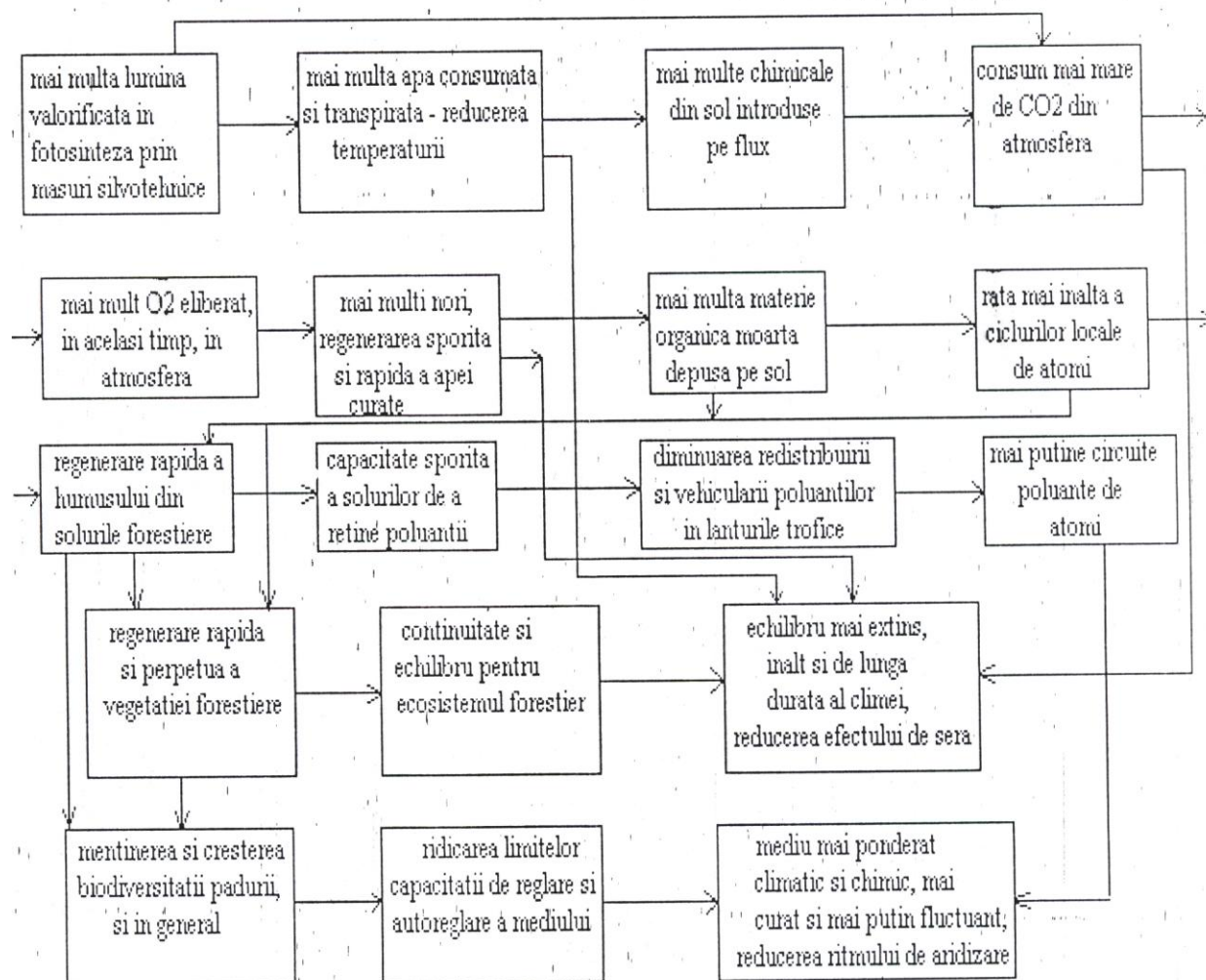


Fig. 6.31. Implicațiile ecologice complexe ale valorificării superioare a luminii din stațiunile forestiere prin măsuri silvotehnice adecvate (original)

Prin valorificarea superioară a luminii cu ajutorul unor măsuri silvotehnice adecvate și susținute, se intensifică nu doar funcția productivă principală (producția de lemn), ci și toate funcțiile ecologice ale pădurii, ecosistemul beneficiind de continuitate în timp, stabilitate și echilibru, fiind mai "sănătos", mai rezistent la stress și datorită creșterii biodiversității.

După cum se poate observa în *tabelul 6.12*, chiar și într-o pădure naturală, cum este făgetul de 100 de ani cercetat, coeficientul de conversie a luminii în energie biochimică nu este foarte ridicat. El este limitat la 1,212% numai în cadrul sezonului activ și mult mai redus dacă se calculează față de energia fotosintetic activă pe întregul an (0,766%) sau față de întreaga energie incidentă globală (0,272%).

Toate acestea arată că pădurea naturală are un randament bioenergetic mai bun decât alte ecosisteme naturale sau agricole, dar destul de scăzut, în general și că, prin măsuri silvotehnice, orientate în direcția sporirii randamentului fotosintetic al arboretului ar putea fi valorificat mai bine sau chiar integral potențialul dinamic și de troficitate al solurilor forestiere din cât mai multe stațiuni forestiere.

VI.4.1.3. Căldura și pădurea

a. Rolul bugetului și regimului termic pentru pădure

Din energia radiantă solară incidentă cu suprafața solului, radiația calorică sau căldura reprezintă în medie 50%, cuprinzând în general radiațiile cu $\lambda > 0,766\mu\text{m}$. Ea se distribuie în proporții variabile în sol și în aer, chiar în aceeași stațiune și în diferite stațiuni forestiere plasate la diferite latitudini și altitudini.

Starea generală determinată de căldura solului și aerului exprimă regimul termic sau caloric al locului (stațiunii forestiere).

În viața pădurii și distribuția sa spațială mozaicată, regimul de căldură al locurilor, împreună cu cel de umiditate a exercitat și exercită un rol precumpănitor.

Căldura limitează, atât în plan latitudinal, cât și altitudinal răspândirea pădurii, în general. Astfel, limita nordică este traseul izotermei de 10°C pentru luna iulie, încadrând toate zonele în care temperaturile medii diurne sunt mai mari de 10°C, cel puțin 30 de zile pe an, în ambele emisfere, dar și în diferiții munți, pe altitudine.

Temperatura variază foarte mult cu altitudinea, chiar în cursul unei zile (*fig. 6.32*).

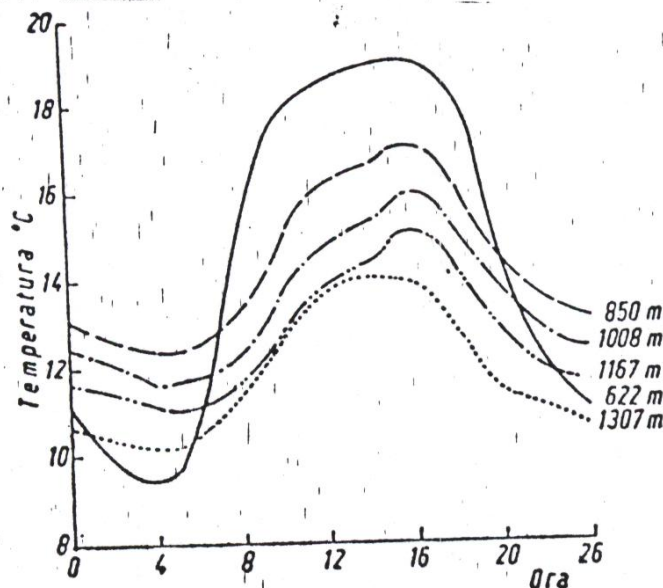


Fig. 6.32. Influența altitudinii asupra temperaturii (după *Baumgartner Mitscherlich*, 1960-1962, citat din 1971)

În cadrul acestei zone climatice, numită zona de mediu **arboreală**, variațiile temperaturii solului și aerului (în general, aerul se încălzește de la sol), atât în spațiu, cât și în timp (în decursul anului) au determinat formarea unui spectru extrem de larg de păduri, a căror compoziție și structură de specii vegetale a fost determinată de arealul de răspândire, limitat de căldură, al diferitelor specii forestiere, în special arbori.

În stadiul inițial al existenței pădurilor, speciile s-au instalat acolo unde exigențele lor față de căldură erau satisfăcute la nivel măcar minimal, dar, cu timpul, și-au "construit" cele mai bune adaptări, în primul rând la variațiile căldurii spre extreme, apoi la variațiile anuale, sezoniere, diurne.

În zonele cu climat mai cald și mai ponderat termic, cu amplitudine mai mică a variației căldurii, pădurile sunt mai bogate în specii decât în zonele mai reci și cu variații mai mari ale temperaturii. Aici sunt prezente doar acele specii arborale cu exigențe termice reduse și care, în același timp, s-au adaptat pentru a suporta valori extreme, în special pe cele foarte scăzute.

În zona ecuatorială, bogăția de specii a pădurilor este determinată de valorile mari ale temperaturii, de regimul termic aproape constant, fără variații sezonale. Aici speciile s-au adaptat pentru un metabolism foarte intens fără întreruperi, fără un repaus vegetativ, care apare numai în anumite păduri din zonele ecuatoriale datorită deficitului mai lung sau mai scurt de apă.

În țara noastră (situată în zona climatului temperat), regimul termic este puternic marcat de variațiile mari de temperatură între iarnă și vară, dar și între zi și noapte, ceea ce determină, pe de o parte, o alternanță între perioadele de vegetație cu cele de repaus vegetativ, ambele având durate și regim termic diferit (din cauza latitudinii, altitudinii, caracteristicilor pantelor), iar pe de altă parte un comportament diferit al speciilor forestiere, adaptat acestui regim termic.

Cele mai multe specii forestiere din pădurile zonei temperate, chiar având originea în asemenea zone, au fost nevoite să se adapteze la modificările regimului termic generate de factori geomorfologici și edafici specifici locului, peisajului, modificându-și lungimea perioadei de vegetație, data debutului sezon al creșterilor, ritmul de creștere și dezvoltare, perioada de creștere intensă, de fructificare, data încetării creșterii (*tabelele 6.13 și 6.14*).

Tabelul nr. 6.13

Mărimea creșterii în înălțime la câteva specii de arbori la vârsta de 25 ani
(după *Giurgiu și colab., 1972*)

Specia	Cl. de prod.	Creșterea anuală, cm	Specia	Cl. de prod.	Creșterea anuală, cm
Molid	I	62	Gorun	I	44
	III	58		III	34
Brad	I	43	Stejar	I	57
	III	35		III	42
Fag	I	53	Plop negru hibrid	I	110
	III	37		III	70

Speciile provenite din alte zone sau regiuni de mediu (tropicale, semitropicale, mediteraniene, uralo-siberiene) nu s-au putut instala decât în areale limitate, acolo unde condițiile de temperatură erau tolerabile și mai ales când s-au adaptat la noile condiții, intrând în alcătuirea unor păduri și chiar devenind dominante.

De aceea, în transferul materialului pentru împăduriri sau regenerări, în acțiunea de introducere de noi specii, eventual cu valențe economice bune sau în promovarea speciilor

Ecologie

exotice silvice și ornamentale, trebuie să se țină seama de influența și puterea limitativă a factorului căldură, la care ele au exigențe specifice.

Tabelul nr. 6.14

Lungimea perioadei de creștere radială la câteva specii de arbori
(după Popescu – Zeletin și Mocanu, 1971; Mocanu, 1973; Bîndiu, 1973;
Popescu – Zeletin și colab., 1975; Popa – Costea, 1975)

Specia	Perioada de creștere radială, în zile	Specia	Perioada de creștere radială, în zile
Molid	160	Stejar brumăriu	90 – 120
Larice	150 – 160	Stejar pufos	90 – 100
Brad	150	Tei argintiu	60 – 120
Fag	130	Carpen	60 – 120
Gorun (<i>dalechampii</i>)	100 – 140	Frasin	60 – 90
Stejar	150		

b. Influența pădurii asupra căldurii

Atât regimul termic al solului pădurii, cât și cel al aerului din interiorul pădurii sunt profund modificate față de cel al stațiunii (neacoperite de pădure), de către însăși pădurea, prin toate componentele sale. Efectul modelator al pădurii asupra propriului său regim termic depinde, însă, de natura, consistența, tipul de structură, vârsta și starea funcțională a acesteia la un moment dat.

Așa se face că în pădure, comparativ cu terenul descoperit din același areal climatic, temperaturile medii anuale sunt mai reduse, iar cele extreme au o amplitudine de variație mai restrânsă, cu un decalaj diurn, atât în timp, cât și în spațiu.

În teren deschis, care primește direct întreaga radiație solară incidentă, atât maxima, cât și minima termică se înregistrează la suprafața solului, iar în pădure la suprafața coronamentului (*tabelul 6.15*).

Tabelul nr. 6.15

Variația temperaturii aerului, pe înălțime într-o pădure și un teren descoperit învecinat (după Rathacher, I.S., citat de Florescu I.I. – 1981)

Înălțimea (cm)	Temperatura – °C, în:	
	Pădure	Teren descoperit
305	25	27,2
213	25,6	27,8
152	25,3	27,2
122	25,3	27,5
91	25,0	27,2
61	25,3	27,8
46	25,3	27,8
30	25,6	29,4
15	25,6	30,0
0,9	25,6	31,6

În timpul zilei, aerul din câmp deschis se încălzește de jos în sus (de la sol), iar în pădure, de sus în jos (de la coronament, spre etajele inferioare, la sol (*fig. 6.33*). Diferențele termice maxime dintre pădure și terenul descoperit se găsesc la suprafața solului.

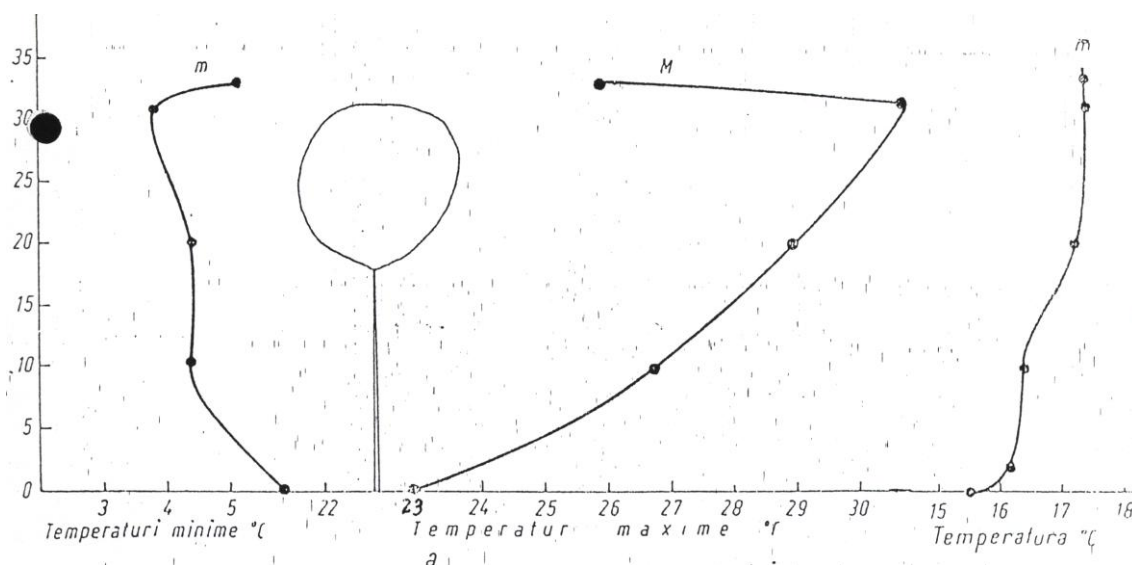


Fig. 6.33. Variația temperaturii minime medii (*m*), maxime medii (*M*) și a mediei (*m*), în perioada de vegetație într-o biocenoză de pădure cu stejar (după *Sukaciov și Dilis, 1964*)

Uniformitatea temperaturii în partea joasă a pădurii se datorește acalmiei vântului indusă de etajele superioare, dar și conductibilității calorice scăzute a aerului, iar temperaturile mult mai mari la nivelul solului descoperit faptului că aerul din vecinătatea solului se încălzește de la sol care a reținut mai multă căldură, fiind descoperit.

Diferențele de temperatură se înregistrează atât iarna, cât și vara, cu intensități diferite, însă, funcție și de natura vegetației.

Astfel, temperatura medie anuală din pădure este mai mică cu 0,1 – 0,5°C, dar cea medie a verii poate fi mai scăzută în pădure cu 8 – 10 sau chiar 20°C.

În pădurile de rășinoase (de umbră), tot timpul anului regimul termic este mai ponderat decât în teren descoperit, iarna fiind mai cald, vara mai rece, comparativ cu cele de foioase de umbră, în care iarna temperaturile sunt mai coborâte, ca și vara sau cu cele de foioase cu specii de lumină, în care iarna temperaturile sunt și mai scăzute, iar vara, dimpotrivă, mai ridicate.

Solul pădurii capătă un regim termic determinat nu numai de arboret și regimul său caloric, ci și de litieră și celelalte straturi vegetale. Efectul se resimte până la 20 – 30 cm adâncime, ajungând până la 50 – 100 cm. Annual, temperatura medie a solului pădurii este mai coborâtă cu 1 – 2 °C decât a solului descoperit.

În concordanță cu natura și structura vegetației pădurii, cu vârsta sa, înălțimea arborilor, cu forma de relief, viteza și direcția vântului dominant etc., efectul pădurii asupra regimului caloric al locului sau "de margine" – asupra litierii pădurii – este diferit.

În silvotehnică, orice intervenție trebuie să aibă la bază toate cunoștințele, cât mai amănunțite, despre exigențele și comportamentul speciilor forestiere față de căldură, dar și despre efectele modificatoare ale ansamblului pădurii asupra regimului său termic.

În mod indirect, dar nu mai puțin pregnant și important, pe această cale, pădurea exercită o influență bine cunoscută și asupra regimului termic al arealelor limitrofe și al locului, zonei, mediului în general.

Suprafața superioară a coronamentului arboretului primește numai o parte din energia calorică incidentă (funcție de albedou), restul fiind reflectată în atmosferă, unde participă la modificarea termică a maselor superioare de aer.

În regiunile temperate, în perioada de repaus vegetativ, în special în pădurile cu frunze decidue (căzătoare) (foioase), albedoul, ca și absorbția căldurii în coronament fiind reduse, la solul forestier, poate ajunge până la 50% din energia calorică incidentă, în timp ce în perioada de vegetație activă, numai 2-10% din ea, funcție de desimea coronamentului și temperamentul speciilor (la rășinoase, cca. 4-8%).

În bugetul caloric al pădurii, în afară de radiația incidentă caracteristică locului, un rol foarte important îl are vântul, care redistribuie căldura (prin vehicularea aerului cu alte valori termice și cu viteze diferite). El acționează asupra aportului de căldură sau a pierderii de căldură, atât în interiorul pădurii, cât și în afara sa.

c. Exigențele speciilor forestiere față de căldură

Vegetația forestieră este influențată de regimul termic din atmosfera pădurii, din mediul extern învecinat, din solul forestier.

La variațiile bruște ale temperaturii, de scurtă durată și de mare intensitate, speciile forestiere suferă vătămări, determinate atât de valori maxime, cât și de cele minime, însă cele mai grave sunt produse, în climatul temperat, de minimele din timpul iernii, înghețurile timpurii de toamnă și târzi de primăvară (cele mai păgubitoare). Ele pot provoca gelivuri la arbori, degerături la semințe, la lujerii speciilor sensibile (frasin, nuc, oțetar), secete fiziologice de iarnă (conifere), distrugerea fructelor și semințelor împiedicând regenerarea, scurtarea perioadei de vegetație.

Temperaturile prea ridicate (vara) duc la epuizarea arborilor, la ofilirea și uscarea frunzelor și chiar a arborilor. Însoțite de seceta atmosferică, pârlesc scoarța speciilor sensibile (cu coaja subțire), produc arsuri la coletul puietilor proaspăt plantați.

Dăunătoare sunt și alternanțele repetate îngheț – dezgheț la sol, primăvara, ducând la descălțarea (deșosarea) puietilor tineri, mai ales de molid, fag, brad, atât din pepiniere, cât și din pădurile nou plantate în teren deschis sau pe versanții sudici, mai expuși. Cerințele față de căldură ale speciilor principale de arbori care edifică etaje de păduri în țara noastră se prezintă în *tabelul 6.16*.

După exigențele față de căldură, speciile lemnoase (arbori și arbuști) se grupează astfel:

- specii **euterme** (exigente): stejar pufos, stejar brumăriu, salcâm, oțetar, gârniță, cer, stejar, carpen, jugastru, nuc, salcie albă, alun turcesc;
- specii **mezoterme** (mijlociu exigente): gorun, fag, brad, paltin de câmp, anin alb, tei, scoruș, ulm de munte;
- specii **oligoterme** (puțin exigente): zâmbru, jneapăn, molid, larice, ienupăr, anin verde, mesteacăn, plop tremurător, salcie căprească;
- specii **euriterme** – cu zonă largă de toleranță față de căldură, ceea ce le permite instalarea în păduri de diferite tipuri, alături de plantele forestiere cu exigente procese și limitate: pin silvestru, frasin, plop alb.

Exigențele speciilor forestiere față de căldură explică și etajarea vegetației pe altitudine, funcție de regimul termic variabil.

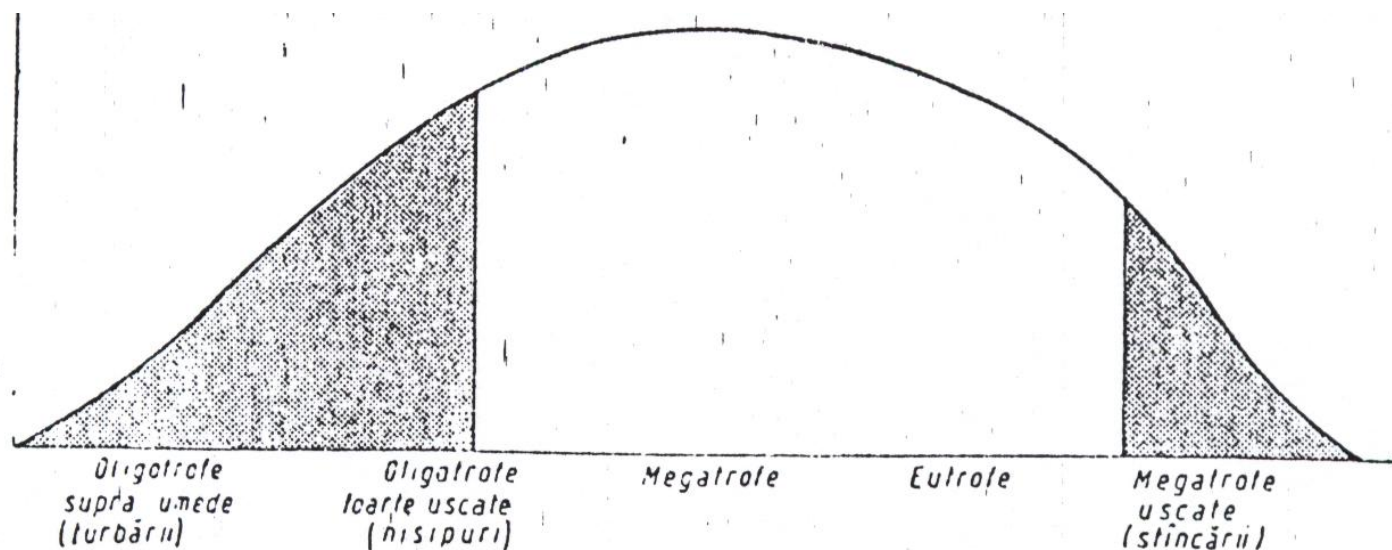


Fig. 6.34. Domeniul fiziologic și domeniul ecologic al pinului silvestru în raport cu caracterul trofic și hidric al biotopurilor

Tabelul nr. 6.16

Date asupra temperaturilor din arealul principalelor specii forestiere

Specia	Temp. medie anuală, °C	Suma temp. efect. > 10°C	Nr. zile cu temp. medie > 10°C	Specia	Temp. medie anuală, °C	Suma temp. efect. > 10°C	Nr. zile cu temp. medie > 10°C
Molid	2 - 4	500	130	Cer	9-11	1001-	190-200
Brad	3 - 6	500-1000	140-160	Gârniță	9-11	2000	180-190
Fag	3 - 8	500-1000	140-190	Stejar br.	9-12	1001-	180-200
Gorun	6 - 10	1001-	160-190	Stejar pufos	9-12	2000	180-200
Stejar ped.	6 - 10	1500-2000	170-200			1001-2000	

Capitolul VII. LIMITELE RESURSELOR BIOSFEREI

Raportul **dezvoltare / mediu** depinde de resursele existente, dintre care cele mai importante sunt cele **energetice**, de **materii prime** și **alimentare**, care nu sunt nelimitate.

Dezvoltarea economică și demografică depind de resursele existente ale biosferei. În exploatarea lor, trebuie să prevaleze atitudinile științifice ecologice și nu cele etice sau ideologice. Este o eroare să se considere că bogățiile Terrei sunt inepuizabile și că deșeurile activității umane pot fi resorbite de biosferă în mod nelimitat, fără urmări. „Distrugearea naturii ne privează în fiecare zi, puțin câte puțin, de o bogăție de neînlocuit”. Ecologia ne dă și o lecție de modestie. Ne arată că omul trebuie să respecte legile naturii, altfel, va veni momentul cand, cu tot arsenalul tehnologic, un dezastrul va fi inevitabil.”

VII.1. Limitele resurselor energetice

Disponibilitățile energetice ale ecosferei, la nivelul actual de cunoaștere, sunt limitate.

Sursele de energie principale utilizate de om sunt:

- nerenuverabile (epuizabile în timp) :
 - combustibilii fosili și energia radioactivă;
- inepuizabile:
 - energia solară;
 - energia mareelor;
 - energia geotermică (*Popescu, M., 2000*).

Creșterea consumului de energie este exponențială, cantitatea de energie consumată dublându-se la fiecare 10 ani. De exemplu: Un om născut în 1970 ar trebui (conform ritmului actual de creștere a consumului de energie) să consume în 2040 de 128 ori mai multă energie decât la naștere – imposibil de realizat, în condițiile actuale de aprovizionare cu petrol și gaze naturale.

Estimarea rezervelor de combustibili fosili:

- cărbunii reprezintă cca. 90% din rezervele de energie ale litosferei.

Hubert, în 1971 a făcut următoarea estimare a rezervelor:

- cărbune (inclusiv lignit): – cca. $7,5 \times 10^{12}$ tone, respectiv: cca. 232×10^{21} jouli;
- petrol – cca. $4 \times 10^{11} \text{m}^3$ sau cca. $14,8 \times 10^{21}$ J;
- gaze naturale – cca. $3,4 \times 10^{14} \text{m}^3$ – cca. $13,1 \times 10^{21}$ J.

Legea randamentelor descrescânde: producția unui anumit combustibil variază după o curbă normală de tip Gauss.

Producția totală de combustibil în istoria exploatării sale:

$$Q_{00} = \int_0^{00} P dt', \quad \text{în care:}$$

P = rata producției;

t = timpul.

Este de foarte mare importanță să se cunoască momentul în care a fost sau se va atinge producția maximă.

Ex.: În SUA, s-a atins Q_{max} de petrol la sfârșitul anilor '60. Perioada utilă a unei surse de energie este dată de intervalul de timp cuprins între primele și ultimele intervale din curbă, respective între 10 ÷ 80% din producția totală.

În cazul petrolului, această perioadă utilă variază între 58 și 64 de ani.

Ex. : În SUA, rezervele de petrol se vor epuiza în: $1960 + 64 = 2024$ (anul).

Rezultă că țările care și-au dezvoltat industria bazată pe petrol drept combustibil principal au comis o gravă eroare (Popescu, M., 2000).

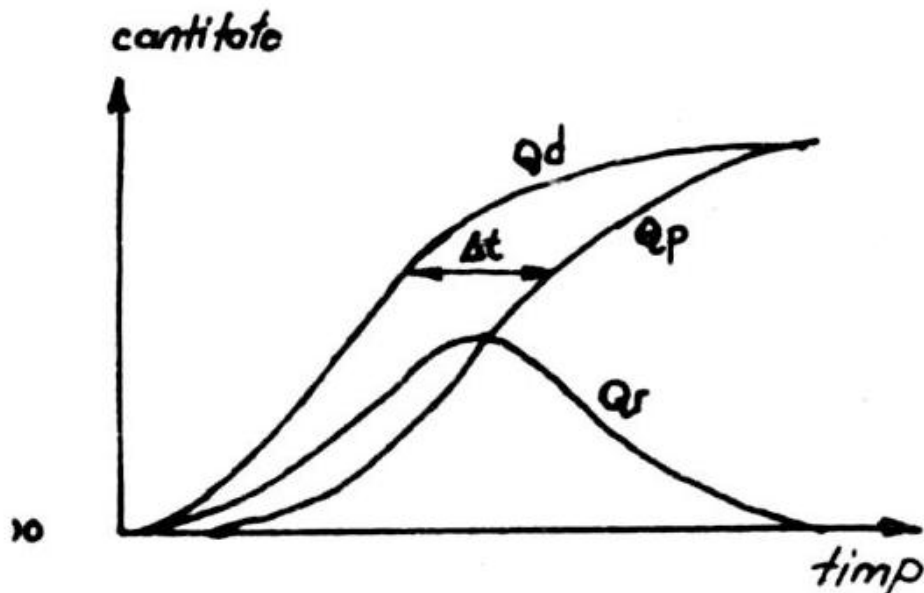
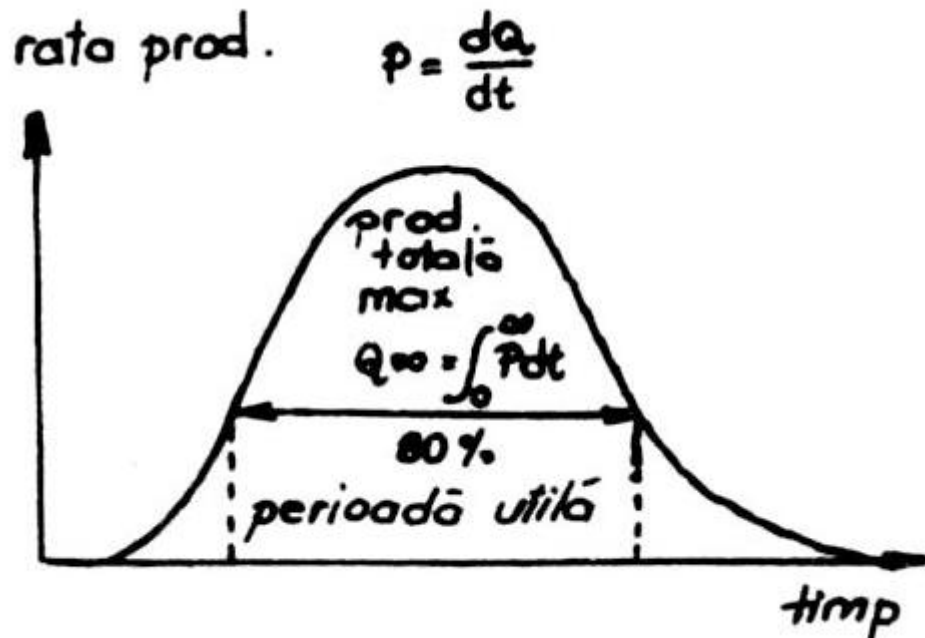


Fig. 7.1. Teoria ciclului producției de materii prime
 Q_d – cantitatea disponibilă; Q_p – cantitatea produsă;
 Q_r – cantitatea de rezervă

Ecologie

În cazul rezervelor de cărbune situația este ceva mai bună, respectiv perioada utilă a acestui combustibil este considerată între anii 2000 ÷ 2400. Rezultă că, deocamdată, criza energetică nu este o problemă la ordinea zilei. Când petrolul și gazele naturale se vor epuiza, cărbunile și energia nucleară vor putea satisface pentru încă o perioadă de timp nevoile energetice ale societății industriale.

O limită importantă a creșterii consumului de energie este de natură termodinamică:

- eliminarea în atmosferă a unei cantități de energie neutilizabilă va duce la creșterea temperaturii apelor și la modificări de ordin climatic.

Ex.: Dacă omenirea se va stabili la o populație de cca. 15×10^9 locuitori, iar aceștia vor avea nevoie de o cantitate dublă de energie față de cea consumată în prezent în SUA, s-ar consuma 20 KW/persoană. Aceasta ar necesita o colosală putere termică instalată, de 300×10^9 KW, de 60 de ori mai mult decât cea actuală.

Un asemenea ritm de producere a energiei va duce la epuizarea rezervelor existente de cărbuni în 15 ani, iar a celor de petrol, în 3 luni.

Expansiunea dezvoltării economice cu orice preț, promovată de societatea industrială actuală, va determina pierderea civilizației noastre o dată cu această dezvoltare necontrolată.

În concluzie, singura **soluție** de producere a energiei fără pericolul de entropizare a biosferei, cunoscută până în prezent, este utilizarea energiei nucleare.

VII.2. Limitele resurselor de materii prime

Rezervele de materii prime se clasifică în două categorii:

- renuverabile (ce se pot reface);
- nerenuverabile (ce nu se mai pot reface).

Studiile și cercetările întreprinse până în prezent au demonstrat că resursele sunt limitate și, deci, epuizabile.

Ex.: Este foarte apropiat momentul epuizării resurselor naturale de minerale neferoase. În consecință, industria va trebui să treacă la recuperarea lor din deșeuri.

VII.3. Limitele resurselor de apă

Resursele de apă (în special de apă dulce) sunt și ele limitate la nivelul ecosferei.

Epuizarea resurselor de apă dulce a devenit deja o problemă stringentă, care necesită măsuri de urgență.

Dezvoltarea demografică și dezvoltarea agriculturii au dus la creșterea enormă a consumului de apă. Acestui fenomen i se adaugă risipa în cantități exagerate a acestor resurse vitale și poluarea unor surse (a pânzei freatice de adâncime), care le face inutilizabile.

Sursele de apă dulce sunt inegal distribuite pe suprafața planetei.

Din cei 150×10^6 km² de uscat de pe glob:

- 15×10^6 km² sunt acoperiți cu ghețari;
- 22×10^6 km² sunt soluri circumarctice, înghețate permanent;
- 40×10^6 km² sunt terenuri deșertice situate în zona subtropicală.

Deci, pe o suprafață mare de uscat, apa dulce lipsește sau se află într-o formă inutilizabilă pentru consum.

Din totalul de apă al hidrosferei:

- 97% se află în mări și oceane;
- 3% este apa dulce, din care numai 20 ÷ 25 % (cca. 0,8% din volumul hidrosferei) este accesibilă pentru nevoile omenirii, restul fiind concentrată în calotele de gheață polare și arctice.

În afara consumului de către populație, care este inegal distribuit, funcție de nivelul de dezvoltare al diferitelor țări, cantități foarte mari de apă se consumă în unele sectoare industriale.

Ex.: Pentru producerea unei tone de hârtie se consumă 300 t de apă; pentru 1 tonă de îngrășăminte azotoase se consumă 600 t apă.

Cantitatea de apă consumată de omenire în prezent se dublează la fiecare 10 ani. Datorită lipsei de resurse, locuitorii unor țări subdezvoltate consumă de cca. 20 de ori mai puțină apă decât cei din țările dezvoltate. În aceste țări, dezvoltarea agriculturii prin utilizarea irigațiilor nu se poate face datorită resurselor limitate de apă.

Construirea unui baraj pentru alimentarea cu apă poate atrage inundarea unor mari suprafețe de pământ, adeseori foarte fertil și producerea unor efecte indirecte, care anulează avantajele scontate.

Ex.: Marile baraje construite în Asia sau Africa (Volta, Assuan) au blocat aluviunile care erau depuse de aceste râuri în lunci. Eroziunea intensă din bazinele de acumulare, cauzată de pășunatul excesiv, duce la colmatarea rapidă a acestor lacuri.

VII.4. Limitele resurselor alimentare

Asigurarea hranei este una din cele mai grave probleme ale lumii contemporane. Peste un miliard de locuitori ai planetei suferă de malnutriție. Cele mai afectate sunt țările subdezvoltate din Africa Centrală și Occidentală, Pakistan, India și unele țări din America Latină.

Întreaga suprafață a terenurilor fertile, apte pentru agricultură, a fost pusă în exploatare. În unele țări din Extremul Orient, Orientul Mijlociu, Africa de Nord și Tropicală și America Latină au fost epuizate posibilitățile de extindere a suprafețelor arabile.

Suprafața agricolă pe cap de locuitor de care dispune planeta în prezent este deja prea mică pentru a satisface nevoile de hrană ale populației existente.

Calcululele estimative referitoare la numărul maxim de locuitori pe care poate să-i hrănească planeta dau o cifră cuprinsă între 15×10^9 și 45×10^9 locuitori.

Creșterea producției agricole ar necesita îngrășăminte și irigații a căror producere, după cum s-a văzut, are multiple implicații ecologice.

Problema cea mai importantă este de a se cunoaște densitatea optimă suportabilă a locuitorilor Terrei care pot să-și asigure o existență decentă, situație ce se poate asigura numai prin planificarea dezvoltării economice și demografice.

Concilierea raporturilor contradictorii dintre dezvoltarea economică și protecția mediului este o problemă de civilizație, la care trebuie găsit cel mai adecvat răspuns.

Se impune ca umanitatea să-și fixeze ca obiectiv principal acela de a sigura nevoile esențiale de ordin economic și de calitate a vieții, în condițiile menținerii sistemelor ecologice într-o stare de echilibru, capabilă să asigure reînnoirea resurselor de materii prime și energie necesare.

VII.5. Supraexploatarea resurselor

Frecvent se fac afirmații de genul "capacitatea de suport a planetei fost depășită", dar acestea sunt doar supoziții, nu certitudini, deoarece în prezent se ignoră capacitatea de suport a ecosferei.

Una dintre principalele resurse naturale, care a stat la baza dezvoltării societăților umane din cele mai vechi timpuri, este **pădurea**. Se estimează că pădurile au acoperit în preistorie mai mult de 40% din suprafața uscatului. Astăzi, suprafața acoperită de păduri s-a redus cu o treime. Cele mai multe despăduriri au avut loc în ultima jumătate a secolului

trecut. Pentru comparație, în secolul trecut, suprafața împădurită a României s-a redus la jumătate (de la aproximativ 50% din suprafața teritoriului la 27%). În Marea Britanie, de exemplu, majoritatea pădurilor naturale cu suprafețe mari, continue, au fost deja defrișate din secolul XIII. În Germania, defrișările accelerate au impus adoptarea de măsuri drastice de protecție din secolul XVI. Se constată că problema exploatării neraționale a pădurii ca resursă regenerabilă în limitele capacității de suport nu este doar de dată recentă.

VII.5.1. Suprapescuitul

În continuare, se va prezenta un exemplu de gestionare nerațională a unei resurse extrem de importante pentru societatea umană: hrana oferită de Oceanul Planetar, în special **pește**. Deși oamenii au utilizat această resursă din cele mai vechi timpuri, exploatarea la nivel global a început abia după 1950. Trebuie menționat că, atunci când ne referim la pescuit și resurse piscicole, acestea includ totalitatea organismelor acvatice capturate pentru hrană: pește, mamifere acvatice, țestoase marine, crustacee și moluște.

Supraexploatarea resurselor piscicole oceanice nu a fost posibilă, până recent, datorită limitărilor tehnologice. Local, însă, acolo unde condițiile au permis, resursele piscicole au fost supraexploatate. De exemplu, insula Jamaica a fost colonizată de englezi cu sclavi negri pentru a lucra în plantațiile de trestie de zahăr. Aproape toată activitatea agricolă de pe insulă era axată doar pe această plantă (monocultură), iar hrana locuitorilor era alcătuită în cea mai mare parte din pește. Deja, din secolul XVIII, zona litorală a insulei nu mai putea oferi decât cantități neînsemnate de pește, din cauza suprapescuitului, iar peștele era adus din alte zone.

Un exemplu bine documentat al impactului suprapescuitului îl reprezintă mamiferele marine. Trebuie menționat că termenii de pescuit și vânat sunt practic echivalenți în cazul lor. Unele specii au fost vâmate până la extincție, altele au suferit un asemenea declin numeric încât pescuitul lor nu a mai fost rentabil, fenomen numit **extincție economică**.

O serie de alte specii de mamifere marine nu au fost la fel de 'norocoase' și au fost vâmate până la dispariție. Acesta este cazul balenei antarctice gri (dispărută deja în jurul anului 1730), a vacii de mare a lui *Steller* (dispărută în jurul anului 1768), a nurcii de mare (dispărută în 1880), sau a focii-călugăr caraibiene dispărută în 1952. Deși vânătoarea de balene se desfășura în condiții extrem de dificile, în corăbii de lemn cu pânze, fără tehnica modernă actuală, oamenii au reușit relativ repede să extermină o serie de specii de pe suprafețe de ocean deseori uriașe. Delfinii din Marea Neagră au fost și ei intens vânați de flotele de pescuit ale țărilor riverane. În 1966, trei țări (URSS, România și Bulgaria) au decis să stopeze vânătoarea de delfini. Turcia, însă, a continuat să vâneze până în anul 1982, când datorită presiunilor internaționale și a scăderii dramatice a efectivelor de delfini a stopat și ea pescuitul. Efectivele de delfini au scăzut de la aproximativ un milion de exemplare la mai puțin de 100.000, iar refacerea lor este extrem de lentă.

Dispariția vacii de mare a lui Steller

Un record trist în materie de distrugere îl oferă istoricul descoperirii și dispariției vacii de mare a lui Steller, un sirenid de dimensiuni mari. Acesta a fost descoperit în apele arctice ale strâmtorii Bering în noiembrie 1741, atunci când nava căpitanului rus Vitus Bering a naufragiat în largul coastelor peninsulei Kamceatka, pe o insulă nelocuită, numită ulterior insula Bering. Naturalistul expediției, Georg Wilhelm Steller, a descris și denumit această nouă specie care măsoară până la 12 m lungime și cântărea până la 4 tone. Animalele erau ierbivore, hrănindu-se cu algele marine care creșteau în apele puțin adânci ale strâmtorii. Populația lor inițială a fost estimată la 1500-2000 de exemplare. În următorii ani, a fost vânată preferențial pentru carnea ei gustoasă, iar în 1768 a fost ucis ultimul exemplar, la doar 27 de ani după descoperire.

Deși o serie de specii au fost supraexploatare, uneori până la extincție, pescuitul oceanic în ansamblu a fost redus ca intensitate, până în a doua jumătate a secolului trecut. Astfel, dacă în 1950 producția mondială de pește era de 21 de milioane de tone, în 1960 ajunsese la 40 de milioane de tone, în 1970 la 66 de milioane de tone, iar în 1989 a atins pragul de 100 de milioane de tone. Importanța peștelui în alimentație a crescut corespunzător. În 1950, capturile de pește au fost de 8,6 kg/locuitor ajungând în 1989 la 19,2 kg/locuitor. Această dezvoltare vertiginoasă a pescuitului a contribuit la asigurarea hranei pentru o populație umană în creștere. La scară mondială, peștele și restul produselor mării furnizează aproape 16% din cantitatea de proteine animale consumate, mai mult decât carnea de porc și de vită și 6% din totalul de proteine. Bine gestionată, resursa de pește oceanic ar putea fi exploatată timp nelimitat. Din păcate, pescuitul oceanic a devenit un foarte bun exemplu de gestionare și utilizare nerațională a unei resurse extrem de valoroase. Care sunt cauzele care au dus la distrugerea acestei resurse în unele zone ale oceanului și care a fost motivația care a permis acest lucru? Există mai multe moduri de a exploata o resursă regenerabilă, cum este cea piscicolă:

1. Pescuitul suboptimal, când mulți pești ajung să moară de 'bătrânețe', deoarece producția este mai mare decât cantitatea pescuită.

2. Pescuitul durabil, când pescuitul extrage surplusul, în limitele capacității de refacere a efectivelor.

3. Suprapescuitul, când se pescuiește mai mult decât se poate reface prin spor natural.

4. Pescuitul de biomasă se referă la capturarea tuturor peștilor, chiar și a puietului. Biomasă capturată este utilizată ca furaj în zootehnie și acvacultură. Evident că pescuitul puietului are un impact negativ asupra populațiilor de pești pe termen mediu și lung.

5. Pescuitul Malthusian reprezintă pescuitul pentru supraviețuire, ce utilizează metode distructive, cum ar fi dinamita sau otrăvuri. Zonele în care se practică acest tip de pescuit sunt rapid devastate. Ar putea fi comparate cu defrișările necontrolate pe terenuri în pantă, unde dispariția copacilor duce la eroziunea rapidă a solurilor iar regenerarea pădurii nu mai este posibilă.

Resursa piscicolă oceanică este inegal distribuită, existând zone cu o productivitate piscicolă extrem de ridicată și zone fără valoare economică. Modul în care această resursă este exploatată variază în limite largi: sunt regiuni care au fost atât de nerațional exploatare în trecut, încât potențialul lor piscicol a fost distrus. Altele sunt încă suprapescuite, doar 25% sunt subexploatare sau exploatare moderat.

Resursa de pește oceanic, exploatată rațional, ar putea oferi beneficii mari pe termen nelimitat. Care sunt cauzele pentru care pescuitul oceanic a fost, și încă este în mare parte, o activitate nedurabilă? Există trei cauze majore care au condus la supraexploatarea resursei piscicole marine.

Prima se referă la **dreptul de proprietate**. Oceanul a fost până de curând proprietatea întregii omenirii. Fiind un bun al tuturor, obiectivul majorității pescarilor a fost să prindă cât mai mult înaintea celorlalți. În plus, atitudinea oamenilor față de ocean a fost și a rămas, chiar și astăzi, aceea a unui vânător-culegător. Concepția tradițională era aceea că exploatarea resursei piscicole oceanice este un drept și nu un privilegiu. De aceea, măsurile restrictive nu au putut fi aplicate cu succes până relativ recent. Convenția Națiunilor Unite privind Legea Mării a conferit însă țărilor riverane drepturi, dar și obligații, asupra zonelor litorale și platformelor continentale. Astfel, aproximativ o treime din suprafața Oceanului Planetar a fost inclus în apele teritoriale ale țărilor riverane.

Această măsură a dus la o schimbare importantă de atitudine și a permis asumarea unor obligații și implementarea unor măsuri de management a resurselor piscicole.

A doua cauză se datorează **modului de captură** a peștilor. În pescuitul oceanic se utilizează o serie de sisteme de captură **neselective**, astfel încât capturile accidentale ajung să reprezinte între 25-50% din totalul capturilor. Aceasta înseamnă că o serie de specii de pești, delfini, foci și țestoase marine fără valoare economică sunt capturate și omorâte, iar

Ecologie

ulterior sunt cel mai adesea aruncate înapoi în apă. Se mai utilizează încă o serie de metode distructive, cum ar fi pescuitul cu cianuri sau cu dinamită. Acestea din urmă intră în categoria pescuitului Malthusian.

Ultima cauză se referă la **mecanismele economice** ce stimulează această activitate. Industria pescuitului s-a dezvoltat rapid, dublându-și capacitatea între anii 1970-1990. Multe țări au flote de pescuit supradimensionate. De exemplu, Norvegia estimează că flota sa de pescuit depășește cu 60% capacitatea necesară, iar Uniunea Europeană și-a estimat depășirea la 40%. În ultimii 25 de ani, beneficiile din pescuit au scăzut la jumătate. Se remarcă, astfel, relația dintre valoarea capturilor și efortul de captură. În timp ce costurile totale cresc direct proporțional cu efortul de captură, beneficiile cresc până la un efort de captură, apoi scad. Profitul maxim este obținut la un efort de captură E1, când beneficiile sunt maxime raportate la costuri. Corespunzător unui efort de captură E2 este atinsă capacitatea de suport și este posibilă exploatarea durabilă a resursei, dar beneficiile sunt mai mici. Dacă se sporește efortul de captură (suprapescuit), se ajunge la momentul E3, când nu se mai înregistrează beneficii, costurile de captură fiind egale cu valoarea capturii. Dincolo de acest punct se înregistrează doar pierderi, fiind necesar un efort tot mai mare pentru a captura o cantitate din ce în ce mai mică. Cum poate, deci, continua industria piscicolă să lucreze în pierdere? De ce continuă resursa piscicolă să fie supraexploatăată cu cheltuieli din ce în ce mai mari și beneficii din ce în ce mai mici? Explicația este simplă: datorită sistemului de **subvenții** care există în țările dezvoltate economic.

Conform estimărilor Națiunilor Unite, la mijlocul deceniului trecut subvențiile la scară mondială pentru industria pescuitului atingeau 54 miliarde dolari SUA anual. În realitate, suma este mult mai mare, deoarece o serie de subvenții mascate nu au fost incluse în calcul. Rezultatul este că, dacă în trecut peștele era considerat 'proteina săracului', în prezent peștele a devenit costisitor, chiar și pentru consumatorii din țările bogate. În plus, pe lângă pescuitul excesiv, oceanul planetar mai suferă și de pe urma poluării și degradării habitatelor, acestea limitând capacitatea de refacere a populațiilor de pești cu importanță economică afectate de pescuitul nerațional.

Marea Neagră este un exemplu de distrugere al unei resurse bogate prin supraexploatare și degradarea mediului. Tradițional, Marea Neagră era o zonă bogată de pescuit. Pentru fiecare km² din suprafața mării există 6 km² de uscat în bazinul ei colector. Bazinul hidrografic dunărean are o suprafață aproape dublă ca suprafața mării. Abundența de sedimente și substanțe dizolvate transportate în mare de către râuri au contribuit la fertilizarea acesteia și la producții piscicole ridicate.

Peste două milioane de oameni, pescari și familiile lor, lucrau în industria pescuitului în Marea Neagră. Cantitatea anuală pescuită a crescut de la aproximativ 86.000 tone în anii '30 la un maxim de aproape un milion de tone la jumătatea anilor '80, scăzând însă rapid la doar 100.000 tone câțiva ani mai târziu. Din 26 de specii de pești cu valoare comercială, doar cinci mai sunt pescuite intensiv în prezent.

Această prăbușire a resursei piscicole s-a datorat, printre altele, și supradimensionării flotelor de pescuit ale țărilor riverane și perfecționării tehnicilor de pescuit. De exemplu, flota de pescuit din Marea Neagră a Turciei a crescut de 5 ori în deceniul 1980-1990. Colapsul pescuitului în Marea Neagră a mai fost accentuat și de poluarea excesivă, de introducerea unor specii exotice invasive, precum și de traficul maritim intens. În ultimii ani, se constată o ușoară îmbunătățire a situației. Astfel, producția piscicolă a început să crească, depășind 400.000 tone, deși compoziția specifică a capturilor este radical modificată. Speciile de pește ce domină actual sunt specii de dimensiuni mici cu valoare economică mai scăzută. O serie de specii cu valoare economică ridicată, cum sunt sturionii, sunt în prezent capturate doar accidental. În final, nu numai cantitatea de pește prins a scăzut, dar și valoarea acestuia (*Cogălniceanu, Dan, 2007*).

Capitolul VIII. FRAGMENTAREA ECOSISTEMELOR NATURALE

Se estimează că, în preistorie, aproximativ 70-80% din suprafața României era acoperită de păduri. Se putea merge din Carpații Meridionali până la Dunăre doar prin păduri. De exemplu, Teleorman înseamnă în turca veche "pădure nebună", deși acum pădurile ocupă doar 10% din suprafața județului.

Pădurile au rămas doar pe 27% din teritoriul țării, adică doar o treime din suprafața inițială împădurită. Distrugerea pădurilor a fost accentuată de degradarea parcelor de pădure rămase și de fragmentarea acestora. În continuare, se vor prezenta aspectele legate de **fragmentarea habitatelor naturale** și **impactul** acestora asupra speciilor.

VIII.1. Cauzele fragmentării

Extinderea în spațiu a sistemului socio-economic uman, creșterea complexității subsistemelor componente precum și sporirea conexiunilor dintre acestea duc la **distrugerea, degradarea și fragmentarea sistemelor ecologice naturale și seminaturale**. Alterarea sistemelor ecologice naturale terestre și a apelor curgătoare este considerată una dintre cele mai grave amenințări asupra biodiversității la nivel global.

Cea mai vizibilă și cu un impact major este **distrugerea directă** a sistemelor ecologice (ex.: tăierea unei păduri, drenarea unui zone umede, construirea unui baraj, transformarea zonelor de stepă/preerie/savană în agroecosisteme). Deseori, impactul distrugerii directe este mult amplificat de **fragmentarea** sistemelor ecologice rămase.

Fragmentarea poate duce la întreruperea continuității structurale sau funcționale a sistemelor ecologice, datorită distribuirii habitatului rămas în parcele mici, izolate. Rezultatul final al dezvoltării componentelor sistemului socio-economic uman într-o regiune este un ansamblu de zone naturale și seminaturale, cu suprafață redusă, izolate, adevărate insule într-o "mare" de agroecosisteme, ecosisteme urbane și rurale.

VIII.2. Fragmentare și eterogenitate

Sistemele ecologice naturale sunt eterogene în timp și spațiu. Există deosebiri majore între eterogenitatea sistemelor ecologice naturale și seminaturale și eterogenitatea sistemelor ecologice antropizate, fragmentate, care au structuri aparent similare. În primul rând, sistemele ecologice naturale au o **structură internă complexă**.

Componentele lor sunt variate și contribuie la creșterea diversității locale și regionale (pajiști, doborâturi de vânt, zone mlăștinoase, bălți temporare etc.). Sistemele antropizate fragmentate sunt în schimb dominate de **componente simplificate** (agroecosisteme, terenuri de parcare, plantații forestiere, terenuri de sport, zone rezidențiale, parcuri etc.). În al doilea rând deosebirile dintre componentele structurale ale unui ecosistem natural sunt mici. De exemplu, un sistem alcătuit dintr-o pădure în mijlocul căreia se află o poiană, prin care trece un pârâu și unde eventual există un lac, are o complexitate ridicată. Situația este diferită în cazul unui ecosistem fragmentat antropic unde deosebirile dintre componente pot fi foarte mari. În final, unele componente ale sistemelor ecologice antropizate, cum sunt rețelele de drumuri, precum și o serie de activități specifice umane, amenință direct supraviețuirea unor populații. De exemplu, șoselele cauzează moartea unui număr foarte mare de animale, de la nevertebrate la mamifere mari. S-a constatat că dispersia animalelor

Ecologie

și a plantelor este favorizată de eterogenitatea naturală, dar este afectată negativ de fragmentarea antropică.

Caracterizarea eterogenității sistemelor ecologice fragmentate antropic se realizează determinând o serie de parametri caracteristici ce măsoară suprafața de habitat rămasă în regim natural (pădure, zonă umedă, pășune etc.), suprafața medie a parcelelor de habitat rămase și distanța medie între parcelele de habitat, ca o măsură a gradului de izolare.

VIII.3. Consecințele fragmentării

Consecințele fragmentării depind de o serie de factori, principalii fiind mărimea fragmentelor și gradul de izolare al parcelelor rămase, precum și modificarea raportului suprafață/ perimetru. Efectele fragmentării variază în raport cu scara de timp și spațiu. Astfel, la nivelul regiunilor biogeografice efectele fragmentării apar după sute, chiar mii de ani. Cel mai adesea se manifestă prin intensificarea procesului de speciație, prin dezvoltarea unor faune și flore specifice. Fragmentarea internă a unui ecosistem sau complex de ecosisteme are efecte rapide, în intervale de timp de ordinul lunilor și anilor. Fragmentarea are efecte multiple asupra speciilor. Dintre acestea, vom menționa pe cele mai importante:

- **Scăderea raportului suprafață/perimetru** duce la intensificarea efectului de margine într-un habitat. Cu cât zona marginală a unui habitat este mai mare, cu atât crește vulnerabilitatea speciilor existente la perturbări. Un perimetru mare poate expune habitatul interior la variații climatice mai mari. Doborâturile de pădure afectează mult mai des fragmente izolate de pădure decât zone compact împădurite. Crește de asemenea riscul pătrunderii unor prădători oportuniști, reprezentați adesea de animale domestice, cum sunt câinii sau pisicile.

Habitatul de margine este zona de tranziție dintre două ecosisteme. Când ambele ecosisteme sunt naturale, diversitatea specifică este frecvent mai mare. Când unul dintre acestea este antropizat, habitatul de margine este adesea degradat.

Efectul de margine se referă la influența negativă a habitatului de margine asupra habitatului interior, ce se manifestă fie prin influențe climatice, prin pătrunderea unor specii oportuniste de prădători sau alte specii competitori.

- **Lanțurile trofice se scurtează** în fragmentele rămase de habitat. Fragmentarea duce la reducerea sau chiar dispariția speciilor din vârful piramidei trofice și a speciilor de dimensiuni mari, deoarece se reduce atât suprafața ocupată, cât și densitatea indivizilor pe fragmentele de habitat rămase. În schimb, speciile caracterizate printr-o talie mică, creștere rapidă, durată scurtă a generațiilor și specificitate de habitat crescută, rămân cu o densitate similară în fragmentele rămase.

Fragmentarea habitatelor poate să **modifice raportul dintre specii**, competitori sau dintre pradă și prădător. Creșterea numărului fragmentelor de habitat poate să favorizeze speciile slab competitori, dar cu o capacitate de dispersie bună (cele cu strategie de dezvoltare de tip r). Acestea pot coloniza fragmente neocupate de habitat înainte de venirea competitorilor mai buni, care îi elimină. În intervalul de timp dintre colonizare și eliminare populația produce descendenți ce colonizează alte habitate disponibile.

Consecințele fragmentării se manifestă în etape. Astfel, într-o primă etapă, are loc extincția speciilor endemice sau care sunt specializate în ocuparea unor anumite habitate (excludere inițială). Apoi sporește gradul de izolare al populațiilor rămase din cauza barierelor apărute, ceea ce poate duce la consangvinizare și derivă genetică mărind șansele extincției. Fragmentele de habitat rezultate devin suprapopulate și pot fi inospitaliere pentru multe specii native susceptibile de extincție.

În final, efectul de margine reduce și mai mult suprafața interioară de habitat prielnic.

Se poate propune un model care leagă gradul de distrugere al habitatelor la nivelul complexului de ecosisteme de diversitatea specifică. Conform acestui model, se diferențiază **patru etape**, în care variază diversitatea specifică.

Într-o **primă fază**, scade puțin ponderea habitatelor naturale (de la 1 la $p1$), dar sporește suprafața habitatului de margine, ceea ce favorizează speciile caracteristice acestor zone și are loc o creștere a diversității specifice, de la ($B0$ la $B1$). Fragmentele de habitat sunt încă bine conectate.

În a **doua etapă**, odată cu scăderea proporției habitatului rămas (de la $p1$ la pc), gradul de fragmentare crește, iar conectivitatea structural scade. Speciile generaliste și cele caracteristice zonelor de margine își extind arealul iar speciile mai sensibile la fragmentare dispar. Diversitatea specifică scade de la $B1$ la Bc , apropiindu-se de punctul critic. Când proporția habitatului rămas scade sub punctul critic (pc), conectivitatea scade mult. Pentru foarte multe specii, nivelul de conectivitate al habitatului este prea scăzut pentru a mai permite recolonizarea habitatelor neocupate, iar ratele locale de extincție depășesc ratele de recolonizare. Diversitatea specifică regională scade repede, într-un interval scurt de timp, de la Bc la $B2$. Dacă distrugerea habitatelor continuă, parcelele rămase devin total izolate. Diversitatea specifică se menține la valori foarte scăzute, fiind reprezentată doar prin specii generaliste și cele caracteristice habitatelor de margine.

VIII.4. Combaterea efectelor fragmentării

Problema combaterii efectelor fragmentării sistemelor naturale și seminaturale, precum și elaborarea unor strategii de conservare adecvate are mai multe aspecte, și anume:

Efectele fragmentării habitatului

descreșterea totală a suprafeței habitatului
fragmentarea habitatului în parcele izolate
pierderea selectivă a speciilor

Măsuri de combatere

creșterea efectivă a suprafeței arealului
creșterea conectivității între fragmentele de habitat
acțiuni de conservare specie-specifice

Este foarte importantă conservarea intactă, nefragmentată a zonelor rămase în regim natural prin limitarea construcției de drumuri, a defrișărilor sau a creării altor bariere suplimentare ce limitează dispersia. Aceste măsuri trebuie dublate de sporirea suprafețelor în regim natural.

Coridorul reprezintă un culoar ce conectează fragmente de habitat.

Coridoarele au un rol major în facilitarea dispersiei a numeroase specii și contribuie la reducerea impactului fragmentării. În aprecierea utilității coridoarelor existente și a oportunității refacerii sau creării de noi coridoare trebuie să se țină cont însă de avantajele și dezavantajele acestora.

VIII.5. Introducerea de specii noi

Când polinezienii au început să colonizeze insulele din Pacific și au plecat cu flotile de pirogi în necunoscut, nu au călătorit singuri. Transportau cu ei semințe, răsaduri, animale domestice și 'pasageri clandestini', ca șoareci și șobolani. Perioada marilor descoperiri geografice a fost urmată de colonizarea noilor teritorii, în principal de către europeni (cele două Americi, Australia, insulele din Pacific etc.).

Ecologie

Oamenii nu au plecat nicăieri singuri, pretutindeni au fost însoțiți de animale domestice sau de companie, dar și de o serie de specii oportuniste ca rozătoarele. De exemplu, în Noua Zeelandă din 3360 specii de plante vasculare, 1570 sunt străine, fiind aduse fie de primii coloniști maori acum 800 de ani, fie de europenii care au început să se stabilească acolo acum 200 de ani. Pe insula Tristan Da Cunha, situată în sudul Oceanului Atlantic și având o suprafață de doar 160 km², din cele 138 de specii de plante vasculare 97 sunt străine.

În cele ce urmează, vom caracteriza căile prin care oamenii au contribuit la extinderea artificială a arealului unor specii, la cauzele și motivele lor, precum și la impactul speciilor străine în noile ecosisteme.

Arealul geografic se referă la teritoriul ocupat de populațiile unei specii. Majoritatea speciilor nu au o răspândire uniformă în cadrul arealului, existând zone cu densitate mare și zone cu densitate mică.

Extinderea arealului reprezintă ocuparea unei zone prin dispersie, zonă neocupată anterior de către respectiva specie. Extinderea naturală a arealului unei specii are loc în urma dispersiei indivizilor componenți. De aceea arealul geografic al unei specii este dinamic, modificându-se permanent.

Există o deosebire clară între extinderea naturală a arealului și cea mediată de om (antropică). Dispersia și extinderea arealului sunt fenomene naturale, dinamice. Ele asigură coeziunea internă a speciei și reduc riscul extincției. Arealul unei specii este dinamic, modificându-se în funcție de variația factorilor abiotici și/sau de adaptările și schimbările suferite de indivizii respectivei specii.

Procesul de extindere a arealului este un proces natural care a apărut odată cu apariția vieții. Acesta diferă însă fundamental de cel determinat de activitățile antropice, întrucât se desfășoară la altă scară de timp.

Introducerea de specii noi de către om este un proces accelerat, ratele de introducere fiind de sute și chiar mii de ori mai mari decât cele naturale. Este greu de diferențiat între extinderea naturală a arealului unei specii și extinderea artificială. O serie de specii dispun de un potențial de dispersie foarte ridicat (insectele zburătoare, păsări, liliaci, semințele de plante anemochore, hidrochore sau zoochore etc.), de aceea populații izolate se pot stabili la distanțe mari de limita arealului. La alte specii, extinderea arealului este mult mai lentă și se realizează doar în imediata vecinătate a arealului inițial.

Dezvoltarea fără precedent a transportului rutier, feroviar și maritim, a turismului precum și mobilitatea sporită a populațiilor umane în general, oferă numeroase oportunități de transport. De aceste posibilități sporite de colonizare pot beneficia un număr mare de specii, asociate într-un fel sau altul cu omul. În prezent, se constată accelerarea și extinderea în spațiu a frecvenței introducerilor, ce tind să omogenizeze fauna și flora la nivel global. Efectele sunt dezastruoase, unul din ele fiind amplificarea ratei de extincție a speciilor native. Astfel, din 188 specii de păsări dispărute în ultimii patru sute de ani, cel puțin 55% au dispărut din cauza unor specii introduse.

Specii exotice se referă la speciile străine pătrunse într-un ecosistem. Termenul nu se limitează și nu se referă doar la specii din zone tropicale, ci se referă la orice specie nou introdusă. Termenul recomandat și utilizat în legislație este însă de **specie străină**.

O specie care își extinde arealul pe cale naturală poate fi considerată "exotică" doar pentru că pătrunde pentru prima dată într-o regiune sau țară. De exemplu, guguștiucul, câinele enot, șacalul, elanul și alte specii și-au extins arealul pe cale naturală în România. Alteori, speciile inventariate ca străine provin efectiv de pe alte continente, având arealul nativ situat la distanțe de sute sau mii de kilometri. Din păcate, speciile introduse se bucură de interes din partea specialiștilor doar dacă produc pagube economice. De aceea, prezența celor mai multe și impactul lor sunt practic nestudiate în regiunile recent colonizate. De cele mai multe ori legislațiile naționale ignoră speciile nou introduse și frecvent ele nici nu sunt enumerate în listele de specii la nivel național.

Pentru majoritatea țărilor, numărul introducerilor cunoscute variază în domeniul 100-10.000 specii. Aceste estimări reprezintă însă doar vârful icebergului, deoarece cele mai multe dintre speciile nou introduse rămân nedetectate mult timp.

S-a estimat că rata de invazie a ecosistemelor acvatice din România, începând cu secolul 19, este de o specie la fiecare 3-4 ani pentru zona litorală a Mării Negre și o specie la 4-5 ani pentru apele continentale. În total, un număr de 67 de specii străine au invadat ecosistemele acvatice din România (din care 60% sunt marine, iar 40% sunt dulcicole). De asemenea, în România au fost inventariate 112 specii și subspecii de plante lemnoase (arbori și arbuști) străine. Unele din acestea ridică deja probleme grave de mediu. De exemplu, în lunca și delta Dunării suprafețe mari de teren sunt acoperite cu *Amorpha fruticosa*, *Fraxinus pennsylvanica*, *Fraxinus americana*, precum și cu clone de plop euroamericani sau hibrizi de *Populus nigra*, ce elimină speciile autohtone.

Impactul cel mai puternic al introducerii de specii noi este observat în **insule**, fie că este vorba de insulele din Oceanul Planetar, fie că ne referim la lacurile de pe continente. Acestea conțin frecvent un procent ridicat de specii endemice. De exemplu, flora din arhipelagul Hawaii (cel mai izolat arhipelag de pe glob) conține aproximativ 1.600 specii native, cele mai multe endemice, și peste 4.000 specii introduse. Se estimează că rata de pătrundere a speciilor noi de angiosperme, în absența intervenției umane, a fost de aproximativ o specie la 100.000 ani.

După colonizarea arhipelagului de către polinezieni în secolul al IV-lea, rata medie de colonizare a ajuns la aproximativ o specie nouă la fiecare doi ani.

În prezent, rata de introducere se apropie de 4 specii/an. Estimări similare au fost realizate și pentru arhipelagul Galapagos, de o specie la 10.000 ani fără influențe antropice și de două specii pe an după prima debarcare a europenilor în 1535.

În Noua Zeelandă, sunt aproximativ 2.400 specii native de plante și peste 1.600 introduse, rata actuală de colonizare fiind estimată la o specie pe lună. În Marile Lacuri din America de Nord, doar în ultimii 150 de ani s-au stabilit peste 140 de specii noi.

Introducerile de specii noi datorate activităților antropice pot fi accidentale, atunci când o specie este transportată pasiv de om, sau deliberate. În continuare, voi caracteriza pe scurt ambele căi de introducere:

Introducerile accidentale

Din cauza diversificării conexiunilor și a ratelor de schimb între componentele sistemului social uman și între acestea și ecosferă, sunt facilitate introducerile accidentale. Măsurile de carantină și de prevenire, oricât de severe, nu pot stopa acest proces, ci pot doar să îl încetinească.

Principalele căi de introducere accidentale sunt datorate utilizării pe scară tot mai largă a containerelor în transportul de marfă, utilizării apei ca leșt pe vapoare și traficului aerian.

Introducerile deliberate

Introducerile deliberate se referă fie la specii cu valoare economică (în principal plante agricole și silvice), cinegetică (de exemplu fazanul), piscicolă (crapii chinezești, păstrăvul curcubeu) sau estetică (plante ornamentale, animale de companie, pești, plante și animale de acvariu), fie la specii de paraziți și prădători introduși pentru controlul biologic al unor dăunători. Scopul introducerilor deliberate este de obicei foarte limitat, urmărește beneficii imediate și nu ține cont de efectele pe termen lung și de posibilele efecte negative. Trebuie menționat că cea mai mare parte a hranei pe care o consumăm este furnizată de specii străine. Astfel porumbul, cartofii și roșiile provin din America Centrală și de Sud, curcanul din America de Nord, bibilica din Africa, soia și orezul din Asia etc.

Gasteropodul marin *Rapana venosa* este o specie originară din Marea Japoniei și Marea Chinei de Sud. A fost semnalat în 1947 la Novorosiisk, în URSS pentru prima dată în

Ecologie

Marea Neagră, sub denumirea greșită de *Rapana thomasiana*. Arealul său s-a extins rapid. Astfel, a fost semnalat în 1954 la Yalta și Sevastopol, iar în 1963 este semnalat pentru prima dată la litoralul românesc.

Rapana venosa are o fertilitate ridicată și practic nu are competitori în Marea Neagră. Are de asemenea o mare capacitate adaptativă față de salinitate și o mare toleranță față de apele poluate și condiții de hipoxie. De aceea a reușit să dezvolte populații extrem de numeroase, a căror biomasă totală a atins în unele zone valori de sute de tone/km².

Rapana, care se hrănește de regulă cu scoici (stridii, pectinide și midii), a distrus în scurt timp bancurile existente pe litoralul Mării Negre, modificând complet structura specifică a biocenozelor locale. Acum populațiile sale au intrat în declin, atât datorită sărăcirii resursei trofice, cât și exploatării economice.

Simplul fapt că un număr de indivizi dintr-o specie străină ajung într-un ecosistem, nu înseamnă că aceștia vor și supraviețui sau integra. Șansele lor de a stabili o nouă populație sunt în realitate foarte mici. Se pot practic întâmpla următoarele:

1. Indivizii introduși supraviețuiesc transportului, dar nu sunt adaptați pentru noul mediu de viață și **mor fără a se reproduce**. Acesta este cazul păsărilor de apartament ce provin din zone tropicale, care pot scăpa din captivitate și chiar supraviețui un timp în orașe, dar mor în cursul iernii. La fel, o serie de plante de apartament, se pot dezvolta bine în timpul verii afară, dar iarna mor dacă nu sunt păstrate în sere.
2. Indivizii pătrunși în noul ecosistem supraviețuiesc dar nu se pot reproduce. Procesul este de **aclimatizare**, iar menținerea speciei depinde de aportul de noi indivizi. Este frecvent întâlnit la plantele ornamentale din ecosistemele urbane și rurale. De exemplu, *Catalpa* este un arbore exotic, cultivat în spațiile verzi din orașe, dar care nu se poate reproduce natural. O situație similară este și în cazul lui *Ginkgo biloba*, ai cărui indivizi pot trăi zeci sau sute de ani, dar nu se pot reproduce.
3. Populația se poate menține și reproduce. Aceasta corespunde procesului de **naturalizare**.
4. Populația naturalizată își poate extinde puțin arealul iar impactul său ecologic este scăzut. În acest caz se numește **specie străină neinvazivă**. Populația își poate extinde mult arealul și poate avea un impact ecologic important. În acest caz se numește **specie străină invazivă**. Această ultimă categorie are un impact negativ major și reprezintă una din căile antropice majore de deteriorare a ecosferei.

O specie nou introdusă poate avea **efecte** diferite asupra unei biocenoze, în funcție de caracteristicile sale:

- Speciile specializate, pot **exclude prin competiție** o specie indigenă ce ocupă o nișă similară, ducând până la posibila extincție a ultimei prin excludere competitivă. De exemplu, șobolanul cenușiu asiatic, a eliminat în multe zone speciile native de rozătoare.
- Speciile generaliste, ce ocupă nișe foarte largi, pot **elimina mai multe specii indigene**, fie direct, fie indirect, prin distrugerea habitatului. De exemplu, planta acvatică numită popular ciuma apelor (*Elodea* sp.) a invadat ecosistemele acvatice europene după ce a scăpat din acvarii, eliminând speciile native de plante din ecosistemele invadate.
- O specie străină înrudită cu una sau mai multe specii native poate **hibrida** cu acestea, deteriorând genofondul speciei înrudite native. Aceasta poate conduce chiar la extincția prin hibridizare a speciei locale.

Astfel, s-a constatat că pisica sălbatică din Europa hibridizează cu pisici domestice într-o proporție îngrijorătoare, efectivul animalelor pure fiind în continuă scădere.

- Speciile invazive pot cauza **modificări majore ale habitatului**, determinând restructurarea ecosistemului invadat. De exemplu, aproximativ 1000 de specii de plante dintr-o regiune a Australiei se reproduc cu ajutorul furnicilor care le răspândesc semințele. Extinderea cu succes a arealului unei specii invadatoare de furnici, *Iridomyrmex humilis*, care nu îngroapă semințele de plante și care înlocuiește speciile native de furnici, poate

Dr. ing. Alina Agafiței

afecta structura întregii comunități de plante. Se estimează că între 12 și 25% din cele 7316 specii de plante din zonă sunt amenințate.

- Un **parazit, patogen** sau **vectorul** acestora poate afecta un număr variabil de specii gazdă, dar dacă specia gazdă afectată este o specie dominantă, implicațiile pentru ecosistem ca întreg sunt potențial catastrofale. De exemplu, agenții patogeni și paraziții copacilor pun în pericol existența întregului ecosistem când distrug specia sau speciile de copaci gazdă (*Cogălniceanu, Dan, 2007*).

BIBLIOGRAFIE

1. Adil, El, Massi – Acquis-ul de mediu al Uniunii Europene – Prezentare PERFECTLINK, Seminar Gdynia – Polonia, 2003;
2. Agafiței, Alina, Agafiței, M. – 2005 – Îndrumar de Protecția Mediului. Ed. Tehnopress, Iași, 90 p.;
3. Agafiței, Alina, Agafiței, M. – 2004 - Aspecte privind impactul eutrofizării lacurilor de acumulare Ciric I, II și III din jud. Iași asupra mediului înconjurător. Conferința Internațională “Monitorizarea dezastrelor și poluării”, IC DPM 1, Facultatea de Hidrotehnică, Iași, 18-20.11. 04, Ed. Performantica, ISBN 973-730-004-1, p. 151-160;
4. Agafiței, M., Agafiței (Nistor) Alina, Gabor, V. – 2002 - Măsuri de prevenire și control ale procesului de eutrofizare a apei lacurilor, Lucr. Simpoz. U.S.A.M.V., București, F.I.F.I.M., 17-18 mai, p. 307 – 312, ISBN 973-648-020-8;
5. Agafiței (Nistor), Alina – 2000-2002 – Grant AT nr. 6177, tema B 31: Contribuții la studiul procesului de eutrofizare a lacurilor colinare din zona Podișului Central Moldovenesc. Măsuri de prevenire și combatere. Iași;
6. Agafiței (Nistor), Alina, Marcoie N., Agafiței M. – 2000 - Eutrofizarea în lacurile de acumulare – proces de pierdere a calității apei, Simpozionul “50 de ani de învățământ energetic, București, Facultatea de Energetică, 9-10 nov.;
7. Agafiței (Nistor), Alina, Agafiței M., Marcoie N. – 2000 - Caracterizarea calității apei râului Prut pe grupe de indicatori, Simpozionul Facultății de Agronomie, Iași, 25-26 oct.;
8. Agafiței (Nistor), Alina, Marcoie N., Agafiței M. - 2000 - Tipuri de modele matematice pentru înțelegerea și controlul fenomenului de eutrofizare a apei lacurilor, Simpozionul Facultății de Agronomie, Iași, 25-26 oct.;
9. Agafiței (Nistor), Alina, Agafiței M., Marcoie N., Albescu, S. – 2000 - Impactul poluării asupra complexului de lacuri Ciric I și II din jud. Iași, Simpozionul Facultății de Horticultură, Iași, 19 mai;
10. Agafiței (Nistor), Alina, Agafiței M., Marcoie N., Albescu, S. – 2000 - Posibilități de prevenire și control ale fenomenului de eutrofizare a apei lacurilor, Simpozionul Facultății de Horticultură, Iași, 19 mai;
11. Agafiței (Nistor), Alina, Agafiței M., Marcoie N., Gabor V., - 2000 - Factors and processes affecting the degree of eutrophication. Bul. I.P.I., tom XLVI (L), fasc. 1-4, Hidrotehnică, p. 73-83;
12. Agafiței (Nistor), Alina, Agafiței, M., Gabor, V. – 2002 - Contribuții la studiul procesului de eutrofizare în Podișul Central Moldovenesc, Lucr. Simpoz. U.S.A.M.V., București, F.I.F.I.M., 17-18 mai, p. 313 – 318, ISBN 973-648-020-8;

13. Agafiței (Nistor), Alina, Cojocaru, I. – 1998 - Eutrofizarea – proces grav de pierdere a calității apei din lacuri. Lucr. Simpozionului Facultății de Geografie, iunie, Pașcani, Iași;
14. Agafiței, Alina, Macoveanu, Matei – 2006 – Contributions to Control of the Eutrophication Process for “Izvoru Muntelui” Storage Lake Water”. Buletin U.T.I., tom XLVI (LI), fasc. 1-4, Hidrotehnică, martie;
15. Agafiței, Alina – 2006 - Teză de Doctorat: “Contribuții la studiul eutrofizării lacurilor de acumulare”, Iași;
16. Agafiței, Alina, Comisu, Oana, Agafiței, M. – 2010 - Eutrofizarea apei lacurilor de acumulare. Ed. PIM, Iași, ISBN 978-606-13-0033-4;
17. Alexandrescu, Ov., Chiriac, C. – 2001 - Teoria sistemelor. Ed. SAM-SON’S, p. 27-38, Iași;
18. Aller, L., T. Bennett, J.H. Lehr, R.J. Petty, and G. Hackett. 1987. DRASTIC: A Standardized System for Evaluating Ground Water Pollution Potential Using Hydrogeologic Settings. Prepared for U.S. EPA, Office of Research and Development, Ada, OK. National Water Well Association, Dublin, OH. EPA-600/2-87-035;
19. Angelescu, Anca, Ponoran, Ileana, Ciobotaru, Virginia – 1999 – Mediul ambiant și dezvoltarea durabilă. Ed. ASE, București;
20. Apetroaiei, N. – 2003 – Cercetări ecologice asupra lacului de baraj Izvoru Muntelui – Bicaz. Grant CNCISIS 1326/2003;
21. Apostol, T. – 2000 – Strategia și legislația României de protecție a mediului. Ed. AGIR, AC-JEP-13076-98, București;
22. Atanasiu, Lucian, Lucia, Ploescu - 1988 – Fotosinteza sau cum transforma plantele lumina soarelui. Ed. Albatros, Bucuresti
23. Axinte, Stela, Agafiței (Stanciu), Alina, Chiriac, C. – 2003 - Îndrumar Practic de Ecologie, Ed. SAM-SON’S, Piatra-Neamț;
24. Axinte, Stela, Agafiței, Alina, Chiriac, C. – 2004 - Ecosisteme agricole convenționale și sustenabile. Ed. Politehniun, Iași, 345 p., ISBN 973-621-093-6;
25. Axinte, Stela, Balasanian, I., Teodosiu, Carmen, Cojocaru, I. – 2003 - Ecologie și protecția mediului. Ed. ECOZONE, Iași, 168 p.;
26. Ayphassorho, H. – 1990 – Devenir et impact des nutriments dans les milieux aquatique. Informations Technique du CEMAGREF, sept., nr. 79, note 4, Franța;
27. Balla, Monica - 2000 – Studiul de impact asupra mediului înconjurător al amenajării hidroenergetice Bistra – Poiana Mărului Ruienii – Poiana Ruscă. Al 2-lea Simpozion Ecologic ECOTIM, C.J. Timiș, p. 106-111;
28. Barnea, M. și colab. – 1973 - Efectele biologice ale poluării mediului. Ed. Academiei, București;
29. Barnea, M., Papadopol, C. – 1975 – Poluarea și protecția mediului. Ed. Științifică și Enciclopedică, București;
30. Baron, V. – 2001 – Practica managementului de mediu. ISO 14001. Ed. Tehnică, București;

31. Bathley, P. ș.a. – 2002 – Managing nutrients in floodplain wetlands and shadow lakes. River and riparian land management technical guideline update, no. 2, iulie, Monash University and Victorian University of Technology, Land and Water, Australia;
32. Bellinger, E.G. – 1995 – Eutrophication. Lecture Handouts, Central European University, Budapesta;
33. Berar, U. și colab. – 1983 - Modele matematice pentru combaterea eroziunii solului, Ed. Junimea, Iași;
34. Berca, M. – 1998 – Teoria gestiunii mediului și a resurselor naturale. Ed. Grand, București;
35. Berca, M. – 2000 – Ecologie generală și protecția mediului. Ed. CERES, 436 p., București;
36. Bica, I. – 1998 – Poluarea acviferelor: tehnici de remediere. Ed. HGA, București;
37. Bica, I. – 2002 – Protecția mediului – politici și instrumente. Grant nr. 25444/1999, CNCSIS, Ed. H*G*A*, București, 269 p.;
38. Bonnefous, Ed. – 1976 – Omul sau Natura. Ed. Politică. Colecția “Idei Contemporane”, trad. din lb. franceză, Paris;
39. Bonnet, M. P. – 1998 - Fonctionnement d'un écosystème lacustre: Modélisation des successions planctoniques de la retenue de Vilerest (Loire, France). E.N.S.M.P Mémoires des sciences de la terre, no. 35;
40. Boumnich L., Dauta A., Davaux J. & Romagoux J. C. – 1990 - Influence de la temperature et de la lumiere sur la croissance de 4 especes d'algues d'un lac eutrophe (lac Aydat Puy de Dome, France). Annual Limnology, no. 26, 340 p.;
41. Bran, Florina – 1997; 1998; 2001 – Probleme ecologice și riscuri economice. Ed. ASE, București;
42. Bran, Florina, Dincu, I. – 1998 – Ecologie generală și protecția mediului. Ed. ASE, București;
43. Bran, Florina, Nedelcu, Monica – Viorica – 1996 – Poluarea – protecția și legislația de mediu. Ed. ASE, București;
44. Brown, R.L. – 1998 – Probleme globale ale omenirii. Ed. Tehnică, București;
45. Castagnino, W., A. – 1982 - Investigarea modelelor simplificate de eutrofizare în lacurile tropicale. Organizația panamericană de sănătate (OPS), Centrul panamerican de inginerie sanitară și al științelor mediului (CEPIS);
46. Căraș, I.D. – 1986 – Orientări actuale în prevenirea și combaterea eutrofizării lacurilor. Lucr. Stațiunii de Cercetare “Stejarul”, 5648, Pângărați, Neamț;
47. Căraș, I.D. – 1986 – Înflorirea apei – consecințe ecologice și posibilități de limitare a fenomenului. Lucr. Simpozion Galați, sept.;
48. Cupsa, Diana – 2006 – Ecologie – Note de curs;
49. Chappelle, A. – 1990 - Modelarea eutrofizării golfului Vilaine și a fenomenelor de anoxie asociate. La Houille Blanche, nr. 3/4, p. 243-249, Franța;

50. Chapra, S.C., Tarapchak, I. – 1982 - A chlorophyll “a” model and its relationship to phosphorus loading plots for lakes. *Water Resources Research*, 12:6:1260-1264;
51. Cherata, Sanda, Pop, Liana – 2001 – Glosar poliglot al legislației mediului. Ed. Echinox, Cluj – Napoca;
52. Chifu, T., Murariu, Alexandrina – 1999 – Bazele protecției mediului înconjurător. Ed. Universității “Al.I. Cuza” Iași;
53. Chincea, I. ș.a. – 1991 – Aspecte ale impactului sistemului hidrotehnic asupra mediului înconjurător în județul Caraș Severin;
54. Chiriac, V., Filotti, A., Teodorescu, I. – 1976 - Lacuri de acumulare. Ed. Ceres, București;
55. Clipea, I.L., Clipea, Al. – 1978 - Poluarea mediului ambiant. Ed. Tehnică București;
56. Coenen, R. – 1992 – Environmental impact assesment in the member countries of EC. *Wordletter, Environmental Impact Assesment, July-August 1988*, reprodus în *Etudes d’impact sur l’environnement*, publ. CEPT, 14-18 dec., București;
57. Cogalniceanu, Dan – *Ecologie si protectia mediului – 2007*;
58. Cojocaru, I. – 1995 - Surse, procese și produse de poluare. Ed. Junimea, Iași;
59. Cojocaru, I., **Agafiței (Nistor), Alina**, Marcoie, N. – 1998 - Asupra surselor procesului de eutrofizare a lacurilor de acumulare colinare cu folosință complexă, Simpozionul Universității Agronomice, seria “Agronomie”, vol. 41, Iași, 22-23 oct., p. 342-350;
60. Cottereau, C. – 1988 - Leçons tirées de l’aménagement du Rhone sur l’hydrobiologie, la qualité de l’eau et le débit solide. Seizième Congrès des Grands Barrages, San Francisco;
61. Cowen, W.H., Lee, G.F. – 1973 – Leaves as sources of phosphorus. *Environmental Science and Technology*, nr. 9, p. 853-854, sept.;
62. Cristea, Lidia – 2000 – *Ecologie și protecția mediului*. Ed. ERA, București;
63. Cristea, V. ș.a. – 1996 – Ocrotirea naturii și protecția mediului în România, Presa Universitară Clujeană, Cluj;
64. Cușa, V. – 1995 - Analiza bacteriologică a sedimentelor, indicator de poluare a apei pe termen lung. *Revista “Hidrotehnica”*, București, nr. 6;
65. Dan Elena – *Ecologie – Curs Univesitar – 2001*
66. Dăduianu – Vasilescu, Iolanda – 1994 – *Protecția mediului înconjurător*. C.I.D.E., București;
67. Dăescu, Vasilica – 1995 – Eliminarea prin adsorbție a poluanților organici din sursele de apă. Teză de Doctorat, UPB, București;
68. de Azevedo, L. ș.a. – 2000 - Integration of water quantity and quality in strategic river basin planning. *Journal of Water Resources Planning and Management* 126, 85-97, (EAWAG News);
69. Degrémont, G. – 1991 – *Mémento technique de l’eau*. Paris;
70. Deraieme, Sylvie – 1993 – *Economie et Environnement*, Bruxelles, Marabont; Le Monde Editions;

71. Diaconu, Gheorghia, Rojanschi, Vl., Bran, Florina – 2001 – Protecția și ingineria mediului, Ed. Economică, București;
72. Diaconu, S. – 1998 - Cursuri de apă. Amenajare, Impact, Reabilitare. Ed. H*G*A*, București;
73. Dumitran, Gabriela – Elena – 1996 – Model ecologic privind prevederea calității apei din lacuri. U.P.B., 11 p.;
74. Dumescu, Fl. – 1998 – Legi și acte normative privind protecția mediului înconjurător. Ed. Servo-Sat, Arad;
75. Dussart, B. – 1966 – Limnologie – l'étude des eaux continentales. Gauthier-Villars, Franța;
76. Duțu, M. – 1999 – Ecologie: filosofia naturală a vieții. Ed. Economică, București;
77. Eilers P., Peeters J. – 1988 - A model for the relationship between light intensity and the rate of photosynthesis in phytoplankton. Ecological Modelling, no. 42, p. 199 – 205;
78. Filip, C. – 2002 – Protecția mediului. Ed. MATRIX ROM, București;
79. Fitiu, Avram – 2012 - Ecologie si protectia mediului;
80. Florescu, M.A. – 1983 - Indici de eutrofizare ai unor lacuri naturale și artificiale din România. Teză de Doctorat, București;
81. Florescu, Gabriela – 2000 – Informatica de mediu. Ed. HGA, București;
82. Frăsinel, N., Verdeș, Doina – 1997 – Ecologie umană, Ed. Mirton, Timișoara;
83. Ghederim, V. – 1995 – Legislația comunitară în domeniul mediului. Revista “Mediul Înconjurător”, vol. VI, nr. 2, București;
84. Gemaehling, C. – 1985 – Etude des conséquences de la protection de l'environnement sur la conceptions et l'exploitation des aménagements hydro-électrique. Union international des producteurs et distributeurs d'énergie électrique. Congres, Atena, 9-14 iunie;
85. Giurma, I. – 1997 – Colmatarea lacurilor de acumulare. Ed. H*G*A*, București;
86. Glasson, J. – 1994 – Introduction to Environmental Impact Assesment. Therivel, R., UCL Press Ltd., Londra;
87. Gobjilă, W. – 1985 – Folosirea apelor uzate în agricultură. Ed. Ceres, București;
88. Goldsborough, L.G. & Robinson, G.G.C. – 1996 - Pattern in wetlands. Algal Ecology. Freshwater Benthic Ecosystems, R.J. Stevenson, M.L. Bothwell & R.L. Lowe (eds), Academic Press, San Diego, CA, p. 77–117.
89. Gose, P. – 1990 - Modelarea calității apelor marilor cursuri de apă; eutrofizarea – cazul râurilor Moselle și Doubs. La Houille Blanche, nr. 3/4, p. 187-195, Franța;
90. Grădinaru, I. – 2000 – Protecția mediului, Ed. Economică, București;
91. Gujer, W., Kappeler, J. – 1992 - Modelling population dynamics in activated sludge systems. Water Sci. Tech., vol. 25, no 6, 93-103;
92. Henry, J.P., Monition, L. – 1986 - Petite hydraulique et protection de l'environnement. La Houille Blanche, no 1-2, Franța;

93. Henze, M. ș.a. – 1995 - Wastewater and biomass characterization for the activated sludge model no. 2: biological phosphorus removal. Water Sci. Tech. Vol 31, no 2, 13-23;
94. Hertig, J.A. – 1999 – Etudes d’impact sur l’environnement. Presses Polytechniques et Universitaires romandes, Lausanne;
95. Hutten, M., Louis, C.B. – 1991 – Manual de aplicare în practică a unui program de protecție a mediului înconjurător, programarea implementării. Regional Environmental Center and Eastern Europe;
96. Iacobescu, M., Brehoiu, Adriana – 1995 – Ghid metodologic pentru elaborarea studiilor de impact asupra mediului, Vol. I, București;
97. Ianculescu, Speranța – 1992 – Pollution de l’environnement en Roumanie. Seminarul “Studii de Impact de Mediu”, 14-18 dec., București;
98. Ionescu, Al. – 1973 – Efectele biologice ale poluării mediului ambiant. Ed. Academiei, București;
99. Ionescu, Al., Enăsoae P. ș.a. – 1984 – Ecologie și protecția ecosistemelor. București;
100. Ionescu, Al., Bobeica, V. – 1994 – Un glob fragil de lut: probleme legate de poluare și protecția mediului înconjurător, Ed. Știința, Chișinău;
101. Ionescu, C., Manoliu, M. – 2000 - Politica și legislația europeană a mediului. Ed. H*G*A*, București;
102. Ionescu, Șt. – 2001 – Impactul amenajărilor hidrotehnice asupra mediului. Ed. H*G*A*, București;
103. Ionescu – Vasilache, Gh. – 1998 – Protection de l’environnement. Ed. Cermi, Iași;
104. Ionuț, Carmen ș.a. – 1998 – Aplicații practice în sănătatea mediului. Ed. Medicală Universitară “Iuliu Hațieganu”, Cluj – Napoca;
105. Iozon, Doina – 1994 – Ghid de lucrări practice în ecologie și protecția mediului. USAMV, Cluj – Napoca;
106. Jaffe, P., R. – 1998 - Tropical eutrophic lake modelling and parameter discrimination. Water Res. Bul., vol. 24, nr. 3, 585-592, iunie;
107. Jeleu, I. – 1992 – Analyses des impacts sur l’environnement. Seminarul “Studii de Impact de Mediu”, 14-18 dec., București;
108. Kappeler, J., Gujer, W. – 1994 - Development of a mathematical model for “aerobic bulking”. Water Res., vol. 28, no. 2, 303-310;
109. Kenney, B.C. – 1990 – Dynamique du phosphore dans les systemes lacustres. Rapport nr. 45 al INRH, studiul 182, p. 1-21, Canada;
110. Krebs, P. – 1995 - Succes and shortcomings of clarifier modelling. Water Sci. Tech. Vol. 31, no. 2, 181-191;
111. Lazăr, V., Năstase, A. – 2001 – Factori poluanți. Ed. M.J.M., Craiova;
112. Lăcătușu, R. ș.a. – 2000 – Protecția mediului în agricultură. Vol. I și II, Ed. Helicon, Timișoara;

113. Lee, N. – 1992 – An overview of methods of environmental impact assessment. Wordletter, Environmental Impact Assessment, sept.-oct. 1988, reproduc în “Studii de Impact de Mediu”, 14-18 dec., București;
114. Lee, N., Walsh, F. – 1995 – Strategic environmental assessment: an overview. Project Appraisal, Beech Tree Publishing;
115. Leinster, P. – Eutrophication. Environmental Protection Agency, USA, 32 p.;
116. Leith, J.A. ș.a. – 1995 – Planet earth: problems and prospects. Mc Gill – Queen’s University Press, Buffalo, Kingston, London, Montreal;
117. Leu, D., Logigan, I., **Agafiței (Nistor), Alina** – 1998 - Tehnologii de tratare a apei, Rotaprint, Iași, nov., 174p.;
118. Lilin, C. – 1992 – La participation du public aux decisions d’aménagement. Seminarul “Studii de Impact de Mediu”, 14-18 dec., București;
119. Lilin, C. – 1992 – Les etudes d’impact sur l’environnement, points clés. Seminarul “Studii de Impact de Mediu”, 14-18 dec., București;
120. Lindahl, K. – 1994 – Population, economic development and the environment. Oxford University Press;
121. Lindhal, K.C. – 1972 – Conservation for Survival. An Ecological Strategy. New York;
122. Lupu, Mihaela – Luminița – 2002 – Evaluarea proiectelor de protecția mediului. Ed. “Gh. Asachi”, 195 p., Iași;
123. Macoveanu, M. – 2003 – Metode și tehnici de evaluare a impactului ecologic. Ed. ECOZONE, Iași, 241 p.;
124. Madear, G., Brândușan, Camelia – 2002 - Anticiparea și evaluarea impactului asupra mediului. Universitatea din Petroșani, 6 p.;
125. Maican, A., Halmaghi, Elisabeta – 1999 – Ecologie și protecție a mediului: culegere de lecții. Ed. Academiei Trupelor de Uscat “N. Bălcescu”, Sibiu;
126. Malavoi, J.R. ș.a. – 1991 – Approche typologique de l’impact des aménagements de riviere sur les habitats piscicoles en vue de l’application de l’article L232-2 du Code Rural. Convention CEMAGREF-DPN nr. 90-253, decembrie, Franța;
127. Manoliu, M., Ionescu, C. – 1998 - Dezvoltarea durabilă și protecția mediului. Ed. H*G*A*, București;
128. Marton, Al. – 1995 - The eutrophication of fishponds in Romania: causes, consequences and prevention. Simpozion, Facultatea de Hidrotehnică, Timișoara;
129. Masson, M., Segurier, J. – 1987 – Environnement et aménagement d’un cour d’eau mediterraneen, etude de cas les Gardons. Centre d’etudes technique de l’équipement mediterraneen département Aménagement Construction Environnement;
130. Matei, A. – 2000 – Chimia mediului. Ed. Universitas, Petroșani;
131. Mărculescu, R. – 1981 – Prognoza eutrofizării ecosistemelor acvatice. Lucrările Conferinței de Ecologie, mai, Constanța;
132. Mihacea, D. – 2000 – Chimia mediului. Îndrumător de lucrări practice. Ed. Eurobit, Timișoara;

133. Minea, Maria – Corina ș.a. – 1996 – Chimia sanitară a mediului. Îndrumător de lucrări practice. Ed. Mirton, Timișoara;
134. Minea, Maria – Elena - Protecția mediului – 2010;
135. Mircea, Adriana – Mirela, Mircea, S. – 2002 - Scurt istoric privind evoluția lucrărilor de gospodărire a apelor. Programul Ecolinks, Ambasada SUA și FIFIM, USAMV București, 6p.;
136. Mohan, Gh., Ardelean, A. – 1993 - Ecologie și protecția mediului. Ed. Scaiul, București;
137. Morris, P. – 1995 – Methods of Environmental Impact Assessment. Therivel, R., UCL Press Ltd., Londra;
138. Moss, B. – 1998 – Shallow lakes, biomanipulation and eutrophication. Scope newsletter, vol. 29, Australia, p. 1-44;
139. Munteanu, Constantin, s.a. – 2011 – Ecologie și protecția calității mediului, Ed. Balneara;
140. Neacșu, P. – 1984, 1986 – Ecologie și protecția mediului. Vol. I și II, Universitatea București;
141. Nebel, B.J. – 1981 – Environmental Science – the way the world works. Ed. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J. 07632, 715 p.;
142. Nechifor, Gh. ș.a. – 2000 - Metode analitice în monitorizarea calității mediului, Ed. Ars Docendi, București;
143. Negulescu, M. ș.a. – 1982 – Protecția calității apelor. E.D.P., București;
144. Negulescu, M. ș.a. – 1995 – Protecția Mediului Înconjurător. Ed. Tehnică, București;
145. Niac, G., Neacșu, H. – 1998 – Chimie ecologică. Ed. Dacia, Cluj – Napoca;
146. Nicolescu, Carmen - 1996 – Ecologie și protecția mediului. Ed. Macarie, Târgoviște;
147. Oltean, M. – 1977 - În legătură cu aprecierea gradului de troficitate al apelor stagnante pe baza structurii fitoplanctonului. Hidrobiologia, nr. 15, p. 97-102;
148. Oprea, C.V., Lupei, N. – 1990 – Echilibre și dezechilibre în biosferă. Ed. Facla, Craiova;
149. Partin, Zoe, Rădulescu, Melania – Cristina – 1995 – Dicționar Ecologic. Ed. Garamond, 118 p., Cluj-Napoca;
150. Păraușanu, V., Panorau, Ileana – 1997 – Economia mediului. Ed. Rev., Ed. Sylvi, București;
151. Pătroescu, C., Gănescu, I. – 1980 – Analiza Apelor. Ed. “Scrisul Românesc”, Craiova;
152. Phelippot, S. – 1995 - Documents de l’Association Francaise pour l’Etude des Eaux, Franța;
153. Platon, V. – 1997 – Protecția mediului și dezvoltarea economică: instituții și mecanisme în perioada de tranziție. Ed. Didactică și Pedagogică, București;
154. Popa, R. – 1998 - Modelarea calității apei din râuri. Editura H*G*A*, București;

155. Popovici, Eveline – 1998 – Studiul mediului înconjurător: dimensiuni europene. Ed. Universității “Al.I. Cuza” Iași;
156. Pourriot R. & Meybeck M. – 1995 - Limnologie générale. Collection d'écologie no. 25, 976 p, Masson;
157. Puia, I. ș.a. – 1999 – Elemente de ecologie umană, “Vasile Goldiș” University Press, Arad;
158. Pumnea, C., Grigoriu, G. – 1994 – Protecția mediului ambiant. Ed. Didactică și Pedagogică R.A., 139 p., București;
159. Rabut, G., Rîșteiu, M. – 1998 – Legislația și organizarea protecției mediului, Ed. Universitas, Petroșani;
160. Rafiroiu, M. – 1982 - Modele de simulare în construcții. Ed. Facla, Timișoara;
161. Rau, J.G. – 1980 – Environmental Impact Analysis Handbook. McGraw-Wooten, D.C. Hill Book Company, New York;
162. Rădulescu, D., Tebeica, C. – 1982 - Universul apei. Ed. Tehnică și Enciclopedică, București;
163. Rădulescu, Hortensia – 2001 – Poluare și tehnici de depoluare a mediului. Ed. Eurobit, Timișoara;
164. Reichert, P ș.a. – 1995 - The use of AQUASIM for estimating parameters of activated sludge models. Water Sci. Tech., vol. 31, no 2, 135-147;
165. Reichert, P. ș.a. – 2001 - River Quality Model no. 1 (RWQM1): II. Biochemical process equations. Water Sci. tech. Vol. 43, no 5, 11-30;
166. Roberts, N. – 2000 – Modificarea mediului înconjurător global, trad., ALL Educational, București;
167. Rojanschi, Vl. ș.a. – 1997 – Protecția și ingineria mediului. Ed. Economică, București;
168. Rossi, G. – 1991 - Modele matematice pentru studierea gradului de poluare a unui lac. Brussels – Luxembourg;
169. Ryding, S.O., Rast, W – 1989 - The control of eutrophication of lakes and reservoirs. Paris, vol. I, UNESCO;
170. Safta, R.G. – 1998 – Impactul amenajărilor hidrotehnice asupra mediului. Teză de Doctorat, Universitatea Tehnică de Construcții, București;
171. Salas, H.J., Limon, G. – 1982 - Actes de la troisieme Reunion du projet regional concernant l'eutrophisation des lacs tropicaux. Organisation panamericaine de la sante (OPS), Centrul panamerican de inginerie sanitară și al științelor mediului, (CEPIS);
172. Saleçon MJ. & Thébault J M. – 1998 - Modélisation d'écosystème lacustre – Application à la retenue de Pareloup (Aveyron). Collection d'écologie, 300 p., Masson;
173. Sbiera, B. ș.a. – 1995 - Unele aspecte asupra fenomenului de eutrofizare a acumulării Podu Iloaiei Iași. Revista “Hidrotehnica”, nr. 6, 40;
174. Scheffer, M. – 1998 – Ecology of Shallow Lakes. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, Chapman and Hall, London, 357 p.;

175. Scheffer, M., Carpenter, S., Foley, J.A., Folke, C. & Walker, B. – 2001 - Catastrophic shifts in ecosystems, *Nature*, vol. 413, p. 591–96;
176. Schiavon, M. ș.a. – 1995 – La pollution de l’eau par les produits phytosanitaires, tat et origine. Ed. Elsevier/INRA, Paris;
177. Schramm, G., Warford, J.J. – 1989 – Environmental management and economic development, Baltimore: Johns Hopkins University Press, London, Published for the World Bank, Anglia;
178. Sharpley, A. N. ș.a. – 1999 – Agricultural Phosphorus and Eutrophication. U.S. Dept. of Agriculture, Agricultural Research Service, iulie, ARS-149, 37 p.;
179. Sima, Cristiana ș.a. – 2000 – Ecologie și protecția mediului înconjurător, Ed. Independența Economică, Pitești;
180. Sima, Cristiana, Marin, Gh. – 1999 – Ecologie și protecția mediului. Ed. Independența Economică, Pitești;
181. Stugren, B. – 1975 – Ecologie generală. Ed. Didactică și Pedagogică, București;
182. Stugren, B. – 1982 – Probleme moderne de ecologie. Ed. Științifică și Enciclopedică, București, 423 p.;
183. Stugren, B. – 1982 – Bazele ecologiei generale. Ed. Științifică și Enciclopedică, București;
184. Stugren, B. – 1994 – Ecologia Teoretică. Ed. Sarmis, București;
185. Surpățeanu, Mioara – 1999 – Chimia mediului. Tipografia U.T. “Gh. Asachi” Iași, 325 p., Iași;
186. Suzuki, J., Ueta, K., Mori, S. – 1996 – Global environmental security: from protection to prevention, Berlin, Heidelberg, New York: Springer – Verlag;
187. Șchiopu, D. – 1997 – Ecologie și protecția mediului. Ed. Didactică și Pedagogică, București;
188. Tania, R. – 2004 – Educația de mediu, Curs BENA, București;
189. Teodosiu, Carmen – 2001 – Tehnologia apei potabile și industriale. Ed. MATRIX, București;
190. Teușdea, V. – 1998 – Protecția mediului. Ed. Fundația “România de Mâine”, București;
191. Tomescu, Razvan – Legislatia de mediu – Curs BENA , Bucuresti, 2004;
192. Tufescu, V., Tufescu, M. – 1981 - Ecologia și activitatea umană. Ed. Albatros, București;
193. Turlin, M., Lilin, C. – 1992 – Les etudes d’impact sur l’environnement, l’experience française. Seminarul “Studii de Impact de Mediu”, 14-18 dec., București;
194. Varduca, A. – 1997 - Hidrochimie și poluarea chimică a apelor. TEMPUS, Ed. H*G*A* București, 140 p.;
195. Varduca, A. – 1998 – Monitoringul integrat al calității apelor. Ed. H*G*A*, București;
196. Vespremeanu, E. Em. – 1981 – Mediul înconjurător, ocrotirea și conservarea lui. Ed. Științifică și Enciclopedică, București, 119 p.;

197. Vișan, S., Crețu, S., Alpopi, C. – 1998 – Mediul înconjurător. Poluare și protecție. Ed. Economică, București;
198. Vlaicu, Brigitha – 1998 – Igiena și ecologia mediului. Ed. Eurobit, Timișoara;
199. Vlaicu, I. – 1998 – Ecologie aplicată. Ed. Mirton, Timișoara
200. Vollenweider, R.A. – 1970 – Scientific fundamentals of the eutrophication of lakes and flowing waters with particular reference to nitrogen and phosphorus as factors in eutrophication. OCDE, Paris, Technical Raport no DAS/CSI/68.27;
201. Wanner, O. – Modelling of biofilms. OPA, vol. 10(1-3), 31-41, 1996;
202. Wasson, J.G. – 1992 - Les orientations fondamentales par bassin: propositions pour une gestion intégrée des écosystemes d'eau courante. CEMAGREF – Lyon, oct., Franța;
203. Wehril, B. ș.a. – 1997 - Decreasing Eutrophication in Swiss Lakes. EAWAG news, 42E, iulie, Dubendorf, Switzerland.
204. Wild, R. ș.a. – 1994 - Synthesis of denitrification enzymes in activated sludge: modeling with structured biomass. Water Sci. Tech. Vol. 30, no. 6, 113-122;
205. Zamfir, Gh. – 1974 – Poluarea mediului ambient. Vol. I, II, Ed. Junimea, Iași;
206. Zamfirache, Maria – Magdalena, Olteanu, Zenovia, Murariu, Alexandrina, Stratu, Anișoara – 1997 – Bazele protecției mediului înconjurător. Caiet de lucrări practice. Ed. Universității “Al. I. Cuza”, Iași, 230 p.;
207. *** INFOTERRA – 2000 - Gospodărirea apelor. Buletin de documentare, București, 40 p.;
208. *** INFOTERRA – 2001 – Evaluarea impactului asupra mediului. Buletin de documentare, București, 47 p.;
209. *** INFOTERRA – 1999 – Managementul mediului. Buletin de informare, București, 37 p.;
210. *** INFOTERRA – 2000 – Managementul mediului. Buletin de informare, București, 36 p.;
211. *** INFOTERRA – 2001 – Culegere de convenții internaționale în domeniul mediului. Vol. II, București, 101 p.;
212. *** - 2002, 2003 – Raport privind Starea Mediului în România. Ministerul Apelor și Protecției Mediului. București, 240 p.;
213. *** - 2003 – Evaluarea impactului asupra mediului – drumul României către cea mai bună practică Europeană. Proiect finanțat de U.E., 20 p.;
214. *** - 1999 – 2003 - Colecția Revistei “Journal of Environmental Monitoring”;
215. STAS 7312-83. Ape de suprafață și ape uzate. Determinarea azotului;
216. STAS 10064-75. Ape de suprafață. Determinarea fosfaților;
217. STAS 3001-91. Apa. Analiză bacteriologică;
218. STAS 6536-87. Apă potabilă. Determinarea conținutului de oxigen dizolvat în apă;
219. *** - 1989 - Atlas Geografic R.S.R.;

220. *** - 2010 – Dezvoltarea Durabila – Istoria conceptului, abordarea globala si europeana, indicatori de evaluare;

<http://www.ga.water.usgs.gov>;

<http://www.ppnatura.org>;

<http://aquadoc.rowater.ro>;

<http://www.cchr.ro>;

<http://www.remat.ro>;

<http://www.apmbm.ro>;

<http://www.infoeuropa.ro>;

<http://www.landwaterwool.gov.au>;

<http://www.salvaeco.org>;

<http://www.life-assure.inmh.ro>;

<http://www.cier.ro>;

<http://www.anaconda.ro/Media-E-zines/e-Zine.htm>.