

**TECHNICKÁ UNIVERZITA VO ZVOLENE  
LESNÍCKA FAKULTA**



**Eva Križová, Rudolf Kropil, Juraj Nič**

## **ZÁKLADY EKOLÓGIE**

**2007**

**TECHNICKÁ UNIVERZITA VO ZVOLENE  
LESNÍCKA FAKULTA**



**Eva Križová, Rudolf Kropil, Juraj Nič**

## **ZÁKLADY EKOLÓGIE**

**2007**



© doc. Ing. Eva Križová, PhD., prof. Ing. Rudolf Kropil, CSc., doc. Ing. Juraj Nič, CSc.

Recenzenti: doc. Ing. Aladár Randík, DrSc.  
prof. RNDr. Oľga Kontrišová, CSc.

Schválené: Rektorom Technickej univerzity vo Zvolene dňa 6. 2. 2006, číslo EP 36/2006  
ako skriptá pre LF – študijné programy: Lesníctvo, Aplikovaná zoológia  
a poľovníctvo.

ISBN 978-80-228-1756-1



# OBSAH

|                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>1. ÚVOD</b>                                                                    |    |
| (doc. Ing. Eva Križová, PhD).....                                                 | 5  |
| <b>2. PROSTREDIE A JEHO CHARAKTERISTIKY</b>                                       |    |
| (doc. Ing. Eva Križová, PhD) .....                                                | 9  |
| 2.1. ZLOŽKY PROSTREDIA – FAKTORY.....                                             | 11 |
| <b>3. ORGANIZMUS, JEDINEC</b>                                                     |    |
| (doc. Ing. Eva Križová, PhD., prof. Ing. Rudolf Kropil, CSc.).....                | 13 |
| 3.1. PODMIENKY EXISTENCIE ORGANIZMOV,<br>ZÁKLADNÉ EKOLOGICKÉ ZÁKONY .....         | 14 |
| 3.2. ADAPTÁCIE ORGANIZMOV .....                                                   | 18 |
| 3.2.1. ORGANIZMY A ICH VZŤAHY A ADAPTÁCIA K ZÁKLADNÝM<br>EKOLOGICKÝM FAKTORM..... | 21 |
| 3.2.1.1. ŽIARENIE (SVETLO) A RASTLINY .....                                       | 21 |
| 3.2.1.2. SVETLO A ŽIVOČÍCHY .....                                                 | 22 |
| 3.2.1.3. TEPLOTA A RASTLINY .....                                                 | 24 |
| 3.2.1.4. TEPLOTA A ŽIVOČÍCHY .....                                                | 25 |
| 3.2.1.5. VODA A RASTLINY .....                                                    | 27 |
| 3.2.1.6. VODA A ŽIVOČÍCHY.....                                                    | 30 |
| 3.2.1.7. VZDUCH A RASTLINY .....                                                  | 32 |
| 3.2.1.8. VZDUCH A ŽIVOČÍCHY .....                                                 | 32 |
| 3.2.1.9. RASTLINY A VLASTNOSTI PÔD .....                                          | 33 |
| 3.3. EKOLOGICKÉ SKUPINY RASTLINNÝCH DRUHOV .....                                  | 37 |
| (doc. Ing. Juraj Nič, CSc.).....                                                  | 37 |
| 3.3.1. FYTOINDIKÁCIA .....                                                        | 37 |
| 3.3.2. EKOLOGICKÉ SKUPINY DRUHOV .....                                            | 38 |
| <b>4. POPULÁCIA</b>                                                               |    |
| (doc. Ing. Eva Križová, PhD., prof. Ing. Rudolf Kropil, CSc.) .....               | 47 |
| 4.1. CHARAKTERISTIKY POPULÁCIE .....                                              | 47 |
| 4.2. EKOLÓGIA RASTLINNÝCH POPULÁCIÍ .....                                         | 51 |
| 4.2.1. DYNAMIKA RASTLINNÝCH POPULÁCIÍ .....                                       | 52 |
| 4.2.1.1. ŠÍRENIE POPULÁCIÍ RASTLÍN .....                                          | 53 |
| 4.2.1.2. ZMENY VEĽKOSTI POPULÁCIE.....                                            | 56 |
| 4.2.2. ŠTRUKTÚRA RASTLINNÝCH POPULÁCIÍ.....                                       | 56 |
| 4.2.3. STRATÉGIE RASTLINNÝCH POPULÁCIÍ .....                                      | 57 |
| 4.2.4. VZŤAHY MEDZI RASTLINAMI.....                                               | 62 |
| 4.3. EKOLÓGIA ŽIVOČÍŠNYCH POPULÁCIÍ .....                                         | 64 |
| 4.3.1. ŠTRUKTÚRA POPULÁCIÍ ŽIVOČÍCHOV .....                                       | 66 |
| 4.3.2. DYNAMIKA POPULÁCIÍ ŽIVOČÍCHOV.....                                         | 68 |
| 4.3.3. VNÚTRODRUHOVÉ VZŤAHY ŽIVOČÍCHOV .....                                      | 71 |
| 4.3.4. MEDZIDRUHOVÉ VZŤAHY ŽIVOČÍCHOV .....                                       | 73 |



|                                                               |     |
|---------------------------------------------------------------|-----|
| <b>5. BIOLOGICKÉ SPOLOČENSTVÁ (BIOCENÓZY)</b>                 |     |
| (doc. Ing. Eva Križová, PhD., prof. Ing. Rudolf Kropil, CSc.) | 76  |
| 5.1. SPOLOČENSTVÁ RASTLÍN (FYTOCENÓZY)                        | 77  |
| 5.1.1. DRUHOVÉ ZLOŽENIE FYTOCENÓZY                            | 79  |
| 5.1.2. ŠTRUKTÚRA FYTOCENÓZ                                    | 81  |
| 5.1.3. VZŤAHY VO FYTOCENÓZACH                                 | 82  |
| 5.1.4. DYNAMIKA RASTLINNÝCH SPOLOČENSTIEV                     | 85  |
| 5.1.5. TRIEDENIE FYTOCENÓZ                                    | 87  |
| 5.2. SPOLOČENSTVÁ ŽIVOČÍCHOV (ZOOCENÓZY)                      | 88  |
| 5.2.1. ANALÝZA ŠTRUKTÚRY ŽIVOČÍŠNYCH SPOLOČENSTIEV            | 91  |
| 5.2.2. FUNKČNÁ ANALÝZA ZOOCENÓZY                              |     |
| <b>6. EKOSYSTÉM</b>                                           |     |
| (doc. Ing. Eva Križová, PhD.)                                 | 94  |
| 6.1. ZLOŽKY EKOSYSTÉMU                                        | 95  |
| 6.2. TRIEDENIE EKOSYSTÉMOV                                    | 96  |
| <b>7. LÁTKOVO ENERGETICKÉ TOKY V EKOSYSTÉME</b>               |     |
| (doc. Ing. Eva Križová, PhD., prof. Ing. Rudolf Kropil, CSc.) | 99  |
| 7.1. TOK ENERGIE                                              | 99  |
| 7.2. PRODUKCIA ORGANICKEJ HMOTY                               | 100 |
| 7.2.1. PRIMÁRNA PRODUKCIA                                     | 100 |
| 7.2.2. SEKUNDÁRNA PRODUKCIA                                   | 103 |
| 7.3. TROFICKÁ ŠTRUKTÚRA EKOSYSTÉMU                            | 106 |
| 7.4. BIOGEOCHEMICKÉ CYKLY (KOLOBEHY LÁTOK) V EKOSYSTÉME       | 112 |
| 7.4.1. HLAVNÉ TYPY BIOGEOCHEMICKÝCH CYKLOV                    | 113 |
| 7.4.2. METÓDY ŠTÚDIA BIOGEOCHEMICKÝCH CYKLOV                  | 120 |
| <b>8. EVOLÚCIA A SUKCESIA EKOSYSTÉMOV</b>                     |     |
| (doc. Ing. Eva Križová, PhD., prof. Ing. Rudolf Kropil, CSc.) | 121 |
| 8.1. EKOLOGICKÁ SUKCESIA                                      | 121 |
| 8.2. STABILITA EKOSYSTÉMOV                                    | 131 |
| <b>9. BIODIVERZITA</b>                                        |     |
| (doc. Ing. Eva Križová, PhD., prof. Ing. Rudolf Kropil, CSc.) | 135 |
| 9.1. VÝVOJ BIODIVERZITY NA ZEMI                               | 136 |
| 9.2. KRÍZA BIODIVERZITY                                       | 139 |
| <b>10. LESNÝ EKOSYSTÉM</b>                                    |     |
| (doc. Ing. Eva Križová, PhD., doc. Ing. Juraj Nič, CSc.)      | 142 |
| 10.1. CHARAKTERISTIKA LESNÝCH EKOSYSTÉMOV                     | 145 |
| 10.2. VÝZNAM A FUNKCIE LESNÝCH EKOSYSTÉMOV                    | 148 |
| 10.2.1. PRODUKCIA LESNÝCH EKOSYSTÉMOV                         | 149 |
| 10.2.2. MIMOPRODUKČNÉ FUNKCIE LESA                            | 149 |
| 10.3. KATEGORIZÁCIA LESOV SLOVENSKA                           | 152 |
| 10.4. STAV LESOV SLOVENSKA                                    | 153 |
| Literatúra                                                    | 156 |



**Autekológia** – zaoberá sa štúdiom na úrovni jedinca (indivídua), organizmu ako predstaviteľa určitého druhu. Skúma jeho prispôbenie ekologickým faktorom, adaptácie, rozšírenie, biorytmy a pod. Ak skúma zmeny a adaptácie fyziologických funkcií v závislosti na zmenách faktorov prostredia hovoríme o **ekofyziológii**.

**Ekológia populácií** (demekológia) – študuje štruktúru, dynamiku a funkcie populácií v ľubovoľnom ekosystéme.

**Synekológia** – študuje biocenózy, ekosystémy, celú biosféru; predstavuje vlastné jadro ekológie. Spočiatku sa ako súčasť fytoecológie venovala opisu, členeniu, klasifikácii a rozšíreniu biocenóz, a najmä otázkam vzťahov v biocenózach. V posledných desaťročiach sa pretvára v systémovú ekológiu, úlohou ktorej je objasniť jednotu štruktúry a funkcií, ale aj dynamiky (vývoja) ekosystémov. Je zameraná predovšetkým na kvantitatívne bilancovanie biogeochemických cyklov, toku energie. Špeciálne na otázky produkcie a produktivity ekosystémov je zameraná **produkčná ekológia**.

**Všeobecná ekológia** – zovšeobecňuje ekologické javy bez ohľadu na systematickú príslušnosť skúmaných organizmov, študuje všeobecné zákonitosti vzájomných vzťahov organizmov a ich prostredia.

**Špeciálna ekológia** – študuje vzťahy organizmov a rôznych typov prostredia, resp. rôzne typy prírodných ekosystémov: **ekológia lesa**, **ekológia lúčnych porastov** a pod.

**Krajinná ekológia** (geoekológia), **poľnohospodárska** (agroekológia) a **urbánna ekológia** sa zaoberajú zmenenými až umelými ekosystémami, najmä v súvislosti s tvorbou a ochranou krajiny.

Podľa subjektu rozlišujeme: ekológiu **mikroorganizmov**, ekológiu **rastlín** (fytoekológia), **živočíchov** (zooekológia), **človeka** (humánna ekológia) – táto vznikla v novšej dobe, v spojitosti so špeciálnymi disciplínami medicíny, antropológie a psychológie. Študuje javy a procesy súvisiace s človekom a ľudskou populáciou v špecifických podmienkach noosféry.

V časovej dimenzii môžeme rozlišovať: **paleoekológiu** – zaoberá sa evolúciou biosféry paralelne s geologickou históriou Zeme; **neoekológiu**, zameranú na skúmanie súčasných štruktúr, javov a procesov.

### Základné pojmy v ekológii

Ako z definície ekológie vyplýva, základnými používanými termínmi sú:

**organizmy + prostredie + vzťahy**

inak povedané:

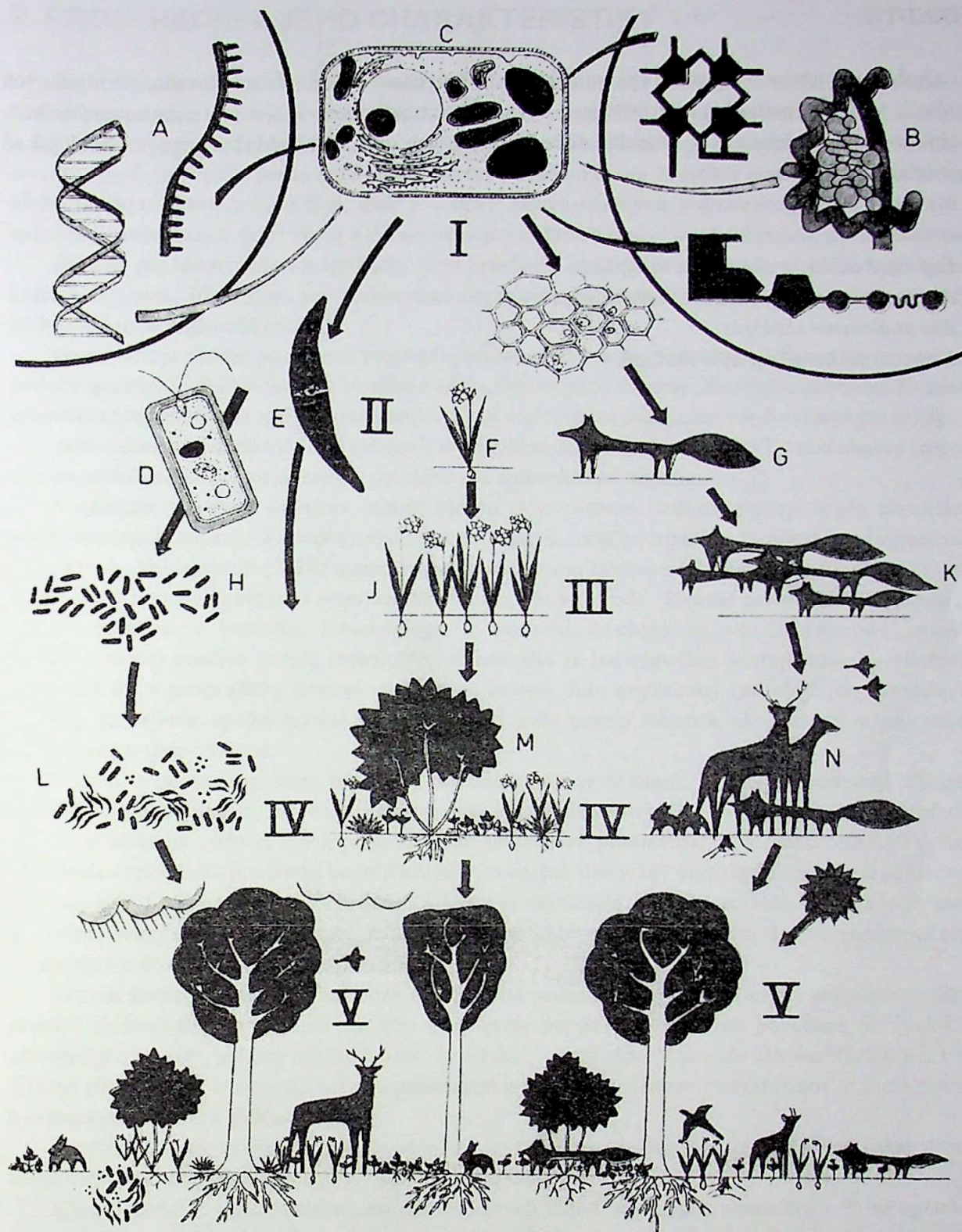
**biotické systémy + abiotické prostredie**

**Systém** môžeme definovať ako komplex prvkov, ktoré sa navzájom neprestajne ovplyvňujú a vytvárajú tak určitý celok. Celok určitého systému nie je iba súhrnom svojich častí, ale špecifickou novou kvalitou, vzniknutou vzájomnou interakciou jednotlivých zložiek (častí). Systém je teda určitá časopriestorová jednotka – systémom je planéta Zem, ako aj molekula, organizmus aj bunka, les aj strom. Každý systém je podľa okolností alebo celkom, alebo časťou iného celku. Tým sa vytvára podriadenosť jedného systému v rámci systému iného, vyššieho; nižší systém je výsledkom interakcie systémov nižšieho stupňa.

Z tohto pohľadu je možné rozlišovať nasledovné **integračné stupne biotických systémov**:

protoplasma ► bunky ► tkanivá – pletivá ► orgány ► orgánové systémy ► organizmy  
► populácie ► biologické spoločenstvá (biocenózy) ► ekosystémy ► biosféra





obr. 1. Integrované úrovne biotických materiálov:

- I. Integrácia biotických materiálov nukleových kyselín (A), buniek (C), enzýmov, asimilačných pigmentov, prevádzakov energie v bunkách (B).
- II. Jedince jednobunkové (D-E) a mnohobunkové (F-G).
- III. Populácie baktérií (H), rastlín (J) a živočíchov (K).
- IV. Spoločenstvá (integrácia populácií) baktérií (L), rastlín (M) a živočíchov (N).
- V. Ekosystém – integrácia biocenózy (súboru spoločenstiev žijúcich v tom istom prostredí) s jej prostredím (klímou a pôdou). Podľa Duvigneauda, 1988



## ZHRNUTIE

Ekológia je náuka o prostredí (podmienkach) živých organizmov vrátane človeka, o vzájomných vzťahoch všetkých podmienok prostredia a foriem života navzájom. Je nie len samostatnou vednou disciplínou, ale predstavuje aj vedeckú základňu viacerých disciplín. Základné pojmy v ekológii sú organizmy – prostredie – vzťahy.

### *Kontrolné otázky*

1. *Definujte ekológiu ako vednú disciplínu.*
2. *Aká je väzba ekológie na iné vedné disciplíny.*
3. *Aké je členenie ekológie.*
4. *Ktoré sú základné pojmy v ekológii.*



## 2. PROSTREDIE A JEHO CHARAKTERISTIKY

Život organizmov sa odohráva v určitom, väčšinou dobre definovateľnom priestore, ktorý predstavuje základný predpoklad pre vytvorenie toho, čo nazývame prostredím. Termín **prostredie** patrí v ekológii k najužívanejším, aj keď jeho obsah nie je vždy jednoznačne vymedzený a chápaný. V najširšom slova zmysle vyjadruje termín **prostredie súhrn všetkých faktorov na ktorých závisí existencia jedinca alebo jedincov, ktorí v ňom žijú, inak povedané: súhrn všetkých podmienok, ktoré vplyvajú na existenciu organizmu, jeho vývoj a rozmnožovanie, alebo sú ním ovplyvňované.**

Príklad: pre lesné rastliny a živočíchy tvorí prostredie les, pre iné organizmy to môže byť otvorená krajina ako pole, lúka, step, pre cudzopasné organizmy je prostredím telo hostiteľa, pre saprofyty rozkladajúca sa organická hmota.

Nesprávne je zúžené ponímanie prostredia iba ako abiotického priestoru, v ktorom organizmy žijú, pretože ignoruje úlohu ich funkcií, ktorými často veľmi výrazne zasahujú do svojho vlastného životného prostredia (odumreté telá, prejavy metabolizmu), aj úlohu iných organizmov v dotváraní prostredia.

Súbor abiotických faktorov vo vzťahu k živej zložke označuje ZLATNÍK (1973) ako **ekotop** (topos = miesto, nediferencované priestorovo, nevztiahnuté na konkrétne organizmy).

V rôznom ponímaní sa užíva termín **biotop** (synonymum termínu ekotop, súhrn abiotických podmienok spoločenstva – biocenózy, ekotop ovplyvnený činnosťou organizmov, priestorové vymedzenie biocenózy). DUVIGNEAUD (1988) definuje **biotop** ako sumu faktorov (abiotických i biotických), ktoré podmieňujú existenciu určitých populácií alebo biocenóz v prírode, **životné prostredie biocenózy**.

V lesníctve, v botanike, fytocenológii a lesníckej typológii sa ako synonymum termínov ekotop a biotop používa termín **stanovište**. **Stanovište je individuálny biotop, ktorý predstavuje topograficky a geograficky presne vymedzené miesto, kde organizmy (na všetkých úrovniach – jedinec, populácia, spoločenstvo) žijú.** Odlišovať treba termín **lokalita**, ako konkrétne geograficky vymedzené miesto výskytu.

Vonkajšie podmienky majú pre rôzne organizmy rôzny význam; niektoré predstavujú základný predpoklad ich existencie, iné majú účinok menší, sprostredkovaný, alebo sú bez významu. Vzhľadom na túto skutočnosť niektorí autori používajú termín **celkové prostredie**, do ktorého zaradujú celkové pôsobenie vonkajšieho prostredia bez ohľadu na význam pre sledovaný organizmus; a **účinné prostredie**, kde zahrňujú iba tie vplyvy, ktoré určujú a formujú existenciu organizmu. Toto rozdelenie je umelé a násilné, nakoľko len zriedkakedy je možné presne určiť všetko, čo je pre daný organizmus alebo spoločenstvo dôležité, a čo je bezvýznamné.

Termín **životné prostredie** sa môže dotýkať iba podmienok v ktorých určitý organizmus (druh, skupina druhov) žije, a ktoré sú pre jeho život potrebné, nevyhnutné. Inak povedané, ak vyslovíme „životné prostredie“, je treba konkretizovať o aký živý systém ide. V zmysle zákona NR SR z r. 1992, životné prostredie je všetko, čo vytvára prirodzené podmienky existencie organizmov vrátane človeka a je predpokladom ich ďalšieho vývoja.

Prostredím všetkých živých organizmov – života na Zemi – je **biosféra**, osídlená časť našej planéty. Rozhodujúce sú dve zložky biosféry – **klíma** a **substrát**.

**Klíma:** závisí z veľkej časti na dopade slnečných lúčov na zemskú atmosféru – tu sa uplatňujú faktory **kozmicke** (súvisiace priamo so slnečnou energiou), a to: **termické** (infračervené žiarenie) alebo **fotické** (viditeľné svetlo, ultrafialové žiarenie a pod.) a **faktory atmosférické:** vyvolané vzdušným obalom okolo Zeme. Hlavným atmosférickým faktorom je **teplota vzduchu** (vzdušný obal zachytáva slnečné teplo). Nerovnomerné rozdelenie teploty vo vzdušnom obale vytvára rozdiely v hustote a tlaku, vzniká **vietor**. Atmosféra pohlcuje pary, vznikajúce zahrievaním vôd; **atmosférická vlhkosť** vyvoláva oblačnosť, zrážky, hmly. Pre existenciu živých organizmov sú najdôležitejšími faktormi klímy: **svetlo, teplota, vlhkosť**, ktoré môžeme označiť ako **faktory priamo pôsobiace**, nakoľko bezprostredne ovplyvňujú existenciu, rast, rozmnožovanie a produkciu organizmov.







Od pólu k rovníku sú rozložené čoraz teplejšie **klimatické pásma** (modifikované horskými masívmi), ktorým odpovedajú **zóny vegetácie**. Klíma sa mení aj s nadmorskou výškou, rozoznávame **klimatické stupne**, ktorým odpovedajú **stupne vegetačné**.

**Substrát:** pôvodným substrátom bola **voda** nahromadená v oceánoch praveku. Dnešné oceány sú slané, kontinentálne vody sú sladké. Pozdĺž morských pobreží, najmä v ústí riek sa môže vplyvom prílivu vytvoriť zmes, tzv. voda **brakická** (môže mať všetky stupne slanosti od vody sladkej až po morskú). V týchto vodách žijú špecializované, vysoko produktívne biocenózy.

Neskôr sa život rozšíril na pevninu. Zemský substrát tvorí **litosféra**, ktorá sa na povrchu rozpadá a vplyvom podnebia a vegetácie sa mení na sypkú hmotu, s ktorou sa zmiešavajú organické odpady: vzniká **pôda** (pedosféra). Terestrické rastliny z nej čerpajú vodu a potrebné minerálne živiny. Významným faktorom je i **fyzikálna štruktúra pôdy**, na ktorej závisí stupeň jej prevzdušnenia a vlhkosti. Teplota substrátu je veľmi dôležitá najmä v tundrách, oceánoch a na púšťach.

**Topografické faktory**, sklon povrchu a jeho vystavenie slnku – expozícia, môžeme označiť (vo vzťahu k organizmom) ako **faktory nepriamo pôsobiace**. Významne vplyvajú na výskyt a rozšírenie druhov, ale **neovplyvňujú život organizmov priamo**. Modifikujú faktory priamo pôsobiace (súbory faktorov klimatických a edafických), ako sú svetlo, teplota, vlhkosť pôdna i vzdušná. Rozšírenie živočíchov i rastlín vo vyšších polohách nie je určené nadmorskou výškou, ale práve súborom ekologických faktorov meniacich sa s rastúcou nadmorskou výškou (žiarenie, teplota, tlak, vlhkosť, obsah kyslíka, a i.). Na severnej pologuli dostávajú svahy obrátené k juhu oveľa viac priameho slnečného žiarenia ako roviny alebo svahy severné (to je významné najmä v zimnom období). Tento jav umožňuje napr. v strednej Európe pestovať vinič v údoliach orientovaných na juh s veľkým sklonom svahov. Modifikácia klímy môže byť tak významná, že sa niekedy hovorí o zvláštnych typoch klímy, **topoklíma, regionálna klíma**. Miestne topografické modifikácie klímy sa označujú ako **mezoklíma** alebo **mikroklíma**. Utváranie reliéfu povrchu môže vyvolať aj inverziu (zvrat) vegetačných stupňov alebo klimatických pásiem. Z edafických faktorov je expozíciou a sklonom ovplyvnený najviac režim vody.

## 2.1. ZLOŽKY PROSTREDIA – FAKTORY

Prostredie sa skladá z množstva rôznych zložiek, ktoré pôsobia na organizmus. **Jednotlivé**, viac-menej oddeliteľné **zložky prostredia** sa označujú ako **faktory**. Faktory prostredia môžeme rozdeľovať z rôznych hľadísk:

- **abiotické:** fyzikálne a chemické
- **biotické:** vnútrodruhové a medzidruhové vzťahy
- **antropické:** pôsobenie človeka

Podľa toho „o čom rozhodujú“ rozoznávame **faktory limitujúce** (o existencii organizmov, rozmnožovaní populácií), **faktory produkčné** (o stupni vitality organizmov).

Z **biotických faktorov**, ktoré vznikajú stretávaním sa rôznorodej činnosti organizmov sa za najdôležitejší považuje **konkurencia**. Významné sú aj všetky ďalšie vzťahy medzi organizmami. Dôsledky pôsobenia biotických faktorov môžu byť rôzne: **priame**, napr. keď mračno kobyliiek požerie štvorcový kilometer vegetácie, **nepriame**, keď sa v dôsledku činnosti podzemných živočíchov zmení štruktúra a vlastnosti pôdy, a tým i vegetácia. Pôsobenie faktorov sa mení v čase i v priestore. Niektoré pôsobia nárazovo, iné v určitých časových periódach. Všeobecne platí, že čím dlhšie tieto faktory pôsobia, tým je prispôsobenie organizmov dokonalejšie. Z tohto hľadiska rozlišujeme:

- **faktory primárne periodické:** vyvolávané sú pohybom Zeme – svetlo, teplota a prílivové javy. Ich cyklická premenlivosť existovala už pred vznikom života na planéte. Preto je väčšina biorytmov, ktoré vznikli vplyvom týchto faktorov stála a dedičná.



- **faktory sekundárne periodické:** v rôznom stupni závisia od primárne periodických faktorov. Čím tesnejšia je závislosť, tým výraznejšia a pravidelnejšia je ich cykličnosť. Napríklad v trópoch majú zrážky a vlhkosť výrazne pravidelné denné a sezónne kolísanie. K týmto faktorom počítame i vnútrodruhové vzťahy, ako napr. sezónny priebeh rozmnožovania, ktorý priamo závisí od zmien teploty a svetla v prostredí.
- **faktory neperiodické:** pôsobia nepravidelne a náhodne. Zvyčajne majú negatívne dôsledky, pretože organizmy väčšinou na ne nie sú prispôsobené. Ide napríklad o búrky, silné vetry, požiare, povodne, ale i niektoré ľudské aktivity.

## ZHRNUTIE

Pojmy prostredie a živé organizmy sú neoddeliteľné. Prostredie je podmienkou života, predstavuje zložitý systém priestoru a všetkých ostatných prirodzených, ale aj človekom pretvorených zložiek – faktorov a ich súborov, v ktorom organizmy (vrátane človeka) trvalo žijú. Prostredie bez organizmov je neobývaný priestor.

*Kontrolné otázky:*

1. *Čo je prostredie (správne a nesprávne chápanie pojmu).*
2. *Ako sa nazývajú a členia jednotlivé zložky prostredia.*
3. *Vysvetlite rozdiel medzi faktormi priamo a nepriamo pôsobiacimi.*
4. *Vysvetlite pojmy ekotop – biotop – stanovište.*

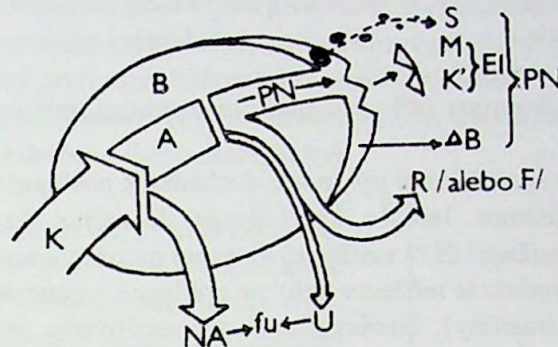


### 3. ORGANIZMUS, JEDINEC

**Organizmus, jedinec (individuum)** – je funkčný biotický systém, ktorý v najjednoduchších prípadoch tvorí jediná bunka, ako najmenšia biologická jednotka; väčšinou sa skladá z mnohých buniek zoskupených do pletív (rastliny), tkanív (živočíchov), orgánov a ich systémov.

Základnou vlastnosťou organizmov je vzťah a neustály styk s prostredím (príjem látok a energií) – prerušenie kontaktu organizmu s prostredím znamená jeho smrť. Príklad: ryba uhynie na súši; rastlina vytrhnutá z pôdy uhynie. Základným predpokladom pre existenciu, rast a vývin organizmu je účinná látková výmena – **metabolizmus**.

Podstatou rastu každého organizmu je syntéza nových organických látok a pribúdanie hmotnosti biomasy. V určitom čase má jedinec určitú biomasu. Komplexná výmena látok medzi jedincom a jeho prostredím, **metabolizmus**, má nasledovné fázy:



obr. 3. Schéma metabolizmu jedinca (vysvetlivky v texte, podľa Duvigneauda, 1988)

- **konzumácia (K)**, absorpciou alebo požitím
- **asimilácia (A)**, časti požitých produktov, asimilované organické látky tvoria dve hlavné skupiny: **stavebné látky**, potrebné k tvorbe hmoty organizmu. Hmota takto vzniknutá tvorí čistú produkciu (PN). Druhou skupinou sú **látky energetické** – ich spaľovaním v procese respirácie (R) a fermentácie (F) vzniká energia potrebná pre chemické syntézy, ktoré vedú k rozmnožovaniu biomasy (B) a pre ďalšiu činnosť organizmu.

platí:

$$A = PN + R$$

ak označíme produkty požiténé, ale neasimilované (NA), platí:

$$\begin{aligned} K &= PN + R + NA \\ KN &= A + NA \\ \text{alebo} \quad PN &= K - R - NA \end{aligned}$$

Teoreticky sa B rovná čistej produkcii, ale prakticky je časť tejto produkcie eliminovaná (El) vo forme mŕtvych častíc (M) alebo vo forme častíc skonzumovaných inými organizmami (K'):

$$PN = B + El = B + M + K'$$

- **disimilácia (katabolizmus)** zahŕňa respiráciu (R), čo je disimilácia určitých asimilovaných látok (redukcia kyslíkom) na  $H_2O$  a  $CO_2$ . Pri anerobióze je spaľovanie energetických látok neúplné a okrem  $CO_2$  vznikajú ešte ďalšie, jednoduché látky ako etylalkohol, kyselina maslová, vtedy hovoríme o **fermentácii (F)**. Katabolizmom vznikajú aj ďalšie zložitejšie odpady, nazývané **exkrementy**; moč (U) je splodina metabolizmu niektorých živočíchov, u rastlín vznikajú komplexné organické látky ako terpeny, glykozidy, alkaloidy – často schopné ovplyvňovať ľudský metabolizmus (liečivé, jedovaté účinky).



- **separácia** – vylučovanie zvyškov rôzneho pôvodu do vonkajšieho prostredia. Sú to napr. neasimilované látky (NA), disimilované látky (respirácia (R), fermentácia (F), – moč, pot a iné rôzne produkty exkrécie (U), látky asimilované v nadbytku – sekrécia (S).

Niekedy je ťažké odlišiť tú časť konzumácie, ktorá nebola využitá ani pre produkciu ani pre respiráciu, a preto označujeme ako FU, všetky pevné i kvapalné látky vylúčené organizmom. Platí všeobecne:

$$FU = NA + U$$

Eventuálna sekrécia niektorých asimilovaných látok (S) do vonkajšieho prostredia (napr. mlieko, nektár a pod.) sa musí pri zisťovaní produkcie pripojiť k B:

$$PN = B + M + K' + S, \text{ kde platí}$$

$$B = K - NA - R - U - El$$

Ak je **prírastok biomasy**:

- pozitívny – organizmus rastie,
- nulový – je stav organizmu stabilný,
- negatívny – nastáva úbytok biomasy (dlho trvajúci stav znamená smrť organizmu)

Jedinec rastie, jeho rast je sprevádzaný vývinom; dochádza k postupným morfológickým zmenám od embrya až po dospelého jedinca. Jedinec, ktorý dospel do určitej fázy svojho vývinu sa začína **reprodukovať**, a tak sa **rozmnožuje**; dáva vzniknúť rôznemu množstvu nových individuí, ktoré potom tvoria populáciu. Spôsoby reprodukcie môžeme deliť na pohlavné – **generatívne** (živočíchy i rastliny) a nepohlavné – **vegetatívne** (rastliny). Neobmedzené rozmnožovanie individua by mohlo mať za následok vznik nadmerného potomstva.

Príklad:

1 pár myší (7 potomkov na vrh, 3 vrhy ročne) dáva za 3 roky 600 000 myší;

1 dub môže mať úrodu až 10 000 žalud'ov;

1 tobolka orchidey môže obsahovať  $4 \times 10^6$  semien.

Takéto množstvo potomstva, nazývané **biotický potenciál** sa nerealizuje, nakoľko podmienky prostredia nie sú nikdy dostatočne priaznivé, existuje tzv. **odpor (rezistencia) prostredia**.

Jedinec je citlivý; **dráždivosť** je schopnosť reagovať (odpovedať) na podnet (stimul) z vonkajšieho prostredia. Táto odpoveď môže byť mechanická (tropizmy), chemická (napr. sekrécia) alebo psychická (stres).

### 3.1. PODMIENKY EXISTENCIE ORGANIZMOV, ZÁKLADNÉ EKOLOGICKÉ ZÁKONY

Existencia organizmov alebo ich skupín (vrátane rastu a rozmnožovania) závisí od:

- **vlastností prostredia**, teda od rozsahu daných abiotických a biotických činiteľov, ktoré buď podporujú, alebo brzdia životné funkcie organizmov,
- **geneticky zakódovaných vlastností organizmov** využiť dané podmienky prostredia a znášať odpor prostredia v určitých hraniciach.

Komplex týchto schopností organizmov a vlastností prostredia označujeme ako **ekologická nika**. Pojem **nika** teda neoznačuje len fyzický priestor obsadený určitým organizmom, ale predstavuje **súbor vlastností a javov vymedzujúcich funkčnú úlohu a postavenie organizmu v podmienkach biocenózy**. Medzi organizmami a abiotickým prostredím vznikajú teda určité vzťahy, z ktorých sú pre existenciu organizmu rozhodujúce vzťahy vychádzajúce z jeho genetického potenciálu (schopnosti) a abiotických podmienok prostredia – tieto tvoria tzv. **základnú alebo fundamentálnu niku**. Pôsobením biotických faktorov a dostupnosťou potravy sa priestor existencie organizmov zužuje a vzniká **realizovaná nika**.



Prostredie pôsobí na organizmy (**akcia**) a tieto v dôsledku dráždivosti vnímajú vonkajšie podnety a odpovedajú na ne (**reakcia**). Reakcia sa prejavuje obyčajne zmenami fyziologických znakov, zmenami správania a na fylogenetickú úroveň vývojom druhov a zmenami morfológických znakov. Ani organizmy nie sú pasívne vo vzťahu k prostrediu, ale svojou aktívnou činnosťou ho čiastočne ovplyvňujú, menia (vegetácia mení mikroklima).

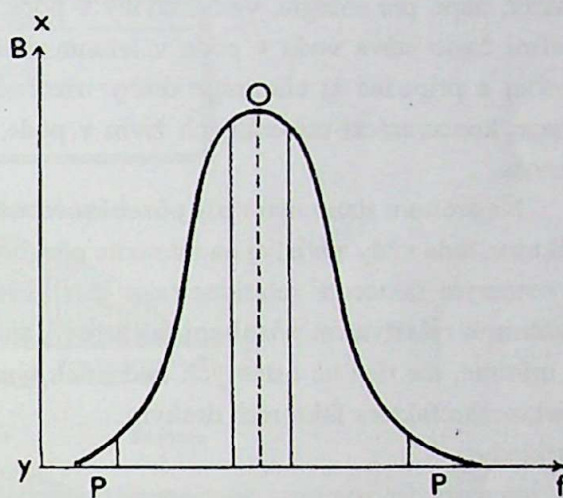
**Príklad:** v dôsledku vysokej početnosti rýb v rybníku sú intenzívne požierané dafnie, čo spôsobí nadmerný rozvoj rias a tieto svojou činnosťou ovplyvnia niektoré chemické vlastnosti vody (obsah živín,  $O_2$ ,  $CO_2$ , pH, tvrdosť).

V prírode sa organizmy vyskytujú v médiu plynnom, kvapalnom, alebo v pevných látkach, zvyčajne vo vzduchu, vo vode a pôde. Prvé formy označujeme ako **suchozemské (terestrické)**, druhé ako **vodné (akvatické)**. Formy využívajúce obe médiá sú obojživelné (**amfibické**). Pevné látky (pôda, hornina) môžu byť osídlené organizmami na svojom povrchu alebo v dutinách. Z pohľadu organizmov ich preto označujeme ako podklad, alebo **substrát**.

K označeniu rastlín a živočíchov podľa typu prostredia, v ktorom sa vyskytujú, používame v ekológii špeciálne názvy. Tieto označujú určitú lokalizáciu druhu v prírode a predovšetkým jeho vzťah k určitému typu prostredia, ktorý preferuje. Ako príklad posluží niekoľko základných názvov: **sylikolné** – organizmy viazané na les, **agrikolné** – pole, **terikolné** – pôda, **petrikolné** – skaly, **sfgnikolné** – rašeliná, **limikolné** – bahno, **lignikolné** – drevo, **kortikolné** – kôra atď.

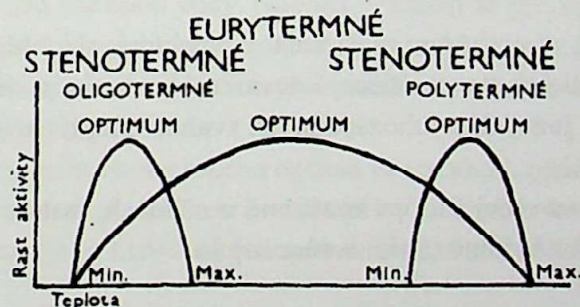
Každý druh (rastlinný i živočíšny) môže existovať a reprodukovať sa iba v určitých podmienkach, ktoré pre neho vymedzujú oblasť nazývanú **tolerancia k určitému faktoru**. Rozsah tolerancie sa nazýva **ekologická amplitúda druhu**: je to variačná šírka faktora, ktorá je pre organizmus znesiteľná. Táto hranica je určená na jednej strane minimálnou a na druhej strane maximálnou hodnotou (intenzitou, koncentráciou) určitého faktora. V blízkosti minima a maxima znesiteľnosti faktora dosahujú podmienky pre život organizmu najnepriaznivejšie hranice. Nazývajú sa preto **ekologické pesimum**, v ich blízkosti sú funkcie a vývin organizmu potlačané (inhibované), za hranicou pesima organizmus hynie. Na druhej strane, pri stredných hodnotách pôsobenia faktora je dosiahnuté **ekologické optimum organizmu**, kedy je organizmus najvitálnejší, má najväčšiu produkciu biomasy.

Organizmy, ktoré majú širokú toleranciu, širokú ekologickú amplitúdu k určitému faktoru prostredia nazývame druhy **euryekné**. Naopak, druhy s úzkym rozsahom tolerancie k určitému faktoru prostredia sa nazývajú **stenoekné**.



obr. 4 Teoretický priebeh reakcie rastliny na zmeny stanovištného faktora:

os  $x$  – vzrastajúca koncentrácia (veľkosť) faktora  $f$ , os  $y$  – hmotnosť biomasy;  $O$  – ekologické optimum,  $P$  – ekologické pesimum. Čiary vymedzujú oblasť optima. (podľa Slavíkovej, 1986)



obr. 5. Ekologická amplitúda druhu (podľa Duvigneauda, 1988)



Vzťah druhu k celému komplexu faktorov prostredia, teda jeho schopnosť existovať (rásť, rozmnožovať sa) v určitom type prostredia nazývame **ekologická konštitúcia druhu**. Druhy so širokou ekologickou amplitúdou vo vzťahu ku všetkým základným faktorom majú veľké rozšírenie; nazývame ich preto **eurytopné** druhy. Ak majú úzky rozsah tolerancie k viacerým faktorom prostredia, majú aj malé rozšírenie, nazývame ich **stenotopné** druhy.

Príklad: druhy viazané na špecifické podmienky rašelinísk.

Druhy s rovnakou, alebo podobnou ekologickou konštitúciou tvoria tzv. „**ekologické skupiny druhov**“. Tieto predstavujú rozsiahle súbory rastlinných taxónov, ktoré vykazujú podobné vzťahy ku komplexu faktorov prostredia. Podrobne je táto problematika uvedená v kap. 3.3.

### Základné ekologické zákony

Podľa tzv. Liebigovho „**zákona minima**“ funkciu, rast alebo vývin organizmu obmedzuje **predovšetkým ten faktor, ktorý v súbore všetkých faktorov pôsobí relatívne najmenšou intenzitou**. Týmto faktorom, ktorý nazývame **limitujúci faktor** (obmedzuje rast, ale aj existenciu organizmov) môže byť ktorýkoľvek zo súboru faktorov prostredia. Inak povedané, „zákon minima“ platí pre každý abiotický faktor, napr. pre energiu, vodu, živiny v pôde. V našich podmienkach sa u terestrických spoločenstiev veľmi často stáva voda v pôde v letnom období faktorom v minime. Jej nedostatok obmedzuje rast rastlín a prípadne aj eliminuje druhy náročnejšie na obsah vody v pôde, aj keď ostatné podmienky (napr. koncentrácia minerálnych živín v pôde, slnečné žiarenie) sú rastlinám prístupné v dostatočnom množstve.

Na určitom stanovišti vždy pôsobí súčasne celý komplex faktorov. Intenzita pôsobenia limitujúceho faktoru, teda vždy závisí aj na intenzite pôsobenia ostatných faktorov. Jeho pôsobenie je teda vo vzťahu k ostatným faktorom relatívne (ako je v „zácone minima“ definované). Tieto vzťahy vyjadruje tzv. „**zákon o relatívnom pôsobení faktorov**“, to znamená, že rast organizmu nie je závislý iba na faktore v minime, ale tiež na ostatných faktoroch tým, že je možná, aj keď len do určitej miery, **substitúcia** niektorého faktora faktorom druhým.

Príklady:

- intenzita fotosyntézy zostáva nezmenená v prípade, že sa pri znížení hustoty ožiarenia zvýši koncentrácia  $\text{CO}_2$ ,
- nedostatok živín môže byť do určitej miery kompenzovaný zvýšeným obsahom vody v pôde.

Vzájomná zastupiteľnosť faktorov je ale možná len do určitého stupňa, nie je možné celkom nahradiť nedostatok jedného faktora iným (nedostatok slnečnej energie oxidom uhľíčitým).

Táto zdanlivá (t.j. obmedzená) substitúcia faktorov sa prejavuje aj v podmienkach komplexu makroklimatických podmienok, ktoré môžu byť nahradené a do určitej miery pozmenené podmienkami mikroklimatickými, takže biotop má pre rastlinu viac menej rovnaké podmienky.

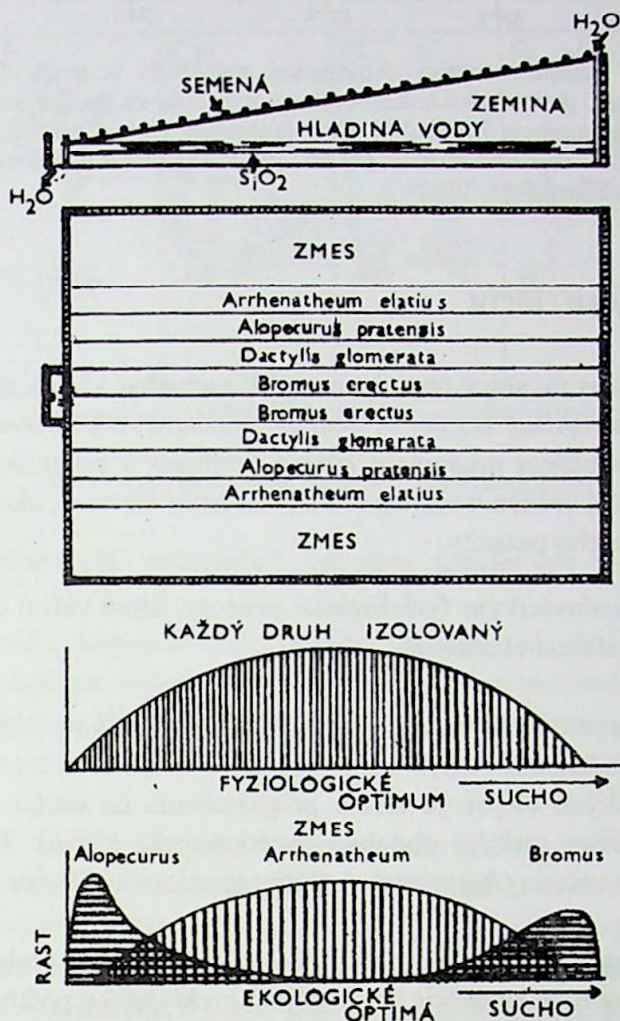
Príklady:

- druhy náročné na teplotu, s optimom rozšírenia v mediteránnej oblasti, rastú u nás (v našej chladnejšej klíme) len na takých stanovištiach, kde mikroklimatické podmienky sú analogické s ich pôvodným areálom, t.j. na južných a juhozápadných svahoch, teplých, slnečných a v lete suchých stanovištiach.
- naopak, druhy, ktoré sú v severnej Európe rozšírené v nížinách, rastú u nás v horách, napr. breza trpasličia (*Betula nana*), vrba bylinná (*Salix herbacea*) a i.

Pre zdarný rast a vývin rastliny nie je rozhodujúce, či potrebné teplotné a vlhkostné podmienky stanovišťa sú podmienené makroklimou alebo mikroklimou, či príčinou dostatočnej vlhkosti sú dostatočné



dažďové zrážky, alebo malý výpar na severnom svahu, alebo blízkosť podzemnej vody. V prírodných podmienkach veľmi často zisťujeme iný rozsah optima určitého faktora (napr. vlhkosti pôdy, pH) pre rovnaký druh v spoločenstve s inými rastlinami, a iný v monokultúre. Hlavnou príčinou tohoto rozdielu je vplyv ostatných rastlín, ktoré s ním v spoločenstve rastú, nakoľko dochádza k vzájomnej konkurencii. Táto konkurencia spôsobuje akoby posun optima v rámci ekologickej amplitúdy druhu.

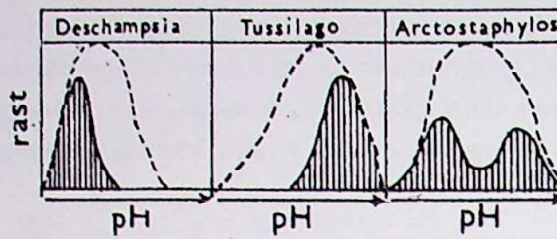


obr. 6. Vzťah vlhkosti pôdy a medzidruhovej konkurencie trávovitých druhov. Ovsík obyčajný (*Arrhenatherum elatius*) a reznáčka laločnatá (*Dactylis glomerata*) – druhy živných lúk, psiarka lúčna (*Alopecurus pratensis*) – druh vlhkých lúk, stoklas vzpriamený (*Bromus erectus*) – druh suchých poloprirodných lúk (podľa Duvigneauda, 1988)

Všetky tu uvedené trávy pestované v nezmiešanej populácii vykázali rovnakú krivku produktivity s optimom v strednej výške nad hladinou vody. Naopak, v zmesi sa prejavil optimálne ovsík obyčajný (*Arrhenatherum elatius*), ktorý mal vysokú produktivitu a vytlačil psiarku lúčnu (*Alopecurus pratensis*) do vlhkého pásma a stoklas vzpriamený (*Bromus erectus*) do pásma suchého; reznáčka laločnatá (*Dactylis glomerata*) sa správala indiferentne.

Charakteristický je tento posun ekologickeho optima vo vzťahu k reakcii rizosféry napr. pri metlici krivolakej (*Deschampsia flexuosa*) do nižších hodnôt pH v dôsledku konkurencie ostatných druhov v spoločenstve. Tento jav ukazuje na nerovnakosť správania sa druhu v čistej kultúre a v zmesi.





obr. 7. Posun ekologického optima v rámci ekologickej amplitúdy u troch druhov: metlice krivolakej (*Deschampsia flexuosa*), podbeľu lekárskeho (*Tussilago farfara*), medvedice lekárskej (*Arctostaphylos uva-ursi*) vplyvom konkurencie iných druhov. Prerušovaná čiara – závislosť rastu na pH bez vplyvu konkurencie, plná čiara – závislosť rastu na pH pri vplyve konkurencie. Na osi x šípka ukazuje zvyšujúcu sa hodnotu pH (podľa Ellenberga, 1982)

### 3.2. ADAPTÁCIE ORGANIZMOV

Ako už bolo spomenuté, na to, aby v organizme mohli prebiehať všetky jeho fyziologické procesy, musí byť prispôsobený, **adaptovaný** (alebo sa dodatočne adaptovať) na svoje prostredie. Adaptácia je vtedy uspokojivá, keď umožňuje organizmu zdarene existovať v podmienkach daného prostredia. Adaptácie sú potrebné najmä k určitému extrémnemu pôsobeniu faktorov, ako sú napr. extrémne nízke alebo vysoké teploty, sucho alebo parazity.

**Adaptácie rastlín** sú predovšetkým **fyziologické procesy**, ktoré veľmi často sprevádzajú zmeny **morfologické, histologické** alebo i **chemické**.

Príklady:

- sukulencia je adaptácia na púštne prostredie: vyznačuje sa tvorbou parenchýmu, ktorý hromadí vodu v stonkách alebo mäsitých listoch.
- vyššia sekrécia aromatických olejov je forma prispôsobenia na sucho: obmedzuje transpiráciu v podnebí s veľmi horúcim suchým obdobím (stredomorská klíma). Túto adaptáciu má napr. levanduľa (*Lavandula*), rozmarín (*Rosmarinus*), dúška tymiánová (*Thymus*) a i.).

**Adaptácie živočíchov** rozdeľujeme na **morfologické, fyziologické a etologické**. Toto delenie však nie je pevne ohraničené, jednotlivé kategórie sa navzájom prekrývajú a podmieňujú, takže medzi nimi existujú úzke väzby. Počiatočná reakcia živočícha na zmeny prostredia býva zvyčajne fyziologickej povahy, na jej podnet dochádza (ako pri rastlinách) ku zmenám morfologickým a anatomickým. Veľký počet rozličných adaptácií živočíchov vytvára súhrn vzájomne pôsobiacich javov, ktoré umožňujú prežitie v danom prostredí, vývoj a rozmnožovanie.

Príklady:

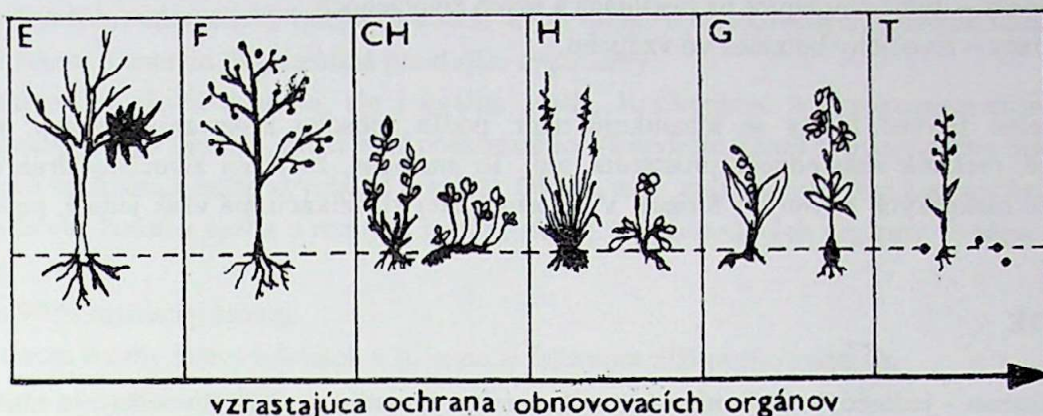
- morfologické adaptácie: lopatkovité rozšírenie predných nôh u krta, prispôsobenie tvaru a veľkosti zobáka u vtákov, tvar cicavých ústrojov u hmyzu,
- fyziologické adaptácie: prispôsobenie zmenami metabolizmu vzhľadom na potravu, obmedzenie niektorých funkcií v nepriaznivých podmienkach – zimný spánok, diapauza,
- etologické adaptácie: prispôsobenie správania – orientácia v priestore, získavanie potravy, mechanizmy ochrany pred predátormi.

Morfologické zmeny organizmov môžu byť takého rozsahu, že rôzne druhy, ktoré existujú v rovnakom prostredí, majú tendenciu sa sebe navzájom podobat'. Príklady: sukulent – púštne rastliny; alpínska vegetácia (nízky vzrast, pritláčanie k povrchu pôdy, žiarivé kvety); podobný tvar tela u žraloka a delfína; tvar tela lariev hmyzu žijúceho v dreve.



Vyvinuli sa tak skupiny organizmov prispôsobené určitým životným podmienkam – tzv. **životné formy** (bioformy).

**Suchozemské (terestrické) rastliny** môžeme roztriediť na určitý počet životných foriem, typických pre určité podnebie alebo prostredie. Pre prežitie v nepriaznivom ročnom období je dôležitá ochrana – umiestnenie – obnovovacích orgánov (púčikov, resp. semien) na rastline, ako spôsob adaptácie.



obr. 8. Typy životných foriem podľa Raunkiära. (J. Jeník).

Tento systém obsahuje päť základných kategórií zoradených podľa zvyšujúcej sa ochrany obnovovacích orgánov:

**Fanerofyty (F):** majú v dospelosti obnovovacie púčiky viac ako 30 cm nad zemou, chránené pred nepriaznivými podmienkami iba obalmi (šupinami). Patria sem stálezelené i opadavé stromy a kry, ale aj sukulентné rastliny, ktoré majú obnovovacie púčiky nad hranicou 30 cm nad zemou, napr. *Opuntiaceae* a *Euphorbiaceae*. Môžeme rozlišovať fanerofyty stromovité a krovité, stonkové sukulenty, bylinné fanerofyty.

**Chamaefyty (Ch):** majú v dospelosti obnovovacie púčiky nad povrchom pôdy do 30 cm. V nepriaznivom období (v zime) ich chráni nielen obaly, ale aj sneh. Patria sem napr. vzpriamené nízke a plazivé kríky, polokríky: *Vaccinium* (čučoriedka), *Calluna* (vres), chamaefyty vankúšikovité: vysokohorské druhy rodu *Saxifraga* (lomikameň), *Silene acaulis* (silenka bezbyľová), plazivé: *Trifolium repens* (d'atelina plazivá), vzpriamené, trsnaté: *Thymus* sp. (dúška), alebo sukulентné: druhy rodu *Sedum* (rozchodník), *Sempervivum* (skalnica).

**Hemikryptofyty (H):** majú obnovovacie púčiky na povrchu pôdy. Pred nepriaznivými podmienkami ich chráni vrstva živých a odumretých listov, šupiny a v zime aj sneh. Podľa vzrastu rozlišujeme hemikryptofyty bylinné a travinné. Patria sem rastliny s prízemnou listovou ružicou: *Taraxacum* (púpava), *Fragaria* (jahoda), *Bellis perennis* (sedmokráska), alebo rastliny trsnaté (trávy, ostrice): vzpriamené: druhy rodu *Hypericum* (ľubovník), *Epilobium* (vrbovky), *Ranunculus* (iskerníky), plazivé: *Ajuga reptans* (zbehovec plazivý), *Astragalus glycyphyllos* (kozinec sladkolistý) a i.

**Geofyty (G), (= kryptofyty):** s púčikmi pod povrchom pôdy. Sú to predovšetkým druhy, ktoré majú morfológicky rôzne orgány v pôde – hl'uzy (*Corydalis* sp. – chochlačka, *Cyclamen* sp. – cyklámen), cibule (najmä rastliny z čeľade *Liliaceae*) alebo podzemky, ktoré sa zvyčajne v pôde rozkonárujú (napr. *Aegopodium podagraria* – kozonoha hostcová, *Anemone nemorosa* – veternica hájna, *Agropyron repens* – pýr plazivý), patria sem aj papradiny, ktoré majú podzemky: *Pteridium aquilinum* (orličník obyčajný).

**Hydrofyty (Hy):** obnovovacie púčiky majú na vode alebo pod vodou.

**Terofyty (T):** sú jednoročné rastliny, ktorých životný cyklus trvá jedno vegetačné obdobie a nepriaznivé obdobie pretrvávajú ako semená alebo výtrusy v pôde, kde sú ukryté, a tým aj chránené.



Patrí sem veľká skupina rastlín, napr. poľné buriny (*Thlaspi arvense* – peniažtek roľný, *Papaver rhoeas* – mak vlčí a i.). Z výtrusných rastlín sem patria napr. machorasty i paprad'orasty (napr. *Selaginella* – plavúanka). Niektorí autori rozlišujú terofyty jedno- a dvojročné.

**Terestrické živočíchy** rozdeľujeme podľa životných foriem (bioforiem) na:

- **edafobionty** – pôdne živočíchy v širšom slova zmysle,
- **atmobionty** – živočíchy žijúce na rastlinách a iných živočíchoch,
- **aerobionty** – živočíchy lietajúce vo vzduchu.

Rozdielne životné formy sa klasifikujú napr. podľa spôsobu získavania potravy, respirácie, reprodukcie, prekonávania odporu prostredia, atď. To znamená, že jeden živočíšny druh môže byť zahrnutý do niekoľkých životných foriem. V systematickej klasifikácii má však jediné, pevne určené miesto.

## ZHRNUTIE

Organizmus – jedinec, jednobunkový, mnohobunkový, rastlinný alebo živočíšny, je základný biotický systém. Každý živý organizmus žije na určitom mieste, v určitom prostredí. Prostredie tvorí súbor fyzikálnych, chemických a biologických faktorov (činiteľov), ktoré priamo alebo nepriamo vplývajú na životné procesy organizmu. Vlastnosti prostredia určujú, ktoré organizmy sa v ňom môžu vyskytovať a ako dlho. Zložky prostredia (faktory) sa rozdeľujú podľa rôznych kritérií (abiotické, biotické, periodické, neperiodické, a pod.).

Prostredie je pre organizmy **podmienkou existencie**, je zdrojom potravy, energie, vody, živín, ale aj priestorom v ktorom žijú. Medzi organizmami a prostredím existujú určité vzťahy (interakcie), je to výmena látok, energie a informácií. Prostredie na organizmy pôsobí (podnety, stimuly), organizmy ich vnímajú a reagujú na ne (akcia – reakcia).

Organizmy môžu existovať, rásť a rozmnožovať sa v rozmedzí určitých hraníc podmienok prostredia. Hranice podmienok limitujú životné pochody organizmov (minimum – maximum intenzity pôsobenia určitého faktora). O existencii a raste organizmov rozhoduje ten faktor, ktorý má minimálnu hodnotu (zákon minima). Najlepšie sa organizmy rozmnožujú a vyvíjajú v tzv. optimálnych podmienkach. Významným faktorom, ktorý ovplyvňuje existenciu a vitalitu organizmov je konkurencia iných organizmov.

Podmienkou existencie organizmov v určitom type prostredia je ich prispôbenie podmienkam prostredia – adaptácie. Tieto sú potrebné najmä k extrémnemu pôsobeniu faktorov. Počas evolúcie sa vyvinuli skupiny organizmov prispôbené podobným podmienkam – životné formy (bioformy).

Adaptácie majú základ v prispôbení fyziologických procesov, sprevádzaných zmenami morfológickými, u živočíchov aj etologickými.

### Kontrolné otázky:

1. Definujte organizmus a jeho základné životné prejavy.
2. Aké sú podmienky existencie organizmu.
3. Čo je prostredie, jeho faktory, ako sa členia.
4. Ako je chápaná ekologická amplitúda druhu.
5. Vysvetlite pojem limitujúci faktor. Uveďte príklady.
6. Vysvetlite pojem ekologické optimum na príklade rastliny alebo živočícha.
7. Aký je význam adaptácií organizmov.
8. Aké základné typy adaptácií poznáte, uveďte príklady.
9. Čo sú bioformy, aké poznáte pre terestrické rastliny a živočíchy.



### 3.2.1. Organizmy, ich vzťahy a adaptácie k základným ekologickým faktorom

#### 3.2.1.1. Žiarenie (svetlo) a rastliny

Zdrojom svetla, tepla a energie je pre zelené rastliny slnečné žiarenie. Časť slnečného žiarenia (fotosynteticky aktívne žiarenie) absorbované rastlinami sa v procese fotosyntézy využíva rastlinami na tvorbu (syntézu) energeticky bohatých chemických väzieb a redukovaných zlúčenín uhlíka. Vzniká organická hmota a energia disponibilná pre ďalšie organizmy.

Významná je nielen kvantita, ale i kvalita svetla. Krátkovlnné a vysokoenergetické žiarenie, vrátane ultrafialového žiarenia, môže mať poškodzujúce (fotodeštruktívne) účinky na živé bunky, najmä na genetickú štruktúru a môže vyvolávať mutácie. Okrem toho, napr. ultrafialové žiarenie brzdí činnosť rastových látok. Potreba svetla u rôznych rastlín, ako aj ich jednotlivých orgánov, je rôzna. Svetlo je nutné pre:

- tvorbu 90 % rastlinnej sušiny,
- je faktorom tvorby rastových látok a súčasne aj faktorom dĺžkového rastu,
- pôsobí na periodicitu rastlín,
- pre tvorbu kvetov je potrebné svetlo určitej intenzity,
- pre klíčenie čerstvých semien mnohých druhov.

Nedostatok svetla spôsobuje tzv. **etiolizáciu**. Svetlo nepotrebujú (a väčšinou ani neznášajú) saprofytické a parazitické rastlinné mikroorganizmy, žijúce v organizmoch a v pôde a chemosyntetické organizmy.

K niektorým prejavom rastlín nestačí iba určitá intenzita a kvalita svetla alebo jeho suma, ale je potrebné určité striedanie svetla a tmy. Ide o tzv. **fotoperiodizmus**, ktorým sa rozumie dĺžka denného osvetlenia, tzv. fotoperiód, ktorá rozhoduje o tom, či sa „prepojí“ vegetačný vrchol na tvorbu kvetov alebo nie. Pri niektorých druhoch sa v listoch tvorí hormón, nazývaný **florigén**, ktorý sa šíri do vegetačného vrcholu a v prípade odpovedajúcej fotoperiód aktivuje kvetné gény k tvorbe kvetov.

Podľa nárokov na **relatívnu ožiarenosť** (starší názov: relatívny svetelný pôžitok) sa môžu rastliny rozdeliť do troch základných skupín:

- **heliofyty** (heliofilné, slnné rastliny): rastú na celkom nezatienených stanovištiach so 100 % relatívnym ožiarением. Sú to napr. rastliny púštne, stepné, tundrové a horské, niektoré ruderalne rastliny, ako aj prevažná časť poľných burín.
- **helio-sciofyty** (hemiheliofyty – hemisciofyty): sú to polosvetlomilné až polotieňomilné rastliny, tolerantné k stopercentnému relatívnemu ožiarению, ale znášajú aj zatienenie rôzneho stupňa. Do tejto skupiny patrí veľký počet druhov z lúčnych a lesných spoločenstiev, napr. reznáčka laločnatá (*Dactylis glomerata*) má rozsah tolerance 100–3 %, čistec rovný (*Stachys recta*) 100–48 %. Pre kvitnutie vyžadujú však tieto druhy zvyčajne vyššie relatívne ožiarenie. Napr. brečtan popínavý (*Hedera helix*) kvitne iba pri 100–22 % ožiarení.
- **sciofyty** (sciofilné, tienne rastliny): v prírode rastú len na zatienených miestach, patrí sem väčšina lesných druhov. Rozsah tolerance k nízkej relatívnej ožiarení je rôznej, napr. smovník purpurový (*Prenanthes purpurea*) 10–5%, hrachor jarný (*Lathyrus vernus*) 33–20%. Minimálna požiadavka na relatívne ožiarenie sciofytov klesá od zelených kvitnúcich rastlín s limitom minima žiarenia 1–2 % – kyslička obyčajná (*Oxalis acetosella*) cez papradiny a machorasty (1,0–0,5%) až k riasam (0,2–0,1%). Nízke nároky na svetlo majú aj vodné rastliny s listami ponorenými pod vodou a samozrejme



aj saprophyty a ostatné nezelené rastliny vrátane parazitov. Len veľmi málo rastlinných druhov je k tomuto faktoru indiferentných.

Potreba relatívneho ožiarenia sa môže meniť u toho istého druhu vplyvom iných faktorov. Napr. pri dostatočnej pôdnej vlhkosti a obmedzenej konkurencii iných druhov môžu niektoré sciofyty rásť aj za plného ožiarenia.

Rastliny sú do určitej miery schopné sa adaptovať na rôznu kvantitu a kvalitu svetla (hustotu a spektrálne zloženie žiarenia). Príklad: poloha listov je určovaná rastovou reakciou nazývanou **fototropizmus**: jednotlivé listy vyhľadávajú rastom svojich stoniek polohu optimálneho ožiarenia. Takisto aj obrysy korún stromov sú určené rastovými reakciami, ich konečným dôsledkom je vytvorenie takého tvaru povrchu koruny, aby jej periférna vrstva listov bola vystavená maximálnemu potenciálnemu ožiareniu.

V priebehu rastu a vývinu sa u listnatých drevín vytvárajú podľa umiestnenia listov v korune (teda podľa prevažujúceho ožiarenia) listy s rozdielnou morfológickou a fyziologickou adaptáciou, listy slnného alebo tienneho typu. **Slnné listy** – majú menšiu plochu, väčšiu hrúbku mezofylu, vyššie palisádové bunky tým aj väčšiu hrúbku listu, hrubšiu vonkajšiu stenu pokožky, a teda aj väčšiu hmotnosť sušiny na jednotku plochy. Obsahujú menej vody, majú väčšiu rýchlosť fotosyntézy, dýchania a transpirácie, majú účinnejšiu prieduchovú reguláciu. **Tienne listy** – majú oproti slnným (aj tienne druhy oproti slnným) vyšší obsah chlorofylu, čím je vyrovnávaná (čiastočne) nižšia relatívna ožiarenosť. Sú tenšie a majú väčšiu plochu.

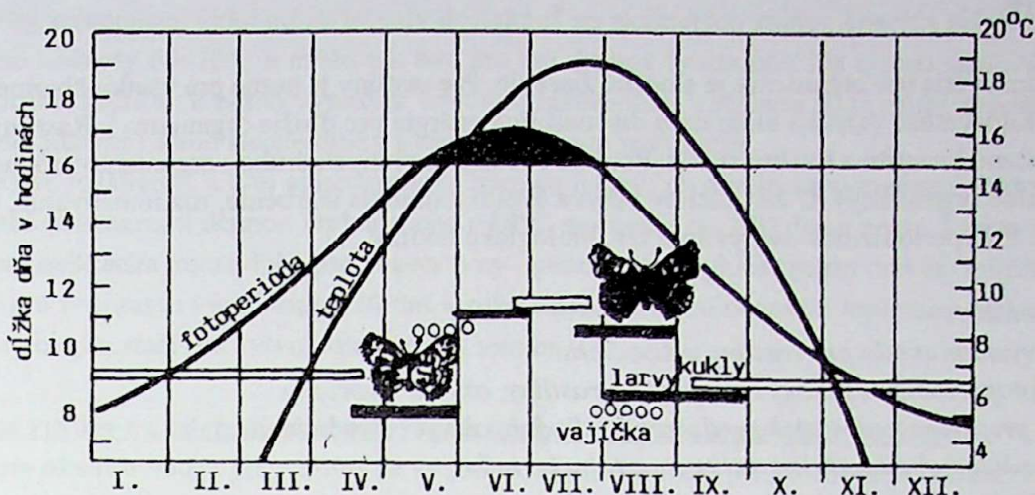
V rámci jednej koruny stromu sú periférne listy slnného typu (správajú sa v podstate ako heliofyty), zatiaľ čo vnútri koruny sú listy tienneho typu. Vnútri koruny relatívna ožiarenosť klesá často veľmi nízko, podľa hustoty koruny. Príklad: pri borovici na 10%, pri dube na 4%, pri smreku až na 2,8%, pri bohato olistenej korune buka až na 1,2% plného ožiarenia.

### 3.2.1.2. Svetlo a živočichy

Živočichy reagujú citlivo na kvalitu i kvantitu svetla, v priebehu ich vývoja sa fixovali mnohé adaptácie, najmä zrakových orgánov. Súmračné a nočné živočichy majú oči väčšie, prispôsobené malým svetelným intenzitám, niektoré hlbinné ryby majú oči teleskopické. V podmienkach, kde svetlo stráca svoj ekologický význam, oči zakrpatievajú, až celkom chýbajú (jaskynný hmyz, netopiere, krty). Strata zraku je pri týchto živočichochoch kompenzovaná dokonalejším vývojom a špecializáciou iných zmyslových orgánov (čuch, hmat, sluch), ktoré im umožňujú orientáciu.

Tak ako rastliny, aj živočichy žijúce na plnom svetle nazývame **svetlomilné** (heliofilné, fotofilné), väčšinou sú zároveň aj suchomilné; **tieňomilné** (sciofilné) žijú na zatienených miestach; **tmavomilné** (heliofóbne, fotofóbne) sa svetlu vyhýbajú a súčasne vyžadujú vyššiu vlhkosť; žijú v afotnom prostredí – v jaskyniach (troglobionti), dutinách (kavernikolné formy), v pôde (euedafonti), v podzemných vodách (stygobionti) a v telách hostiteľov (endoparazity). Svetlo má silný vplyv aj na **sfarbenie živočíchov**, afotné formy sú obyčajne bezfarebné, alebo mliečnej farby (napr. larvy chrústov, jaskynné ryby a pod.). Zmena farby (tvorba a odbúravanie pigmentu) môže byť pozvoľná a vedie k trvalej zmene sfarbenia u živočicha vystaveného určitej kvalite a kvantite svetla (morfológická zmena). Príklad: sezónny dimorfizmus pri babočke sieťkovanej.





obr. 9. Sezónne zmeny sfarbenia u babôčky sieťkovanej (*Araschnia levana*). Jarná forma u tohto motýľa je červenožltá s červenými škvrnami, letná forma je čiernohnedá s bielymi škvrnami. Čierna plocha predstavuje hodnoty fotoperiód nad 16 hodín, ktoré sú rozhodujúce pre výskyt letnej formy (upravené podľa Lososa 1984).

Rýchlo prebiehajú fyziologické zmeny podmienené nervovo, ale aj hormonálne. Príklad: adaptácia sfarbenia tela k farbe substrátu u hmyzu, mäkkýšov, obojživelníkov a plazov, tzv. ochranné sfarbenie. Etologická zmena farieb je podmienená okamžitými svetelnými vplyvmi ale aj psychickým stavom živočícha (chamelón, sépia), tzv. ochranné alebo výstražné sfarbenie.

Fotoperiód má významný vplyv predovšetkým na reprodukciu. U stavovcov svetlo hormonálne urýchľuje vývoj pohlavných žliaz a pohlavnú aktivitu dospelých jedincov.

U živočíchov v priebehu života môžeme často pozorovať pravidelné kolísanie životných prejavov (rozmnožovanie, migrácia a pod.), ktoré sa opakujú v určitej ročnej dobe. Tieto pravidelné oscilácie závislé na svetle predovšetkým v oblasti mierneho pásma nazývame **biologické rytmy**. Striedanie svetla a tmy podmieňuje u väčšiny živočíchov tzv. **cirkadiánný (dvadsaťštyrihodinový) rytmus**, nazývaný i **biologické hodiny**. Podľa doby aktivity poznáme **denné, nočné, súmravné** a **indiferentné** (arytmické) druhy.

Intenzita svetla môže vyvolať okrem zmeny pohybovej aktivity aj zmenu intenzity a orientácie správania. Príklad: ak nadvihne kus dreva ktoré leží v lesnej hrabanke, začne hmyz ukrytý pod ním okamžite behať a hľadať iný úkryt.

Na základe počtu fáz aktivity rozlišujeme živočíchov:

- **monofázické**: počas 24 h sú jedenkrát aktívne a jedenkrát odpočívajú – napr. denný a nočný hmyz, vtáky, niektoré cicavce, vrátane človeka,
- **bifázické**: majú dve doby aktivity a odpočinku – súmravný hmyz, z cicavcov napr. sysel',
- **polyfázické**: sú niekoľkokrát aktívne a niekoľkokrát odpočívajú – najmä hlodavce.

Orientácia živočíchov je bezprostredne spätá so smerom dopadajúcich lúčov; táto môže byť alebo fotopozitívna (pohyb „za svetlom“), alebo fotonegatívna. K svetelnej orientácii niekedy stačí veľmi nízka intenzita svetla (najmä pri tmavomilných druhoch). Príklad: dážd'ovke stačí iba 0,313 luxov.

Osobitným prípadom orientácie je tzv. **menotaxia**, kedy živočích nereaguje pohybom priamo proti smeru lúčov alebo v smere lúčov, ale zachováva k nim určitý uhol pohybu, orientácia podľa **svetelného kompasu**.

Príklad: pre mravce a včely slúži postavenie slnka k orientácii pri opúšťaní a návrate do mraveniska, úľa. Príkladom je aj špirálovitý pohyb nočných motýľov smerom k svetlu – zachovávajú počas letu stále rovnaký uhol k zdroju svetla.



Zdrojom svetla pre organizmy je slnečné žiarenie. Pre rastliny je nutné pre všetky životné pochody, najmä pre fotosyntézu (vzniká biomasa a disponibilná energia pre ďalšie organizmy). Rastliny sú adaptované na rôznu kvantitu a kvalitu svetla. Potreba svetla je u rôznych druhov organizmov rôzna (heliofilné až sciofilné organizmy). U živočíchov vplýva svetlo najmä na sfarbenie, rozmnožovanie, orientáciu a migráciu. Fotoperiodizmus ovplyvňuje tzv. biologické hodiny.

*Kontrolné otázky:*

1. Aký je význam svetla pre rastliny a živočchy.
2. Čo je fotoperiodizmus a aký má vplyv na rastliny, aký na živočchy.
3. Ako sa prejavuje nedostatok svetla pri rastlinách, ako pri živočchoch.
4. Aké sú základné adaptácie rastlín vo vzťahu k svetlu.
5. Čo sú biologické hodiny.

### 3.2.1.3. Teplota a rastliny

Nenahraditeľným faktorom pre fyziologické procesy, teda pre život a existenciu rastlín je ich teplota. Teplota rastlín býva pri priamom oslnení väčšinou o 2–8 °C vyššia ako teplota vzduchu. Pri silnom oslnení a nízkej transpirácii a za bezvetria dochádza k značnému prehrievaniu povrchu rastliny o 10–20 °C oproti okolitému vzduchu. Pri slabo transpirujúcich orgánoch (ako napr. kmene stromov), dochádza v dôsledku prehrievania pri oslnení v zime (po ktorom nasleduje prudké ochladenie) ku vzniku tzv. mrazových trhlín v kôre stromov. Iba korene rastlín, ktoré sú v pôde, majú prakticky rovnakú teplotu ako ich pôdne prostredie.

Závislosť životných funkcií rastlín na teplote je rôzna a druhovo špecifická. Každá teplotná závislosť má svoju hodnotu minimálnu a maximálnu a každá jednotlivá životná funkcia rastliny má svoje teplotné hranice.

Väčšina našich terestrických cievnatých rastlín znáša pomerne široký rozsah teplôt. Rastliny so širokou amplitúdou vo vzťahu k teplote sa nazývajú rastliny **eurytermné**. Ich teplotná amplitúda býva od –5 °C do +55 °C, t.j. s rozsahom 60 °C. Pri prekročení limitujúcich teplotných hraníc dochádza k poškodeniu protoplazmy buniek a nakoniec k ich odumretiu. V reprodukčnom stave však vyžadujú užší rozsah teplôt, asi medzi 5–40 °C. Optimálna teplota pre väčšinu eurytermných rastlín je 20–25 °C. Opakom eurytermných rastlín sú **rastliny stenotermné**, ktoré majú relatívne úzku teplotnú amplitúdu. Okrem niektorých nižších rastlín sú to napr. parazitické baktérie a huby, ktorých rozsah teploty odpovedá najpriaznivejším podmienkam pre ich infekciu a rast na hostiteľskom organizme.

Z hľadiska adaptácie a rezistencie rastlín k teplote rozlišujeme:

- **termofyty** – znášajú vysoké teploty, majú účinné adaptácie na zníženie teploty
- **psychrofyty** – znášajú nízke teploty, majú účinné adaptácie na zvýšenie teploty

**Termofyty** často rastú na takých biotopoch, kde súčasne býva v letnom období limitujúcim faktorom aj nedostatok pôdnej vlhky. Tieto druhy, ktoré znášajú nielen vysoké teploty, ale sú adaptované aj na nedostatok vody v pôde, sa nazývajú **xerotermofyty** alebo **xerotermné** rastliny.

Podľa zemepisného rozšírenia (areálu) sa môžu rastliny líšiť v tolerancii ku kolísaniu teplôt medzi dňom a nocou. Rastliny, ktoré majú ťažisko rozšírenia (areál) v kontinentálnej oblasti (napr. stepné druhy rodu *Stipa*), vyžadujú pre svoj rast pokles nočnej teploty oproti dennej o 10–15 °C. Druhy pochádzajúce z oceanickej oblasti rastú najlepšie pri výkyve denných teplôt iba 5–10 °C. Tieto dva prípady ukazujú na zhodnosť nárokov rastlín na teplotný rytmus s teplotným denným rytmom určitej geografickej oblasti, ktorý je potom u rastlín geneticky zakódovaný.



V našej zemepisnej šírke môžu teploty dosiahnuť na skalnatých stanovištiach s južnou expozíciou maximálne hodnoty 60–70°C a môžu tak byť pre rad druhov limitujúce. Na týchto stanovištiach rastú len také druhy, ktoré sú k týmto vysokým teplotám rezistentné. Väčšinou sú to druhy mediteránnej oblasti (južnej Európy) alebo stepné druhy s kontinentálnym rozšírením.

Možnosť rozšírenia, a tým aj geografické hranice listnatých drevín sa vymedzujú **izotermou**, ktorá je určená priemernou dennou teplotou nad +10°C najmenej po 120 dní v roku. Týmto obdobím je vymedzená najkratšia nutná doba pre vegetatívny i generatívny cyklus týchto drevín. Ihličnaté dreviny vyžadujú pre svoj rast i vývoj aspoň 30 dní v roku s priemernými dennými teplotami nad +10°C. Toto krátke obdobie im stačí pre vytvorenie zrelých semien.

#### **Adaptácie rastlín na udržanie alebo zvýšenie teploty (adaptácie na nízke teploty):**

- **zníženie obsahu vody:** pre rastliny je výhodné, ak neobsahujú pri prechode do mrazivého obdobia veľa vody – zvyšuje sa tým odolnosť proti mrazu. Zníženie obsahu vody zvýšenie obsahu niektorých účinných látok, ako napr. cukru (napr. pri druhoch rodu hruštička, *Pyrola* sp.) sa tvorí ľad až pri –31°C, čím sa zvyšuje odolnosť proti chladu. Väčšina stálezelených rastlín premieňa pri poklese teploty zásoby škrobu na tuk,
- **pritlačenie nadzemných orgánov k pôdnemu povrchu:** túto adaptáciu (spôsob ochrany) majú vankúšikovité skalné a vysokohorské chamaefyty. Teplota pôdy kolíše menej ako teplota vzduchu,
- **spánkové nyktinastické pohyby:** znižujú tepelné vyžarovanie a transpiráciu. Sú to pohyby vykonávané rastlinami na noc a za chladu púčikmi, kvetmi a súkvetiami. Priklad: skladanie čepelí lístkov zložených listov k sebe (kyslička, d'atelina), vertikálna poloha listových čepelí (netýkavka), pohyby kvetov v súkvetí – jeho skláňanie (fialka), a zatváranie úborov (astrovité, napr. púpava); skláňanie listov stálezelených rastlín v zime (rododendron, kalina). Preukázateľne nízkou teplotou vyvolávané zakrivovanie listov a stoniek bylín smerom dole a pritláčanie sa k pôdnemu povrchu sa nazýva **psychochroklínia**,
- **červenofialové sfarbenie spodnej strany listov** spôsobené antokyánom pri stálezelených listoch niektorých druhov (kopytník európsky, cyklámen a i.),
- **zvyšovanie teploty dýchaním,**
- **zariadenia zabraňujúce transpirácii a prehrievaniu povrchu** – hustá vrstva trichómov (divozel), a i.,
- **tvorba striebřistých škvŕn na listoch** pri ktorých sa potvrdilo, že sa síce pomalšie zohrievajú, ale tiež pomalšie teplo vyžarujú (hluchavka),
- **znižovanie povrchu – zbavovanie sa nadzemných orgánov**, v dobe vegetačného pokoja nepotrebných a najmä príliš citlivých na chlad (opad listov).

#### **Adaptácie na zníženie teploty, (adaptácie na vysoké teploty)**

- **zvýšenie transpirácie:** najúčelnejším prostriedkom na znižovanie insolačnej teploty je transpirácia, to znamená, že zariadenia zabraňujúce transpirácii spôsobujú zvýšenie teploty,
- **zariadenia zabraňujúce prehrievaniu:** sú významné pri tých orgánoch rastlín, ktoré slabo transpirujú, napr. kmeň drevín. Tu sa vytvára hrubá, izolačná vrstva korkových buniek (borovica lesná, dub cerový, dub korkový).

### **3.2.1.4. Teplota a živočíchy**

Živočíchy nevyhnutne potrebujú teplo na udržiavanie vitality. Navyše pri svalovej činnosti a pri rozklade potravy, uvoľňujú značnú časť tepla do okolia. Obdobne ako rastliny, aj živočíchy rozlišujeme vo vzťahu k teplote: **stenotermné** (vyžadujú teplotne vyrovnané prostredie) a **eurytermné** (dobré



znášajú teplotné rozdiely). **Oligotermné** (psychrofilné) žijú v studených vysokohorských a polárnych oblastiach, a to i na snehu a ľade (kryofilné). Pre tropické a subtropické oblasti sú charakteristické **polytermné** (termofilné) druhy.

Na základe termoregulácie rozoznávame živočíchy:

- **studenokrvné** (poikilotermné, exotermné) – teplota ich tela je závislá na teplote okolia. Produkujú málo tepla, ktoré ľahko strácajú, ale aj rýchlo získavajú teplo z okolia. Patria sem bezstavovce a stavovce okrem vtákov a cicavcov.
- **teplokrvné** (homoiotermné, endotermné) – udržiavajú si telesnú teplotu nezávisle na teplote okolia (termoregulácia). Patria sem vtáky (39–40 °C) a cicavce (36–37 °C). Udržiavaniu teploty napomáha i perie alebo srst'. Z tejto skupiny sú niekedy vyčlenené netopiere ako **heterotermné**, pretože v období chladu vedú prejsť do stavu strnulosti, kedy si prispôbujú telesnú teplotu okoliu.

Živočíchy sú schopné metabolických procesov a základných životných funkcií len v určitom rozmedzí teploty. Šírka teplotného rozpätia je špecifická pre jednotlivé druhy. Horná hranica sa zvyčajne pohybuje okolo 40–50 °C, spodná je veľmi variabilná. Teplokrvné živočíchy však majú schopnosť udržať si telesnú teplotu i pri silných poklesoch teploty okolia. Studenokrvné živočíchy (s výnimkou teplomilných) znášajú i pomerne nízke teploty vzduchu.

Tab. č. 1. Spodné medzné teploty zistené u rôznych druhov hmyzu (upravené podľa Lososa a kol., 1984).

| Druh                                               | Medzná teplota<br>°C |
|----------------------------------------------------|----------------------|
| pandrávy chrústov ( <i>Melolontha melolontha</i> ) | –4                   |
| komár ( <i>Aedes aegyptii</i> )                    | –10                  |
| šváb americký ( <i>Periplaneta americana</i> )     | –15                  |
| mucha domáca ( <i>Musca domestica</i> )            | –15                  |
| kokóny priedky morušovej ( <i>Bombyx mori</i> )    | –39                  |
| húsenice niektorých motýľov                        | –40                  |
| priadkovec ( <i>Melanosoma americanum</i> )        | –60                  |

Pri teplotách nepriaznivých pre život dochádza k zamŕznaniu tkanív. Príčina smrti spočíva v poškodení bunčných štruktúr kryštalizáciou vody v plazme. Teplokrvné živočíchy nie sú tak bezprostredne závislé na zmenách teploty prostredia. Príčiny hynutia chladom spočívajú v zastavení srdcovej činnosti, narušení enzýmového systému a vplyvom ďalších, menej známych príčin.

Živočíchy mierneho pásma sa nízkym teplotám v priebehu zimy prispôbili **zimným spánkom**, počas ktorého sa dostávajú do letargie, kedy sú znížené základné životné funkcie na minimum. Jedná sa o aktívnu schopnosť meniť svoju telesnú teplotu. Fyziologicky je obdobný **letný spánok** (počas vysokej teploty a sucha) a počas dňa môže dôjsť k **dennej spánkovej letargii**. Pri teplotách nad 45–50 °C upadajú do strnulosti, ich životné prejavy slabnú a pri vyšších teplotách hynú.

Rýchlosť vývoja a počet generácií v priebehu roka je u viacerých studenokrvných živočíchov priamo závislá na teplote.

## ZHRNUTIE

Teplota vplýva na fyziologické procesy organizmov. Závislosť životných funkcií organizmov na teplote je rôzna (má určité teplotné hranice) a druhovo špecifická. Väčšina rastlín znáša široké rozpätie teplôt, čo im umožňuje veľké množstvo adaptácií (najmä na udržanie resp. zvýšenie teploty). Mnohé



živočíchy (vtáky a cicavce) majú schopnosť termoregulácie; u ostatných závisí teplota tela od teploty okolia. Jednou z adaptácií na nízke teploty je zimný spánok; jeho obdobou je denná spánková letargia pri vysokých teplotách.

*Kontrolné otázky:*

1. Vysvetlite pojmy eurytermný – stenotermný, termofilný – psychofilný.
2. Uvedte príklady adaptácií rastlín na nízke a vysoké teploty.
3. Ako rozdeľujeme živočíchy podľa termoregulácie.
4. Vymenujte živočíchy, pre ktoré je charakteristický zimný spánok.

### 3.2.1.5. Voda a rastliny

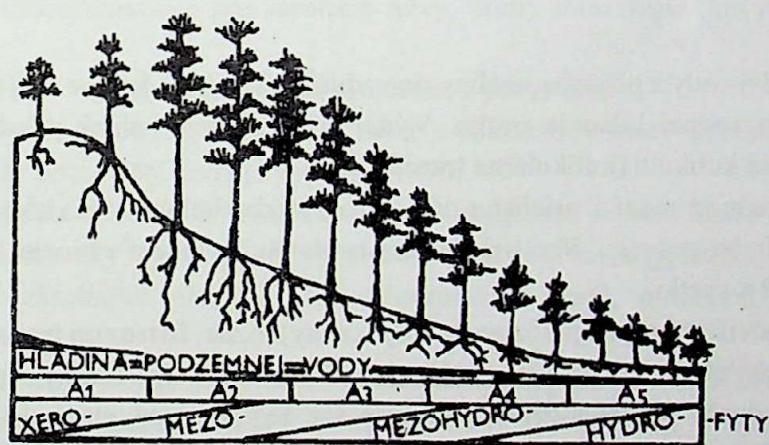
Voda je pre existenciu, rast a vývin rastlín nevyhnutná. Obsah a transport vody umožňuje činnosť základných funkčných procesov, t.j. fotosyntézy, minerálnej výživy, a rastu.

Vodná bilancia rastliny (zmena obsahu vody v rastline) je určovaná rozdielom medzi množstvom prijatej a vydannej vody. Môžeme ju merať, a tak aj kvantitatívne vyjadriť. Vodná bilancia je vyrovnaná vtedy, keď je príjem v rovnováhe s výdajom, t.j. ak je množstvo vody, ktoré rastlina prijala a množstvo vody, ktoré transpiráciou vydala, rovnaké. Takýto stav býva málokedy. Veľmi často býva počas dňa výdaj vody vyšší ako príjem. Dochádza tak k rôznemu stupňu deficitu vody v rastline a pri vyššom deficite rastlina vädne, pletivá majú znížený turgor.

**Mierny vodný deficit** je potrebný pre udržanie transpiračného prúdu. Súčasne s tým je zabezpečované zásobovanie vodou a minerálna výživa rastlín. Vodná bilancia sa mení v priebehu dňa podľa zmien v prostredí, podľa denných zmien teploty a vlhkosti. Tieto malé výkyvy sa spravidla neprejavujú výrazne negatívne, sú v rámci normálnej amplitúdy.

**Dlhodobý vodný deficit** (po dlhšom období sucha) sa naopak javí ako **limitujúci faktor** rastu a produkcie. Ovplyvňuje tvorbu biomasy a všetky druhy rastových procesov, brzdí absorpciu základných živín z pôdy, môže limitovať klíčenie semien, zvyšovať alebo znižovať dýchanie (podľa stupňa deficitu) a vyvolať veľký rozsah zmien biochemických, anatomických a morfológických.

Vplyv nedostatku vody na produktivitu prirodzeného porastu borovice je na obr. 10, kde vidno pokles produkcie dreveniny pri nízko položenej hladine podzemnej vody, ale aj na bahnatej pôde so stagnujúcou vodou.



obr. 10. Voda ako faktor produktivity v prirodzenom lese (podľa Duvigneauda, 1988)



## Prijem vody rastlinou

Cievnaté rastliny prijímajú vodu koreňovým systémom. O prijímaní vody rozhoduje tzv. sacia sila koreňov, ktorá je ekologicky dôležitým znakom jednotlivých skupín rastlinných druhov. Najmenšiu sáciu silu koreňov majú hygropyty a sciofyty; najvyššiu sáciu silu koreňov majú naopak xerofyty, heliofyty a niektoré halofyty (druhy zasolených pôd). Rastliny s väčšou sacou silou ako druhy susedné (ak rastú spolu v jednom spoločenstve a prijímajú vodu zo spoločného priestoru) sú konkurenčne zvýhodnené v prípade nedostatku prístupnej pôdnej vlhkosti. Schopnosť čerpať vodu je **dôležitý medzidruhový konkurenčný faktor v spoločenstve**.

Pre prijímanie vody rastlinou je tiež dôležité, aký geneticky daný typ koreňového systému má a ako je koreňový systém schopný morfolologickej adaptácie na konkrétne ekologické podmienky v pôdnom prostredí. Rozlišujeme tri základné typy koreňových systémov, ktoré sú vždy špecifické pre určitý druh:

- **intenzívny koreňový systém** – veľké množstvo krátko a husto vetvených koreňov. Pôdny priestor (relatívne malý k veľkému povrchu aktívnych koreňov) je intenzívne využívaný. Z relatívne malého objemu pôdy môže rastlina vyčerpať všetku pre ňu dostupnú vodu. Takýto koreňový systém majú napr. trávy, z drevín buk (7 m<sup>2</sup> na 1 dm<sup>3</sup> pôdy, povrch koreňových vláskov 80-krát vyšší ako povrch nadzemnej časti).
- **extenzívny koreňový systém** – má okrem hlavného koreňa aj dlhé postranné korene, ktoré prekoreňujú relatívne veľký objem pôdy vzhľadom na malý povrch (i objem) aktívnych koreňov. Pôdna voda je koreňmi odčerpávaná z relatívne veľkého objemu pôdy len extenzívne. Takýto typ koreňového systému majú napr. jaseň, osika, topol, z bylín napr. veternica hájna (*Anemone nemorosa*), kozonoha hostcová (*Aegopodium podagraria*), pýr plazivý (*Elytrigia repens*) a i.
- **povrchový koreňový systém** – je koncentrovaný do povrchovej časti pôdy, ale rozrastá sa pomerne do veľkej šírky. Je adaptovaný na čerpanie zrážkovej vody. Býva vytvorený u druhov rastúcich v arídnych oblastiach, u ktorých aktívne korene vyrastajú po daždi a rýchlo prerastajú vlhkou povrchovou vrstvou, odkiaľ intenzívne čerpajú vodu. Z našich druhov sú to tie, ktoré rastú na extrémne plytkých pôdach, na skalách napr. rozchodníky a skalnice (druhy rodu *Sedum* a *Sempervivum*).

Medzi týmito základnými typmi koreňových systémov existuje celý rad rôznych kombinácií, často podmienených povahou pôdneho prostredia.

## Výdaj vody rastlinou

Transpirácia – výdaj vody z povrchu rastliny do vzduchu (ktorý nie je plne nasýtený vodnou parou) tvorí negatívnu zložku vodnej bilancie rastlín. Výdaj vody sa deje jednak prieduchmi (stomatárna transpirácia), jednak cez kutikulu (kutikulárna transpirácia).

Rýchlosť transpirácie sa mení v priebehu dňa i roka, predovšetkým v závislosti od teploty, ale aj vzdušnej vlhkosti a pohybu vzduchu. Stav prieduchov ovplyvňuje vlhkosť vzduchu (v suchom vzduchu sa prieduchy zatvárajú) a svetlo.

Na rovnakom stanovišti transpirujú rôzne rastliny (druhy) rôzne. **Intenzita transpirácie rozhoduje nielen o intenzite fotosyntézy, ale aj o minerálnej výžive rastlín**. Pre zdarný rast a vývoj rastlín je potrebné, aby boli prieduchy pokiaľ možno čo najviac cez deň otvorené, aby bola umožnená výmena plynov (O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>), to všetko závisí od dostatočného množstva prístupnej vody v pôde.

V prostredí s vysokou relatívnou vzdušnou vlhkosťou, kde gradientový spád medzi prostredím a obsahom buniek v listoch je minimálny, a tým ustáva transpirácia, dochádza k tzv. **gutácii**, t.j. vytlačovaniu vody z listov v kvapalnom stave zvláštnymi bunkami, nazývanými **hydatódy**, na povrch



listov. Tým je udržaný transpiračný prúd potrebný k nasávaniu roztokov koreňovým systémom z pôdy. Tento jav je známy pri niektorých vrúbach, alebo pri druhoch rodu *Alchemilla* (*Alchemilla*).

### Ekologické typy rastlín podľa vzťahu k pôdnej vlhkosti:

- **hydrofyty** – rastliny vodné, pod vodou zakorenené, vegetatívne orgány vo vode ponorené, alebo na vode plávajúce. Osobitnú skupinu tvoria **helofyty** – bahenné rastliny, ktoré sú pod vodou pevne zakorenené, alebo sú viazané na mokrá (vodou bohatú) pôdu, pričom ich nadzemné orgány vyčnievajú z vody,
- **hygrofyty** – rastliny mokrých až zbahnených pôd, s tečúcou, alebo stagnujúcou vodou, pričom niektoré znášajú krátko, alebo dlho trvajúce záplavy, prípadne dočasne vyšší stav vody nad pôdnym povrchom,
- **mezofyty** – rastliny vlhkých, čerstvo a mierne vlhkých pôd, mnohé sú adaptované aj na dlhodobý alebo občasný nedostatok vody. Patrí sem väčšina našich bežných lesných druhov,
- **xerofyty** – rastliny suchých (alebo prevažnú časť roka suchých) pôd. Xerofyty so zvýšeným podielom sklerenchymatických pletív sa nazývajú **sklerofyty**. **Sukulenty** majú nízku transpiráciu a rezervy vody v pletivách.

### Adaptácie rastlín na vlhkosť

Veľká rozdielnosť a premenlivosť pôdnej a vzdušnej vlhkosti i celého komplexu stanovištnej vlhkosti vyvolala množstvo ekologických adaptácií, ktoré sú súčasne funkčné, morfológické i anatomické. Tieto adaptácie sa dotýkajú nielen príjmu a výdaja vody, ale aj závislosti fyziologických funkcií na obsahu vody v rastline. Schopnosť rastlín zabraňovať vodnému deficitu alebo ho kompenzovať, prípadne sa mu životným rytmom vyhnúť, je veľmi rôznorodá.

Hlavné adaptácie rastlín na nedostatok vody v pôde sú predovšetkým:

- zvýšenie príjmu vody z pôdy zväčšením koreňového systému, ktorý je alebo povrchový a plošne rozsiahly, alebo naopak veľmi hlboký (mení sa pomer nadzemnej a podzemnej biomasy),
- zvýšenie sacej sily koreňov,
- xeromorfna modifikácia listov, prípadne stoniek: silná kutikula, často pokrytá trichómami, voskovou vrstvou, epidermálne bunky malých rozmerov, prieduchy malé, často ponorené pod povrch listov a kryté vrstvou chlupov,
- zníženie plochy transpirujúcich orgánov, opad listov pri dlhšie trvajúcom suchu; vznik afilných (bezlistých) typov rastlín na trvalo suchých biotopoch
- stáčanie listov, charakteristické pre xerofilné trávy, druhy rodu *Stipa* (kavyl'), *Festuca* (kostrava) a i.,
- zníženie transpirácie včasným zatváraním prieduchov počas dňa,
- metabolizmus špecifických organických kyselín u sukulentov ktorý umožňuje mať celkom uzatvorené prieduchy počas dňa, kedy je výpar najväčší,
- pretrvávanie obdobia sucha v dormantnom stave: vo forme semien alebo podzemných orgánov (cibule, hl'uzy, podzemky – jarné geofyty), alebo v bezlistom stave (jesienka, *Colchicum* sp.),
- prostredníctvom zásobných pletív s vodou (sukulentné typy), zásobární vody v kmeni alebo koreňoch,
- schopnosť znášať bez trvalého poškodenia vyschnutie protoplazmy u nižších rastlín (napr. lišajníky, machorasty a niektoré paprad'orasty), ktoré vnútorný obsah vody prispôsobujú atmosférickej vlhkosti.



pôdach, zaplavovaných vodou, trvalo zamokrených. Sú to napr.:

- tzv. **dýchacie korene**, ktoré rastú negatívne geotropicky z pôdy do vzduchu a prijímajú vzdušný kyslík,
- **barlovité korene**, ktoré sú trvalo nad povrchom pôdy,
- tzv. **aerenchymatické pletivá** v stonkách i v koreňoch: druhy rodu sitina (*Juncus*), škripina (*Scirpus*), pália (*Typha*) a i.

### 3.2.1.6. Voda a živočíchy

Voda pre akvatické živočíchy predstavuje existenčné médium, pre terestrické živočíchy jej nadmerné množstvo, alebo nedostatok môžu podstatne limitovať samotnú existenciu.

Vo vzťahu k vode a vlhkosti rozlišujeme živočíchy na **stenohygrické** (znášajú iba úzke rozpätie kolísania vlhkosti), či už sú suchomilné alebo vlhkomilné; a **euryhygrické** (so širokou toleranciou k vlhkosti).

Vodné druhy (hydrobionty) môžu existovať iba vo vodnom prostredí, amfíbné (obojživelníky) znášajú prechodne aj terestrické prostredie. **Vlhkomilné** (hygrofilné) druhy vyžadujú vlhké až mokré prostredie (pôdne živočíchy a pod.), **suchomilné** (xerofilné) druhy sú prispôsobené suchému a teplému prostrediu a neznášajú zvýšenú vlhkosť. **Mezofilné** druhy (väčšina živočíchov) vyžadujú stredné hodnoty vlhkosti.

**Obsah vody** v tele živočíchov je rôzny, zvyčajne sa pohybuje v rozmedzí 50–90 %. Vodné živočíchy majú vyšší obsah vody v tele ako suchozemské. V priebehu ontogenézy sa obsah vody v tele mení, starnutím sa pletivá čiastočne dehydratujú. Zmeny obsahu vody v tele označované ako **vodná bilancia**, znamenajú (ako u rastlín) rozdiely medzi príjmom a výdajom vody. Závisí od vlhkosti vzduchu, teploty, cirkulácie vzduchu, od prijatej potravy, tlaku atď.

**Príjem vody u živočíchov** sa uskutočňuje:

- pitím – ústnym otvorom (digestívne) – väčšina druhov hmyzu, obojživelníky, plazy, vtáky, cicavce;
- prenikaním cez pokožku (penetrácia) – vodné živočíchy, endoparazity;
- absorpciou vodných pár zo vzduchu;
- obsahom vody v potrave;
- metabolickým spaľovaním organických látok.

**Výdaj vody** (straty) nastáva u suchozemských živočíchov vyparovaním cez pokožku (transpirácia), dýchaním, močom a exkrementami. Väčšina terestrických, voľne žijúcich živočíchov má rôzne morfológické, anatomické a etologické adaptácie na zníženie strát (výparu) vody:

**Morfológické adaptácie:** chitínová schránka u hmyzu, šupinatý kryt plazov, perie a srst' vtákov a cicavcov, redukcia potných žliaz, svetlejšie sfarbenie v aridných oblastiach (odráža viac žiarenia) a pod.

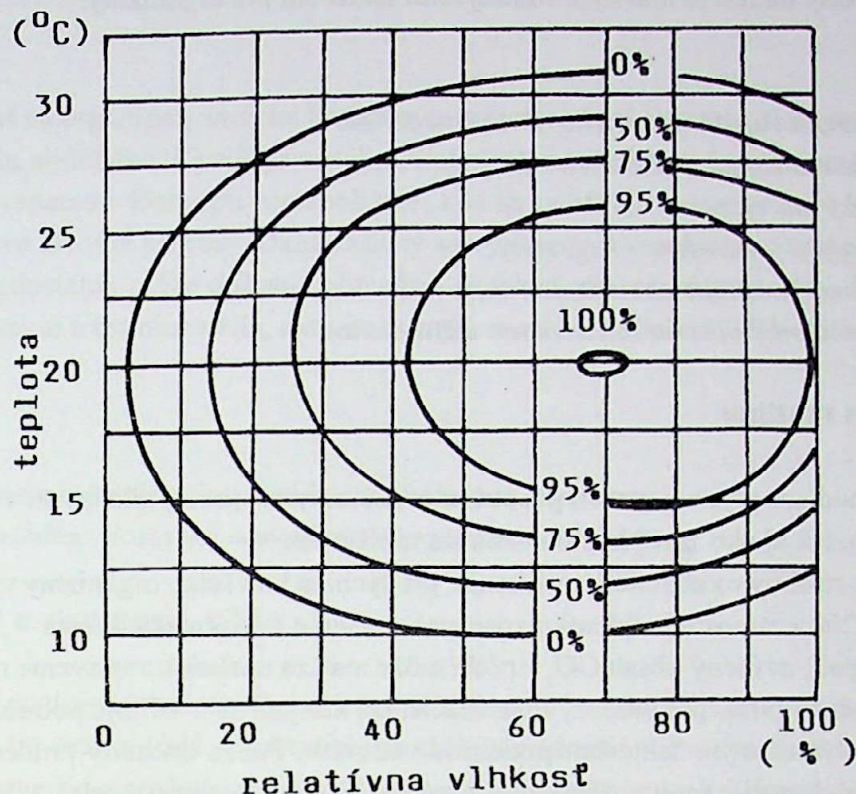
**Fyziologické adaptácie:** obmedzovanie výparu z pľúc a vzdušnic, minimálny obsah vody v exkrementoch (suchý trus), koncentrovaný moč, letný spánok, anabióza v kritickom období (bezstavovce).

**Etologické adaptácie:** pohybová aktivita (nočná, súmravná), obmedzovanie aktivity na povrchu pôdy (kryté chodby v okolí mravenísk), zahrabávanie do bahna (obojživelníky a niektoré ryby) a napokon migrácia do priaznivejších oblastí v období sucha.

Zásobovanie vodou a ochrana pred nadmernými stratami sú základnými ekofyziologickými adaptáciami suchozemských živočíšnych organizmov. Napríklad pri 15–20 % stratách vody dochádza u cicavcov k vážnym fyziologickým poruchám a postupne nastáva smrť. Vlhkosť vzduchu má význam i pri



tejem hmyza, pre prekopávania antilop a masovú reprodukciu, masovú vajčok, ale aj pre produkciu a fertilitu vajčok a potomstva.



obr. 11. Závislosť prežívania vajíčok prídokovca borovicového (*Dendrolimus pini*) v závislosti od rôznych kombinácií teploty a vlhkosti (upravené podľa Schwerdtfegera 1963).

Naopak, aj nadbytok vlhkosti a vody môže bezprostredne znižovať vitalitu živočíchov. Napr. silné premočenie pôdy dažďom zhoršuje prístup vzduchu do spodných vrstiev pôdy a zvyšuje úmrtnosť pôdnych organizmov (edafobiontov) nedostatkom kyslíka.

Veľká nosnosť vody umožnila vodným živočíchom vyvinúť sa do značných rozmerov, na rozdiel od suchozemských foriem. Napr. veľryba grónska je dlhá až 24 m a váži až 100 t, slon africký iba 3,5 m a 6 t. Významnými faktormi sú aj tlak vody, a pohyb vody (prúdenie), ktorý ovplyvnil vznik špeciálnych adaptácií ako napr. štíhly tvar tela, zachytávacie a pridržiavacie orgány.

**Salinita** (obsah solí) je živočíchmi rozdielne tolerovaná. Hlavný účinok obsahu solí vo vode sa na živočíchoch prejavuje **osmotickým tlakom**. Väčšina bezstavovcov má vyrovnaný osmotický tlak telesných tekutín s vodným prostredím, v ktorom žije. V prípade nevyrovnaného tlaku pôsobia regulačné mechanizmy, ktoré vylučujú nadbytočné množstvo solí, alebo vody. Prevažná väčšina živočíchov sú alebo morské, alebo sladkovodné. Známe sú živočíchy ktoré putujú zo sladkých vôd do morí (úhor), alebo naopak tiahnu z morí do horných častí riek (lososy) kde kladú ikry. Znášajú široký rozsah salinity (označujú sa ako cyklicky euryhalinné). Ostatné sú buď euryhalinné (nie sú silne citlivé na obsah solí) alebo stenohalinné (neznášajú kolísanie salinity).

## ZHRNUTIE

Voda je nenahradiiteľným zdrojom prostredia. Hydratácia pletív a tkanív je nevyhnutnou podmienkou metabolických procesov a tým života organizmov vôbec. Pre vodné organizmy je voda prostredím, od ktorého závisí ich existencia. Suchozemské (terestrické) organizmy prijímajú vodu z prostredia podľa prírodných možností a individuálnych potrieb. Strata vody (transpirácia) je negatívnou zložkou



vodnej bilancie organizmov. Pre zvýšenie príjmu a obmedzenie výdaja vody organizmy nadobudli celý rad fyziologických, morfológických a u živočíchov aj etologických adaptácií. Nedostatok vody (sucho), najmä dlhodobý vodný deficit je hlavným limitujúcim faktorom pre organizmy.

*Kontrolné otázky:*

1. Čo je vodná bilancia rastlín (živočíchov), na čom závisí.
2. Aké sú adaptácie rastlín na nedostatok vlhkosti.
3. Čo je gutácia, aký má význam.
4. Čím sa líšia xerofyty – mezofyty – hygrofyty.
5. Akými adaptáciami živočichy obmedzujú straty vody.
6. Ako sa prejavuje účinok obsahu solí vo vode u živočíchov.

### 3.2.1.7. Vzduch a rastliny

Vzduch, ako médium plynnej zmesi, pôsobí na organizmy svojimi fyzikálnymi vlastnosťami (hustota, tlak, prúdenie), tak aj ako zdroj kyslíku a oxidu uhličitého.

Pri fotosyntéze rastliny oxid uhličitý prijímajú, pri dýchaní ho všetky organizmy vydychujú. Zvýšený obsah  $\text{CO}_2$  na 0,2% v atmosfére skleníku znamená zvýšenie fotosyntézy a rastu – „hnojenie oxidom uhličitým“, ale naopak, zvýšený obsah  $\text{CO}_2$  v pôde môže mať za následok zastavenie rastu koreňov. Pre rastliny je kyslík nahraditeľný pre procesy disimilácie, pri ktorých sa uvoľňuje potrebná energia.

Pre rastliny je významným faktorom **prúdenie vzduchu**. Podľa intenzity prúdenia unáša vzduch peľové zrná niektorých rastlín (anemofília) alebo spóry a diaspóry (anemochória). Silné vetry, víchrice, tzv. prepadavé vetry majú zhubný vplyv na vegetáciu, najmä lesnú. Vietor spôsobuje ochladzovanie organizmov; zvyšuje výdaj vody – transpiráciu; premiešava ovzdušie v bezprostrednom okolí rastlín, čo ovplyvňuje prísun  $\text{CO}_2$  pre fotosyntézu.

### 3.2.1.8. Vzduch a živočichy

Kyslík obsiahnutý vo vzduchu je základnou podmienkou existencie terestrických živočíchov.

Tolerancia živočíchov k  $\text{CO}_2$  je značná, napr. u hmyzu a pôdných živočíchov (dážďovky). Naopak, krt pri nedostatočnom vetraní hynie. Niektoré druhy (napr. pandravy chrústa) sa orientujú podľa zvýšeného obsahu  $\text{CO}_2$  smerom ku koreňom rastlín (ktoré  $\text{CO}_2$  vylučujú), čo im umožňuje nájsť potravu.

Vzduch je pomerne málo únosný a preto väčšie živočichy v ňom nemôžu trvale existovať. Drobné druhy sa v ňom vznášajú v dôsledku prúdenia a tvoria súčasť **aeroplanktónu**. Vzduch má dôležitý význam pre lietanie živočíchov, až 78% z nich je schopných lietania (hmyz 98,9%, vtáky 98%).

**Prúdenie vzduchu** ovplyvňuje aktivitu a rozširovanie živočíchov na zemskom povrchu. Vietor u nich vyvoláva reakcie polohové alebo smerové, ktoré nazývame **anemotaxie**. Tieto môžu byť pozitívne alebo negatívne. Pri vývoji **mikropterných** foriem hmyzu (s redukovanými krídlami) alebo **apterných** foriem (bez krídiel) spolupôsobí vietor. Príčina, ktorá tento jav spôsobuje, je oneskorenie metamorfózy v nepriaznivých vysokohorských podmienkach, kde až 70% druhov hmyzu je bezkrídlych (v nížinách je to okolo 5%). Pasívne prenášanie živočíchov nazývame **anemochórny transport**.

**Zmeny atmosférického tlaku** v dôsledku poveternostných podmienok (+80 mB) nemajú podstatný vplyv na existenciu živočíchov. Avšak postupné, takmer lineárne zmeny atmosférického tlaku v závislosti od stúpajúcej nadmorskej výšky (v nadmorskej výške 6000 m dosahuje tlak polovičné hodnoty namerané pri hladine mora), majú pri niektorých druhoch veľký význam. Tieto druhy neznášajú kolísanie tlaku vzduchu a sú **stenobarné** (najmä cicavce a niektoré vtáky), naproti tomu na druhy **eurybarné** výrazne nevplyva zníženie tlaku (bezstavovce a niektoré vtáky). Zníženie tlaku v spolupôsobení s inými



faktormi však môže zohrávať vo vývoji živočíchov i pozitívnu úlohu (napr. pri liahnutí hmyzu, kedy je potrebný odpor pri pretrhávaní obalov).

## ZHRNUTIE

Vzduch pôsobí na organizmy svojimi fyzikálnymi vlastnosťami (hustota, tlak, prúdenie), a je zdrojom kyslíka a oxidu uhličitého. Kyslík je nenahraditeľným pre všetky živé organizmy (s výnimkou an-aeróbnych). Má významnú úlohu pri metabolizme, kde sa uvoľňuje z energeticky bohatých zlúčenín energia potrebná pre životné procesy. Oxid uhličitý sa vyskytuje v ovzduší v dostatočnej koncentrácii. Jeho prechodný nedostatok môže dočasne obmedziť rýchlosť procesu fotosyntézy. Prúdenie vzduchu ovplyvňuje opelenie a šírenie rastlín, aktivitu a rozširovanie živočíchov. Tlak vzduchu vplýva najmä na živočíchy.

*Kontrolné otázky:*

1. *Vysvetlite stručne význam kyslíku a oxidu uhličitého pre organizmy.*
2. *Ako vplývajú fyzikálne vlastnosti atmosféry na organizmy.*

### 3.2.1.9. Rastliny a vlastnosti pôd

Suchozemské rastliny sú koreňovým systémom „viazané“ v pôde, z ktorej prijímajú vodu a v nej rozpustené živiny. Sú teda závislé na chemickom zložení pôdneho substrátu. Niektoré chemické prvky rozhodujú výraznejšie o výskyte určitých druhov rastlín a eliminujú iné druhy. Na veľmi plytkých pôdach (sutiny, skaly) chemické zloženie súvisí so zložením materskej horniny. Ak poznáme amplitúdu tolerancie rastlinného druhu k základným chemickým prvkom v pôde, môžeme spätne zhruba indikovať chemické zloženie pôdy podľa prítomnosti (alebo absencie) tejto rastliny. Preto je možné rastliny použiť ako **indikátory (fytoindikátory)** chemického zloženia horniny, ale aj pôdy.

Pre rastlinu sú využiteľné tie minerálne látky, ktoré sú v pôde v rozpustnej forme (cca 0,2%). Nerozpustené živiny predstavujú rezervu, ktorá sa postupne uvoľňuje zvetrávaním minerálnych látok z horniny, humifikáciou až mineralizáciou organických zvyškov. Z pôdnych roztokov sa ióny solí dostávajú s vodou do celej rastliny. Rastlina môže ľahšie prijímať tie ióny, ktoré potrebuje vo väčšom množstve. Toto selektívne hromadenie, tzn. uprednostňovanie určitých bioelementov je biologickou vlastnosťou rastlín. Určuje **fyziológickú konštitúciu** rastliny, ktorá je druhovo špecifická. Na druhej strane rastlina prijíma z pôdneho roztoku všetky ióny, ktoré nie je schopná selektívne vylúčiť (permeabilitou membrán). Tak sa dostávajú do rastlín i balastné, dokonca aj škodlivé látky.

Bezprostrednú väzbu na geologický substrát majú rastliny, ktoré rastú na skalách, nazývajú sa **petrofyty**. Ak rastú na povrchu skál a balvanov sa nazývajú **litofyty**, sú to najčastejšie nižšie rastliny (riasy, machorasty, lišajníky). Petrofyty zakorenené v skalných štrbinách sa nazývajú **chasmofyty** (sú to často vyššie rastliny).

## Obsah živín

Niektoré druhy rastlín vyžadujú pre svoj rast a vývoj veľkú zásobu živín v pôdnom substráte, sú to druhy **eutrofné**. Opakom sú druhy **oligotrofné**, rastúce na biotoch na živiny chudobných. Druhy so strednými nárokmi na živiny nazývame **mezotrofné**.

Medzi najbežnejších zástupcov oligotrofných druhov, v lesných spoločenstvách patria napr. *Luzula luzuloides*, *Vaccinium myrtillus*, *Vaccinium vitis-idaea*, *Avenella flexuosa*, *Calamagrostis villosa*, *Jasione montana*, *Antennaria dioica* a i. Medzi mezotrofné lesné druhy patria napríklad *Poa nemoralis*,



*Lathyrus vernus*, *Mycelis muralis*, *Poa angustifolia*, *Festuca valesiaca*, *Athyrium distentifolium*, *Poa chaixii* a i.

Z eutrofných druhov možno spomenúť druhy ako *Valeriana tripteris*, *Vicia cassubica*, *Lathyrus niger*, *Astragalus glycyphyllos*, *Dentaria glandulosa*, *Adenostyles alliariae*, *Cicerbita alpina*, *Doronicum austriacum* a ďalšie.

### Pôdna reakcia

Väčšina rastlín je citlivá na koncentráciu vodíkových iónov, tzn. na pôdnu reakciu, označuje sa ako pH pôdy. Táto je v podstate určovaná materskou horninou, ale je výsledkom aj mnohých fyzikálnych, chemických a mikrobiologických procesov v pôde a súčasne je aj súhrnným ukazovateľom týchto procesov. Niektoré rastliny svojim opadom zvyšujú kyslosť pôd (smrek, borovica, vres, brusnica). V poslednej dobe sa na zmenách pH pôd významne uplatňuje aj  $\text{SO}_2$ , ktorý vzniká spaľovaním fosílnych palív a dažďovými zrážkami sa dostáva z ovzdušia do pôdy, kde pôsobí ako kyselina. Pôdna reakcia sa mení v čase a priestore, v závislosti na zmenách teploty a zrážkach. Podľa amplitúdy pH pôdneho prostredia delíme rastliny do troch skupín:

- **acidofyty**, (acidofilné rastliny) s amplitúdou pH do 6,7; napr. kostrava ovčia (*Festuca ovina*), rosička okrúhlolistá (*Drosera rotundifolia*), chlpaňa hájna (*Luzula luzuloides*);
- **neutrofyty**, (neutrofilné rastliny) s amplitúdou okolo pH 7. Väčšina rastlín sú neutrofyty;
- **alkalofyty - bazifyty**, (alkalofilné, bazifilné rastliny) s amplitúdou pH viac ako 7,2. Napr. ostrica nízka (*Carex humilis*), jasenec biely (*Dictamnus albus*) a i.

Hodnoty pH nižšie ako 3 a vyššie ako 9 spôsobuje u väčšiny rastlín poškodenie protoplazmy koreňových buniek. Väčšia acidita, tzn. pH nižšie ako býva v prirodzených podmienkach je vzácna. Najnižšie pH je na rašelinných substrátoch. Najvyššie hodnoty pH sú na slaných a sodných pôdach a v okolí alkalických minerálnych prameňov.

Niektoré pôdne substráty určujú špecifické zloženie vegetácie. Sú to tie, na ktorých sa vytvárajú medzné stanovištné podmienky, ktoré sú pre niektoré druhy limitujúce, a naopak, preferujú ich iné, na ne adaptované rastliny. Sú to predovšetkým substráty s nízkymi alebo vysokými hodnotami pH, vápence a dolomity; substráty s vyššou koncentráciou solí a dusíka, alebo ťažkých kovov, alebo naopak oligotrofné substráty s extrémne nízkym obsahom živín.

### Biotopy na vápencoch

Rastliny, ktoré sú viazané svojim výskytom na pôdy obsahujúce vápnik sa nazývajú **kalcifyty** alebo **kalcikolné**, vápnomilné rastliny. Je to napr. ostrevka vápnomilná (*Sesleria varia*), lomikameň metlinatý (*Saxifraga paniculata*), a i. Rastliny striktné viazané na nevápenaté podklady sa označujú ako **kalcifóbne** rastliny, napr. rosička okrúhlolistá (*Drosera rotundifolia*), vres obyčajný (*Calluna vulgaris*).

Tak ako sa pôdy na vápencoch líšia štruktúrou, voľnosťou, reakciou, rýchlejšou mineralizáciou dusíkatých látok a horšou prístupnosťou fosforu, mangánu, železa a ťažkých kovov, aj samotné kalcifyty sa odlišujú svojim metabolizmom od rastlín kalcifóbnych, najmä rozdielom v celkovom metabolizme vápnika.

Kalcifóbne rastliny sú súčasne acidofilné; kalcifyty sú neutrofilné až alkalofilné. V niektorých prípadoch je ťažké určiť, či je rastlina skutočne kalcifytom, alebo iba neutrofyt, alebo alkalofyt. To znamená či pre jej metabolizmus je rozhodujúca prítomnosť iónov vápnika alebo alkalická reakcia spôsobená inými iónmi.



## Zvýšená koncentrácia solí

V terestrických ekosystémoch sa **slaniská**, stanovištia s pôdami so zvýšenou koncentráciou solí (chloridov, síranov, uhličitanu sodného) vytvárajú iba za špecifických podmienok pôdnych a klimatických. U nás napr. v teplej a relatívne suchej panónskej oblasti na južnom Slovensku. Okrem vhodných klimatických podmienok je tu pôvodcom vzniku slanísk minerálne bohatý pôdny substrát s ľahko rozpustnými soľami, ktoré vzlínajú ako pôdne roztoky z minerálne bohatého a rozpustného podložia na povrch pôdy. Slané pôdy môžu mať mierne kyslú až neutrálnu reakciu (obsahujú chloridy), ale častejšie sú alkalické slané pôdy s obsahom síranov a uhličitanov ( $\text{N}^+$ ,  $\text{Mg}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^+$ ). Okrem prirodzeného vzniku sa slané pôdy v súčasnej dobe vytvárajú aj umelo, pozdĺž vozoviek v dôsledku posýpania soľou v zimnom období.

Väčšina rastlín neznáša vyššiu koncentráciu solí v pôde, nazývajú sa **halofóbne** rastliny. Nie sú schopné adaptácie na zvýšený osmotický tlak pôdneho roztoku. Ich celkový metabolizmus je zvýšeným obsahom solí narušený, tvoria sa nekrózy na listoch a listy predčasne opadávajú. Patrí sem väčšina našich listnatých drevín.

Rastliny, ktoré naopak vyššiu koncentráciu solí znášajú, dokonca ju pre svoj rast a vývoj potrebujú, sa nazývajú **obligátne halofyty** (halofyty v užšom slova zmysle), obligátne slanomilné rastliny. Príkladom je napr. tráva steblovec odstávajúci (*Puccinellia distans*), ktorá sa v poslednej dobe šíri v mestách a najmä v okolí vozoviek.

Na slaných pôdach sa bežne vyskytujú i rastliny, ktoré znášajú určitý stupeň zasolenia pôd, ale pre svoj rast a vývoj vyššiu koncentráciu solí nepotrebujú. Rastú aj na iných pôdach s „normálnym“ chemickým zložením. Sú to tzv. **fakultatívne halofyty**, príležitostné halofyty. Bývajú to najčastejšie niektoré ruderalne rastliny, ktoré sa bežne vyskytujú na rumoviskách, napr. niektoré druhy z čeľadi mrľovitých (*Chenopodiaceae*), ale aj nátržník husí (*Potentilla anserina*) a mnohé iné.

## Koncentrácia dusíkatých látok v pôde

Na výskyt druhov rastlín pôsobí aj obsah dusíka v pôde. Rozhodujúce nie je celkové množstvo dusíka v pôde, ale to množstvo, ktoré je viazané vo forme pre rastliny prístupnej (nitrát  $\text{NO}_3^-$ , amonný ion  $\text{NH}_4^+$ ). Ak je prístupného dusíka v pôde nedostatok, stáva sa podľa zákona minima limitujúcim faktorom pre rast a výživu rastlín, ale aj selekčným faktorom, ktorý eliminuje zo stanovišťa druhy náročné na dusíkatú výživu.

Na stanovištiach so stálou zásobou zlúčenín dusíka v prístupnej forme rastú rastliny náročné na dusík, nazývané **nitrofyty**, **nitrofilné** rastliny, alebo **heminitrofyty**, **heminitrofilné**, stredne náročné na dusík; vytvárajú charakteristické nitrofilné spoločenstvá. Charakteristické sú takéto spoločenstvá v suti-nových lesoch, kde v pôdach dobre prebieha nitrifikácia a prevažujú nitrofyty ako napr. bažanka trváca (*Mercurialis perennis*), pakost smradľavý (*Geranium robertianum*), cesnačka lekárska (*Alliaria officinalis*) a i., ale aj rumiskové rastliny, napr. prhl'ava dvojdomá (*Urtica dioica*) a i.

Špeciálnou skupinou, so zvýšenými nárokmi na obsah prístupného dusíka sú tzv. **humideštruktívne druhy**, ktoré prudko reagujú na zvýšený svetelný príjem a následný rýchly rozklad humusu. Tvoria charakteristickú rúbaňovú vegetáciu na minerálne bohatých stanovištiach.

V Tatrách sa na miestach kde boli v minulosti salaše, ešte vyskytujú pôdy s vysokou koncentráciou dusíkatých zlúčenín, indikované spoločenstvami s dominantným štiavom alpským (*Rumex alpinus*) a alchemilkou (*Alchemilla* sp. div.). Nápadne sa odlišujú od pôvodných horských spoločenstiev ktoré ich obklopujú.

Pôdy s nedostatkom prístupného dusíka sú často pôdy s kyslou reakciou, ktorá brzdí nitrifikačnú činnosť mikroorganizmov, alebo pôdy v chladných oblastiach kde sa humus je tvorí z ťažko rozložiteľného opadu (ihličie smreka, borovice, čučoriedky, vresu). Extrémnym prípadom sú rašeliniská, kde



sa hromadí surový nerozložený humus s kyslou reakciou, kde rastú **nitrofóbné** rastliny, napr. rojovník močiarny (*Ledum palustre*), kľukva močiarna (*Oxycoccus palustris*) a i. Na týchto rašelinných substrátoch rastú aj **mäsožravé rastliny**, napr. druhy rodu rosička (*Drosera*) a tučnica (*Pinguicula*), ktoré si nedostatok dusíku v pôde dopĺňajú dusíkatými zlúčeninami získavanými rozkladom tiel hmyzu zachyteného na povrchu listov.

V súčasnej dobe dochádza v kultúrnej krajine k hromadeniu dusíkatých látok v pôdach v dôsledku intenzívneho hnojenia poľnohospodárskych pôd dusíkatými hnojivami. Rovnako aj oxid dusičitý ( $\text{NO}_2$ ), ktorý je súčasťou výfukových plynov, pôsobí negatívne až toxicky na rastliny tým, že brzdí tvorbu asimilátov. V okolí frekventovaných ciest sa vytvárajú porasty zložené z niekoľkých rezistentných druhov. Sú to napr. druhy z čeľade mrlíkovitých (*Chenopodiaceae*), alebo pýr plazivý (*Elytrigia repens*).

### Zvýšená koncentrácia ťažkých kovov

Pôdy obsahujúce vyššie koncentrácie iónov ťažkých kovov, najmä Zn, Pb, Ni, Co, Cr, ale aj Mn, Mg, Cd a Se, môžu vzniknúť alebo prirodzeným spôsobom, na horninách ktoré tieto prvky vo vyššej koncentrácii obsahujú, alebo v priemyselných oblastiach spadom tuhých alebo plyných emisií (Hg, Cu, Pb, Cd, Zn, Mn), alebo vplyvom výfukových plynov (Pb) v okolí vozoviek. Väčšina rastlín je citlivá na obsah ťažkých kovov v pôde, ich prítomnosť spôsobuje u rastlín poruchy v otváraní prieduchov, porušenie dýchania, zníženie fotosyntézy a rastu. Preto nahromadenie ťažkých kovov v pôde obmedzuje výber rastlín na veľmi úzku skupinu špecialistov, ktorí takéto pôdy tolerujú a často aj tieto prvky akumulujú v takých koncentráciách, ktoré sú pre väčšinu ostatných rastlín toxické.

Niektoré druhy s veľkou genetickou variabilitou vytvárajú špecializované **ekotypy** rezistentné k rôznym ťažkým kovom a prvkom v pôde. Napr. psineček psí (*Agrostis canina*), kostrava ovčia (*Festuca ovina*), skorocel kopijovitý (*Plantago lanceolata*), silenka obyčajná (*Silene vulgaris*) tvoria ekotypy rezistentné ku zvýšenej koncentrácii Zn, Cu, Cd, Ni v pôde.

Niektoré rastliny viazané svojim výskytom na pôdy s vyššou koncentráciou ťažkých kovov, môžu byť používané ako indikátory týchto pôd. Nazývajú sa **metalofyty** (rastliny ťažkých kovov). V strednej Európe sú známe niektoré indikátory zinku, v Afrike indikátory meďi napr. *Guttenbergia cupricola* z čeľade *Asteraceae*, a i., (SLAVIKOVÁ, 1986).

### Oligotrofné piesčité substráty

Piesčité, nespevnené substráty (bez obsahu  $\text{CaCO}_3$ ) majú špecifické fyzikálne a chemické vlastnosti, ktoré sú pre celý rad druhov nevhodné, a teda pre ich výskyt limitujúce. U nás sú piesčité substráty obmedzené na niektoré lokality (napr. viate piesky na Záhorskej nížine, Čenkov), alebo aluviálne (náplavové) piesky a pod. Tvoria ale rozsiahle plochy piesočných morských pobrežných dún i piesočných dún v púštnych oblastiach.

Uvedené stanovištia, hoci sú rôzneho pôvodu, majú určité vlastnosti zhodné a tieto určujú výber rastlín s podobnými spôsobmi adaptácie.

Rastliny adaptované na rast na piesočných substrátoch sa nazývajú **psamofyty** (**psamofilné** rastliny), u nás je to napr. kyjanka sivá (*Corynephorus canescens*), kostrava piesočná (*Festuca psamophilla*), dúška materina (*Thymus serpyllum*), a i.

Stručne možno zhrnúť **vlastnosti nespevnených piesčitých substrátov** nasledovne:

- extrémne zrnitostné zloženie,
- vysoký podiel hrubých pórov,
- vysoké prevzdušnenie,
- silná priepustnosť pre vodu,
- malá vztlakovosť vody,
- prehrievanie povrchovej vrstvy a nízke teploty spodných vrstiev pôdy (rozdiel 20 až 40°C),



- tvorba rosy,
- nízky obsah živín a humusu (oligotrofné pôdy), veľmi kyslé,
- pohyblivosť piesočných zŕn (tvorba presypov, dún).

Rastliny sú adaptované na nedostatok vody a prehrievanie piesku (sklerofyty, sukulenty, afilné typy, efeméry), korene sú adaptované aj na rast v chladnom prostredí. Znášajú zasypávanie pieskom, majú schopnosť regenerácie mechanicky narušených častí (tvorba koreňov z adventívnych púčikov). Psamofyty sa rozširujú prevažne vegetatívne a anemochórne; semená majú dlhú životnosť, znášajú zavievanie pieskom a sucho.

Ďalší špeciálny spôsob rozširovania psamofytov je adaptáciou na častý a intenzívny vietor na piesčitých stanovištiach: rastliny sú bohato rozvetvené a na konci vegetačného obdobia, po dozretí semien sú celé vetrom vytrhnuté z pôdy a odnášané na iné miesto. Súčasne pri tom dochádza k diseminácii. Nazývajú sa „**stepní bežci**“ a vyskytujú sa aj na iných biotopoch, na stepiach, opustených poliach. Príkladom je napr. katrán tatársky (*Crambe tataria*), gypsomilka metlinatá (*Gypsophilla paniculata*), kotúč poľný (*Eryngium campestre*).

## ZHRNUTIE

Väzba rastlín na určitý typ pôdy sa využíva pri indikácii vlastností pôdy. Skupiny rastlinných druhov indikujú obsah živín, reakciu pôdy, zásobu prístupného dusíka, obsah solí, ťažkých kovov a špecifické substráty viatych pieskov a vápencov.

### Kontrolné otázky

1. Ktoré vlastnosti pôd indikujú rastliny,
2. Ktoré rastliny indikujú kyslé pôdy,
3. Ako nazývame druhy pôd bohatých na dusík (alebo chudobných), kde sa najčastejšie vyskytujú,
4. Čím sú špecifické biotopy na vápencoch (na viatych pieskoch),
5. Čo sú fakultatívne halofyty a kde sa vyskytujú.

## 3.3. FYTOINDIKÁCIA A EKOLOGICKÉ SKUPINY RASTLINNÝCH DRUHOV

### 3.3.1. Fytoindikácia

Ak poznáme rozsah tolerancie druhu k určitému faktoru, môžeme to použiť spätne pre zhodnotenie stanovišťa, na ktorom rastie. Rastlina na základe svojich známych ekologických tolerancií indikuje vlastnosti stanovišťa, stáva sa **ekologickým indikátorom**, bioindikátorom, (**fytoindikátorom**), napr. vres obyčajný (*Calluna vulgaris*) indikuje nízke pH pôdy (kyslú pôdu), nakoľko má úzku amplitúdu tolerancie k pH pôdy, a to v jeho kyslej časti. Ekologickými indikátormi sa môžu stať aj celé rastlinné spoločenstvá, napr. bučina s dominanciou chlpene hájnej (*Luzula nemorosa*) v bylinnej vrstve je indikátorom kyslej pôdnej reakcie stanovišťa. Indikácia stanovištných podmienok pomocou jednotlivých rastlín resp. ich ekologických skupín je používaná najmä v lesníctve.

Metóda využitia rastlinných taxónov ako bioindikátorov nie je nová, prvé zmienky o jej využití pochádzajú z roku 1874. Prvú rozsiahlu štúdiu o možnosti využitia rastlín, ako indikátorov ekologických podmienok pre časť územia USA vypracoval CLEMENTS (1920). V bývalom ZSSR viacerí autori využívali bioindikáciu pri geologickom a hydrologickom prieskume rozsiahlych území.

V strednej a západnej Európe viacerí autori (ZOLYÓMY, 1967, ZLATNÍK, 1970, LANDOLT, 1977, AMBROS, 1986, 1991, JURKO, 1990 a ELLENBERG, 1974, 1992) zostavili prehľady rastlinných druhov s uve-



dením ich indikačnej hodnoty vo vzťahu k základným ekologickým faktorom (svetlo, teplota, vlhkosť, humusová forma, obsah dusíka a i. Ich prehľady sa používajú k tzv. ekologickej analýze spoločenstiev. Výsledky dosiahnuté týmito analýzami sa v mnohých prípadoch líšia, pretože hodnoty resp. ekočísla priradené jednotlivým druhom platia len pre tú oblasť, pre ktorú boli vypracované, to znamená pre určitú časť areálu konkrétneho druhu. Analýzou využitia týchto metód v podmienkach Slovenska sa zaoberal Nič (1998).

Bioindikácia v širšom chápaní sa vzťahuje aj na celý rad ďalších ukazovateľov, napríklad na nadbytok niektorých chemických prvkov v pôde (vápnik, kremík, zinok) na znečistenie ovzdušia, pôdy, vôd, na poškodzovanie porastov zošlapávaním, ohryzom, prehnojením a na mnohé ďalšie negatívne zásahy človeka do prírody.

Ekologické skupiny rastlinných druhov, uvádzané v ďalšom texte zahrňujú bežné lesné druhy a ich indikačná hodnota platí len pre lesné spoločenstvá, mimo lesa stráca platnosť.

### 3.3.2. Ekologické skupiny druhov

#### Lišajníky a machorasty

Delíme podľa ich vzťahu k obsahu živín a reakcii pôdy do dvoch základných skupín – acidofilné oligotrofné a mezotrofné.

**Acidofilné a oligotrofné druhy:** na pôdach veľmi kyslých až kyslých, na živiny chudobných až najchudobnejších. Podľa vzťahu k vlhkosti rozoznávame:

**Acidofilné oligotrofné xerofyty:** na vlhkosť nenáročné, znášajúce až silné preschýnanie pôdy, ale aj zvýšenie vlhkosti, ťažisko výskytu majú na najsuchších stanovištiach.

*Cetraria islandica*

*Cladonia furcata*

*Cladonia rangiferina*

*Leucobryum glaucum*

*Cladonia arbuscula*

**Acidofilné oligotrofné mezofyty:** druhy so strednými nárokmi na vlhkosť pôdy, ťažisko výskytu majú na čerstvo vlhkých až vlhkých pôdach, na veľmi suchých a mokrých ekotopoch chýbajú.

*Pleurozium schreberi*

*Rhyzomnium punctatum*

*Hylocomium splendens*

*Rhytidiadelphus squarrosus*

*Dicranum scoparium*

*Rhytidiadelphus triquetrus*

*Dicranum polysetum*

*Ptilidium ciliare*

*Polytrichum formosum*

*Plagiothecium undulatum*

**Acidofilné oligotrofné hygromyty:** druhy trvale mokrých ekotopov, viazané na mokrý surový humus až rašelinu.

*Sphagnum girgensohnii*

*Polytrichum commune*

#### **Mezotrofné druhy:**

**Mezotrofné mezofyty:** druhy s ťažiskom výskytu na pôdach mierne kyslých, živinami stredne zásobených, čerstvo vlhkých až vlhkých.

*Plagiomnium undulatum*

*Climacium dendroides*

*Plagiomnium affine*

*Scleropodium purum*

*Eurhynchium striatum*

*Marchantia polymorpha*



## Cievnaté rastliny:

**Acidofilné oligotrofné druhy:** s ťažiskom výskytu na stanovištiach s reakciou pôd veľmi kyslou až kyslou, na živiny chudobných až veľmi chudobných. Podľa nárokov na vlhkosť ich delíme:

**Acidofilné oligotrofné xerofyty:** druhy znášajúce sucho až veľmi silné sucho, s ťažiskom výskytu v acidofilných spoločenstvách 1. vegetačného stupňa (vs). Niektoré z nich majú prevažný výskyt v najextrémnejších podmienkach na viatych kemitých pieskoch (psamofyty). Tieto znášajú extrémne prehrievanie pôdneho povrchu a prípadné zavatie pieskom. Sú označené « p ».

*Corynephorus canescens* (p)

*Thymus serpyllum* (p)

*Festuca ovina*

*Jasione montana*

*Antennaria dioica*

*Pilosella officinarum*

*Sieglingia decumbens*

*Acetosella vulgaris*

*Carex fritchii*

**Acidofilné oligotrofné mezofyty:** druhy na živiny chudobných, veľmi kyslých až kyslých, čerstvo vlhkých až vlhkých ekotopov (na suchých a vysychavých pôdach chýbajú), k teplote sú väčšinou indiferentné, sú rozšírené od 2. po 8. vs.

*Luzula luzuloides*

*Avenella flexuosa*

*Vaccinium myrtillus*

*Vaccinium vitis-idaea*

*Calamagrostis arundinacea*

*Melampyrum pratense*

*Dryopteris carthusiana*

*Carex pilulifera*

*Lycopodium annotinum*

*Lycopodium clavatum*

**Mezotrofné druhy** stanovišť so strednou zásobou živín. Na ekotopoch bohato zásobených živinami sú konkurenčne slabšie. Majú širokú amplitúdu výskytu vo vzťahu k reakcii pôdy, ťažisko výskytu majú na pôdach s reakciou mierne kyslou až kyslou, ale aj neutrálnou. Podľa nárokov na pôdnu vlhkosť ich delíme na:

**Mezotrofné xerofyty:** druhy suchých až silne suchých ekotopov, polosvetlomilné až svetlomilné, s ťažiskom výskytu v 1. vs (vo vyšších vs iba výnimočne, na extrémnych výslnných a vysychavých stanovištiach).

*Poa angustifolia*

*Melica transsilvanica*

*Festuca pseudodalmatica*

*Pseudolysimachion spicatum*

*Sedum acre*

*Sedum album*

*Festuca valesiaca*

**Mezotrofné mezofyty:** druhy čerstvo vlhkých, niekedy až vlhkých pôd (na vysychavých stanovištiach chýbajú), k teplote väčšinou indiferentné, polotieňomilné. Trávovité druhy sú dominantné v 2. a 3. vs, ostatné byliny sú sprievodnými druhmi takmer vo všetkých lesných spoločenstvách.

*Poa nemoralis*

*Melica uniflora*

*Melica nutans*

*Carex pilosa*

*Brachypodium sylvaticum*

*Symphytum tuberosum*

*Pulmonaria officinalis*

*Pulmonaria obscura*

*Lathyrus vernus*

*Mycelis muralis*

*Polygonatum multiflorum*

*Carex montana*

*Milium effusum*

*Bromus benekenii*

*Festuca drymeia*

*Tithymalus amygdaloides*

*Paris quadrifolia*

*Cruciata glabra*

*Galium schultesii*

*Primula vulgaris*

*Geum urbanum*

*Phyteuma spicatum*



**Nitrofilné a heminitrofilné druhy** majú ťažisko výskytu na pôdach bohatých až veľmi bohatých na prístupný dusík. Indikujú veľmi priaznivú humifikáciu (humusovú formu mull). Rozšírené sú prevažne na pôdach s reakciou mierne kyslou až neutrálnou, čerstvo vlhkých až vlhkých (jednou z podmienok priaznivej humifikácie je dostatočná vlhkosť). Od ich vzťahu k vlhkosti a teplote závisí ich rozšírenie vo vs. Mnohé z nich majú širokú ekologickú amplitúdu vo vzťahu k teplote i vlhkosti. Druhy náročnejšie na vlhkosť majú optimum rozšírenia vo vyšších vegetačných stupňoch. Ďalej sú delené podľa toho, od ktorého vegetačného stupňa sa v lesných spoločenstvách vyskytujú:

**od 1. vegetačného stupňa (mezofilné):**

|                             |                                |
|-----------------------------|--------------------------------|
| <i>Alliaria petiolata</i>   | <i>Glechoma hirsuta</i>        |
| <i>Chelidonium majus</i>    | <i>Campanula rapunculoides</i> |
| <i>Urtica dioica</i>        | <i>Campanula trachelium</i>    |
| <i>Stellaria holostea</i>   | <i>Torilis japonica</i>        |
| <i>Geranium robertianum</i> | <i>Parietaria officinalis</i>  |

**od 2. resp. 3. vegetačného stupňa:**

|                               |                              |
|-------------------------------|------------------------------|
| <i>Mercurialis perennis</i>   | <i>Corydalis cava</i>        |
| <i>Lamium maculatum</i>       | <i>Corydalis solida</i>      |
| <i>Dentaria enneaphyllos</i>  | <i>Anemone ranunculoides</i> |
| <i>Adoxa moschatellina</i>    | <i>Fallopia dumetorum</i>    |
| <i>Isopyrum thalictroides</i> | <i>Aconitum lycoctonum</i>   |
| <i>Gagea lutea</i>            | <i>Arum alpinum</i>          |
| <i>Galium aparine</i>         |                              |

**od 4. resp. 5. vegetačného stupňa (mezo-hygrofilné)**

|                               |                             |
|-------------------------------|-----------------------------|
| <i>Impatiens noli-tangere</i> | <i>Salvia glutinosa</i>     |
| <i>Lunaria rediviva</i>       | <i>Melandrium sylvestre</i> |
| <i>Stellaria nemorum</i>      | <i>Dentaria glandulosa</i>  |
| <i>Circaea lutetiana</i>      | <i>Aconitum variegatum</i>  |
| <i>Stachys sylvatica</i>      |                             |

**Humideštruktívne druhy:** prevažne nitrofilné, ktoré sa v zapojených lesných porastoch vyskytujú charakteristicky, ale so zníženou vitalitou, väčšinou iba v sterilnom stave. Prudko reagujú na zvýšený svetelný príjem a následný rýchly rozklad humusu. Vytvárajú charakteristickú rúbaňovú vegetáciu, najmä na živných stanovištiach; dominujú aj v presvetlených porastoch a na okrajoch porastov.

|                                 |                               |
|---------------------------------|-------------------------------|
| <i>Chamaerion angustifolium</i> | <i>Eupatorium cannabinum</i>  |
| <i>Rubus idaeus</i>             | <i>Fragaria vesca</i>         |
| <i>Senecio nemorensis</i>       | <i>Galeopsis speciosa</i>     |
| <i>Senecio fuchsii</i>          | <i>Galeopsis tetrahit</i>     |
| <i>Senecio jacobea</i>          | <i>Urtica dioica</i>          |
| <i>Atropa bella-donna</i>       | <i>Calamagrostis epigeios</i> |

**Kalcifilné až bazifilné druhy:** sú viazané na pôdy s vysokým obsahom báz (najmä vápnika, ale aj horčíka a draslíka), s reakciou neutrálnou až alkalickou, prípadne mierne kyslou. Ťažisko výskytu majú na pôdach vzniknutých z vápencov a dolomitov (rendziny), ale aj melafýrov, andezitov a i.

Túto početnú skupinu môžeme ďalej deliť podľa ich vzťahu k svetlu, teplote a vlhkosti:



**Kalcifilné až bazifilné stepné druhy:** typické heliofyty, znášajúce veľmi silné preschýnanie pôd.

Druhy teplých až veľmi teplých stanovišť. Na dusík a živiny sú nenáročné (príjem živín je limitovaný nedostatkom vody). Vyskytujú sa v stepných až lesostepných spoločenstvách, v 1. (max. v 2.) vs..

|                            |                             |
|----------------------------|-----------------------------|
| <i>Stipa sp.</i>           | <i>Asperula tinctoria</i>   |
| <i>Adonis vernalis</i>     | <i>Dictamnus albus</i>      |
| <i>Galium glaucum</i>      | <i>Ranunculus illyricus</i> |
| <i>Iris pumila</i>         | <i>Jurinea mollis</i>       |
| <i>Scabiosa ochroleuca</i> |                             |

**Kalcifilné až bazifilné lesostepné druhy:** heliofyty až hemiheliofyty, znášajúce sucho až silné sucho, teplomilné, k obsahu dusíka v pôde prevažne indiferentné. V riedko zapojených lesných spoločenstvách vystupujú od 1. po 5. (6.) vs.

|                                      |                             |
|--------------------------------------|-----------------------------|
| <i>Buglossoides purpureocaerulea</i> | <i>Inula hirta</i>          |
| <i>Salvia verticillata</i>           | <i>Inula ensifolia</i>      |
| <i>Melica ciliata</i>                | <i>Linum flavum</i>         |
| <i>Geranium sanguineum</i>           | <i>Dorycnium germanicum</i> |
| <i>Helianthemum ovatum</i>           | <i>Veronica dentata</i>     |
| <i>Tithymalus polychromus</i>        | <i>Festuca pallens</i>      |
| <i>Bupleurum falcatum</i>            | <i>Peucedanum cervaria</i>  |
| <i>Stachys recta</i>                 | <i>Globularia punctata</i>  |
| <i>Seseli sp.</i>                    | <i>Aster scepusiensis</i>   |
| <i>Teucrium montanum</i>             | <i>Anemone sylvestris</i>   |
| <i>Teucrium chamaedrys</i>           | <i>Laser trilobum</i>       |
| <i>Coronilla coronata</i>            |                             |

**Kalcifilné až bazifilné druhy ostatné:** hemisciofyty až sciofyty, druhy pôd suchých až čerstvo vlhkých, mierne teplomilné alebo k teplote indiferentné. Vyskytujú sa v rôznom rozpätí vegetačných stupňov.

|                                 |                                |
|---------------------------------|--------------------------------|
| <i>Calamagrostis varia</i>      | <i>Biscutella laevigata</i>    |
| <i>Hacquetia epipactis</i>      | <i>Bellidiastrum michelii</i>  |
| <i>Laserpitium latifolium</i>   | <i>Cypripedium calceolus</i>   |
| <i>Cephalanthera rubra</i>      | <i>Asplenium viride</i>        |
| <i>Epipactis atrorubens</i>     | <i>Cyclamen fatrense</i>       |
| <i>Gymnocarpium robertianum</i> | <i>Gymnadenia odoratissima</i> |

**Dealpínske a prealpínske druhy:** dealpínske druhy sú pôvodne horské druhy, zatlačené v dobe ľadovej do nižších polôh (druhy zostupujúce). Vyskytujú sa najčastejšie na pôdach z karbonátových hornín, sú prevažne helio- až hemiheliofilné, zväčša znášajúce mierne sucho, alebo k vlhkosti indiferentné, na dusík nenáročné (druhy ekotopov na dusík chudobných). Prealpínske druhy sú nížinné teplomilné rastliny, ktoré vystupujú na výslunných miestach až do subalpínskeho pásma. Majú hlavné rozšírenie v území montánných a subalpínskych listnatých a ihličnatých lesov v okruhu juho-, stredo- a východoeurópskych vysokých pohorí.

|                            |                              |
|----------------------------|------------------------------|
| <i>Carex alba</i>          | <i>Polygala amara</i>        |
| <i>Sesleria varia</i>      | <i>Pulsatilla slavica</i>    |
| <i>Poa stiriaca</i>        | <i>Primula auricula</i>      |
| <i>Carduus glaucinus</i>   | <i>Cyanus mollis</i>         |
| <i>Leontodon incanus</i>   | <i>Globularia cordifolia</i> |
| <i>Phyteuma orbiculare</i> |                              |



**Dubinové druhy:** teplomilné druhy, prevažne suchých až čerstvo vlhkých pôd, hemiheliofyty až hemisciofyty. Ťažisko výskytu majú na teplých a mierne teplých ekotopoch v « dubových » vegetačných stupňoch (1.a 2. vs). Na plytkých, suchších a výhrevných ekotopoch (najmä na vápencoch), alebo mimo lesa vystupujú aj vyššie. Podľa nárokov na živiny a vzťahu k reakcii pôdy ich ďalej delíme na:

**Dubinové acidofilné oligotrofné druhy:** s ťažiskom rozšírenia na pôdach veľmi kyslých až kyslých, na živiny chudobných:

|                          |                               |
|--------------------------|-------------------------------|
| <i>Genista germanica</i> | <i>Silene nutans</i>          |
| <i>Genista tinctoria</i> | <i>Lembotropis nigricans</i>  |
| <i>Steris viscaria</i>   | <i>Tithymalus cyparissias</i> |

**Dubinové mezo- až eutrofné druhy:** s ťažiskom výskytu na pôdach živinami stredne a dobre zásobených, mierne kyslých až neutrálnych.

|                                  |                             |
|----------------------------------|-----------------------------|
| <i>Vicia cassubica</i>           | <i>Clinopodium vulgare</i>  |
| <i>Vincetoxicum hirundinaria</i> | <i>Origanum vulgare</i>     |
| <i>Pyrethrum corymbosum</i>      | <i>Trifolium alpestre</i>   |
| <i>Melittis melissophyllum</i>   | <i>Betonica officinalis</i> |
| <i>Lathyrus niger</i>            | <i>Polygonatum odoratum</i> |
| <i>Astragalus glycyphyllos</i>   | <i>Coronilla varia</i>      |

**Bučinové druhy:** mezo- až eutrofné, sciofyty až hemisciofyty; druhy pôd čerstvo vlhkých až vlhkých, s reakciou mierne kyslou až neutrálnou (chýbajú na mokrých, neprevzdušnených, alebo vysychavých pôdach). Niektoré z nich majú široký rozsah tolerancie k reakcii pôdy, ale na veľmi kyslých pôdach chýbajú. Uplatňujú sa charakteristicky vo všetkých vegetačných stupňoch, v ktorých je prirodzene zastúpený buk (2.až 6. vs), s optimom výskytu vo 4. vs – bukovom. V lesníckej typológii veľmi významná ekologická skupina, ktorá je svojou prezenciou, absenciou alebo dominanciou charakteristická a diferenciálna pre hospodársky významné spoločenstvá.

|                           |                              |
|---------------------------|------------------------------|
| <i>Galium odoratum</i>    | <i>Hordelymus europaeus</i>  |
| <i>Dentaria bulbifera</i> | <i>Rubus hirtus</i>          |
| <i>Galeobdolon luteum</i> | <i>Sanicula europaea</i>     |
| <i>Asarum europaeum</i>   | <i>Viola reichenbachiana</i> |
| <i>Actaea spicata</i>     | <i>Cardamine impatiens</i>   |

**Podhorské druhy:** chladnomilné, sciofyty až hemisciofyty, s ťažiskom výskytu na trvalo vlhkých pôdach. Na normálne drénovaných pôdach zostupujú najnižšie do 5. vs (významná diferenciálna skupina 5. vs oproti 4.vs). V inverzných polohách alebo na vlhkejších a chladnejších ekotopoch (najmä popri potokoch) zostupujú i do nižších vs. Podľa vzťahu k obsahu živín, reakcii pôdy ich ďalej delíme na:

**Podhorské acidofilné oligotrofné druhy:** majú ťažisko výskytu na pôdach na živiny chudobných, veľmi kyslých a kyslých.

|                                |                            |
|--------------------------------|----------------------------|
| <i>Calamagrostis villosa</i>   | <i>Huperzia selago</i>     |
| <i>Melampyrum sylvaticum</i>   | <i>Trientalis europaea</i> |
| <i>Phegopteris connectilis</i> | <i>Blechnum spicant</i>    |

**Podhorské eutrofné druhy:** majú ťažisko výskytu na pôdach živinami dobre zásobených, s reakciou pôdy mierne kyslou až neutrálnou.

|                              |                            |
|------------------------------|----------------------------|
| <i>Polystichum aculeatum</i> | <i>Veronica montana</i>    |
| <i>Scrophularia scopoli</i>  | <i>Cardamine trifolia</i>  |
| <i>Valeriana tripteris</i>   | <i>Aconitum moldavicum</i> |
| <i>Dentaria glandulosa</i>   |                            |



**Podhorské kalcifilné a bazifilné druhy:** majú ťažisko výskytu na pôdach bohatých na vápnik a bázy, s neutrálnou až alkalickou reakciou.

*Rubus saxatilis*  
*Phyllitis scolopendrium*  
*Cortusa matthioli*

*Cimicifuga europaea*  
*Clematis alpina*

**Podhorské euryekné druhy:** sú k obsahu živín a k reakcii pôdy indiferentné (majú širokú ekologickú amplitúdu vo vzťahu k oboj faktorom) Vyskytujú sa s rôznym zastúpením (pokryvnosťou) vo všetkých spoločenstvách od 5. vs vyššie (s výnimkou extrémne presvetlených a vysychavých vápencových stanovišť). Druhy uvedené v zátvorke majú ťažisko výskytu v 5. vs. Sú tu dominantné (najmä *Oxalis acetosella*), ale častejšie ako ostatné zostupujú do nižších vs, najmä na vlhkejších stanovištiach (oglejené pôdy a pod.), ale s nižšou pokryvnosťou (*Oxalis acetosella*, *Maianthemum bifolium*).

*Prenanthes purpurea*  
*Polygonatum verticillatum*  
*Festuca altissima*

*Gentiana asclepiadea*  
(*Oxalis acetosella*)  
(*Maianthemum bifolium*)

**Subalpínske druhy:** chladnomilné, horské heliofyty, druhy trvale vlhkých pôd horských polôh, ktoré zostupujú z pásma kosodreviny do 6. vs (tu sú diferenciálmi 6.vs oproti 5.vs). V inverzných polohách, v kotlinách kontinentálneho charakteru a v spoločenstvách popri horských potokoch ojedinele zostupujú aj nižšie. Podľa nárokov na živiny a vzťahu k pôdnej reakcii ich môžeme ďalej deliť na:

**Subalpínske acidofilné druhy:** ťažisko výskytu na veľmi kyslých až kyslých pôdach, minerálne slabo zásobených.

*Luzula sylvatica*  
*Homogyne alpina*

*Soldanella hungarica*  
*Luzula luzulina*

**Subalpínske mezotrofné druhy:** ťažisko výskytu na pôdach minerálne stredne zásobených, k reakcii pôdy sú indiferentné.

*Athyrium distentifolium*  
*Streptopus amplexifolius*

*Poa chaixii*

**Subalpínske eutrofné druhy:** ťažisko výskytu na pôdach na živiny bohatých, s reakciou mierne kyslou až neutrálnou.

*Adenostyles alliariae*  
*Cicerbita alpina*  
*Doronicum austriacum*  
*Acetosa alpestris*  
*Ranunculus platanifolius*

*Delphinium elatum*  
*Aconitum firmum*  
*Senecio subalpinus*  
*Allium victorialis*

**Alpínske druhy:** vyslovene chladnomilné druhy vysokohorských polôh, alpínskych pralúk, na pôdach prevažne neutrálnych až mierne kyslých s rôznym obsahom živín. Zostupujú najnižšie do 8. vs, do otvorených plôšok pôvodných porastov kosodreviny.

*Anemone narcissiflora*  
*Parageum montanum*

*Carex firma*

**Hygrofilné druhy (hygrofyty):** veľmi rozsiahla skupina druhov viazaných na mokré pôdy. Majú ťažisko výskytu na stanovištiach podmäčianých tečúcou alebo stagnujúcou vodou, niektoré tolerujú krátko alebo dlhotrvajúce záplavy, trvale alebo dočasne vyšší stav vody nad pôdnym povrchom, zavlažovanie pramenitou alebo tečúcou vodou. Iné naopak znášajú (a indikujú) striedanie stupňa vlhkosti, iné sú viazané na ekotopy so stagnujúcou vodou. Majú rôzny vzťah k obsahu živín, reakcii pôdy, teplote.



Podľa vzťahu k spomínaným faktorom ich ďalej delíme nasledovne:

**Hygrofyty – indikátory striedania stupňa vlhkosti:** druhy znášajúce zmeny vlhkosti v rizosfére, tzn. občasné mierne preschnutie a opätovné zamokrenie pôdneho substrátu vo vegetačnom období. K poklesu vlhkosti dochádza väčšinou v lete, pri zvýšenom výpare a transpirácii, k zvýšeniu vlhkosti na jar a na jeseň. Podľa nárokov na živiny ich delíme na:

**Hygrofyty – indikátory striedania stupňa vlhkosti acidofilné resp. oligotrofné:** druhy pôd veľmi kyslých až kyslých, na živiny veľmi chudobných až chudobných, striedavo mokrých. Druhy často viazané na rašelinný humus.

*Juncus effusus*

*Equisetum palustre*

*Juncus conglomeratus*

*Ranunculus flammula*

**Hygrofyty – indikátory striedania stupňa vlhkosti mezotrofné alebo k obsahu živín indiferentné:** druhy so širokým rozpätím výskytu na stanovištiach s rôznou zásobou živín a reakciou pôd.

*Deschampsia caespitosa*

*Carex hirta*

*Crepis paludosa*

*Carex brizoides*

*Lythrum salicaria*

*Lychnis flos-cuculi*

*Cirsium palustre*

*Dianthus superbus*

**Hygrofyty – indikátory striedania stupňa vlhkosti eutrofné:** druhy s ťažiskom výskytu na ekotopoch na živiny a najmä dusík bohatých. Podľa vzťahu k teplote, rozlišujeme podskupinu druhov chladnomilných a druhov k teplote indiferentných.

**Hygrofyty – indikátory striedania stupňa vlhkosti eutrofné, chladnomilné:** druhy s ťažiskom výskytu na chladných ekotopoch, vo vyšších polohách. Veľmi často viazané na brehy horských potokov a bystrín a podmáčané bázy svahov.

*Aruncus sylvestris*

*Viola biflora*

*Thalictrum aquilegifolium*

*Carduus personata*

**Hygrofyty – indikátory striedania stupňa vlhkosti eutrofné, k teplote indiferentné:** druhy so širokým spektrom výskytu vo vzťahu k teplote, na živných, striedavo vlhkých až mokrých ekotopoch od nížin po horské polohy.

*Aegopodium podagraria*

*Valeriana officinalis*

*Lysimachia nummularia*

*Mentha longifolia*

*Lysimachia nemorum*

*Geranium phaeum*

*Solanum dulcamara*

*Lycopus europaeus*

*Glechoma hederacea*

*Myosotis palustris*

*Cirsium oleraceum*

*Stachys palustris*

*Symphytum officinale*

*Colchicum autumnale*

**Hygrofyty: indikátory striedania stupňa vlhkosti, nitrofilné až heminitrofilné:** druhy teplomilné, s ťažiskom výskytu v spoločenstvách nížinných lužných lesov, so striedavými plytkými záplavami, na pôdach bohatých na dusík až veľmi bohatých.

*Rubus caesius*

*Cucubalus baccifer*

*Urtica dioica*

*Scutellaria galericulata*

*Phalaroides arundinacea*

*Leucosium vernum*

*Aristolochia clematitis*

*Leucosium aestivum*

*Humulus lupulus*



**Hygrofyty: indikátory trvale mokrých pôd (trvalého zamokrenia):** druhy s ťažiskom výskytu na pôdach trvale nasýtených počas vegetačného obdobia stagnujúcou, vzliňajúcou alebo prúdiacou okysličenou vodou. Podľa vzťahu k obsahu živín, ale aj teplote ich ďalej môžeme deliť na:

**Humikolné druhy: (rašeliniskové, vrchoviskové),** viazané výlučne na hlboké vrstvy vrchoviskovej rašeliny (organozeme fibrickej), alebo rastúce priamo v poraste rašelinníkov (*Sphagnum sp.*). Druhy oligotrofné, acidofilné, chladnomilné, väčšinou helio- až hemiheliofyty.

*Ledum palustre*

*Empetrum hermaphroditum*

*Vaccinium uliginosum*

*Andromeda polifolia*

*Eriophorum vaginatum*

*Oxycoccus palustris*

*Drosera rotundifolia*

**Hygrofyty: indikátory trvale mokrých pôd, oligotrofné:** druhy trvalo mokrých, na živiny chudobných pôd. Na stanovištiach dobre zásobených živinami chýbajú.

*Equisetum sylvaticum*

*Carex nigra*

*Molinia caerulea*

*Carex curta*

*Eriophorum angustifolium*

*Comarum palustre*

*Carex echinata*

**Hygrofyty: indikátory trvale mokrých pôd, mezotrofné:** druhy so strednými nárokmi na živiny, často so širokým rozsahom tolerance k reakcii pôdy a teplote (tzv. druhy močiarné).

*Phragmites australis*

*Carex vesicaria*

*Carex riparia*

**Hygrofyty: indikátory trvale mokrých pôd, eutrofné až nitrofilné:** druhy živných stanovišť s ťažiskom výskytu v spoločenstvách aluviálnych lesov. Podľa ich vzťahu k teplote a následnom rozšírení v spoločenstvách nížinných, podhorských a horských lužných lesov ich delíme na tri podskupiny:

**Hygrofyty: indikátory trvale mokrých pôd, eutrofné až nitrofilné, teplomilné:** druhy viazané na spoločenstvá nížinných alúvií, v rozpätí 1. až 2. vs, do vyššie položených lužných spoločenstiev nevystupujú.

*Alisma plantago-aquatica*

*Iris pseudacorus*

*Impatiens glandulifera*

**Hygrofyty: indikátory trvale mokrých pôd, eutrofné nitrofilné, chladnomilné:** druhy viazané na podhorské až horské aluviálne spoločenstvá 6. až 8. vs.

*Chaerophyllum hirsutum*

*Geum rivale*

*Valeriana sambucifolia*

*Poa remota*

**Hygrofyty: indikátory trvale mokrých pôd, eutrofné až nitrofilné, k teplote indiferentné:** druhy so širokým rozpätím výskytu od nížín po horské polohy na živných a trvale mokrých ekotopoch.

*Matteuccia struthiopteris*

*Typha sp.*

*Petasites hybridus*

*Epilobium hirsutum*

*Scirpus sylvaticus*

*Geranium palustre*

*Carex acutiformis*

*Poa palustris*

*Carex remota*

*Myosoton aquaticum*

**Hygrofyty: indikátory trvale mokrých pôd, k obsahu živín indiferentné:** druhy so širokou toleranciou vo vzťahu k obsahu živín, reakcii pôdy i teplote.

*Caltha palustris*

*Carex rostrata*

*Filipendula ulmaria*

*Carex flava*



*Valeriana dioica*  
*Carex paniculata*  
*Carex elongata*

*Carex panicea*  
*Lysimachia vulgaris*

**Prameniskové druhy:** sú viazané na ekotopy zavlažované pramenitou alebo tečúcou vodou. Druhy s ťažiskom výskytu v okolí pramenísk a alúvií vyšších polôh (mimo alúvií iba na výrazne zamokrených lokalitách), bez úzkej väzby na obsah živín a reakciu pôdneho substrátu.

*Chrysosplenium alternifolium*  
*Veronica beccabunga*

*Cardamine amara*  
*Glyceria fluitans*

**Vodné druhy:** hydrophyty zakorenené pod hladinou stojatých vôd, vznášajúce sa nad vodnou hladinou, alebo na nej plávajúce.

*Hottonia palustris*  
*Nymphaea alba*  
*Nuphar lutea*

*Lemna sp.*  
*Utricularia sp.*

**Alkalofilné druhy:** svetlomilné druhy znášajúce striedanie vlhkosti až preschýnanie pôdy, alkalickú reakciu až zasolenie.

*Alkana tinctoria*  
*Bromus tectorum*

*Inula salicina*

Kontrolné otázky:

1. Čo sú fytoindikátory.
2. V čom spočíva indikačná hodnota rastlinných druhov.
3. Charakterizujte ekologické skupiny druhov a vymenujte ich zástupcov.



## 4. POPULÁCIA

Populácia – *demios* – je biotický systém, ktorý tvorí skupina jedincov toho istého druhu, ktoré žijú v určitom časovom intervale v určitom prostredí. Inak povedané, populácia je súbor jedincov, ktoré žijú (rastú) spoločne na určitom stanovišti a majú rovnaký genetický pôvod. Najčastejšie ide o populácie druhu, prípadne nižšieho taxónu, a kritériom zhodného genetického pôvodu je vzájomná krížiteľnosť v prirodzených podmienkach. Populáciu tvoria napr. buky, diviaky v lese a pod.

Populácia, keďže predstavuje skupinu jedincov, má tzv. **skupinové vlastnosti** (charakteristiky), v ktorých sa prejavujú biologické vlastnosti jedincov. Medzi základné skupinové charakteristiky populácie patrí: veľkosť populácie, hustota, disperzia, štruktúra a dynamika. Populácie sú základnými jednotkami spoločenstva.

### 4.1. CHARAKTERISTIKY POPULÁCIE

Základnou jednotkou v populačnej ekológii je jedinec, základnou skupinovou charakteristikou populácie je počet jedincov, ktoré ju tvoria. Veľkosť populácie je celkový počet jedincov populácie, napr. počet diviakov v poľovnom revíri, počet bukov v lesnom poraste. Schopnosť populácie prežiť závisí na jej veľkosti. Náhodné nepriaznivé javy, alebo prírodné narušenia (disturbancie) ohrozujú malú populáciu (s niekoľkými jedincami) viac, ako populáciu veľkú. Na prežívanie jedincov v malej populácii môže nepriaznivo vplyvať aj príbuzenské kríženie.

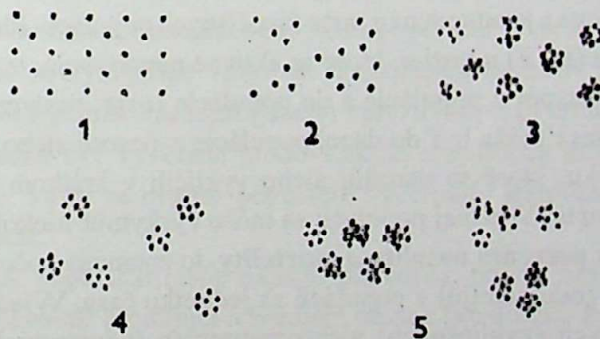
**Hustota (denzita) populácie** je počet jedincov na jednotku plochy alebo jednotku objemu v danom momente (10 jeleňov na 1 ha lesa); môžeme ju vyjadriť aj biomasou na jednotku plochy alebo objemu (350 ton dubov na 1 ha).

Maximálna denzita predstavuje najväčší počet jedincov populácie, ktorý je jednotka plochy alebo objemu prostredia schopná užiť, tzv. nosná kapacita prostredia.

Minimálna denzita udáva najmenší počet jedincov potrebných k zachovaniu populácie v daných podmienkach, v mnohých generáciách. V súčasnej dobe miznú populácie mnohých druhov živočíchov a rastlín. Pri vzácnych druhoch, ktoré majú málo populácií, klesá počet jedincov pod úroveň minimálnej hustoty životaschopnej populácie a dochádza k vymieraniu druhov.

#### Disperzia populácie

Disperzia vyjadruje priestorové usporiadanie jedincov populácie v priestore (ale aj usporiadanie populácií v spoločenstve). Disperzia môže byť **rovnomerná**, **náhodná**, **zhlukovitá**, časté sú kombinácie týchto základných spôsobov rozmiestnenia.



obr. 12. Spôsoby rozmiestnenia jedincov vnútri populácie: 1) pravidelné, 2) náhodné, 3) v pravidelne rozložených zoskupeniach, 4) v náhodne rozložených zoskupeniach, 5) v agregovaných zoskupeniach (podľa Slavíkovej, 1986).



Celkom **náhodná disperzia** býva v prírode veľmi vzácna, vyskytuje sa napr. pri kolonizácii homogénneho prostredia.

Aj **rovnomerná disperzia** sa môže vyskytovať v prirodzených podmienkach. Je charakteristická pre lesné kultúrne porasty zakladané v pravidelnom sponne a kultúry poľnohospodárskych plodín.

V prírode sa väčšinou vyskytujú jedince v skupinách, a tak sa vytvára **zhlukovitá disperzia**. Je podmienená biologickými vlastnosťami organizmov (spôsob rastu, rozmnožovanie a rozširovanie), stanovišťom (podmienkami prostredia) a vzťahmi medzi jedincami v populácii. Charakteristická je napr. pre rastliny s vegetatívnym šírením, ako bažanka trváca (*Mercurialis perennis*) v lese, baza chabzda (*Sambucus ebulus*) na rumoviskách. Zmeny mikroreliefu stanovišťa (t.j. vyvýšeniny a depresie spôsobujúce rozdiely v pôdnej vlhkosti, množstve humusu) alebo mikrostanovišťa v lese s rôznou hustotou ožiarenia, sú príčinou vytvárania prirodzených skupiniek alebo zhlukov jedincov určitej populácie. Parazitické a poloparazitické organizmy sú viazané na hostiteľov a majú tiež znaky zhlukovitej disperzie, podobne aj živočíchy žijúce v čriedach, stádach, skupinách alebo krdľoch.

### Štruktúra populácie

Štruktúra populácie vyplýva z nerovnocennosti jedincov v populácii, ich rôznej veľkosti, veku, pohlavia. Populácie v prírode nie sú rovnorodé – homogénne, ale majú určitú štruktúru. **Veková štruktúra** populácie vyjadruje ako sú zastúpené jedince rôzneho veku. Stanovenie absolútneho veku naráža na rôzne metodické problémy najmä pri rastlinách. Tu sa často namiesto vekovej štruktúry stanovuje **štruktúra veľkostná**, výšková alebo hrúbková. (bližšie kap. 4.2.2 a 4.3.1). **Sexuálna štruktúra** je významná najmä pri populáciách živočíchov.

### Dynamika populácie

O dynamike populácie rozhodujú štyri základné populačné procesy a ich kombinácie: narodenie (vyklíčenie), úhyn, imigrácia (prist'ahovalectvo), emigrácia (vyst'ahovalectvo). Štúdium dynamiky populácie (demografia) umožňuje (spolu s vekovou štruktúrou) predpovedať, ako sa bude meniť veľkosť populácie v čase.

Najjednoduchší model vyjadrujúci zmeny veľkosti populácie v čase, vychádza teda z **natality** (**N**), to znamená tvorby nových jedincov; **mortality** (**M**), úhynu jedincov; ďalej **migrácie** (sťahovania), kde rozlišujeme **imigráciu** (**I**), prísun nových, ďalších jedincov alebo **emigráciu** (**E**), vymiznutie jedincov z populácie. Veľkosť populácie po určitom časovom intervale ( $N_{t+1}$ ) je výsledkom vývoja z počiatočnej veľkosti populácie ( $N_t$ ). Potom, bez ohľadu na príčiny zmien, je:

$$N_{t+1} = N_t + N - M + I - E$$

Táto rovnica je všeobecná a je odvodená z rastu živočíšnych populácií. Platí i pre rastlinné populácie, iba migračné členy rovnice (**I** a **E**) u rastlín, ktoré sa aktívne nepohybujú, majú iný charakter. Migrácia sa týka prínosu a odnosu diaspór z populácie a do populácie (napr. pasívny transport vodou, vetrom, živočíchmi, kedy nové jedince môžu byť do danej populácie zanesené alebo odnesené).

Jedince rovnakého veku, ktoré sa narodili alebo vyklíčili v krátkom časovom období v jednej populácii sa nazývajú **kohorta**. V jednej populácii sa môže vyskytnúť niekoľko kohort.

Niekedy sa sleduje iba **percento natality a mortality**, to znamená počet jedincov, ktorí sa narodia (vyklíčia) alebo zomierajú (odumierajú) v populácii za jednotku času. Vyjadruje sa v percentách alebo promile jedincov narodených (vyklíčených) alebo zomretých (odumretých) za rok. Příklad: podiel natality ľudskej populácie je teraz 3,4 % (34 promile) a podiel mortality 1,5 % (15 promile). Rozdiel medzi percentom natality a percentom mortality vyjadruje percento ročného prírastku (podiel rastu).



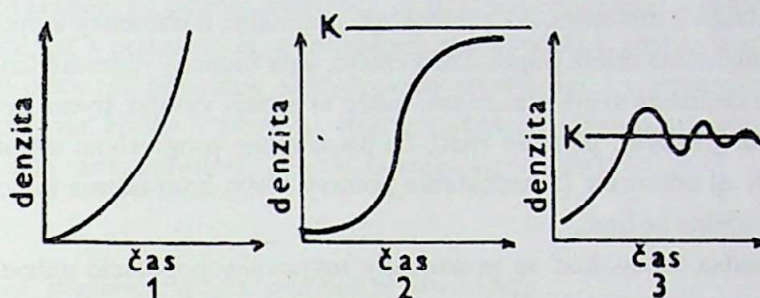
Príklad: Podiel rastu ľudskej populácie je teraz 1,9% (19 promile). To vyjadruje demografickú explóziu ľudstva; populácia sa zdvojnásobí každých 37 rokov.

## Rast populácie

Rast populácie môže byť závislý alebo nezávislý na jej hustote. V niektorých populáciách sa uplatňuje **autolimitácia (samozried'ovanie)**, tieto populácie znižujú svoju hustotu pred dosiahnutím jej maxima.

Iné populácie rastú geometrickým radom, pokiaľ ich rast nezastavia vonkajšie faktory, napr. faktory prostredia, alebo tlak iných populácií. Takéto populácie nadmerne čerpajú zdroje energie a priestoru tak dlho, až jedince zbavené potravy a úkrytu sa doslovne navzájom požierajú. Ich podiel rastu je na hustote nezávislý. Majú značné výkyvy hustoty a niektoré sa môžu stať vážnou hrozbou ako pre človeka, tak pre jeho kultúrne rastliny alebo domestikované zvieratá.

Tieto rozdiely vyjadruje **forma rastu populácií**, ktorá je dôležitou vlastnosťou populácií a je charakteristická pre jednotlivé druhy. Vyjadruje sa **krivkou rastu**.



obr.13. Tvary rastových kriviek v aritmetickej mierke: 1 – exponenciálna krivka, forma rastu v tvare krivky J, 2 – sigmoidná (logistická) krivka, forma rastu v tvare krivky S, 3 – oscilácia rastovej krivky okolo hranice nosnej kapacity prostredia K (podľa Oduma, 1977)

Organizmy sa reprodukujú, tým pripájajú k svojej populácii nových jedincov, tieto zvyšujú hustotu populácie, a súčasne rastie schopnosť produkovať ďalšie jedince. Takto sa rast populácie z vnútorných príčin zrýchľuje. Pri neobmedzených možnostiach rastu, t.j. pri dostatočnom prísune živín a dostatočne veľkom životnom priestore rastie populácia **exponenciálne**. Túto formu rastu vyjadruje rastová krivka tvaru „J“ (obr.13/1).

Prírastok populácie za jednotku času „t“ je určený špecifickými rastovými vlastnosťami druhu, t.j. **špecifickou rastovou rýchlosťou populácie „r“**. Vo vekovo vyváženej populácii a v prostredí, ktoré neobmedzuje rast populácie, je hodnota „r“ jediným ukazovateľom rastovej schopnosti populácie. **Maximálna hodnota r (r max)** sa nazýva **biotický** alebo **reprodukčný potenciál**. Je to vnútorná rýchlosť prirodzeného, prostredím neobmedzeného rastu populácie. V prírode nebýva tento koeficient maximálny a jeho zníženie sa vysvetľuje vplyvom limitujúcich faktorov prostredia. Rozdiel medzi r max a aktuálnou hodnotou r je mierkou limitujúceho vplyvu (odporu) prostredia.

**Limitujúce vplyvy** môžu byť vyvolané predovšetkým stúpajúcou hustotou populácie. Môže to byť napr. nedostatok živín, ktoré sa rastom populácie vyčerpávajú, starnutie populácie, prípadne rast obmedzujú susedné populácie.

Za takýchto podmienok populácia rastie najskôr pozvoľna, potom nasleduje fáza rýchleho rastu dovtedy, kým sa začne prejavovať limitujúci a brzdiaci účinok prostredia. Populácia v tejto fáze rastie čoraz pomalšie, až sa priblíži k nosnej kapacite prostredia (K), vyjadrenej maximálnym možným počtom jedincov. Túto rastovú formu vyjadruje krivka sigmoidného tvaru, krivka tvaru S (obr.13/2). To znamená, že pri dosiahnutí maximálne možného počtu jedincov populácia vyčerpá živiny, ktoré sú pre ňu v danom



priestore a čase k dispozícii, prípadne obmedzený priestor celkom vyplní. Je to limitujúca konštanta obmedzujúca ďalší rast populácie. Nezávisí iba na vlastnostiach stanovišťa, ale mení sa podľa druhu organizmu. Každý druh má na tom istom stanovišti inú hodnotu **K** v závislosti od svojej ekologickej konštitúcie, životnej formy a stratégie.

Nosná kapacita prostredia **K** nebýva v prirodzených podmienkach konštantná. Mení sa počas vegetačnej sezóny zmenami klimatických faktorov, a s tým spojenými zmenami ďalších abiotických faktorov prostredia. Pretože rast populácie regulujú **spätné väzby** medzi dôsledkami zmeny hustoty populácie a rastom, majú **vzrastové reakcie** populácie určité **oneskorenie**. Spomalené odozvy na prostredie spôsobujú, že populácia niekedy prerastie nosnú kapacitu prostredia a podlieha výkyvom okolo tejto hranice. Stáva sa to napr. pri trvácich vyšších rastlinách (obr.13/3).

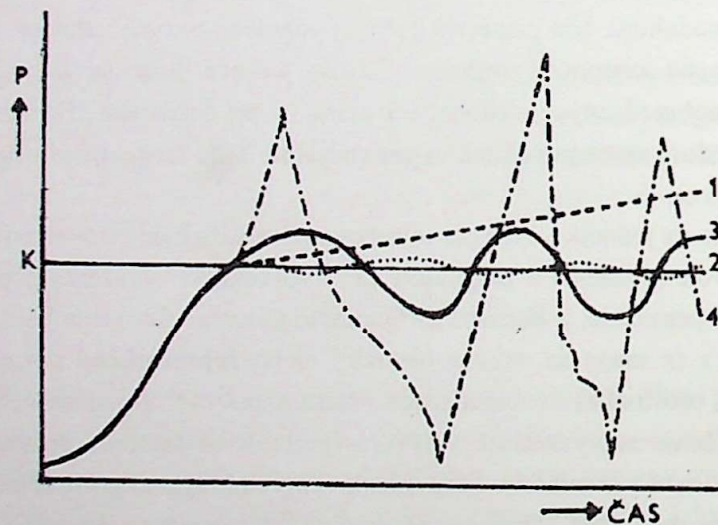
Opísané základné typy kriviek sú často vzhľadom k mnohotvárnosti organizmov a prostredia rôzne modifikované. Rastovú krivku charakterizuje počet jedincov **N** v čase **t**, teda zlomok **N/t**.

Veľkosť prírastku je rozdiel počtu jedincov za časovú jednotku danú vzt'ahom **N/t**. Tento sa mení v jednotlivých fázach rastu populácie a je ukazovateľ rýchlosti rastu. Ak prírastok prepočítame na jedného jedinca východiskovej populácie, získame špecifickú mieru, alebo rýchlosť populačného rastu (**r**).

**Rýchlosť rastu populácie** závisí od vekovej štruktúry populácie, pretože ju priamo ovplyvňuje vekom podmienená natalita a mortalita. Ak pretrvávajú optimálne podmienky a optimálne zloženie populácie, realizuje sa maximálna miera populačného rastu, teda biotický reprodukčný potenciál.

Keď populácia raz dosiahne svoje maximum, môže sa potom vyvíjať štyrmi spôsobmi: **udržiavať** sa dlhú dobu na rovnakej úrovni, **pomaly rásť**, čo predstavuje progresívnu adaptáciu na prostredie, **zmenšovať sa**, niekedy aj odumrieť (z nedostatku potravy alebo hromadenia toxických metabolitov), **fluktuovať**, alebo pravidelne kolísať.

K **fluktuácii** dochádza vtedy, keď sa podmienky rovnováhy populácie náhodile zhoršujú, avšak po znížení počtu jedincov sa znovu zlepšia a umožnia novú reprodukciu. Ak sa tento proces opakuje, hovoríme o **kolísaní**, pri ktorom rozoznávame niekoľko typov: (obr.14)



obr. 14: Typy kolísania populácie

- 1) pomalý rast (progresívna adaptácia k prostrediu)
  - 2) malé výkyvy od rovnováhy
  - 3) veľká pravidelná amplitúda
  - 4) nepravidelná amplitúda
- (podľa Duvigneauda, 1988)



Obidva posledné typy kriviek vyjadrujú anomálie a majú veľký ekologický význam, pretože prudké zmnoženie populácií parazitov alebo škodcov môže znamenať kalamity alebo epidémie.

Časté je **kolísanie podľa ročných období** (sezónne cykly): na jar nastáva obdobie reprodukcie, pri ktorej sa uplatní biotický potenciál, vzniká maximálna populácia; v priebehu roka sa uplatní a prejaví odpor prostredia (nadmerná hustota, choroby, škodcovia, nedostatok potravy alebo úkrytu, výkyvy počasia), dôsledkom je potom obmedzená populácia, ktorá prežíva do ďalšieho obdobia reprodukcie.

Vzhľadom na špecifiká rastlinných a živočíšnych populácií sa tieto v ďalšom texte opisujú osobitne.

## ZHRNUTIE

Populácie sú súbory jedincov určitého druhu, ktoré žijú na jednom mieste v určitom čase. Veľkosť populácie závisí na počte jedincov. Vyjadrením počtu jedincov na plochu (objem) získame údaj o hustote (denzite) populácie. Pre prežitie druhu je rozhodujúci počet populácií ale aj minimálny počet jedincov v populácii. Rozmiestnenie jedincov populácie (disperzia) má tri základné typy, najčastejšie sa vyskytuje disperzia zhlukovitá, podmienená biologickými vlastnosťami organizmov, stanovišťom a vzťahmi medzi jedincami. Populácie nie sú homogénne - majú určitú štruktúru (vekú, veľkostnú, sexuálnu). Základné populačné procesy sú natalita, mortalita, imigrácia a emigrácia). Od nich závisí rast populácie. Rast populácie môže byť v priaznivých podmienkach neobmedzený, realizuje sa biotický potenciál populácie. v prírode je často rast populácie obmedzovaný prostredím, t. j. vyčerpaním významných faktorov (priestor, svetlo, voda, živiny – potrava). Rast populácie je obmedzený, spomaľuje sa a ustanovuje na určitej veľkosti nazývanej únosnosť – nosná kapacita prostredia).

### Kontrolné otázky:

1. *Vysvetlite pojem populácia a čo si pod ním predstavujete.*
2. *Aký význam má poznanie hustoty populácie.*
3. *Aké typy disperzie sa vyskytujú v populáciách.*
4. *Ktorý typ disperzie sa vyskytuje najčastejšie a prečo. Uvedte vlastné príklady.*
5. *Ktorý typ disperzie je charakteristický pre kultúrne porasty a prečo.*
6. *Čo vyjadruje pojem štruktúra populácie*
7. *Čo rozumieme pod pojmom populačná dynamika a populačné procesy.*
8. *Kedy rastie populácia neobmedzene.*
9. *Kedy dochádza k obmedzeniu rastu populácie.*
10. *Čo je nosná kapacita prostredia a aký má význam.*

## 4.2. EKOLÓGIA RASTLINNÝCH POPULÁCIÍ

Základnou jednotkou v populačnej ekológii je **jedinec** (indivídium). Za jedinca sa zvyčajne pokladá ten organizmus, ktorý je schopný samostatnej výživy (má vlastný koreňový systém). Pri mnohých rastlinných druhoch sa jedinec ťažko vymedzuje. Jasný prípad jedinca je rastlina, ktorá vyrástla zo semena (jedľa). Ale väčšina trvácich rastlín má okrem generatívnej reprodukcie schopnosť vegetatívnej propagácie, t.j. vytvárať nové jedince, ktoré zostávajú spojené s materskou rastlinou (podzemkami, poplazmi, vytváraním odnoží a pod.). Tak sa vytvárajú rozsiahle populácie navzájom prepojené koreňovým alebo stonkovým systémom, **polykormony**. Z praktických dôvodov v polykormone považujeme za jedinca každý nadzemný výhonok, bez toho, že by sme skúmali jeho postavenie v populácii a jeho metabolickú závislosť.

Ďalší problém v populačnej ekológii rastlín spočíva v tom, že rovnako staré jedince bývajú často v rôznych vývinových fázach (kvitnutie, tvorba plodov, vegetatívna fáza) alebo naopak, rôzne staré



jedince môžu byť v rovnakej fáze vývinu. Jedince v rovnakej vývinovej fáze sa môžu výrazne líšiť vo veľkosti (biomase, listovej ploche, veľkosti koreňového systému), takže nie je vždy priama závislosť medzi vývinom a rastom, t.j. medzi ontogenézou (vývinom), vekom a biomasou. Naopak, existuje veľmi tesná väzba medzi sezónnym vývinom rastlín a zmenami počasia v ročnom cykle klímy.

Preto je výhodné pri populačnej analýze hodnotiť kategórie vo vnútri populácie podľa kvantitatívnych rastových ukazovateľov (biomasy, výšky, listovej plochy a pod.).

#### 4.2.1. Dynamika rastlinných populácií

Základom pre pochopenie dynamiky rastlinných populácií je poznanie životného cyklu jedincov, ktoré ju tvoria.

Životný cyklus rastliny je nezvratný sled rastovo-vývinových fáz, prebiehajúcich od vyklíčenia semena (rastu diaspóry) až do jej odumretia. Základná schéma životného cyklu vyššej rastliny je: semeno (diaspóra) ► (prípadná dormancia) ► klíčenie ► vegetatívna fáza ► generatívna fáza (kvitnutie, oplodnenie, produkcia semien) ► senescencia (starnutie, strata schopnosti reprodukcie) ► odumretie rastliny.

U **jednoročných** i dvojročných rastlín prebieha životný cyklus iba raz, u **trvácich** sa vegetatívna a reprodukčná fáza opakuje po sebe v priebehu viacerých rokov.

Vývinové fázy rastlín, ktoré sa každoročne periodicky opakujú počas jednej vegetačnej sezóny, a ktoré je možné morfológicky odlišiť (napr. pučanie, kvitnutie, dozrievanie plodov, žltnutie listov), sa nazývajú **fenofázy** (fenologické fázy). Ich dĺžka a trvanie závisia od priebehu počasia toho ktorého roka, v ktorom sa rastliny vyvíjajú. Hodnotením dĺžky trvania jednotlivých fenofáz rastlín vo vzťahu k podmienkam vonkajšieho prostredia sa zaoberá **fenológia**.

Doba trvania jednotlivých fáz životného cyklu rastlín môže byť pri rôznych druhoch rôzne dlhá. Niektoré trváce rastliny majú veľmi dlhú vegetatívnu fázu rastu (ktorá trvá i niekoľko rokov), kým dospejú k fáze generatívnej.

Príklad: borovica, breza, osika v priemere po 10–20 rokoch, dub, buk, smrek po 40–60 rokoch. Iné trváce rastliny kvitnú už v prvom roku, napr. *Ranunculus acer* (iskerník prudký), *Potentilla erecta* (nátržník vzpriamený).

Niektoré jednoročné rastliny majú veľmi krátky životný cyklus. Napr. *Senecio vulgaris* (starček obyčajný) alebo *Poa annua* (lipnica ročná) majú dĺžku životného cyklu od vyklíčenia do dozretia semien a úhyn jedinca iba asi 6 týždňov. Tak počas jednej vegetačnej sezóny sa môže vytvoriť niekoľko generácií (3–4) populácie, čím vzrastá rýchlosť šírenia týchto druhov. Je to spôsob ich stratégie.

**Jednoročné** (alebo ozimné) **rastliny** s krátkym životným cyklom, ktorý prebehne počas jari, sa nazývajú **efeméry**, napr. *Holosteum umbellatum* (burinka okolkatá), *Veronica hederifolia* (veronika brečtanolistá).

Trváce rastliny, ktorých vegetatívna a generatívna fáza až do zrelosti semien prebehne veľmi rýchlo počas jari alebo začiatkom leta, takže ich nadzemná časť v lete odumrie, sa nazývajú efemeroidy: napr. *Galanthus nivalis* (snežienka jarná), *Corydalis cava* (dymnivka dutá), *Anemone nemorosa* (veternica hájna), typické jarné geofyty.

Priebeh vývinových fáz, predovšetkým ich sled, je výsledkom **evolučnej adaptácie** k prostrediu, predovšetkým k faktorom klimatickým a k rytmu ich zmien. Rýchly priebeh a ukončenie životného cyklu u efemérov alebo rýchle dosiahnutie zrelosti u geofytov (efemeroidov) do obdobia letného sucha, kedy sa pôdna vlhkosť stáva limitujúcim faktorom pre rast rastlín, je výsledkom adaptácie na letné sucho.

Niektoré rastlinné druhy, tzv. **monokarpické druhy**, kvitnú a plodia len raz za život a odumrú. Sú to všetky jednoročné, ozimné, dvojročné, ale aj niektoré trváce rastliny, ktoré po veľa rokov zostávajú vo vegetatívnej fáze a po zakvitnutí a dozretí plodov uhynú. Fáza senescencie je u nich tesne spojená s kvitnutím a dozretím semien.



Príklad: keď sa experimentálne zabránilo vytvoreniu kvetov u repy cukrovej, ktorá je dvojročnou, ozimnou rastlinou, mohla rásť vegetatívne po viacej rokov.

Naopak, polykarpické druhy - kvitnú a prinášajú plody viackrát počas svojho životného cyklu, podľa dĺžky svojho života. Napr. dreviny – duby, buk, smrek, lipa, tis sa dožívajú niekoľko sto rokov, v Kalifornii sekvoja obrovská až 4000 rokov.

Životný cyklus rastlín sa odráža v morfológickom utváraní nadzemných a podzemných častí rastliny, ktorá vytvára vzhľad (fyziognómiu) rastliny. Životný cyklus predstavuje adaptáciu na prostredie aj určitý typ stratégie rastliny.

#### 4.2.1.1. Šírenie populácií rastlín

Prvou podmienkou rastu populácie je uchytenie a vyklíčenie diaspóry rastliny – **ecesia**. **Diaspóra** je akýkoľvek oddelený orgán (alebo časť orgánu) schopný vyrásť v novú rastlinu: výtrusy, semená, trsy tráv, hlúzy, cibule, časti podzemkov a koreňov s adventívnymi púčikmi (niekedy sa tieto orgány nazývajú propagačné orgány). Diaspóra môže byť vegetatívneho alebo generatívneho pôvodu; diaspórou môže byť aj celá nadzemná časť rastliny, napr. pri tzv. „stepných bežcoch“ – *Crambe tataria* (katran tatársky).

Počet semien má veľmi často negatívnu koreláciu s ich veľkosťou. Veľké množstvo semien majú napr. *Orchidaceae* (vstavačovité), ktoré majú aj semená s vôbec najnižšou hmotnosťou (*Goodyera repens* – smrečinec plazivý, 1 semeno =  $2 \cdot 10^{-6}$  g). Naopak, malý počet semien s veľkou hmotnosťou má napr. palma *Lodoicea maldivica* (lodoicea sečelská), s hmotnosťou kompaktného plodu s dvoma semenami 1800–27000 g. Variabilita veľkosti a hmotnosti semien v rámci druhu býva malá, **semeno je relatívne najmenej plastický orgán rastliny**. Pre takmer konštantnú hmotnosť boli semená stromu *Ceratonia siliqua* (rohovník obyčajný, svätováňsky chlieb) používané Rimanmi ako jednotka hmotnosti zlata (karát).

Šírenie diaspór od materskej rastliny sa nazýva **diseminácia**. Prísun diaspór na stanovište je základom pre možný výskyt populácií v spoločenstve. Závisí od:

- **výšky a vzdialenosti zdroja diaspór,**
- **koncentrácie zdroja diaspór,**
- spôsobilosti diaspór pre rozširovanie (napr. ich hmotnosť, rôzne morfológické útvary na semenách a plodoch: ochlpenie, krídla, blanité lemy, háčiky, ostatné),
- aktivity rozširujúceho činiteľa (smer a rýchlosť vetra, vody, výskyt a pohyb zveri).

#### Disemináčn é faktory sú:

- **vietor:** anemochórne šírenie – **anemochória**. Semená (diaspóry) môžu byť vetrom zanášané až na vzdialenosť niekoľko sto až tisíc metrov. Napr. pri rýchlosti vetra  $4 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$  výtrusy plavúňa (*Lycopodium*) až 19 km; púpavy lekárskej (*Taraxacum officinale*) 580 m, brezy 90 m, smreka 6 m, jaseňa štíhleho 2 m. Úlomky mycélií a výtrusy húb boli zachytené až vo výške 10 km nad zemou.
- **voda:** hydrochórne rozširovanie, **hydrochória** je typické pre vodné druhy alebo suchozemské rastliny, ak sú ich diaspóry splavované vodou.
- **živočíchy:** zoochórne rozširovanie, **zoochória**, je zložitejšia a súvisí s pohybom a migráciou živočíchov, takže sa diaspóry môžu dostať do rôznych miest náhodne. To má často za následok ojedinelý a nečakaný výskyt niektorých druhov ďaleko od centra ich rozšírenia (najmä zanesenie plodov vtákmi). **Význam zoochórneho šírenia** je aj v tom, že okrem šírenia semien, je umožnené aj ich vyklíčenie. Semená niektorých druhov rastlín na to, aby boli klíčivé, vyžadujú priechod tráviacou sústavou bylinožravcov, (**endozoochória**). Takéto semená majú napr. hlohy, ruže, baza čierna, tis, imelo. Drobné hlodavce spôsobujú šírenie diaspór v zhlukoch tým, že ich zhromažďujú vo svojich hniezdach (myši, škrečky). Semená niektorých rastlín sa často rozširujú iba pasívne tým, že sa



prichytia na povrch tela živočíchov pomocou rôzne usporiadaného povrchu plodov (**epizoochória**), napr. lipkavec obyčajný (*Galium aparine*), repík lekársky (*Agrimonia eupatoria*), lopúch (*Arctium*) a i.

- **človek** rozširuje rastliny (antropochórne šírenie, **antropochória**) priamo, pestovaním rôznych druhov kultúrnych plodín a okrasných rastlín, alebo nepriamo a neúmyselne, rozširovaním burinných druhov a zavlečením nových druhov s dovozom rôznych produktov (obilie, vlna, bavlna).

### Zásoba diaspór v pôde

Diaspóry sa stále novým prísunom hromadia v povrchovej vrstve pôdy. Časť z nich za vhodných podmienok vyklíči ihneď, väčšinou sa zhromažďujú v latentnom stave ako zdroj potenciálnej vegetácie. Táto zásoba sa nazýva „**banka semien**“. Každoročne je nový prísun semien, takže v pôde je zmiešaná vo forme diaspór vegetácia minulé s prítomnou. Táto zásoba je zdroj, z ktorého rýchlo rastú nové jedince nových druhov, len čo sa zmenia podmienky stanovišťa.

Príklad: osvetlenie a následný rýchly rozklad opadu umožní rýchly rozvoj rúbaňových druhov počas prvej vegetačnej sezóny po holorube, alebo veľký počet druhov burín počas prvého roka na opustenom poli. Bolo napr. zistené (priamym počítaním na poli na ploche 1 m<sup>2</sup> do hĺbky 15 cm) 30 až 150 tisíc semien a plodov reprezentujúcich až 47 druhov vyšších rastlín. Počet vyklíčených semenáčikov predstavoval iba 3–6% semien z celkovej zásoby v pôde.

V pôdnej zásobe klesá počet živých diaspór v dôsledku prirodzenej straty klíčivosti. Niektoré semená majú klíčivosť iba veľmi krátku dobu, napr. *Salix caprea* (vrba rakyta) iba 14 dní. Naproti tomu semená niektorých jednoročných a dvojročných rastlín sú veľmi dlho klíčivé, napr. semená *Chenopodium album* (mrlik biely) nájdené pri archeologických vykopávkach zostali klíčivé v pôde 1600 rokov (datované rádioaktívnym uhlíkom). Straty v pôdnej zásobe môžu spôsobovať aj herbivory, parazity (baktérie, plesne), hnitie.

Semená v pôde môžu klíčiť ihneď alebo zotrávajú rôznu dobu v stave dormancie. **Dormancia** predstavuje stav kl'udu, kedy semená (diaspóry) nie sú schopné vyklíčiť. Ich metabolizmus ustáva, je znížený na minimum. Schopnosť rastlín prežívať v latentnom stave vo forme diaspór je výsledkom evolúcie a adaptácie rastlín na vonkajšie podmienky. Umožňuje rastline prekonať obdobie nepriaznivé pre jej rast a vývoj. **Dormancia, a na druhej strane diseminácia, sú vlastne u nepohybujuúcich sa rastlín analógiou aktívneho úniku živočíchov z nepriaznivého prostredia.**

### **Rozlišujú sa dva základné typy dormancie:**

- **vrodená dormancia** (primárna) je geneticky určenou vlastnosťou. Semeno nevyklíči ihneď, aj keď má optimálne podmienky pre klíčenie (vlhkosť, teplota), ale vyklíči až po určitom špecifickom stimule, ktorý dormanciu preruší. Býva to často nízka teplota alebo striedanie teplôt (**stratifikácia semien**). Dormancia našich druhov sa preruší pôsobením mrazov v zimnom období, druhy klíčia až v druhom roku po dozretí semien, na jar, teda v dobe, kedy sú už zaistené optimálne teplotné a vlhkosťné podmienky pre vyklíčenie i prežité rastliny.
- **vynútená dormancia** (sekundárna), spočíva v tom, že zrelé semená nevyklíčia a zostanú v latentnom stave vtedy, keď podmienky na stanovišti (svetlo, vlhkosť) nie sú vhodné pre ich vyklíčenie. Príklad: rúbaňové druhy (malina, starček, kyprina úzkolistá) vyklíčia po zvýšení ožiarenia stanovišťa.

Počet vyklíčených a rastúcich jedincov nezávisí iba od množstva vyprodukovaných semien za rok, ale aj od iných podmienok, napr. množstva vhodných stanovišť pre vyklíčenie a rast rastliny. Napr. druhy z čeľade *Orchidaceae* (vstavačovité) alebo saprofyty z čeľade *Monotropaceae* (hniliakovité) produkujú veľké množstvo semien (anemochóry), a napriek tomu je ich výskyt veľmi vzácny a obmedzený iba na určité lokality.



## Vegetatívne šírenie (propagácia)

Rast populácie nebýva vždy výsledkom iba generatívnej reprodukcie. Mnohé vyššie rastliny a trváce paprad'orasty sa rozrastajú sa vegetatívnym spôsobom, napr. pomocou poplázov, podzemkov, cibúl sa vytvárajú **polykormony** rôzne veľkých rozmerov a hustoty. Veľké polykormony tvorí napr. *Pteridium aquilinum* (orličník obyčajný), *Aegopodium podagraria* (kozohoha hostcová), *Populus tremula* (topoľ osikový), *Prunus spinosa* (slivka trnková – trnka obyčajná).

Tým, že nové jedince zostávajú spojené výživou s materskou rastlinou (kým sa dostatočne nevyvinie ich asimilačný aparát a koreňový systém) majú väčší predpoklad na prežitie (mortalita nových jedincov je znížená). Spojenie nových jedincov sa preruší odumretím podzemkov, poplázov. Niekedy zostávajú jedince celého polykormónu trvalo spojené. Takýto polykormon je odolnejší oproti konkurencii susedných populácií.

Vegetatívna propagácia má oproti generatívnej výhodu aj v tom, že umožňuje úspešne obsadzovať plochy už obsadené inou vegetáciou s vysokou pokryvnosťou, kde nie je možné vyklíčenie semien. I na doposiaľ neobsadených stanovištiach je stratégia vegetatívneho šírenia úspešnejšia; rastliny plochu obsadia rýchlejšie a s väčšou hustotou.

Veľa trváciach rastlín má schopnosť rozširovať sa obidvoma spôsobmi. Zníženie schopnosti šírenia z dvoch na jeden spôsob stratégie je spôsobené podmienkami prostredia (stanovišťa). Je to častý jav pri populáciách, ktoré sa vyskytujú na stanovišti s limitujúcim faktorom, alebo na hranici svojho geografického alebo výskového rozšírenia, napr. smrek v subalpínskom stupni (na hornej hranici lesa) kozohoha hostcová (*Aegopodium podagraria*) na zatienených miestach sa šíria vegetatívne.

Rýchlosť rastu populácie závisí od konkrétnych podmienok stanovišťa. Môžeme vymedziť dva extrémne prípady stanovišť a adaptácií rastlín:

- za podmienok, kedy je k dispozícii rastlinami doposiaľ neobsadená plocha (napr. plocha po holorube, riečna náplava, skládky, násypy) sa uplatnia populácie, ktoré majú vysokú hodnotu **r**, vysoký reprodukčný potenciál (selekcia typu **r**). Takáto populácia obsadí čo najrýchlejšie voľný priestor, či už počtom jedincov, biomasou alebo pokryvnosťou. Tieto populácie majú veľké množstvo dobre klíčivých semien. Sú teda adaptované na rýchlu disemináciu a kolonizáciu narušených stanovišť. Veľmi často dosahujú nosnú kapacitu prostredia.
- naopak, v prostredí, kedy sa silne uplatňuje konkurencia medzi jedincami populácie, to znamená pri vysokých hustotách alebo pri silne obmedzenej nosnej kapacite prostredia **K**, uplatňujú sa populácie vyselektované na „konkurenčnosť“ (selekcia typu **K**). Tieto majú zvyčajne pomalý rast, sú to väčšinou trváce rastliny. Sú adaptované na zotrvávanie a reprodukciu v stabilných spoločenstvách. Ich populácie plne využívajú nosnú kapacitu prostredia.

Tieto dva selekčné typy sú len „extrémne“ modely, podľa ktorých sa môžu rastové vlastnosti rôznych druhov prispôbiť podmienkam prostredia z hľadiska svojho rozvoja. Existuje prirodzene plynulý rad medzi extrémami **r** a **K**, ktorý nazývame **r–K kontinuum**.



#### 4.2.1.2. Zmeny veľkosti populácie

Pod pojmom **veľkosť populácie** sa najčastejšie rozumie počet jedincov, ktoré ju tvoria, aj keď stanovenie jedinca nie je pri rastlinách celkom jednoznačné, i pri populáciách rastlín sa uvažuje s počtom jedincov.

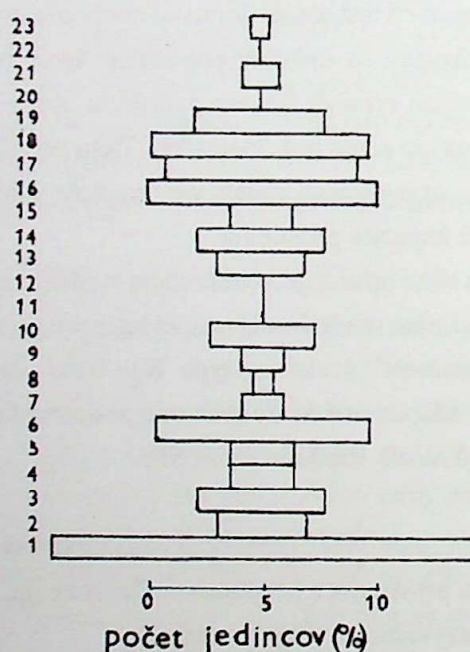
Počet jedincov populácie sa zisťuje počítaním v sérii veľkého počtu malých plôšok náhodne rozložených na stanovišti. Z výsledkov sa vypočíta priemerný počet jedincov na plochu – hustota populácie. Táto závisí na veľkosti nadzemných častí jednotlivých jedincov rastlín a na ich životnej forme, a môže byť pri populáciách dvoch foriem veľmi rôzna. Napr. hustota populácie fialky lesnej a buka lesného na rovnakej ploche 100 m<sup>2</sup> sa bude v počte jedincov rádovo líšiť. Hustota populácií sa uplatňuje pri vytváraní horizontálnej štruktúry spoločenstva (kap. 5.1).

Mortalita jedincov rastlín v priebehu času je u rôznych druhov rôzna, závisí od dĺžky životného cyklu (rastliny jedno-, dvojročné alebo trváce), ďalej závisí od hustoty (denzity) populácie, vnútrodruhovej i medzidruhovej konkurencii, a určujú ju aj podmienky stanovišťa. Často sa počet uhynutých jedincov vyrovná počtu novo vyklíčených, jedince v populácii sa v podstate „vymieňajú“.

#### 4.2.2. Štruktúra rastlinných populácií

Štruktúru populácie analyzujeme tak, že zisťujeme počty jedincov populácie v určitých kategóriách, nazývaných triedy. Základným kritériom býva vek jedincov, vtedy hovoríme o vekovej štruktúre a vekových triedach. V stabilnej populácii trvácich dlhovekých rastlín prevažuje podiel jedincov v najmladšej vekovej triede (čo umožňuje rýchlu obnovu populácie po jej deštrukcii). Opačný prípad znamená ústup populácie. Analýza vekovej štruktúry sa používa najmä v lesníctve k posúdeniu stavu prirodzených porastov z hľadiska ich prirodzenej obnovy.

Príklad: Veková štruktúra populácie smreka v klimaxových smrečinách (obr. 15).



obr. 15. Veková štruktúra populácie smreka v klimaxových smrečinách: vekový stupeň predstavuje rozpätie veku 10 rokov, mierka na vodorovnej osi udáva počet jedincov v percentách (podľa Vacka, 1979)

Ak nepoznáme vek rastliny, analyzujeme populáciu z hľadiska vývinových fáz jedincov, vtedy hovoríme o **štruktúre ontogenickej**. Ak zvolíme ako kritérium výšku, alebo hrúbku (rast jedincov),



môžeme stanoviť **štruktúru výškovú** alebo **hrúbkovú**. Metódy stanovenia výškovej, príp. hrúbkovej štruktúry sú používané v lesníctve pre populácie drevín (dendrometrické metódy).

Iba výnimočne (pri dvojdomých rastlinách) sa zisťuje **štruktúra sexuálna**. Pri analýze tzv. **dynamickej štruktúry populácie** sa súčasne s vekovou štruktúrou sa sleduje plodnosť jedincov rôzneho veku, počet semien v populácii a počet semien na jedinca. Takáto analýza informuje o tom, koľko jedincov prežije v jednotlivých vekových triedach a súčasne akým množstvom semien prispievajú jedinci v jednotlivých triedach k budúcemu rastu populácie. Umožňuje predpovedať rast, modelovať a predpovedať zmeny vo veľkosti a štruktúre populácie. Výsledky sú dôležité pre praktické ciele pestovania v lesníctve.

#### 4.2.3. Stratégie rastlinných populácií

Jednou zo základných otázok ekológie rastlín je, aké sú vlastnosti populácií (druhov), ktoré umožnili ich úspešnú existenciu (rast, vývin a rozmnožovanie) na jednotlivých, často veľmi odlišných typoch stanovišť. Sú to predovšetkým vlastnosti geneticky zakódované (genotypické), ktoré boli počas evolúcie kladne vyselektované. Názorne, môžeme fylogenetické prispôbenie (adaptáciu) na stanovište označiť ako výraz a dôsledok bionomickej stratégie rastlín.

Termínom **bionomická stratégia populácie** rozumieme **súbor vlastností, ktoré sa v prírodnom výbere (evolučnej selekcii) osvedčili ako výhodné pre úspešnú existenciu danej populácie, t.j. pre jej prežívanie v čase a šírenie sa v priestore**.

Stratégia je termín predovšetkým vojenského významu (náuka o vedení vojenských operácií); ale označuje sa ním aj súhrn zámerov a činností (človeka) na dosiahnutie cieľa. V tomto zmysle sa používa aj v ekológii živočíchov, kde má hlbší význam. U živočíchov je stratégia okrem súboru morfológických, trofických a metabolických adaptácií (čo je podobné s rastlinami) spojená navyše s aktívnym pudovým, alebo vedomým správaním (adaptácie etologické).

V rôznych modeloch stratégií populácií sa teda uplatňujú **súbory špecifických vlastností**, ktoré majú rôzny charakter a sú to najmä vlastnosti:

- metabolické:** rýchlosť tvorby biomasy, relatívna rýchlosť rastu, tvorba špecifických metabolitov,
- **trofické:** nároky na výživu,
- **morfológické:** napr. výška rastliny, adaptácie na nedostatok vody, žiarenia, minerálnych živín,
- **propagačné:** vegetatívne šírenie,
- **reprodukčná kapacita** (produkcia plodov a semien)
- **schopnosť regenerácie:** z adventívnych púčikov alebo druhotných a náhradných meristémov,
- **alelopatické pôsobenie:** obsah toxických látok,
- **fenologické:** sezónny rytmus
- **životný cyklus:** dĺžka a priebeh

Logická a dobre použiteľná je klasifikácia stratégií, ktorú navrhol GRIME (1979). Kľúčovou zložkou rôznych stratégií sú podľa tohoto autora **všetky spôsoby, ktorými populácia reaguje na ekologické situácie ktoré obmedzujú jej život**. Základom je typizácia spôsobov, ktorými sa rastlinné populácie vyrovnávajú s narušovaním vlastnej existencie limitujúcimi faktormi prostredia.

Za základné **kritérium pre hodnotenie stratégií** sa považuje predovšetkým **obmedzovanie tvorby biomasy**. Ktoré stanovištné faktory obmedzujú tvorbu biomasy rastlín ?

- **faktory, ktoré limitujú fotosyntézu a prísun živín rastlinám:** môže to byť napr. nedostatok vody, minerálnych živín, vhodného substrátu, obmedzené žiarenie, príliš nízke alebo vysoké teploty a pod. Tento nedostatok niektorých pre život dôležitých faktorov sa označuje ako **stres**. [Pozn: pôvodne bol stres (nadmerná záťaž) definovaný ako stav organizmu, termín užívaný v živočíšnej a humánnej



biológii. V tomto zmysle sa ako stres chápu všetky od normy sa odchyľujúce situácie, ktoré organizmus nadmerne zaťažujú. Na túto záťaž organizmy špecificky reagujú]. V zmysle Grimovej koncepcie sa ako stres označuje **nadmerné, viac menej chronické zaťažovanie populácie bez priamej likvidácie biomasy**.

- **faktory** ktoré spôsobujú čiastočnú alebo úplnú deštrukciu už vytvorenej biomasy. Označujú sa ako **narušovanie, disturbancia**, a sú výsledkom aktivity herbivorov, parazitov alebo človeka (zošľapovanie, pastva, orba), alebo vznikajú pôsobením takých javov ako pôdna erózia, veterná deflácia pôdy, požiare, záplavy, rôzne mechanické agrotechnické zásahy, vysoká nárazová intoxikácia a pod.

Východiskom teórie bionomických stratégií je poznatok, že energia spotrebovaná populáciou na kompenzovanie stresu vysokej intenzity, sa nedostáva na kompenzovanie disturbancií a naopak. „Nezdolné“ populácie, schopné súčasne odolávať vysokému stupňu stresu (= v podstate extrémnym podmienkam stanovišťa) a disturbancie (intenzívnemu odoberaniu biomasy) neexistujú. Takáto ekologická situácia neumožňuje populácii adaptovať sa a vedie k jej zániku. Touto úvahou sú vymedzené tri kvalitatívne rozdielne ekologické situácie a im odpovedajúce stratégie a vlastnosti populácií.

Podľa toho, ktoré z dvoch menovaných skupín faktorov limitujúcich tvorbu biomasy sa spolu na stanovišti uplatňujú, a v akej miere, rozlišujeme nasledovné, **teoreticky možné kombinácie**:

- (A) malý stres a malé narušenie: C- konkurenční stratégovia,
- (B) veľký stres a malé narušenie: S- stratégovia (stres znášajúci, stres-tolerantní),
- (C) malý stres a veľké narušenie: R- ruderalní stratégovia,
- (D) veľký stres a veľké narušenie: pri tejto kombinácii nemôžu rastliny trvalo rásť.

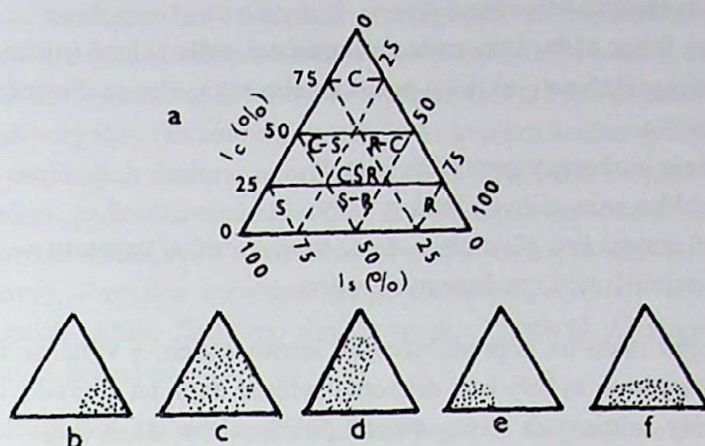
**Kombinácia (A)** predstavuje typ stanovišťa s priaznivými podmienkami pre rast a vývin väčšiny populácií. V tomto prípade bude faktorom limitujúcim rozvoj populácie konkurencia ďalších populácií, teda skutočnosť, že žiarenie, minerálne látky, voda, alebo životný priestor nie sú na danom stanovišti neobmedzene k dispozícii, ale že sa o ne musí populácia deliť s ďalšími, ktoré tu rastú. Preto na takýchto stanovištiach je faktorom, ktorý rozhoduje o úspechu určitej, konkrétnej populácie, jej konkurenčná schopnosť. Treťou skupinou faktorov, ktoré môžu obmedzovať životný úspech určitej populácie, je teda konkurencia ďalších populácií.

**Kombinácia (B)** predstavuje stanovišťa s trvalo nepriaznivými podmienkami, kde je výživa, nedostatok žiarenia, vlhky a minerálnych živín jednoznačne limitujúcim faktorom pre tvorbu biomasy, bez toho, že by bola vytvorená biomasa podstatne narušovaná.

**Kombinácia (C)** predstavuje narušované stanovišťa s dobrými podmienkami pre fotosyntetickú produkciu.

Tri hlavné typy primárnych stratégií populácií sú nazvané podľa toho, ktorá z uvedených troch kombinácií skupín faktorov (A,B,C) je na danom stanovišti rozhodujúca.





obr. 16. Model v tvare trojuholníka (obr.a) popisuje tri základné (primárne) stratégie a prechodné (sekundárne) typy: S – typ odolný voči stresu (s maximom vľavo dole), R – typ ruderálnej stratégie (s maximom vpravo dole), C – konkurenčný typ (s maximom na hornom okraji vrcholu). Na spojniciach jednotlivých vrcholov sú v percentách vyjadrené pomerné intenzity (I) pôsobenia týchto jednotlivých faktorov. Uprostred na spojniciach týchto vrcholov je poloha troch sekundárnych stratégií. Štvrtá sekundárna stratégia C-S-R je lokalizovaná do stredu trojuholníka. Obr. b až f, znázorňujú analogicky lokalizáciu rozsahu stratégií, ktorú zaujímajú: b – jednoročné rastliny, c – trváce rastliny, d – stromy a kry, e – lišajníky, f – machorasty (podľa Grima, 1979)

**Konkurenční stratégie (C-strategie)** sú rastlinné populácie s vysokou schopnosťou medzidruhovej konkurencie, majú predovšetkým tie vlastnosti, ktoré sú konkurenčne výhodné:

- relatívne značná výška rastliny,
- veľká plocha asimilačného aparátu a jeho hustý zápoj,
- schopnosť rozkonárenia v podzemných i nadzemných častiach rastlín,
- relatívne veľké listy, ktoré pomerne krátko vytrvávajú,
- schopnosť intenzívne využívať zdroje výživy iba v dobe vegetačného rastu,
- veľká potenciálna relatívna rýchlosť rastu a veľká biomasa dosahujúca nosnú kapacitu prostredia,
- dlhovekosť (trváce rastliny, stromy, kry a byliny),
- malý podiel ročnej produkcie venovaný semenám, väčšina asimilátov a minerálnej výživy je rýchlo premiestňovaná do vegetatívnych častí a rezervných orgánov rastlín,
- na stres reagujú rýchlou zmenou pomeru podzemnej biomasy k nadzemnej biomase. Tento pomer sa zväčšuje až dosahuje hodnoty väčšie ako 1,
- tvorí sa veľké množstvo odumretej biomasy (opad, detritus).

Optimum rastu týchto stratégií je na stanovištiach s dostatočnou zásobou minerálnych látok a vody bez narušovania (disturbancie) ich biomasy. Za takýchto podmienok sú C-strategie konkurenčne najsilnejšie. V našich podmienkach sú C-strategie napr. niektoré lesné dreviny (dub, buk, jedľa, jaseň).

**Stres znášajúci stratégie (S-strategie)** sú schopní rásť na stanovištiach pod vplyvom stresu, tam kde je výživa limitujúcim faktorom pre tvorbu ich biomasy, kde ale vytvorená biomasa nie je narušovaná. Majú adaptácie veľmi rozmanitého charakteru, aj keď sa rôzne druhy líšia špecifickými adaptáciami na limitujúce faktory prostredia, majú nasledovné spoločné znaky:

- pomalú rýchlosť rastu,
- nízku produkciu,
- sú to rastliny trváce, dlhoveké,



- kvety a semená nevytvárajú každoročne,
- majú malé listy, často ihlice alebo listy trváce, neopadavé, stále zelené (niekedy sukulentné), ktoré môžu byť fotosynteticky aktívne prakticky počas celého roka, čím sa čiastočne kompenzuje nízka produktivita stanovišťa.
- pomer ročnej produkcie uloženej v semenách je malý,
- majú pomalý obrat uhlíka, minerálnych látok a vody,
- prejavujú sa nízkou fenotypickou plasticitou, často sa rozširujú aj vegetatívne,
- ukládajú veľkú časť asimilátov do podzemných rezerv.

Majú optimum svojho rastu na neproduktívnych stanovištiach, s výrazne limitujúcim faktorom (faktormi), ale aj tam kde zdroje výživy boli druhotne znížené napr. na degradovaných pôdach. Medzi S-stratégov patria rastliny arktických a alpínskych polôh, alebo na živiny chudobných ekotopov. Patria sem druhy zasolených pôd (halofyty) *Puccinellia distans* (steblovec odstávajúci) a ďalšie, ktoré znášajú extrémne podmienky alkalických pôd napr. v okolí magnezitiek. Druhy acidofilné a oligotrofné *Vaccinium* (brusnica), *Empetrum* (šucha), rozšírené aj v extrémnych podmienkach tundry, ale aj *Calluna* (vres), z drevín sú to napr. niektoré druhy borovíc, smrek obyčajný, borievka obyčajná. Príkladom S-stratégov s pomalým rastom je napr. *Pinus aristata* (borovica ostitá), ktorá rastie na suchých svahoch hôr v Nevade. Pomocou letokruhovej analýzy sa zistili jedince staršie ako 4600 rokov (ich ihlice vytrvávajú 20–30 rokov) sú to vôbec najstaršie dnes známe rastlinné jedince.

**Ruderálni stratégovia (R-stratégovia)** sú populácie rastlín adaptované na vysokú disturbanciu biomasy a znášajúce malý stres. Pri tejto stratégii sa uplatňujú predovšetkým tieto vlastnosti:

- veľká reprodukčná kapacita a rýchla klíčivosť väčšinou drobných anemochórnych semien a plodov, ktoré môžu dlho pretrvávajúť v pôde v zásobe semien
- rýchla tvorba biomasy, veľká relatívna rýchlosť rastu,
- krátky životný cyklus s pomerne krátkou vegetatívnou fázou a skorým nástupom relatívne dlhej generatívnej fázy (predovšetkým druhy jednoročné alebo krátko žijúce trváce)
- rýchly rast populácie (krivka tvaru „J“); populácia ukončí svoj rast bez toho, že by dosiahla kapacitu prostredia (napr. jednoročné rastliny)
- vysoký podiel ročnej produkcie predstavujú generatívne orgány (semená a plody)
- majú pomerne malé množstvo odumretej biomasy

Táto stratégia je optimálna pre stanovištia dostatočne zásobované živinami, energiou a vodou, kde je vegetácia nejakým spôsobom narušovaná, predovšetkým mechanicky, čím je znižovaná biomasa rastlín, alebo tam, kde bola nadzemná rastlinná biomasa celkom odstránená a začína nové osídľovanie. Patria sem rastliny brehov riek, jazier, mokradí, a silne zošľapovaných biotopov; ďalej väčšina poľných burín, napr. *Papaver* (mak), *Sinapis arvensis* (horčica roľná), *Capsella bursa-pastoris* (kapsička pastierska) alebo ruderálne jednoročné alebo dvojročné rastliny ako *Chenopodium* (mrlik), *Atriplex* (loboda) ale aj všetky jednoročné kultúrne plodiny.

[Pozn.: zavedením disturbancie ako jediného kritéria dáva GRIME pojmu „ruderálny“ širšiu náplň. Bežne je ruderalizácia chápaná ako proces spontánneho šírenia rastlín viazaných pôvodne na človekom vytvorené stanovištia rumoviskového charakteru: skládky odpadu, lemy komunikácií, a múrov, hospodársky nevyužívané plochy v okolí stavieb a pod., s pôdami spravidla obohatenými dusíkom.]

Niektoré druhy majú **schopnosť zmiešanej stratégie**, alebo pod vplyvom rôznych podmienok reagujú rôznou stratégiou. Preto sa toto delenie musí hodnotiť vždy ako relatívne, vo vzťahu k podmienkam, v ktorých rastlina rastie. Časté bývajú presuny zo stratégie C do S a naopak, podľa reakcie rastlín na kombinácie limitujúcich faktorov prostredia.

V prírode sa vyskytujú väčšinou stanovištia pod vplyvom kombinácií priemerných intenzít stresu, disturbancií i konkurencie iných rastlín. Preto sa odlišujú ešte štyri, tzv. **sekundárne stratégie**. Sú to nasledovné:



- **C-R-stratégovia – konkurenčne-ruderálni stratégovia:** sú úspešní na stanovištiach, kde sa konkurencia znižuje miernou intenzitou narušania biomasy. Majú pomerne dlhú dobu vegetatívneho rastu, vytvárajú veľkú biomasu vegetatívnych orgánov (listy, byle, prípadne korene). Skôr ako sa dostanú do generatívnej fázy (kvitnutie), uplatňujú sa svojimi konkurenčnými vlastnosťami. Patrí sem veľký počet rastlinných druhov: napr. jednoročné, dvojročné i trváce rastliny, ktoré rastú na lúkach, kde sú sezónne poškodzované záplavami alebo naopak suchom, alebo na okrajoch rybníkov (disturbancia vodnou eróziou), napr. *Anthriscus sylvestris* (trebul'ka lesná), *Heracleum sphondylium* (bolševník borščový), *Angelica sylvestris* (angelika lesná), *Cirsium arvense* (pichliač roľný), *Arctium lappa* (lopúch väčší), *Tussilago farfara* (podbel' liečivý), *Elytrigia repens* (pýr plazivý), *Poa pratensis* (lipnica lúčna) a i.
- **S-R-stratégovia – stres znášajúci ruderálni stratégovia:** adaptujú sa na mierne neproduktívne stanovišťa (to znamená na mierny stres) a znášajú mierne narušenie biomasy. Intenzita stresu sa mení v čase, ale tvorba biomasy sa znižuje k udržiavaciemu minimu. Sú to drobné jednoročné alebo dvojročné rastliny (**efeméry**) a trváce **efemeroidy**, napr. *Galanthus nivalis* (snežienka jarná), *Anemone nemorosa* (veternica hájna), *Corydalis* sp. (chochlačka) a i.
- **C-S-stratégovia – konkurenční stratégovia znášajúci stres:** sú adaptovaní na mierne produktívne stanovišťa (to znamená na miernu intenzitu stresu, neznášajú veľké narušenie biomasy). Ich vlastnosti ležia medzi primárnymi C a S stratégmi. Sú to mohutné byliny aj dreviny. Z bylín sú to napr. niektoré trávy, ako *Brachypodium pinnatum* (mrvica peristá), *Festuca arundinacea* (kostrava trsteníkovitá), šachorovité rastliny mokrých stanovišť ako *Carex acutiformis* (ostrica ostrá), *Scirpus sylvaticus* (škrípina lesná), *Eriophorum vaginatum* (páperník pošvatý). Typické sú aj druhy rodu *Stipa* (kavyl'), znášajúce naopak suché stanovišťa. Z drevín sú to druhy, ktoré sú konkurenčne silné aj na neproduktívnych stanovištiach, napr. hrab, topol', vrbá.
- **C-R-S-stratégovia** – adaptovali sa na stanovišťa, kde sa konkurencia znižuje ako miernou intenzitou stresu, tak aj narušovaním biomasy. Majú charakteristické vlastnosti medzi konkurenčnými, stres znášajúcimi a ruderálnymi primárnymi stratégmi. Sú to napr. trsnaté trávy *Festuca ovina* (kostrava ovčia) alebo *Briza media* (traslica prostredná), alebo hlboko zakorenené byliny s prízemnou listovou ružicou, napr. *Pimpinella saxifraga* (bedrovník lomikameňový), *Sanquisorba minor* (krvavník menší), niektoré rastliny z čeľade *Fabaceae* (bôbovité), napr. *Anthyllus vulneraria* (bôľhoj lekársky), *Trifolium medium* (ďatelina prostredná), *Lotus corniculatus* (ľadenec rožkatý).

**Význam poznania stratégií rastlinných populácií** sa dostáva do popredia najmä v súčasnosti, vo vzťahu ku zmenám chemizmu atmosféry, k súčasnej imisnej situácii. Vysoké intenzity toxických látok v ovzduší, ktoré sa náhle narázovo vyskytnú, pôsobia na rastliny ako disturbancie, t.j. narušia vytvorenú biomasu vegetácie. Pre takéto stanovišťa je vhodnou stratégiou R-stratégia. Chronicky, t.j. dlhodobo pôsobiace, aj keď nižšie intenzity znečistenia sa prejavujú na stanovišti ako stres. V takýchto prípadoch sa uplatňuje najviac S-stratégia. Tieto druhy, R a S stratégovia budú zrejme najvhodnejšími pre oblasti s veľmi znečisteným ovzduším a pôdou.

### Stratégia obnovy populácie

Okrem doposiaľ uvedených, rozlišujeme aj **stratégiu populácií v juvenilnej fáze ich životného cyklu**, ktoré umožňujú uchytenie sa a prežitie novej populácie na miestach už zarastených vegetáciou, teda pod vplyvom konkurencie. Rozlišujeme štyri základné stratégie obnovy populácie:

- **stratégia k šíreniu**, to znamená ku kolonizácii nových i vzdialených stanovišť. Je umožnená generatívnou reprodukciou veľkého množstva ďaleko sa šíriacich diaspór. Populácia sa „**pohybuje**“ prostredníctvom diaspór na nové miesta, kde je pôvodná vegetácia rozrušená, a sú v nej voľné miesta. Príklad: anemochórne pionierske druhy, napr. breza, vrbá rakyta.



- **stratégia k zotrvaníu na stanovišti** spočíva v obnove populácie z diaspór uložených v pôde v „banke semien“ a závisí na dĺžke životnosti dormantných semien. Populácia „čaká“ (prostredníctvom semien) až je pôvodná vegetácia narušená a uvoľní sa v nej miesta. Príklad: rúbaňové druhy „čakajú“ na zvýšený svetelný príjem.
- **stratégia k prežívaní už vykličných semenáčikov**. Populácia si „drží miesto“ prostredníctvom veľmi pomaly rastúcich „čakateľov“, pokiaľ sa pôvodná vegetácia nenaruší a neuvoľní sa v nej priestor. Príklad: jedľa v hustom poraste.
- **stratégia k postupnému a pomalému rozširovaniu** do najbližšieho okolia rozrastaním prostredníctvom propagačných orgánov, poplázov alebo podzemkov. Táto stratégia je vhodná pre všetky typy stanovišť už obsadených vegetáciou.

Je zrejmé, že v prírode sa jednotlivé typy stratégie obnovy môžu rôzne kombinovať a na heterogénnom stanovišti sa môže v tej istej populácii vyskytnúť viacej stratégií alebo môže jedna stratégia prechádzať do druhej.

#### 4.2.4. Vzťahy medzi rastlinami

V spoločnom priestore sa medzi rastlinami vytvárajú tesnejšie alebo voľnejšie **vzájomné vzťahy (interakcie)**, a to ako medzi jednotlivými populáciami (**vzťahy medzidruhové**), ale aj medzi jedincami jednej populácie (**vzťahy vnútrodruhové**). V zásade sa rozlišujú štyri typy vzájomných vzťahov: konkurencia (medzi- a vnútrodruhovú), interakcie spôsobené špecifickými látkami, vzťahy na trofickej úrovni a voľné, netrofické vzťahy.

**Konkurencia (kompetícia)**, súťaž o živiny a pôdnu vlhkosť v pôdnom priestore (koreňová konkurencia) je častejšia ako kompetícia o priestor v nadzemnej časti. Napr. dreviny v lese sú konkurenčne veľmi silné; môžu koreňovou konkurenciou potlačovať až eliminovať druhy bylinné, (aj vlastné vykličné semenáčky), predovšetkým intenzívnym čerpaním vody a minerálnych živín z rizosféry bylín.

Medzidruhovú konkurencia je malá vtedy, ak druhy:

- majú rozdielne požiadavky na zdroje energie a výživy
- odoberajú živiny a žiarivú energiu v rôznom období roku – odlišný sezónny rytmus, resp. rôzny priebeh životných cyklov (typickým príkladom sú jarné geofyty v bučinách)
- odoberajú živiny z rôzneho priestoru (rôzne hlboko zasahujúci koreňový systém)

V takomto prípade sú druhy k sebe **komplementárne** (doplňujú sa) svojimi ekologickými vlastnosťami; ich ekologické niky sa neprekrývajú.

Vnútrodruhovú konkurencia prebieha podobne, je veľmi intenzívna, pretože jedince majú veľmi podobné ekologické nároky. Jej hlavným dôsledkom je obmedzenie rastu až odumieranie jedincov; môže viesť až k samozriedovaniu t.j. k redukcii hustoty populácie, čo je charakteristické pre populácie dlhovekých drevín.

**Interakcie spôsobené špecifickými látkami**, ktoré rastliny vylučujú do svojho prostredia nadzemnými alebo podzemnými orgánmi. Tieto vylučované látky môžu mať rôznu funkciu:

- **obrannú funkciu**: spočíva v biochemickom pôsobení vylučovaných látok proti napadnutiu iným organizmom (parazitom)
- **komunikačnú funkciu**: prejavuje sa v lákaní hmyzu, opel'ovačov (zoogamia) alebo roznášačov semien (zoochória) a u mäsožravých rastlín
- **regulačnú funkciu**: vylúčené látky (**inhibítory**) ovplyvňujú rast a vývin druhej rastliny. Táto interakcia sa nazýva **alelopatia**. Inhibítory majú rôznu chemickú povahu (silice, terpény, fenoly, alkaloidy). Dostávajú sa do prostredia ako výlučky koreňov, výluhy z nadzemných častí rastlín.



Ako aromatické prchavé látky z nadzemných častí rastlín môžu pôsobiť priamo, alebo sa rozpustené dostávajú s dažďovými zrážkami do pôdneho roztoku a potom ku koreňom. Alelopatické pôsobenie má za následok spomalenie až zastavenie klíčenia semien, alebo spomalenie, degeneráciu alebo úplné znemožnenie rastu a vývinu už vyklíčených semenáčikov. Týmto spôsobom si druh „uvolňuje“ miesto pre svoju existenciu. Pri mnohých druhoch bolo zistené i **autoinhibičné pôsobenie**.

V prírode je niekedy ťažko rozhodnúť, do akej miery sa prejavuje medzi populáciami konkurencia, a do akej miery sa uplatňuje alelopatická inhibícia. Medzi vyššími rastlinami sa experimentálne preukázala schopnosť alelopatického pôsobenia pri rode *Artemisia* (palina), *Chenopodium* (mrlík), *Elytrigia repens* (pýr plazivý), *Helianthus annuus* (slnečnica ročná), a i; u drevín napr. pri agáte. Autoinhibičné pôsobenie bolo experimentálne dokázané pri jedli na pôdach živinami bohatých (na kyslých, chudobných pôdach sa uplatňuje tlmivá schopnosť pôdy, ktorá eliminuje inhibítory). Alelopatická spôsobuje zníženie druhovej bohatosti, eliminujú sa druhy citlivé na pôsobenie chemických látok. Príklad: v agátinách je veľmi malý počet druhov bylín.

**Vzťahy na trofickej úrovni** sa prejavujú tak, že látky vytvárané jedným organizmom sa stávajú zdrojom výživy a energie pre druhý organizmus. Je to napr. mykoríza, symbiotický vzťah hľúzkovitých baktérií a koreňov, parazitizmus, lichenizmus aj saprofytizmus.

**Volné, netrofické vzťahy** jednej rastliny s druhou predstavuje napríklad epifytizmus. Epifyt používa hostiteľskú rastlinu iba ako pasívny substrát bez metabolického alebo trofického prepojenia. Vzťah je pre epifytickú rastlinu kladný, pre hostiteľa neutrálny, ale môže byť aj negatívny, ak napr. epifyt prerastie a bráni fotosyntéze.

Vzájomné vzťahy posudzujeme podľa toho, ako sa tieto prejavujú na raste a vývine každého zo zúčastnených organizmov. Interakcie môžu u tých istých organizmov prechádzať zo vzťahov kladných (t.j. prospešných pre ich rast a vývin) do vzťahov negatívnych, kedy sa organizmy začínú vo svojom raste a vývine vzájomne obmedzovať, alebo jeden z nich má zo vzťahu prospech na úkor rastu druhého. Prechod z kladných do negatívnych interakcií je v prírode častý.

## ZHRNUTIE

Populačná ekológia rastlín má určité špecifiká, ktoré vyplývajú z ich schopnosti vegetatívnej propagácie (tvorba poplykormónov). Rastliny majú veľkú plasticitu (jedince toho istého druhu a veku sa líšia veľkosťou až niekoľkonásobne). Dynamika rastlinných populácií vyplýva zo životného cyklu rastlín (dĺžka životného cyklu, priebeh generatívnych fáz), spôsobu šírenia rastlín a aktivity disemináčného činiteľa. Úzka je väzba na podmienky stanovišťa (pôdne i klimatické). Zo štrukturálnych znakov je významný vek (výška) a vývinové fázy.

Úspešná existencia rastlín na určitom stanovišti je podmienená súborom vlastností (fylogenetických adaptácií) ktorými populácia reaguje na ekologické situácie ktoré obmedzujú jej život. Sú to tzv. bionomické stratégie, ktoré umožňujú rastlinám kompenzovať stres, narúšanie a konkurenciu ďalších populácií. Vzťahy medzi rastlinnými populáciami (i v rámci populácií) sú veľmi tesné (konkurencia, alelopatická a i.).

### Kontrolné otázky:

1. Čo si predstavujete pod pojmom populácia rastlín.
2. Aké sú problémy v populačnej ekológii rastlín.
3. Aký význam v populačnej ekológii rastlín má poznanie životného cyklu rastliny.
4. Čo majú spoločné efemery a efemeroidy a čím sa líšia (uveďte príklad).
5. Aký je rozdiel v životnom cykle monokarpických a polykarpických druhov.



6. Aké sú spôsoby šírenia rastlín.
7. Ktoré diseminačné činitele poznáte.
8. Aké výhody má vegetatívne šírenie rastlín.
9. Aké sú typy rastlinných populácií podľa rýchlosti rastu.
10. Ako sa zisťuje veľkosť populácie.
11. Čo ovplyvňuje mortalitu rastlín.
12. Aký význam má stanovenie vekovej štruktúry populácie.
13. Akú inú kritériá okrem veku môžeme použiť.
14. Čo rozumieme pod pojmom stratégie rastlinných populácií.
15. Aké sú kritéria pre triedenie stratégií.
16. Vymenujte vlastnosti stratégií typu C, R, S.
17. Aké sú stratégie obnovy populácií.
18. Aké typy vzťahov medzi rastlinami poznáte.
19. Prečo je vnútrodruhová konkurencia veľmi intenzívna.
20. Kedy je medzidruhová konkurencia slabá.
21. Aký je rozdiel medzi konkurenciou a alelopatiou.
22. Ako pôsobia alelopatické inhibitory a pri ktorých druhoch je toto pôsobenie známe.

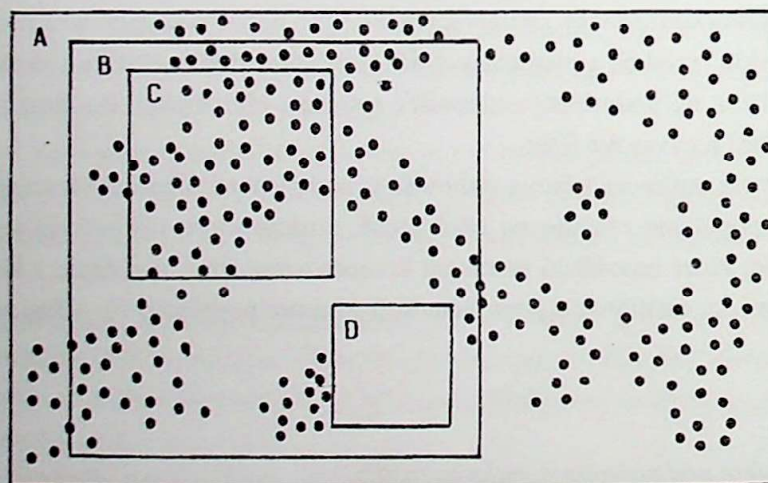
#### 4.3. EKOLÓGIA ŽIVOČÍŠNYCH POPULÁCIÍ

Do populácie živočíchov počítame individua všetkých vývinových štádií od vajíčok, lariev, kukiel a nedospelých, až po dospelé jedince. Napríklad niektoré druhy môžu mať v určitom období iba jedno vývinové štádium (populáciu mnišky veľkohlavej v zime predstavujú iba jej vajíčka).

##### Početnosť a denzita

Pretože poznanie početnosti a hustoty má už spomínaný význam, je dôležitá metodologická stránka zisťovania týchto hodnôt. Poznáme nasledovné základné metódy zisťovania početnosti:

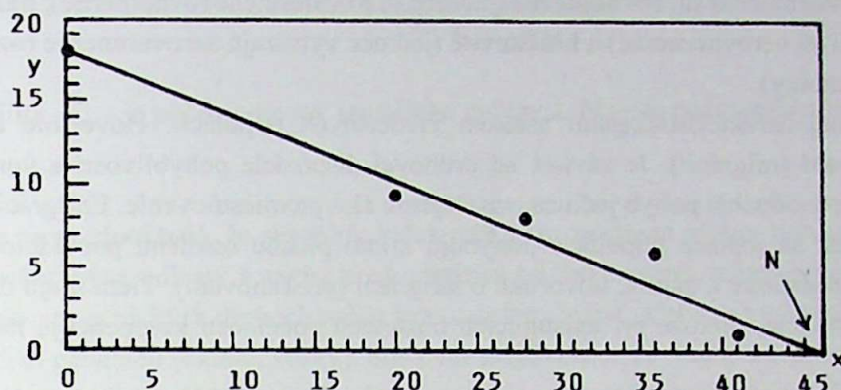
- **sčítanie (cenzus) celkového počtu** jedincov v populácii sa môže uskutočniť u veľkých druhov zvierat a populáciách koloniálnych druhov.
- **vzorkovanie populácie** predstavuje pravidelné odoberanie reprezentatívnej vzorky na kvadrátoch alebo tranzektoch vhodnej veľkosti a počtu, (obr. 17).



obr. 17. Rozptyl jedincov a vzorkovanie populácie pri rôznej veľkosti plochy sčítania (podľa Lososa a kol., 1984).



- **opakovaný odchyť** označených jedincov sa používa najmä u pohyblivých druhov živočíchov. Zisťuje sa podiel označených jedincov v úlovku z pomeru označených a neo značených.
- **vzorkovanie opakovaným zberom** (pri opakovaných odberoch získame vždy menší úlovok, a na základe týchto hodnôt ( $y$ ) a súčtu vždy doteraz ulovených jedincov ( $x$ ) zostrojíme priamku, ktorá nám pretne os  $x$  v hodnote 100% populácie – (obr. 18).



obr. 18. Zistenie veľkosti populácie na základe vzorkovania opakovaným zberom.  $N$  – veľkosť populácie,  $y$  – opakované zbery,  $x$  – súčet jedincov z predchádzajúcich zberov (podľa Lososa a kol., 1984).

- **relatívna početnosť** pomocou indexov (používa sa pri orientačných hodnoteniach veľkosti populácie, napr. počet zveri na 1 km jazdy autom v priemernej vzdialenosti od cesty, počet migrujúcich vtákov za časovú jednotku, počet jedincov druhu hmyzu na počet okleпов a pod.).

Hustota populácií môže kolísať v určitom rozpätí, vo vyvážených ekosystémoch sa populácie udržiavajú v približne rovnovážnom stave (príklad v tab.2).

Tab. 2. Príklady populačnej denzity niektorých druhov živočíchov (upravené podľa Lososa a kol., 1984).

| Skupina druh                             | Počet jedincov na 1m | Poznámka          |
|------------------------------------------|----------------------|-------------------|
| bičikovce (Flagellata)                   | 500 000 000          | lesná pôda        |
| koreňovce (Rhizopoda)                    | 100 000 000          |                   |
| hlistovce (Nematoda)                     | 1 000 000            |                   |
| roztoky (Acarina)                        | 100 000              |                   |
| chvostokoky (Collembola)                 | 50 000               |                   |
| krútnavci (Rotatoria)                    | 25 000               |                   |
| zemníkovité (Enchytracidac)              | 10 000               |                   |
| dvojkridlovce (Diptera)                  | 1 500                |                   |
| hrebénárka borovicovitá (Diprion pini)   | 800                  |                   |
| dážďovkovité (Lumbricidae)               | 80                   |                   |
| stonožky (Chilopoda)                     | 50                   | premnoženie       |
| Rovnonožce (Isopoda)                     | 5                    |                   |
| hraboš poľný (Microtus arvalis)          | 0,04                 |                   |
| hrdžak lesný (Clethrionomys glareolus)   | 0,005                |                   |
| ryšavka zltohrdlá (Apodemus flavicollis) | 0,0015               |                   |
| pískor obyčajný (Sorex araneus)          | 0,0012               | v meste           |
| vrabec domový (Passer domesticus)        | 0,0008               |                   |
| pinka obyčajná (Fringilla coelebs)       | 0,0001               |                   |
| hrdlička záhradná (Treptopelia decaocto) | 0,00008              |                   |
| drozd čierny (Turdus merula)             | 0,0003               |                   |
| sokol myšiár (Falco tinnunculus)         | 0,00002              | na poli v zime    |
| líška obyčajná (Vulpes vulpes)           | 0,000002             |                   |
| jazvec obyčajný (Meles meles)            | 0,00001              |                   |
| jeleň obyčajný (Cervus elaphus)          | 0,000001             |                   |
| rys ostrovid (Lynx lynx)                 | 0,0000001            | lesná pahorkatina |



**Disperzia a migrácia**

**Rozmiestnenie** (disperzia, rozptyl) rôzneho typu môže mať pri živočíšnych populáciách trvalý alebo dočasný charakter a je druhovo špecifické. Zoskupovanie má pozitívne (znižovanie mortality) i negatívne vplyvy (zvýšená konkurencia) na populáciu. Je výsledkom agračných (zoskupovacích) a izolačných (osamostatňovacích) mechanizmov a vplyvajú naň mnohé ďalšie, hlavne vonkajšie faktory. Hlavné typy rozmiestnenia sú: **rovnomerne** (jedince sú rozmiestnené rovnomerne), **náhodné** (rozostupy medzi jedincami sú nerovnomerné) a **hlúčkovité** (jedince vytvárajú nerovnomerne rozmiestnené väčšie alebo menšie skupiny).

Pohyb je najcharakteristickejším znakom živočíšnych populácií. Hovoríme aj o priestorovej aktivite, sťahovaní (migrácii). Je závislá od druhej dispozície pohyblivosti a vonkajších faktorov prostredia. Najjednoduchší pohyb jedinca označujeme ako premiestňovanie. Emigrácia (vystaňovanie) nastáva vtedy, ak sa jedince populácie pohybujú mimo plochu osídlenú populáciou. Ak sa na túto plochu dostávajú jedince z okolia, hovoríme o imigrácii (pristaňovaní). Tieto majú dôležitú úlohu pre vyváženosť populácie, pretože pri existujúcich hustotách početnosti kompenzujú natalitu i mortalitu jedincov.

Nadmerné premnoženie populácie (prekročenie nosnej kapacity prostredia) spôsobuje hromadnú migráciu na územie s nízkou denzitou druhu. Rozširovanie populácie sa uskutočňuje **aktívne** (pohybom), pri mikroorganizmoch, drobných živočíchoch aj **pasívne** (ako pri rastlinách) vetrom, vodou, inými živočíchmi alebo človekom. Ak toto rozširovanie zasahuje na územie, na ktorom sa daný druh nevyskytuje, hovoríme o rozširovaní areálu (expanzii) druhu. Špeciálny prípad pohybovej aktivity populácie v priestore je **sťahovanie s návratom** (migrácia). Ide o presuny populácie druhov, ktorých smery môžu byť vrodené alebo podmienené rôznymi faktormi. **Migráciu podmieňujú:**

- potravné zdroje – okrem horizontálnej migrácie za potravou existuje i vertikálna migrácia, napr. živočích v zime zostupujú za potravou z hôr do nižšie položených miest (jelenia zver),
- zabezpečenie reprodukcie – živočích sa premiestňuje na miesta, kde v procese rozmnožovania bude zabezpečená dostatočná reprodukcia (losos, úhor),
- klimatické podmienky – populácie migrujú do oblastí, kde sú výhodnejšie klimatické podmienky (sťahovavé vtáky).

Pri rozptyľovaní a migrácii majú pre pohyb populácie rozhodujúci význam **ekologické bariéry**, obyčajne geografického charakteru (moria, púšte, horské hrebene a pod.).

**Kontrolné otázky:**

1. Aké sú základné metódy zisťovania početnosti živočíchov.
2. Aké základné typy rozmiestnenia živočíchov poznáme.
3. Aký význam má migrácia a čím môže byť vyvolaná.

**4.3.1. Štruktúra populácií živočíchov**

Štruktúra podáva jednoduchý prehľad o zložení populácie v závislosti od zvoleného kritéria, ktorým môže byť pomer pohlaví a vek, prípadne hmotnosť, u vyšších živočíchov aj sociabilita.

**Sexuálna štruktúra:**

Pre zachovanie populácie živočíchov je dôležité určité zastúpenie samčích a samičích jedincov. **Pomer pohlaví** sa v populácii mení v závislosti na hustote, rozmnožovaní, veku jedincov a iných faktoroch. Pomer pohlaví hodnotíme ako **primárny**, keď ide o jedincov jednotlivých pohlaví už v oplodnených vajíčkach. Pomer pohlaví po vyliahnutí alebo narodení mláďat charakterizujeme ako **sekundárny**; **terciárny** pomer pohlaví sa dotýka dospelých jedincov. Dospelé jedince musíme však



rozlišovať na pohlavne zrelé (adultné) a nezrelé (subadultné), ktoré zatiaľ nedospelí do štádia pohlavnej zrelosti.

Pomer pohlaví označujeme ako **sexuálny index** (sexilita) a predstavuje zastúpenie samičieho pohlavia v populácii. Vyjadruje sa vzťahom:

$$S = \frac{N_F}{N_F + N_M}$$

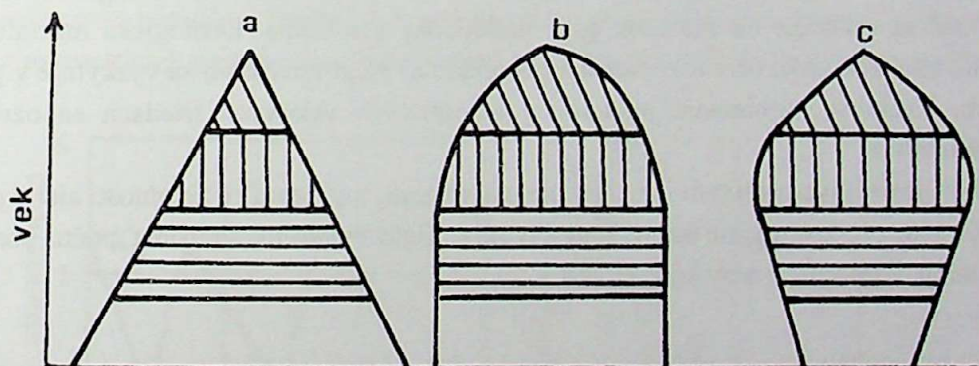
kde  $S$  – je sexilita,  $N_F$  – je počet jedincov samičieho pohlavia,  $N_M$  – je počet jedincov samčieho pohlavia.

Všeobecne sa predpokladá, že sexuálny index je 0,5 (to znamená pomer pohlaví 1:1, alebo 50% : 50%). Často však býva odlišný a závisí predovšetkým od funkcie jednotlivých pohlaví v populácii. Napríklad pri partenogenických druhoch môžu samce úplne chýbať, alebo sa vyskytujú len v niektorom ročnom období, či generácii (dafnie, vošky). Stavovce majú taktiež zvyčajne v pomere pohlaví prevahu samíc, i keď sa často krát na základe vizuálneho sledovania javia početnejšie samce. To je však obyčajne výsledok ich zvýšenej pohybovej, alebo hlasovej aktivity, alebo nápadnejšieho vzhľadu.

### Veková štruktúra:

Informuje o zastúpení prežívajúcich jedincov vo vekových (vývinových) triedach, pričom za normálnych podmienok populáciu tvoria predovšetkým mladé jedince, (alebo zástupcovia najnižších vývinových štádií), a počet jedincov prežívajúcich v ďalších vekových triedach sa následkom mortality znižuje.

Zhľadiska veku možno jedince populácie rozdeliť do nasledovných kategórií: **prerепroduktívna** časť (pohlavne nedospelé jedince), **reproduktívna** (jedince schopné rozmnožovania) a **postreproduktívna** časť populácie (jedince staré, nezúčastňujúce sa rozmnožovania). Pre samotnú existenciu populácie je rozhodujúca časť schopná rozmnožovania. Grafické zobrazenie vekovej štruktúry (obr.19) má tvar **pyramídy** (pri živočíšnych populáciách, ktoré sú v rozvoji, má širokú základňu a málo početne zastúpenú vrstvu starých jedincov), tvar **zvona** (pri konštantných, vyvážených populáciách s približne rovnakým zastúpením mladých a dospelých jedincov a nepatrným počtom starých) a tvar **urny** (pri vymierajúcich populáciách s nedostatkom mladých jedincov a prevahou dospelých a starých jedincov). Pri poslednom type hrozí vyhynutie populácie.



obr. 19. Grafické znázornenie vekovej štruktúry populácie v rozvoji (A), stálej populácie (B) a vymierajúcej populácie (C). (Podľa Oduma, 1977)



Veková štruktúra silne závisí od natality a mortality populácie, ako aj od imigrácie a emigrácie a druhovo špecifických vlastností (hlavne dĺžky existencie) jednotlivých štádií. Napríklad pri hmyze je veľmi dlhá prereproduktívna fáza, veľmi krátka reproduktívna a takmer žiadna postreproduktívna (po kopulácii a nakladení vajíčok imága obyčajne hynú). Pri hmyze sa častejšie sleduje pomerne zastúpenie jedincov jednotlivých štádií vývinu ako sú vajíčka, larvy, instary, kukly, imága.

Pokiaľ nie je možné presne zistiť vek jedincov populácie, možno určiť aspoň **hmotnostnú štruktúru** na základe hmotnosti jedincov. Táto môže čiastočne nahradiť vekovú štruktúru, pretože pohlavná dospelosť (hlavne u vyšších druhov živočíchov) je priamo úmerná hmotnosti tela jedinca. Hmotnostnú štruktúru však nemožno stotožňovať s vekovou.

Vzájomné väzby medzi jedincami populácie vyjadruje **sociálna štruktúra**. Klasifikuje jedincov populácie prevažne z etologického hľadiska, a ide o určenie nadriadenosti a podriadenosti jednotlivých členov society a kontakty živočíchov s vysoko rozvinutou nervovou činnosťou.

Príklad: hierarchická štruktúra vlčej svorky.

*Kontrolné otázky:*

1. *Prečo sa v populačnej ekológii živočíchov kladie dôraz na poznanie sexuálnej a vekovej štruktúry.*
2. *Poznáte hierarchickú štruktúru vlčej svorky, alebo iný príklad sociálnej štruktúry? Ak nie, nájdite v literatúre príklad.*

#### 4.3.2. Dynamika populácií živočíchov

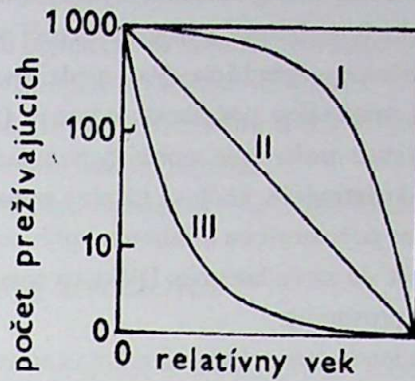
Pre populácie živočíchov sú charakteristické zmeny štruktúry, jej určitého vývoja, čo sa prejavuje neustálymi zmenami početnosti, hovoríme o raste populácie. Opakované analýzy uvedených atribútov poskytujú možnosť sledovania dynamiky populácie v priestore a čase.

Popri metabolizme, patrí medzi prvotné znaky existencie živých organizmov schopnosť rozmnožovať sa, čo je predpokladom zachovania druhov. Produkcia nových jedincov za časovú jednotku **množivosť** (**natalita**), je rozhodujúcim znakom pre rast populácie.

Rozlišujeme zv. **maximálnu** (fyziologickú) **natalitu**, ktorá je druhovo konštantná, a je dosiahnuteľná iba za optimálnych podmienok prostredia, kedy je rozmnožovanie limitované iba fyziologickými faktormi. V prírodných podmienkach (v skutočnosti) populácia druhu dosahuje tzv. **ekologickú** (realizovanú) **natalitu**, ktorá je premenlivá a závislá na faktoroch prostredia (rozmnožovanie prebieha v určitom období) a na štruktúre populácie (vekovej a sexuálnej). Protikladom množivosti je **úmrtnosť** (**mortalita**). Opäť rozlišujeme **minimálnu** (teoretickú) **mortalitu**, ktorá predstavuje rýchlosť úbytku (vymierania) jedincov populácie za jednotku času v ideálnych podmienkach a **ekologickú** (realizovanú) **mortalitu**, ktorá sa vzťahuje na skutočne dané podmienky prostredia. Ekologická mortalita je vždy o niečo vyššia ako teoretická (druhovo konštantná hodnota) a len zriedkavo sa vyskytuje v prírodných podmienkach. Rýchlosť vymierania jedincov v jednotlivých vekových triedach sa označuje ako **špecifická mortalita**.

Prehľad o vymieraní a prežívaní jedincov populácie poskytujú tabuľky životnosti alebo prežívania, ktoré sú základom pre zostrojenie **kriviek prežívania**. Tieto vyjadrujú závislosť počtu prežívajúcich jedincov na veku. Existujú tri typy tejto krivky:



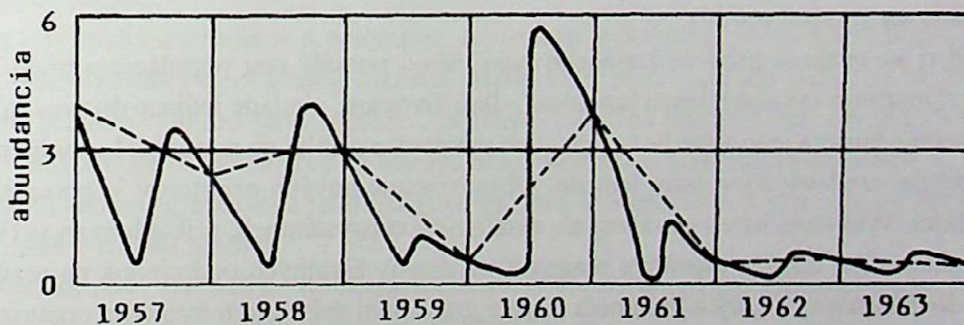


obr. 20. Typy Deeveyových kriviek prežívania (podľa Silvertowna 1982)

I – človek, dlhoveké organizmy prežívajú po dlhú dobu a väčšina jedincov hynie pred koncom životného cyklu (hynú staré jedince), nízka je mortalita mladých jedincov, II – nezmar rodu *Hydra*, jedince hynú viac–menej rovnomerne v priebehu celého životného cyklu, III – ústrica rodu *Ostrea*, populácie majú vysokú úmrtnosť v začiatkových fázach životného cyklu (hynú mladé jedince) a nízku mortalitu v zrelom veku.

Hustota populácie určitého druhu sa v priebehu času mení. Zmeny početnosti jedincov sú druhovo špecifické a prejavujú sa buď výraznými, alebo nenápadnými výkyvmi a to ako v populáciách v prírode, tak i pri konštantných podmienkach v laboratórnych chovoch. Ak zmeny početnosti jedincov sú nízke a pohybujú sa okolo určitej hodnoty, hovoríme o **rovnovážnej hladine denzity**. Rozlišujeme dva základné druhy kolísania početnosti:

- **oscilácia** je krátkodobá zmena početnosti populácie v priebehu jedného roka. Výrazne sa prejavuje pri živočíchoch so sezónnym rozmnožovaním viazaným na vegetačné obdobie, čo pozorujeme predovšetkým v stredných zemepisných šírkach. Na začiatku rozmnožovacieho obdobia po prezimovaní je denzita nízka, počas rozmnožovania natalita vysoko prevyšuje mortalitu a početnosť jedincov populácie dosahuje maximálnu hodnotu. Po ukončení rozmnožovacieho obdobia dochádza k odumieraniu jedincov a postupnému znižovaniu početnosti. Pri živočíchoch s rôznymi vývinovými štádiami (najmä hmyz) je kolísanie početnosti v priebehu roka zvlášť výrazné. Maximálna početnosť sa dosahuje v období kladenia vajíčok, potom sa početnosť postupne znižuje až do obdobia kladenia vajíčok novej generácie. Pri druhoch s dvoma alebo viacerými generáciami do roka, ktoré sú časovo diferencované je krivka oscilácie dvoj-, alebo viacvrcholová.
- **fluktuácia** predstavuje dlhodobé zmeny početnosti v populácii v priebehu viacerých rokov. Zobrazuje sa ako krivka vlnitého priebehu, na ktorej sa striedajú maximálne a minimálne hodnoty početnosti jedincov v populácii. Priebeh krivky býva rôzny (v závislosti od okolností a druhov), obyčajne však je asymetrický, pretože obdobie vzostupu trvá spravidla dlhšie ako obdobie poklesu



obr. 21. Priebeh oscilácie (plná čiara) a fluktuácie (prerušovaná čiara) v populácii sýkorky veľkej (*Parus major*).



U niektorých druhov dochádza k viac-menej rovnomerným rytmickým zmenám denzity v priebehu niekoľkoročných období (cyklov), kedy početnosť vysoko prekročí nosnú kapacitu prostredia  $K$  a nastáva silné až katastrofálne premnoženie – **gradácia**. Stav medzi dvoma gradáciami označujeme ako **latencia** a predstavuje počiatočnú minimálnu početnosť jedincov (normálny stav, alebo prirodzená denzita). Nástup gradácie charakterizuje znižovanie mortality populácie, početnosť sa výrazne zvyšuje a dosahuje sa najvyššia hodnota – **kulminácia**, kedy sa už plne prejavujú brzdiace účinky prostredia. Po kulminácii nastáva prudký pokles početnosti na minimum vplyvom rôznych nepriaznivých účinkov prostredia. Populácia sa dostáva opäť do stavu latencie. Dĺžka trvania gradácie a jej časť je pre mnohé druhy špecifická a závislá na druhu prostredia.

**Príklad:** gradácia mníšky (*Lymantria monacha*) je 7 rokov v smrekových a 4 roky v borovicových porastoch).

S gradáciou sa najčastejšie stretávame pri fytofágnych druhoch (podkôrníky, mníšky, hlodavce), ktoré následne môžu výrazne poškodzovať lesné, alebo poľnohospodárske kultúry. Pri zoofágnych druhoch amplitúdy početnosti dosahujú v dôsledku prechodu na inú trofickú úroveň oveľa nižší rozsah.

**Kolísanie hustoty populácie** teda závisí na vzájomnom spolupôsobení a interakcii vonkajších a vnútorných faktorov. Z vonkajších faktorov sú to abiotické zložky prostredia populácie (teplota, vlhkosť, atmosférický tlak, zrážky, salinita, ale i ťažké kovy, chlórované uhlíkovodíky a ďalšie) a biotické zložky, najmä trofické zdroje a vzťahy s populáciami iných druhov (predátori, paraziti, kompetičné druhy AT). Vnútorné faktory predstavujú predovšetkým vnútrodrohové vzťahy v rámci populácie (vzťahy medzi jedincami, teritoriálne správanie, agregácia, izolácia a pod.).

**Vplyv vonkajších faktorov** sa prejavuje nepravidelne, napr. vplyv zrážok a teploty. Naproti tomu vplyv vnútorných faktorov je zvyčajne pravidelný. Rozlišujeme faktory ktoré pôsobia rovnako pri rôznej početnosti jedincov v populácii (napr. teplota, zrážky a i.), vplývajú na nosnú kapacitu prostredia a môžu spôsobovať extrémne zmeny denzity. Druhou skupinou sú faktory ktorých účinkov sa prejavuje závislosti na zmene početnosti populácie spätnými väzbami. Patria sem medzidruhové biotické faktory ako parazity, predátori, choroby a pod. Čím viac sa hustota populácie blíži hodnote nosnej kapacity prostredia, tým sa zvyšuje aj intenzita ich pôsobenia a brzdenie rastu populácie. Populáciu teda ovplyvňujú bezprostredne v závislosti na jej denzite a ich pôsobenie sa prejavuje ešte pred dosiahnutím nosnej kapacity prostredia.

Aj pri živočíchoch rozlišujeme dva základné typy výberu (selekcie) podľa špecifickej rýchlosti populačného rastu:

Pre *r*-špecialistov je typický rýchly rast populácie a vysoká maximálna vrodenná miera populačného rastu  $r_{max}$ , majú nízku telesnú hmotnosť a krátku životnosť; mladé jedince rýchlo dospievajú. Denzita populácie prudko kolíše a za normálnych podmienok je hlboko pod nosnou kapacitou prostredia. Vysoká mortalita postihuje hlavne mladšie vekové triedy. Pomerne rýchlo obsadzujú voľné priestory a krátkodobu dosahujú i extrémne vysoké hodnoty populačnej denzity. Vyskytujú sa v nevyvážených ekosystémoch; príkladom sú partenogenetické druhy hmyzu (vošky), z vodných druhov dafnie, z vyšších živočíchov hlodavce (hraboš poľný).

*K*-špecialisti sú opakom predchádzajúceho typu. Majú pomalý rast populácie a nízky potenciál množenia  $r_{max}$ . Dosahujú vysokú telesnú hmotnosť, dlhú životnosť a mladé jedince dozrievajú pomerne neskoro. Populačná hustota je vysoká bez výrazných výkyvov a približuje sa nosnej kapacite prostredia. Mortalita postihuje predovšetkým staré jedince. Obsadzovanie nových priestorov je pomalé, má však trvalejší charakter. Vyskytujú sa vo vyvážených, ustálených ekosystémoch; príkladom sú veľké šelmy.

Pretože *r*-špecialisti dokážu okamžite reagovať na zmeny životných podmienok na rozdiel od *K*-špecialistov, dochádza k cyklickým premnoženiam a gradáciám práve pri tomto type organizmov.

Druh výberu určuje **životnú stratégiu** populácie, ktorá sa môže nachádzať v širokom rozpätí prechodov medzi krajnými typmi *r* - *K* špecialistov.



*Kontrolné otázky:*

1. *Vysvetlite ako závisí dynamika populácií na natalite, mortalite a vplyvoch prostredia.*
2. *Ako sa prejavujú oscilácie a fluktuácie živočíšnych populácií*
3. *V čom je nebezpečenstvo gradácie určitého druhu a u ktorých populácií hrozí.*
4. *Ktoré faktory ovplyvňujú kolísanie hustoty populácie.*
5. *Aké sú rozdiely v stratégii živočíšnych populácií r a K špecialistov.*

**4.3.3. Vnútrodruhové vzťahy živočíchov**

Aby existencia druhu v určitom priestore bola zachovaná, musia jedince v rámci populácie udržiavať vzájomný kontakt, ktorý môže byť trvalý alebo dočasný. Takto zákonite vznikajú medzi jedincami druhu vzájomné **vnútrodruhové** vzťahy. Pri optimálnej denzite populácie bývajú obyčajne vzájomne výhodné, kladné, avšak pri maximálnej denzite prechádzajú k záporným vzťahom.

Vnútrodruhové vzťahy študuje aj **etológia**, vedná disciplína, ktorá sa zaoberá správaním a prejavmi živočíchov. Práve pri sledovaní vzťahov medzi živočíchmi a ich klasifikovaní sa oblasť ekológie a etológie vzájomne prekrývajú, nie sú medzi nimi výrazné ostré hranice a nedá sa jednoznačne stanoviť, ktorá oblasť je prioritná.

Aby sa živočích mohol na podmienky prostredia adaptovať, vykonáva činnosť, ktorú v širšom slova zmysle označujeme ako **správanie**. Jedince toho istého druhu sa zhromažďujú do skupín alebo spoločenstiev a vytvárajú sociálne útvary, ktoré nazývame **society**.

Zhromažďovanie je druhovo charakteristické a vyvolané je vrodennými pudmi a inštinkami. Jeho prvoradým cieľom je udržanie (zvýšenie) denzity populácií. Existujú druhy žijúce dočasne solitérne (samotárske), ale pri niektorých druhoch samotný jedinec nemá ani najmenší predpoklad na prežitie. Society sa zakladajú na pospolitosti (sociálna atrakcia) a schopnosti napodobňovania ostatných členov society (sociálna imitácia). Život v societach zvyšuje ochranu jedincov i skupiny, uľahčuje získavanie potravy a udržiava a napomáha zvyšovať denzitu populácie druhu. Jedince majú viac času na pasenie (nemusia z bezpečnostného dôvodu sledovať okolie), zvyšuje sa u nich aktivita i metabolizmus, prípadne sa urýchljuje pohlavné dospievanie. Ako príklad možno uviesť zvýšenie aktivity v skupinách sociálneho hmyzu (mravce, včely) pri stavbe hniezda. Sociálne skupiny môžu byť podľa zloženia a významu sociability: sexuálne (reprodukčné) alebo asexuálne (nereprodukčné).

**Reprodukčné society** sú sexuálne podmienené skupiny toho istého druhu, ktoré sa vytvorili z dôvodu rozmnožovania a majú základ v sexuálnych vzťahoch medzi pohlavne zrelými jedincami, alebo vo vzťahoch medzi rodičmi a potomkami. Možnosť kontaktu partnerov (v páre alebo v hromadných zväzkoch) vyvolávajú rôzne faktory. Počiatok pohlavnej aktivity ovplyvňujú abiotické faktory (hlavne svetlo, teplota a vlhkosť), nastáva pohlavné dozrievanie, vyvolávané sú pudy a inštinkty, ktoré vedú k stretnutiu a kopulácii partnerov, a následne k starostlivosti o potomstvo. Rozlišujeme nasledovné typy reprodukčných societ:

- **rodina** – je zložená z rodičov a potomkov. Jej trvanie je dočasné, po dorastení mláďat do určitého veku (samostatnosti) sa obyčajne rozpadá. Môže však pretrvávať do ďalšieho rozmnožovacieho obdobia, prípadne i určitú dobu po ňom. Z hľadiska účasti na starostlivosti o potomstvo rozlišujeme rodiny **rodičovské** (o potomstvo sa starajú obaja partneri), **materské** (starostlivosť o potomstvo spočíva na samici) a **otcovské** (starostlivosť spočíva na samcovi). V posledných dvoch prípadoch druhý partner rodinu opúšťa.
- **príbuzenské rody (čel'ade)** – vznikajú tak, že mláďatá zostávajú natrvalo so svojimi rodičmi a tiež plodia potomstvo (napr. niektoré pavúky, potkany).



- **súrodenecká societa** - je zložená z potomkov bez účasti rodičov (hmyz).
- **štáty** – sú najzložitejšie reprodukčné skupiny, v rámci ktorých existujú kasty jedincov. Majú špecializovanú sociálnu štruktúru (napr. mravce, včely, osy).
- **rozmnožovacie (reprodukčné) kolónie** – živočíchy sa koncentrujú na určitom mieste výhodnom pre proces rozmnožovania. Medzi zaujatými miestami (hniezdami) v kolónii existujú určité rozostupy, ktoré závisia na stupni pospolitosti druhu.

**Nereprodukčné society** vznikajú v období mimo rozmnožovania a sú založené na vplyve vonkajších ekologických faktorov, alebo vrodenej vlastnostiach živočíchov. Rozlišujeme nasledovné typy:

- **agregácia** – je skupina, ktorá vznikla náhodne.
- **konglobácia** – je skupina, ktorá vznikla vplyvom vonkajších alebo vnútorných faktorov (zhromaždenie jedincov pri napájaní, vhodnom úkryte a pod.).
- **migračná skupina** – je tvorená jedincami, ktoré sa premiestňujú z dôvodov trofických, klimatických alebo reprodukčných (napr. losos). Pri rybách, vtákoch a niektorých bezstavovcoch hovoríme o krdľoch, pri stavovcoch o stádach.
- **lovná skupina** – pozostáva z jedincov, ktoré spoločne vyhľadávajú a lovia potravu. Časté sú pri predátoroch, pri cicavcoch nazývame takéto skupiny svorkami (vlčia svorka).
- **nočľazná (odpočinková) skupina** – predstavuje jedincov, ktorí sa zhromažďujú za účelom prenocovania alebo odpočinku (známe sú napr. pri havranovitých vtákoch a pod.).
- **hibernujúca (prezimujúca) skupina** – tvoria ju jedince, ktoré sú ukryté na vhodných miestach počas nepriaznivého zimného obdobia (hlodavce).

Aby nedošlo k extrémnemu vyčerpaniu zásob prostredia, **denzita populácií** sa musí **udržiavať** alebo **znižovať**. Za prirodzených podmienok sa takýto stav uskutočňuje vďaka rozptýleniu a teritorialite, v opačnom prípade dochádza ku zvýšenej konkurencii medzi jedincami. Začína boj o potravu a priestor, a dochádza ku stretom, čo má tiež vplyv na mortalitu.

Živočíchy sú v prostredí rozmiestnené v určitých väzbách na priestor. Časť priestoru, ktorá je obhajovaná jedincom alebo skupinou, sa nazýva **teritórium**. Počas obhajovania sa živočíchy prejavujú **teritoriálnym správaním**. Pri hodnotení obhajovaného priestoru rozlišujeme:

- **teritórium** v úzkom zmysle, ktoré je obhajované alebo označené akusticky (spev vtákov, drumbl'ovanie d'atľov, volanie a rev cicavcov), pachovo (značenie močom, trusom, výlučkami žliaz – psovité šelmy), alebo mechanicky (odieranie kôry stromov – medveď). Jedince (rodiny) sú rozptýlené v tzv. dištančnej vzdialenosti, ktorá im zabezpečuje dostatočné potravné zdroje.
- **domovské okrsky** sú menej intenzívne (alebo nijako) obhajované, je to priestor na ktorom sa zdržujú jedince (alebo rodiny) z dôvodu samotného procesu reprodukcie a získavania potravy. Bránia alebo obhajujú si obyčajne len územie bezprostredne významné pre rozmnožovanie (úkryt, hniezdo), ostatné časti okrsku sa môžu prekrývať s okrkami iných členov populácie.

Veľkosť teritória alebo okrsku je veľmi rôznorodá a závislá na druhu a jeho funkcii v biocenóze. Pohybuje sa od niekoľko cm<sup>2</sup> až po desiatky km<sup>2</sup> (napr. hraboš poľný približne 200 m<sup>2</sup>, orol skalný – 50-100 km<sup>2</sup>, rys 100 – 300 km<sup>2</sup>). Teritórium je značkové a obhajované intenzívne hlavne v dobe rozmnožovania, v priebehu ktorého sa môže zväčšovať a zmenšovať, a po ukončení procesu reprodukcie i zaniškať. Obrana teritórií sa zabezpečuje etologickými prejavmi (imponovanie, odlákavanie, napodobňovanie zranenia, fingovanie útokov a pod.).



Pomocou rozptyľovania dochádza k odlivu časti populácie na územie s nižšou denzitou, ide o „odstredivý“ pohyb, pri ktorom môže dôjsť k zväčšeniu areálu.

#### Kontrolné otázky:

1. Aký význam má zhromažďovanie živočíchov
2. Charakterizujte reprodukčné a nereprodukčné sociálne skupiny živočíchov
3. Čo je teritoriálne správanie, aký je rozdiel medzi teritóriom a domovským okrskom

#### 4.3.4. Medzidruhovú vzťahy živočíchov

Organizmy vo svojom prostredí nežijú izolovane, ale v rámci spoločenstva si vytvárajú sústavu vzťahov a väzieb, ktorými sa reguluje početnosť jednotlivých populácií a rovnováha celého ekosystému. Všeobecne platí, že so zložitou ekosystému sa zvyšuje i zložitosť vzťahov, ktoré medzi populáciami vznikajú. Tieto vzťahy sú výsledkom spoločnej evolúcie. Dôkazom je situácia pri introdukcii alebo preniknutí druhu na nové územie, kedy po počiatočnej nevyváženosti, narušení rovnováhy (silné kolísanie početnosti viacerých druhov) sa postupne novovytvorené medzidruhovú vzťahy a rovnováha ustália.

Populácie dvoch druhov môžu na seba vzájomne pôsobiť kladne (+), keď rast a prežívanie populácie sú medzidruhovú vzťahom ovplyvňované pozitívne alebo záporne, negatívne (-), alebo nie sú výrazne ovplyvnené (0). Na základe týchto významov sa vytvorilo základné triedenie vzťahov, kde intenzitu vplyvu na zúčastnené populácie možno hodnotiť pomocou vytvorených rovníc.

Tab. 3. Základné charakteristiky vzájomných vzťahov medzi populáciami druhov A a B (upravené podľa Oduma 1977 a Zlatníka a kol. 1984).

| Type interakcie    | Druh |   | Všeobecná povaha vzájomných vzťahov                            |
|--------------------|------|---|----------------------------------------------------------------|
|                    | A    | B |                                                                |
| 1. neutralizmus    | 0    | 0 | A aj B sú vzájomne nezávislé                                   |
| Záporné vzťahy     |      |   |                                                                |
| 2. kompetícia      | -    | - | A aj B sa nepriaznivo ovplyvňujú                               |
| 3. predácia        | +    | - | A predátor je obvyčajne väčší, B ovplyvnený nepriaznivo        |
| 4. parazitizmus    | +    | - | A parazit menší, B ovplyvňovaný nepriaznivo                    |
| 5. amenzalizmus    | 0    | - | A inhibítor neovplyvnený, B amenzál obmedzovaný                |
| Kladné vzťahy      |      |   |                                                                |
| 6. komenzalizmus   | +    | 0 | A komenzál má zo vzťahu úžitok, B hostiteľ neovplyvnený        |
| 7. protokooperácia | +    | + | A aj B sa ovplyvňujú priaznivo, vzťah nie je nutný             |
| 8. mutualizmus     | +    | + | A, B symbionti, vzájomný vzťah je veľmi prospešný a nevyhnutný |



Medzi kategórie medzidruhových vzťahov patria:

### Neutralizmus

O neutralizme hovoríme vtedy, ak populácie rôznych druhov majú síce možnosť vzájomnej interakcie, avšak nijako sa neovplyvňujú. Obyčajne k nemu dochádza v takých prípadoch, kedy je nika jednotlivých druhov rozdielna.

### Záporné vzťahy

Záporné (antagonistické) vzťahy možno zlučiť na základe konečného efektu vzájomného spolupôsobenia, kedy aspoň jedna populácia je ovplyvnená nepriaznivo. Patrí sem kompetícia, predácia, parazitizmus a amenzalizmus.

- **kompetícia (konkurencia)** sa dotýka dvoch alebo viacerých druhov organizmov, ktoré sa vzájomne negatívne ovplyvňujú čerpaním rovnakých životných potrieb a v rovnakom priestore. Majú tie isté alebo veľmi podobné trofické a topické nároky. Výsledkom je obmedzovanie oboch populácií, alebo vytlačenie jednej z nich zo spoločného priestoru. Rozhodujúci vplyv na výsledok týchto vzťahov má miera prekryvania ekologických nik populácií, predovšetkým potravné niky. Kompetičné interakcie sú zvlášť výrazné pri introdukcii druhov. Príklad: väčšia a aktívnejšia severoamerická veverica (*Sciurus carolinensis*) zavlečená do Anglicka úplne vytlača menšiu pôvodnú vevericu obyčajnú (*Sciurus vulgaris*) práve z dôvodu prekryvania potravné niky.
- **predácia** je vzťah charakteristický pre živočíchy; populácia jedného druhu sa živí iným druhom a je na tomto zdroji závislá. Predátor (dravec) je pritom obyčajne väčší a svoju korisť usmrcuje. Často je potravné viazaný na viacero druhov koristi, z nich jeden tvorí hlavnú potravu a naopak, len zriedkavo je určitý druh koristi lovený len jedným druhom dravca. Existuje priama závislosť medzi populačnou denzitou predátora a koristi a ich vzťah sa všeobecne považuje za rozhodujúcu príčinu kolísania početnosti oboch populácií. Pri poklese početnosti koristi trochu oneskorene klesá početnosť predátora, čím sa znižuje tlak na populáciu koristi. Korisť postupne zvyšuje svoju početnosť, čo priaznivo vplyva na zvýšenie početnosti predátora. Vysoká početnosť predátora však spôsobí pokles početnosti koristi a cyklus sa opakuje.
- **parazitizmus** predstavuje vzťah, kedy parazit dočasne alebo trvale žije na úkor populácie hostiteľa a nepriaznivo ho ovplyvňuje. Parazit je menší ako hostiteľ a negatívne ovplyvňuje životné procesy a zdravotný stav hostiteľa, alebo spôsobuje jeho smrť.
- **amenzalizmus** je taký typ interakcií, kedy jeden druh (inhibitor) obmedzuje populácie iného druhu (amenzála), avšak sám nie je nijak ovplyvňovaný. Negatívne účinky sa prejavujú v brzdení rastu, rozmnožovania alebo uvedením do letargie. Amenzalizmus je charakteristický pre niektoré mikroorganizmy.

### Kladné vzťahy

Kladné (synergické) vzťahy spôsobujú v konečnom dôsledku úžitok aspoň jednému druhu bez nepriaznivého účinku na populáciu iných druhov. Do tejto skupiny vzťahov patrí komenzalizmus, protokooperácia a mutualizmus.

- **komenzalizmus** označuje vzťah dvoch alebo viacerých druhov, pri ktorom jedna populácia má zo spolužitia úžitok bez kladného alebo záporného ovplyvňovania inej populácie. Obyčajne sa jedná o potravné výhody komenzála. Existujú rôzne formy tohto typu vzťahu od voľných až po trvalé väzby. Príklad: jeden druh vyhľadáva susedstvo iného na ochranu pred predátorom, alebo pre iné výhody (tresky sa ukrývajú pod zvonom medúz, alebo jeden druh vyhľadáva iný za účelom transportu (roztoče sa ukrývajú pod krovky chrobákov).



- **protokooperácia** je najjednoduchší prípad kladných vzťahov, kedy je spoločné združovanie dvoch druhov obojstranne výhodné, avšak nie je nevyhnutné. Ide o voľný a dočasný vzťah, ktorý môže byť prerušený bez negatívnych dôsledkov. Príklad: byvol a volavka; volavke poskytuje ochranu a potravu (zber parazitov na telách byvolov) a byvolom varovanie pred nebezpečenstvom.
- **mutualizmus** predstavuje vzťah, pri ktorom rast i prežívanie populácií oboch druhov sú vzájomne priaznivo ovplyvňované a v prirodzených podmienkach jedna nemôže existovať bez druhej. V užšom slova zmysle sa niekedy označuje tiež ako symbióza.

Prechodným stupňom od neutralizmu k mutualizmu je u živočíchov tzv. **aliancia**, príležitostné, dočasné a voľné združovanie populácií, z ktorého majú prospech všetci zúčastnení. Príklad: združovanie zebier, antilop a pštrosov v afrických savanách prináša všetkým zlepšenú ochranu pred nepriateľom vzhľadom na kombináciu dobrého zraku jedných a dobrého čuchu druhých.

V konkrétnych podmienkach, v biocenózach vznikajú medzi jednotlivými kategóriami vzťahov rôzne sa prelínajúce prechodné formy a populácia jedného druhu môže patriť k viacerým základným kategóriám vo vzťahu k populáciám rozličných druhov. Všeobecne platí, že počas evolučného vývoja sa zvyšuje počet pozitívnych vzťahov podporujúcich prežívanie druhu na úkor negatívnych. V krátkodobých a nových ekosystémoch prevládajú negatívne interakcie na rozdiel od starších, v ktorých prevažujú pozitívne.

## ZHRNUTIE

Populácie živočíchov tvoria jedince všetkých vývinových štádií, od vajícok až po dospelé jedince. Poznanie početnosti a hustoty populácií je významné pre hodnotenie štruktúry a funkcie populácie v biocenóze; dôležitá je metodika zisťovania denzity. Pohyb živočíchov, ich priestorová aktivita (migrácia) je podmienená hľadaním potravných zdrojov, zabezpečením reprodukcie a podmienkami prostredia. Výsledkom je rozptyl (rozmiestnenie) jedincov populácie. Zachovanie populácie a jej ďalší rozvoj závisí na vekovej a sexuálnej štruktúre. Dynamika populácie (zmeny v početnosti) v čase a priestore závisí na natalite, mortalite, resp. počte prežívajúcich jedincov. Zmeny hustoty môžu mať charakter oscilácií alebo fluktuácií; silné (katastrofálne) premnoženie sa nazýva gradácia. Kolísanie populácií závisí na faktoroch vnútorných a vonkajších. Vzťahy medzi jedincami populácie sú väčšinou kladné (vzájomne výhodné) a podporujú udržanie populácie. Sociabilita živočíchov je druhovo špecifická, sociálne skupiny sú rôzneho zloženia a významu. Medzidruhové vzťahy sú výsledkom evolúcie, regulujú početnosť jednotlivých populácií a rovnováhu ekosystému.

*Kontrolné otázky:*

1. Charakterizujte kladné, záporné a neutrálne medzidruhové vzťahy živočíchov.



## 5. BIOLOGICKÉ SPOLOČENSTVÁ (BIOCENÓZY)

**Spoločenstvo (biocenóza)** je biotický systém tvorený populáciami (rastlín, živočíchov a iných organizmov), ktoré spolu žijú na určitom mieste (stanovišti) v určitom období; ich rozmiestnenie nie je náhodné a sú medzi nimi vzájomné vzťahy.

Biocenóza je teda organizovaný celok, tvorený populáciami rastlín, živočíchov a iných organizmov, medzi ktorými sú navzájom podmienené funkčné a priestorové vzťahy. Často sa vyčleňujú užšie definované spoločenstvá podľa ich taxonomického zloženia. **Fytocenóza** je spoločenstvo rastlín, ktoré tvorí na súši rámec pre živočíšne spoločenstvá (**zoocenózy**) a pre spoločenstvá rôznych mikroorganizmov, baktérií (**bakteriocenózy**) alebo húb (**mykocenózy**). V rámci zoocenóz sa často oddelene študujú spoločenstvá hmyzu (**entomocenózy**), spoločenstvá vtákov (**ornitocenózy**). Takéto rozdelenie do istej miery umelo vyčleňuje istú skupinu organizmov zo zložitého systému vzťahov v biocenóze.

Vzájomné vzťahy v biocenóze sa označujú ako interakcie alebo koakcie. Vzťahy môžu byť **priame (korelačné)**: vzťah predátor – korisť, alebo **nepriame (interrelačné)**: konkurencia medzi rastlinnými druhmi.

Biocenóza má určité usporiadanie v čase a priestore, **štruktúru** (chorologickú a priestorovú), mení sa v čase a priestore, má svoju **dynamiku**. Biocenóza je priestorový útvar a je viazané na určité prostredie – **biotop**. Biocenózou je celý les, ale aj súbor organizmov kolonizujúcich určitý peň. Rozoznávame teda biocenózy veľké a malé. Veľká biocenóza je pomerne nezávislá na vedľajších biocenózach rovnakého rádu, a naopak, malé biocenózy sú do určitej miery závislé na biocenózach veľkých.

Na základe poznatkov o biocenózach, boli formulované **tri základné, biocenotické princípy**, obecné platné:

1. s rozmanitosťou životných podmienok rastie i zastúpenie druhov v biocenóze, pričom početnosť jednotlivých druhov je pomerne nízka (napr. v tropických dažďových pralesoch je jednoduchšie zozbierať sto jedincov rôznych druhov ako sto jedincov jedného druhu).
2. odchýlky životných podmienok prostredia organizmov od optimálneho stavu spôsobujú druhové ochudobňovanie biocenóz, pričom populácie niekoľko málo druhov dosahujú vysokú denzitu (druhovo chudobné sú biocenózy tundry, znečistené vodné biotopy, hrebeňové časti pohorí a pod.).
3. stálosť životných podmienok je predpokladom zvyšovania druhovej rozmanitosti a vyrovnanosti biocenózy (napr. staré jaskyne sú druhovo bohatšie ako mladé).

Predmetom štúdia ekológie spoločenstiev (synekológie) sú vzájomné vzťahy v spoločenstvách, ich štruktúra vo vzťahu k stanovištným podmienkam, ďalej sledovanie časových zmien v štruktúre spoločenstva a štúdium stability spoločenstva, to znamená reakcie spoločenstva na zmenu stanovištných podmienok.

### 5.1. SPOLOČENSTVÁ RASTLÍN (FYTOCENÓZY)

**Rastlinné spoločenstvo (fytocenóza)** je súbor jedincov a populácií rastlín, ktoré spoločne rastú na určitom stanovišti, sú ovplyvňované prostredím, ovplyvňujú sa navzájom a modifikujú svoje vlastné prostredie.

Rastlinné spoločenstvo, fytocenóza je viazané na určitý priestor, s určitými podmienkami prostredia, na určitý **biotop**. Na podobných biotopoch nachádzame podobné spoločenstvá. Jednotlivé fytocenózy od seba môžeme rozlišovať predovšetkým podľa druhového zloženia, najlepšie podľa ekologickej dominanty alebo prevládajúcej životnej formy, ktorá určuje fyziognómiu (vzhľad) spoločenstva, napr. dubový les – lúčne spoločenstvo.



Často spoločenstvá prechádzajú do seba plynulo, kontinuálne, druhy jedného spoločenstva pokračujú v ubúdajúcom množstve do druhého a druhy z druhého prechádzajú do prvého. Takáto **kontinuita spoločenstiev** sa prejavuje **neostrými hranicami**, je výsledkom kontinuálnych zmien abiotických faktorov.

Príklad: plynulý prechod horských smrečín do pásma kosodreviny odpovedá kontinuálnym výškovým zmenám klimatických faktorov (teploty a vlhkosti).

Inokedy sa vytvára **zreteľná ostrá hranica** medzi spoločenstvami; je to vtedy, ak sú zmeny stanovištných faktorov náhle, to znamená, ak sú strmé gradienty abiotických faktorov prostredia, napr. na kontakte dvoch rôznych hornín, prudká zmena expozície, lavínové dráhy. Vplyvom človeka sa tvoria špecifické stanovištia, haldy, skládky, odvodňovacie kanály a pod., ktoré sa výrazne líšia ekologickými vlastnosťami oproti bezprostrednému okoliu, a tak vznikajú strmé gradienty ekologických faktorov.

V miestach, kde sa dve spoločenstvá stýkajú, vytvára sa vždy rôzne široký pás, tvorený spoločenstvom prechodných vlastností a zloženia; prechodné stanovište medzi dvoma kontaktnými spoločenstvami sa nazýva **ekotón**. Ekotonálne spoločenstvo je zvyčajne druhovo bohatšie ako spoločenstvá kontaktné. Okrem druhov obidvoch spoločenstiev obsahuje aj druhy charakteristické pre lemové spoločenstvo. Typickým príkladom je lemové spoločenstvo medzi lesom a kontaktným trávnatým spoločenstvom. Tvoria ho druhy lesné, lúčne i druhy špeciálne lemové. V ekotóne je často počet druhov i populačná hustota niektorých druhov vyššia ako v spoločenstvách kontaktných. Tendencia k zvýšenej druhovej pestrosti a hustote na styku spoločenstiev sa nazýva **ekotónový efekt** (okrajový účinok).

Jedným z prvých krokov k poznaniu spoločenstva je jeho analýza a opis jeho vlastností – znakov. Analýza, syntéza, klasifikácia rastlinných spoločenstiev je náplňou vednej disciplíny **fytocenológia**. Dôležitými znakmi spoločenstva je jeho floristická skladba a štruktúra.

### 5.1.1. Druhové zloženie fytoceenózy

O zložení rastlinného spoločenstva rozhodujú tieto podmienky:

- **flóra danej oblasti**, predstavuje možný základný floristický materiál, je výsledkom šírenia rastlinných druhov. V spoločenstve nemôžu byť populácie tých taxónov, ktoré sa v danej oblasti vôbec nevyskytujú, aj keď z ekologického hľadiska tu sú pre ne vhodné podmienky. Dôkazom toho je, že pri náhodnom zanesení diaspór, napr. druhov, ktorých areál je obmedzený na americký kontinent, sa tieto druhy dobre zapájajú aj do prirodzených spoločenstiev u nás (*Impatiens parviflora*), niekedy sa stávajú až inváznymi druhmi (severoamerické astry v lužných lesoch).
- **charakter stanovišťa**, to znamená súbor všetkých stanovištných faktorov i s ohľadom na ich ročné zmeny. Dôležité sú najmä extrémne hodnoty faktorov (minimá i maximá) ktoré rozhodujú o absencii alebo výskyte druhov v spoločenstve.
- **ekologická konštitúcia druhu, resp. jednotlivých populácií**, ktorá je geneticky zakódovaná, a tým je druhovo špecifickou vlastnosťou. Prejavuje sa v ich nárokoch na stanovište (faktory), a v ďalších charakteristikách, ktoré ovplyvňujú jej konkurenčnú schopnosť. Uplatňuje sa aj reprodukčný potenciál, resp. spôsob diseminácie druhu.
- **čas**, ktorý uplynul od začiatku tvorby spoločenstva, t.j. vek spoločenstva. So stúpajúcim vekom spoločenstva druhová diverzita väčšinou rastie.
- **vzťahy medzi populáciami**; zloženie biocenózy je výsledkom vzťahov nielen medzi jednotlivými populáciami rastlín, ale aj medzi populáciami živočíchov a rastlín. Niektoré z týchto vzťahov sa stali pre život rastlín nutné, iné sú často len náhodné a prechodné. Všetky sú však dôležitým faktorom pre formovanie štruktúry a funkcií rastlinného spoločenstva.



**Druhovú bohatosť** (druhovú diverzitu) je vyjadrená súborom rastlinných druhov na vymedzenej ploche. Môžeme pomocou nej porovnávať **druhovú nasýtenosť** jedného spoločenstva s druhým. Počet druhov spoločenstva sa mení v zásade podľa podmienok stanovišťa. Obecne majú živné stanovištia väčší počet druhov ako stanovištia s limitujúcimi faktormi. Počet druhov spoločenstva sa mení počas roka (druhy pribúdajú alebo hynú), ale mení sa aj vzhľadom k veku spoločenstva. Spoločenstvá vývojovo staršie, so zložitejšou štruktúrou majú väčšinou viac druhov ako vývojovo mladšie.

Činnosťou človeka (znečistením ovzdušia, nevhodnými melioráciami) dochádza v poslednej dobe na jednej strane k rýchlemu úbytku druhovej bohatosti (k znižovaniu druhovej diverzity – biodiverzity) rastlinných spoločenstiev. Na druhej strane k jej nežiadúcemu zvyšovaniu, alebo negatívnym zmenám v dôsledku šírenia rôznych zavlečených, synantropných druhov, ktoré sa často invázne šíria na úkor druhov domácich z tzv. ruderálnych stanovišť.

Na základe početných sledovaní sa ukazuje, že spoločenstvá so silnou dominantou (t.j. s malým počtom druhov) majú vyššiu produkciu ako spoločenstvá druhoovo bohaté. Zrejme je to tým, že ekologické dominanty sú k stanovištu najvhodnejšie adaptované a dosahujú na ňom vyššiu produkciu.

### Postavenie druhov v spoločenstve

Jednotlivé populácie majú v spoločenstve rôzne postavenie, rôzny význam. Závisí to od počtu jedincov populácie (**početnosť**, **abundancia**) alebo hustoty, rozmiestnenia jedincov populácie navzájom k sebe a v rámci spoločenstva (**disperzia**, **sociabilita**) a plochy alebo priestoru, ktorý populácia zaujíma (pokryva) nadzemnými orgánmi (to znamená **pokryvnosť**, **dominancia**). Pre stanovenie týchto znakov sa používajú rôzne metódy, často sa stanovujú odhadom, pomocou konvenčných stupníc.

Sociabilita, ktorá predstavuje spôsob združovania jedincov, sa stanovuje základe odhadu. Rozlišujeme 5 stupňov od jednotlivo rastúcich druhov až po súvislé koberce. Sociabilita vyjadruje iba zhruba ekologické správanie populácie na stanovišti. Kvantitatívne vyjadruje sociabilitu disperzia.

Pokryvnosť je veľkosť plochy, ktorú jedinci populácie pokrývajú svojimi nadzemnými časťami pri ich vertikálnej projekcii na pôdu, niekedy sa nazýva aj projektívna dominancia. Závisí na hustote populácie a na veľkosti jej nadzemných orgánov (výške, olistení), ale aj na životnej forme. Pretože sa veľkosť populácie mení počas roka v závislosti na vývoji a raste nadzemných orgánov, mení sa i veľkosť jej projektívnej dominancie, používa sa niekedy stanovenie tzv. bazálnej pokryvnosti, ktorá predstavuje veľkosť plochy bázy stoniek, kmeňov v úrovni pôdneho povrchu.

Spoločenstvo s nízkou celkovou pokryvnosťou (menej ako 100%), kde sú medzi rastlinnými individuími neporastené plochy holej pôdy, sa nazýva **spoločenstvo otvorené**, môžu do neho vnikat nové druhy. Vnútrodruhové a medzidruhové vzťahy sú voľné.

Príklad: spoločenstvá na pieskoch, sukcesné štádiá opustených polí.

Niektoré spoločenstvá sú iba **zdanlivo otvorené** (napr. v arídnych oblastiach), keďže v koreňovom systéme sú uzavreté, koreňové systémy sa dotýkajú).

**Spoločenstvo uzavreté** (zapojené) má 100 % celkovú pokryvnosť, takže pri projekcii nadzemných častí populácie je povrch pôdy pokrytý. Sú to spoločenstvá, v ktorých na základe vnútrodruhových a medzidruhových vzťahov došlo k určitej stabilizácii v druhovom zložení a štruktúre.

V lesných spoločenstvách sa pokryvnosť stromovej etáže nazýva **zápoj** alebo korunový zápoj, a vyjadruje sa v % projekcie plochy korún k celkovej ploche.

Tie populácie, ktoré vytvárajú veľké kolónie jedincov s vysokou denzitou a majú veľkú pokryvnosť alebo vysoký vzrast (väčšinou tvoria súvislú hlavnú etáž vo vertikálnej štruktúre) alebo majú veľkú nadzemnú biomasu vzhľadom k ostatným druhovým populáciám, sa nazývajú **ekologické dominanty**. Tieto utvárajú štruktúru i funkčnú povahu celého spoločenstva, ako hlavní primárni producenti určujú hlavný tok energie, kolobehy minerálnych látok a vytvárajú svojou existenciou mikroklimatické podmienky spoločenstva, a tým špecifické stanovište pre ostatné rastliny. Nazývame ich **edifikátory** alebo **determinanty** spoločenstva (**druhy spoločenstvo budujúce, určujúce**). Ich význam pre štruktúru a funkcie spoločenstva sa najvýraznejšie prejaví po odstránení tejto populácie zo spoločenstva. Vtedy



dôjde k zásadnej zmene v štruktúre i zmene mikroklimatických faktorov v nadzemnom i podzemnom priestore, a tým aj k zmene výskytu druhov.

**Príklad:** Po vyrúbaní bukového porastu vznikne na holine dočasne rúbaňové spoločenstvo. Ak je odstránenie edifikátora (buka) trvalé, dôjde k premene spoločenstva v spoločenstvo iného charakteru – lúka. Ak je odstránený iný druh než dominantný, k týmto zmenám nedôjde.

Druh, ktorý je na druhom mieste čo do významu za dominantou, nazývame **subdominanta** (alebo kondominanta). Zvyšné druhy, s menším počtom jedincov, ktoré tvoria celkovú druhovú bohatosť spoločenstva, nazývame **druhy prídavné - akcesorické**. Ich význam je ale v tom, že to často bývajú druhy s úzkou ekologickou amplitúdou a v spoločenstve sa stávajú niektoré z nich dôležitými **indikátormi** povahy stanovišťa. Sú významné aj ako druhy **diferenciálne**, pre rozlišovanie spoločenstiev pri ich klasifikácii.

Existuje záporný vzťah medzi stupňom dominance a počtom druhov. Na stanovištiach s viac menej priaznivými podmienkami nachádza vhodné prostredie veľký počet druhov. Relatívne malý počet jedincov je dôsledkom vzájomných konkurenčných vzťahov, nakoľko tento tlak je silný a pôsobí ako limitujúci faktor pre šírenie druhu a obmedzuje aj počet jedincov. Dominantné druhy sú väčšinou druhy s konkurenčnou stratégiou.

Na stanovištiach extrémnych, s limitujúcimi faktormi sú medzidruhové tlaky menšie, nedostatok druhov je nahradený väčším počtom jedincov, ktoré stres znášajú. Dominantné sú druhy s S-stratégiou, alebo často s kombinovanou C-S stratégiou. Na stanovištiach s rozrušeným pôdnym povrchom sa môžu stať dominantnými po určitú dobu R-stratégovia.

V rámci spoločenstiev môžeme rozlíšiť určité mikroštruktúrne jednotky, nazývané **konzorcium**, tvorené súborom rôznych druhov, rôznych životných foriem, ktoré sú priestorovo a ekologicky združené okolo niektorej koordinujúcej rastliny, väčšinou ekologickej dominanty alebo subdominanty (stromu, kroviny). Vznik a zánik konzorcia je určený výskytom alebo zánikom dominanty. Konzorcium tvorí napr. každý jednotlivý strom v lese, na ktorý je svojím výskytom viazaná skupina rôznych druhov epifytov (machorasty, lišajníky), rôzne baktérie a rad drobných živočíchov, parazity, okolo kmeňa sú združené určité druhy bylín a krov, v pôde v rizosfére stromu sú ďalšie spolu žijúce organizmy (huby, baktérie, aktinomycéty). Strom vytvára pre nich potrebnú mikroklimu v nadzemnom i podzemnom priestore, opadom lístia vytvára špecifické podmienky pre minerálnu výživu a fyzikálne vlastnosti pôdy. Vzťahy a závislosti medzi všetkými organizmami konzorcia sú väčšinou cez abiotické prostredie. Ďalšie „vnútorné“ závislosti a väzby u normálnych cievnatých rastlín neexistujú, okrem parazitov a symbiontov.

### 5.1.2. Štruktúra fytocenózy

Štruktúra rastlinného spoločenstva je odrazom druhového zloženia, postavenia populácií a výsledkom vzájomných vzťahov. Môžeme ju posudzovať z rôznych hľadísk:

- **podľa životných foriem rastlín**, zastúpenie životných foriem odráža v spoločenstve stanovištné podmienky, využitie priestoru i vzájomné vzťahy medzi rastlinnými populáciami. Pri analýze sa v percentách vyjadria počty druhov každej kategórie životnej formy. Výsledky sa vyjadria graficky, spektrom životných foriem. **Príklad:** smerom do vyšších nadmorských výšok ubúdajú terofyty a vysoké fanerofyty, pribúdajú hemikryptofyty (najmä trsnaté trávy) a chamaefyty (nízke kríčky). Skupina rastlinných druhov tej istej životnej formy rastúcich spolu na jednom stanovišti sa nazýva synúzia. Jednoduché spoločenstvá majú iba jednu synúziu (spoločenstvo lišajníkov na kameni). Najviac synúzií je v lesnom spoločenstve, ktoré predstavuje najzložitejší štruktúrny systém.
- **podľa priestorového usporiadania**, tzv. priestorová štruktúra spoločenstva sa študuje v dvoch rovinách, vertikálnej a horizontálnej.

Vertikálna štruktúra predstavuje usporiadanie nadzemných (i podzemných) častí rastlín, ich rozvrstvenie do etáží (stratifikáciu). Pri analýze vertikálnej štruktúry fytocenózy vymedzujeme výšku



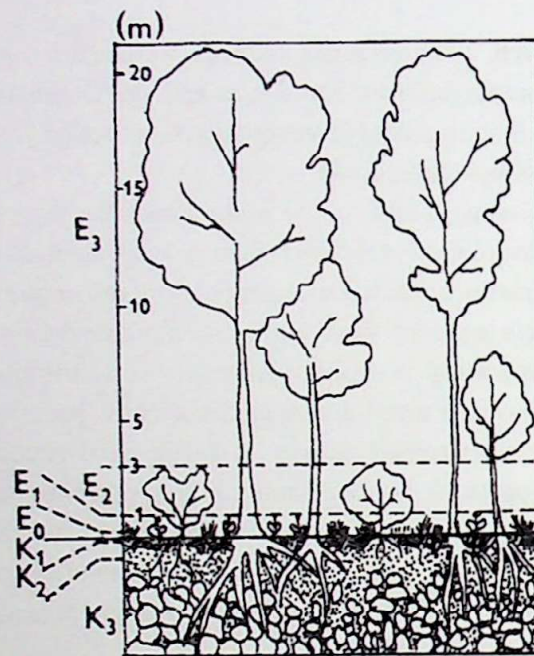
rastlín nad zemou príp. hĺbku uloženia koreňov pod zemou. Jednotlivé etáže sa označujú písmenom E s indexom (z francúzskeho *étage* = poschodie).

Na základe konvencie rozdeľujeme etáže nasledovne:

- stromová etáž – rastliny vyššie ako 3 m ( $E_3$ )
- krovinná etáž – rastliny o výške 1 až 3 m ( $E_2$ )
- bylinná etáž – rastliny do výšky 1 m ( $E_1$ )
- prízemná etáž (machová a lišajníková) – rastliny, ktoré pokrývajú pôdny povrch ( $E_0$ ).

V pôdnom priestore môžeme rozlišovať:

- vrchnú koreňovú etáž (do 20 cm pod povrchom), zvyčajne to odpovedá humusovému horizontu pôdy
- strednú koreňovú etáž – od 20 do 100 cm hĺbky
- spodnú koreňovú etáž – do hĺbky viac ako 100 cm



obr. 22. Vertikálny transekt lesným spoločenstvom: zvislá os – výška (m) v nadzemnej etáži (E) a v podzemnej (K) časti spoločenstva rastlín (orig. Klaudisová).

Do jednej etáže môžu zasahovať rastliny najrôznejších druhov a rôznych životných foriem. Rozhodujúca pre príslušnosť do určitej etáže je výška rastliny nad zemou. Tak napr. v bylinnej etáži sa vyskytujú trváce aj jednoročné byliny, ale aj semenáčky a nárusty drevín (stromov i krov). Dôležitým štruktúrnym znakom je **absolútna výška fytocenózy**, ktorá závisí nielen od floristického zloženia a dominantnej životnej formy spoločenstva, ale aj od vlastností stanovišťa. Na komplexné pôsobenie všetkých faktorov prostredia reaguje podobne i koreňový systém rastlín. Napr. buk má veľkú tvarovú plasticitu koreňov. Na pôdach, kde pôdna vlhkosť je najpriaznivejšia v povrchových vrstvách, vytvára povrchový koreňový systém; na pôdach hlbokých, vlhkosťne priaznivých až do spodných horizontov, vytvára sa koreňový systém v spodných horizontoch.

Pôdny priestor, v ktorom je najväčšia koncentrácia koreňov a ktorý ovplyvňujú koreňové výlučky, sa nazýva **rizosféra**.

Vytvorenie etážovitosti spoločenstiev je výsledkom dlhodobého procesu prispôbovania a konkurenčného vylučovania druhov, pričom sa rozhodujúcou mierou uplatňuje slnečné žiarenie. Spodné etáže



tvoria druhy, ktoré majú tým menšie nároky na hustotu žiarenia, čím viacej etáží je nad nimi. Naproti tomu tu sú menšie výkyvy teploty, vzdušnej vlhkosti a pohybu vzduchu počas dňa.

Rovnako aj v pôdnom priestore sa vertikálne menia fyzikálne a chemické vlastnosti, čo je spolu s ekologickou konštitúciou a fyziologickou a morfológickou adaptabilitou koreňových systémov základnou príčinou vytvárania etážovitosti podzemných orgánov.

Horizontálna štruktúra je vytvorená distribúciou rastlinných populácií v smere pôdneho povrchu. Vytvára ju mozaika rôzne rozmiestnených jedincov alebo celých populácií v priestore spoločenstva. Jedince jednotlivých rastlinných druhov, ktoré skladajú spoločenstvo, môžu rásť v rôzne veľkých skupinách nepravidelne alebo viac menej pravidelne (disperzia). Horizontálna štruktúra spoločenstva je výrazom nielen druhovej bohatosti, ale predovšetkým plošnej a priestorovej veľkosti populácií, t.j. ich pokryvnosti. Na tom sa podieľa hustota populácie a rozmiestnenie jedincov na ploche spoločenstva.

Medzi horizontálnou a vertikálnou štruktúrou je úzky vzťah, horizontálne usporiadanie rastlín sa odráža vo vertikálnom priestorovom rozmiestnení a naopak. Toto usporiadanie je opäť výsledkom interakcií medzi jedincami a populáciami navzájom, a k stanovištným faktorom.

### 5.1.3. Vzťahy vo fytocenózach

V rastlinných spoločenstvách sú až na niekoľko málo výnimiek (alelopatia a parazitizmus) vzájomné vzťahy rastlinných jedincov a populácií nepriame a uskutočňujú sa cez vonkajšie abiotické prostredie. Vzhľadom na nepohyblivosť rastlín sú tieto vzťahy tesné a rozhodujú o existencii jedincov a populácií rastlín v spoločenstve.

Medzi jednotlivými populáciami druhov navzájom a vo vzťahu k prostrediu sa zákonite opakujú niektoré funkčné a štruktúrne závislosti, takže sa utvorí určitá **špecifická a priestorová organizácia spoločenstva**. V prírode sa nevyskytujú spoločenstvá, ktoré by boli identické čo do kvalitatívneho a kvantitatívneho zloženia, teda spoločenstvá s rovnakým súborom druhov, s totožnou hustotou jednotlivých populácií. Druhy s podobnou ekologickou konštitúciou sa môžu zamieňať (sú navzájom zastupiteľné), takže štruktúrne (i funkčne) podobné spoločenstvá môžu tvoriť rôzne druhy.

#### Vzťahy medzi populáciami rastlín a živočíchov

Vzhľadom na úzku väzbu medzi živočíšnou a rastlinnou zložkou biocenózy sú vzťahy medzi populáciami rastlín a živočíchov veľmi významné. Môžu byť **priame (trofické)**, alebo **nepriame**, spôsobené zmenou prostredia živočíšnou zložkou biocenózy. Na rastlinách sa môžu prejavovať rôznym spôsobom:

- **kladne:** rastliny sú týmto vzťahom vo svojom vývoji a raste podporované, zoogamia a zochória (opeľovanie, rozširovanie semien a plodov živočíchmi)
- **negatívne:** v prípade deštrukcie nadzemnej alebo podzemnej biomasy (ohryz, zošľapávanie, rytie)
- **indiferentne:** vplyv na raste a vývine rastlín sa neprejaví

**Trofické vzťahy**, sú základné vzťahy medzi populáciami rastlín a živočíchov. Rastliny, ako primárni producenti, sú potravou, teda zdrojom energie a látok pre heterotrofné organizmy (herbivorov a dekompozítorov). Živočíchy predovšetkým ohryzom rastlinných častí obmedzujú rast i vývin rastlín. Rastlinný jedinec však nebýva celkom zahubený, tak ako je to pri vzťahu dravec – korisť; väčšina rastlín má schopnosť regenerácie.

**Vplyv pastvy** divo žijúcich i domácich zvierat, sa prejavuje významne na skladbe spoločenstva rastlín. Pastva sa prejavuje nielen priamo ohryzom nadzemných častí, ale aj zošľapávaním, ktoré spôsobuje mechanické poškodenie rastlín, aj zmeny v štruktúre pôdy. Významný je aj vplyv hnojenia trusom (zvyšuje sa obsah fosforu a dusíka). Spásané lúčne spoločenstvo tvoria prevažne druhy, ktoré sú schopné rýchlej regenerácie po odstránení nadzemných častí a vegetatívneho šírenia (hemikryptofyty,



geofyty). Prevládajú trváce podzemkaté trávy *Agrostis* (psinček), *Alopecurus* (psiarka), *Lolium* (mätonoh) alebo vegetatívne sa šíriace dvojklíčnolisté rastliny ako *Trifolium repens* (d'atelina plazivá), *Potentilla reptans* (nátržník plazivý), *Ranunculus repens* (iskerník plazivý) a i.

Preferované sú druhy náročné na dusík a fosfor – napr. *Alchemilla* (alchemilka), *Potentilla anserina* (nátržník husí), a potlačované sú druhy citlivé na zvýšenie koncentrácie týchto prvkov v pôde. Rozširujú sa aj druhy pre herbivorov ako potrava nevhodné; sú to alebo jedovaté druhy, alebo chuťovo odporné, teda tie, ktoré obsahujú alelopatické látky pôsobiace ako obranné, *Colchicum* (jesienka), *Artemisia* (palina), niektoré druhy rodu *Ranunculus* (iskerník), ktorým sa herbivori inštinktívne vyhýbajú, alebo sú to druhy trnité a ostnité – *Juniperus* (borievka), *Carduus* (bodliak), *Carlina* (krasovlas), pre väčšinu herbivorov nekonzumovateľné.

Podľa reakcie na pastvu môžeme rozdeliť rastliny do troch skupín:

- ustupujúce druhy – druhy pôvodného spoločenstva, citlivé i na mierne zásahy spásaním. Ich biomasa a pokryvnosť sa spásaním znižuje, príp. zo spoločenstva miznú;
- rozrastajúce sa druhy pôvodného spoločenstva, ktoré sú rezistentné alebo ich rast pastva podporuje;
- druhy invázne – rozšírili sa do spoločenstva vplyvom pastvy.

Spoločenstvo s účasťou drevín sa následkom ohryzu a zošľapávania vegetačných vrcholov semenáčikov drevín udržiava na trvalo nízkej štruktúrnej úrovni s jedným prevládajúcim, a to bylinným poschodím. Prirodzený vývoj spoločenstva je vplyvom pastvy „zablokovaný“. Častou drevinou, ktorá sa na pasienky šíri, a pretrváva na nich, je borievka (*Juniperus*).

#### Vplyv fytofágneho hmyzu:

Niektoré druhy priamo požierajú časti rastlín, listy (chrúst, mniška), alebo kladú vajíčka do plodov alebo vegetačných vrcholov a vyliahnuté larvy potom tieto časti rastlín požierajú. Niektorý hmyz nabodáva rastlinné orgány a odsáva z nich priamo potrebné výživné látky (napr. vošky a mnoho ďalších). Rastliny na tento zásah reagujú vytváraním novotvarov (háľky). Niekedy dochádza k explózii populácií fytofágneho hmyzu, čo má za následok zničenie určitých populácií rastlín, a tým sa naruší rovnováha rastlinného spoločenstva.

Špeciálne metabolické vzťahy existujú medzi tzv. mäsožravými rastlinami a drobnými živočíchmi. Tieto rastliny majú schopnosť vylučovať tráviace látky, ktorými rozkladajú zachytené živočíšne organizmy. Týmto spôsobom je výživa obohacovaná o dusíkaté zlúčeniny, fosfor a draslík. Tento špecifický heterotrofný spôsob výživy umožňuje mäsožravým rastlinám rásť na biotopoch extrémne minerálne chudobných (napr. rosička okrúhlolistá na rašeliniskách).

#### Netrofické vzťahy

Živočíšne populácie spôsobujú zmeny rastlinného spoločenstva často aj bez priameho trofického vzťahu, a to deštrukciou rastlín alebo zmenami prostredia:

- početné skupiny živočíchov si z nadzemných častí rastlín budujú hniezda alebo úkryty (**topické** vzťahy).
- dôležité nepriame vplyvy na rastliny sa odohrávajú v pôdnom prostredí: činnosť hlodavcov a hrabavých hmyzožravcov, ktoré kypria pôdu, narušujú biomasu koreňov a roznášajú diaspóry. Výsledkom činnosti pôdných živočíchov sú zmeny v chemických a fyzikálnych vlastnostiach pôdného prostredia; významná je ich účasť na procesoch dekompozície.

#### **5.1.4. Dynamika rastlinných spoločenstiev**

Štruktúra spoločenstva nie je nikdy nemenná. Usporiadanie jedincov populácií, ich hustota, počet, veľkosť biomasy i výskyt druhov sa neustále mení. Jedince vznikajú, rastú, zanikajú, čo je prirodzeným znakom živých organizmov. Tým sa tvorí nepretržitý prúd zmien, ktoré sa prejavujú



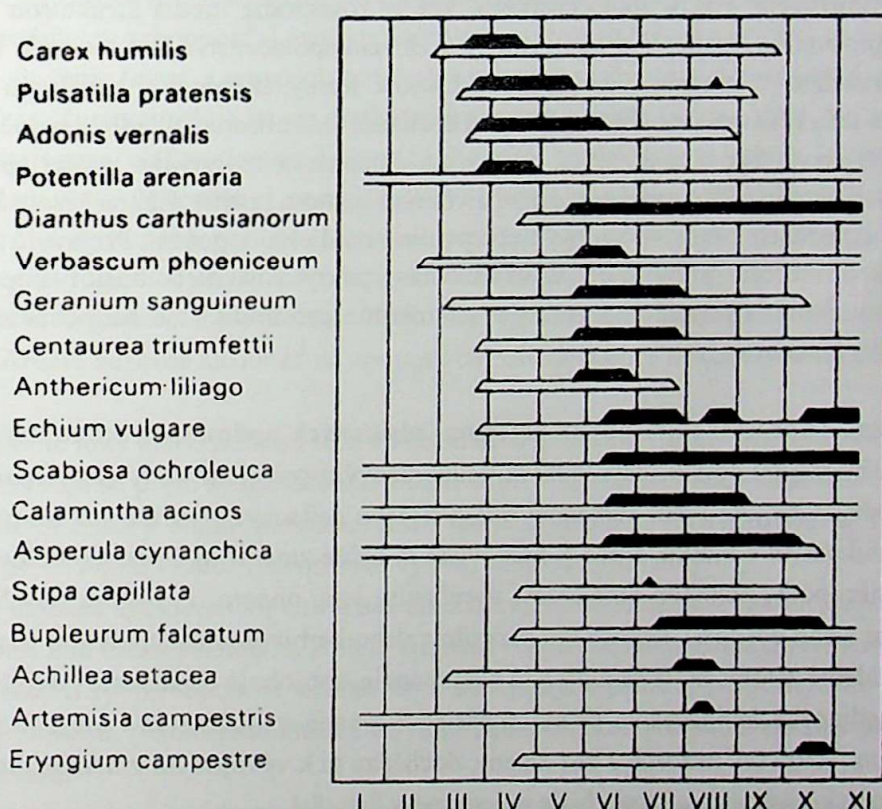
zmenami v priestorovom usporiadaní. Okrem rastových zmien sú to aj zmeny prostredia, napr. rozdiely v počasí každého roka sa odrážajú v kvalitatívnom a kvantitatívnom zložení spoločenstva. Aj rastliny samé podstatne ovplyvňujú svoje prostredie predovšetkým opadom a zmenou mikroklimatických podmienok. Mení sa napr. ožiarenosť, množstvo dopadajúcej zrážkovej vody, vzdušná vlhkosť, výpar z pôdy, „odsávanie“ pôdnej vody koreňmi. Niekedy býva príčinou zmien v zložení aj priamy vplyv iných organizmov na rastliny, napr. parazitov, herbivorov, človeka.

Existuje teda časová premenlivosť štruktúry a zloženia spoločenstva. Tieto zmeny viac alebo menej pravidelne kolíšu okolo určitého priemerného stavu, sú viac alebo menej nápadné.

V našich podmienkach sú nápadné **sezónne zmeny** podmienené striedaním ročných období (ročným striedaním dĺžky a intenzity slnečného žiarenia). Prejavujú sa cyklickým striedaním jednotlivých fáz v biologických rytmoch rastlín (olistenie, kvitnutie, tvorba plodov). Cyklus týchto fáz tvorí vegetačné obdobie. Ekologicky najvýznamnejšia je fenofáza olistenia, ktorá napr. v opadavých lesoch radikálne zmení fytoклímu fytocenózy. Najnápadnejšia je fenofáza kvitnutia, podľa ktorej (ale aj iných) rozlišujeme tzv. fenologické **aspekty** spoločenstva, v ktorých má spoločenstvo typický vzhľad. Příklad: na mezofilnej lúke zaznamenáme počas roka celú škálu kvetných aspektov, ale spoločenstvá horských smrečín sú „na aspekty“ chudobné. Spoločenstvá tvorené terofytmi majú len jeden aspekt. Spoločenstvá machorastov a lišajníkov nemenia, alebo len veľmi málo menia svoj vzhľad počas roka.

Z hľadiska štruktúry spoločenstva sú najvýznamnejšie aspekty podmienené sezónnym výskytom nadzemných orgánov efemérnych alebo efemeroidných rastlín, ktoré vytvárajú bylinnú etáž iba krátku časť celkového vegetačného obdobia. V našich lesoch sú to napr. výrazné jarné aspekty rozvíjajúce sa pred olistením stromov, tvorené jarnými geofytami: *Galanthus nivalis* (snežienka jarná), *Anemone nemorosa* (veternica hájna), *Corydalis* (chochlačka) a pod., ktoré po olistení miznú a nahrádzajú ich iné druhy letného aspektu.

Ak odhadneme v celom spoločenstve percento jedincov populácie druhu alebo percento jedincov, ktoré sú v rovnakej fenofáze, môžeme zostaviť **fenologické spektrum spoločenstva** a toto graficky vyjadriť **fenologickým diagramom**, (obr. 23).



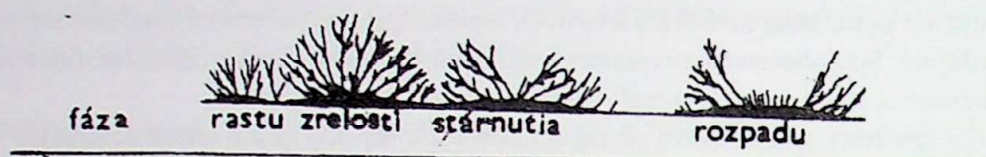
obr. 23. Fenologické spektrum spoločenstva zväzku *Festucion valesiaceae*: Čierne plochy fenofáza kvitnutia, biele plochy vegetatívna fenofáza. (podľa Březinovej, 1973).



Fenologické spektrum je výsledkom pôsobenia počasia v roku, kedy bolo zaznamenané, mení sa každým rokom podľa jeho priebehu. Iba dlhoročné priemery sú reprezentatívne.

Ďalšie zmeny spoločenstva môžu byť vyvolané **komplexným pôsobením nielen zmien vonkajšieho prostredia, ale aj existenciou a životnými pochodmi rastlín tvoriacich spoločenstvo.**

- **cyklické zmeny štruktúry** spôsobené predovšetkým starnutím populácií. Trváce rastliny tvoriace polykormony prechádzajú počas svojho života zmenami vo veľkosti a tvare polykormonu. Rozlišuje sa **fáza rastu** (zväčšovanie polykormonu), **fáza zrelosti** (relatívne maximum rastu), ktoré prechádza do **fázy rozpadu**. Potom nasleduje vo vnútri odumretého polykormonu (ako prejav regeneračnej schopnosti druhu) rast nového jedinca, čím sa začína nový vývinový cyklus. Tieto zmeny sú vždy spojené so zmenami v stanovištných podmienkach (faktoroch), napr. hromadenie detritu vzniku humusovej vrstvy, koreňovej konkurencii i v pôdnej vlhkosti, ožiarení atď. Týmto sa vysvetľuje vznik a cyklické striedanie priehlbín a rašelinných kopčekov.

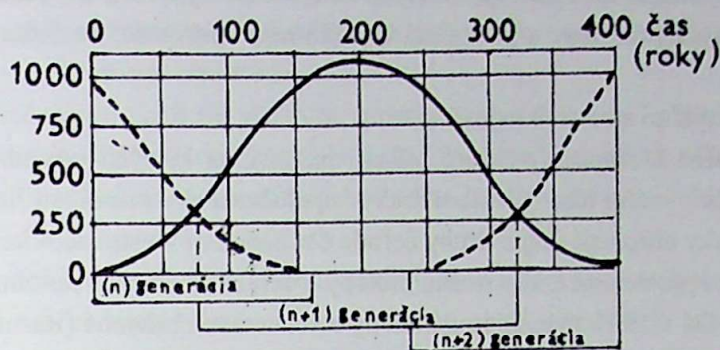


obr. 24. Cyklické zmeny rastu chamaefytu vresu obyčajného (*Calluna vulgaris*). V odumretom strede kríka vo fáze rozpadu môžu vyrásť semenáčky nových jedincov vresu, ktorými začína nový vývojový cyklus (podľa Milesa, 1979).

Cyklické zmeny sa môžu analyzovať aj v pralesoch, kde dochádza k zmenám zasahujúcim celý ekosystém, ktoré trvajú až niekoľko sto rokov. Tu sa rozlišuje fáza: zmladzovania, rastu, zrelosti a rozpadu, a ďalej nová fáza zmladzovania.

- **ekologické fluktuácie** – aj v spoločenstvách, kde je rovnováha medzi štruktúrou a funkciami populácií a prostredím, vznikajú drobné zmeny v zložení spoločenstva bez toho, že by sa menila celá jeho štruktúra, to znamená, že základné životné formy, dominanty zostávajú nezmenené. Fluktuácie sú teda **reverzibilné zmeny**, ktorými dochádza ku kolísaniu skladby spoločenstva okolo rovnovážneho stavu. Spôsobujú, že sa ustanovuje dynamická rovnováha medzi spoločenstvom a prostredím. Fluktuácie sú vytvárané rôznym životným rytmom rastlín, dĺžkou života a ich stratégií v daných podmienkach a čase; môžu byť tiež vyvolané rozdielmi v počasi. Prejavujú sa dočasným zvýšením alebo znížením druhovej bohatosti a biomasy, pokryvnosti alebo hustoty populácií (ktoré sú výsledkom starnutia populácie i zmien v mikroklimáte prostredia) ale nedochádza k zásadnej prestavbe celej biocenózy,
- **zmeny spojené s náhlymi extrémnymi zmenami niektorých podmienok stanovišťa.** Môžu byť spôsobené prirodzenou cestou, napr. silným, jednorázovým prívalom vody (extrémna erózia, náplavy), pádom lavíny, zosuvom kamennej suti, veternou defláciou, vyvrátením lesných porastov, požiarom vzniknutým z blesku, a pod.). Stanovište sa môže zmeniť aj činnosťou človeka (odvodnením, zoraním pôdy, použitím herbicídov, vyrúbaním lesa, ohňom, zvýšením obsahu toxických látok vo vode alebo ovzduší), explóziami parazitov alebo herbivorov (intenzívnou pastvou) a pod. Tieto nepravidelné zásahy, ktoré sa nazývajú **disturbancie**, spôsobujú rozrušenie pôvodnej štruktúry a biomasy rastlinného spoločenstva, čo má za následok zmenu spoločenstva v iné, s inou štruktúrou a organizáciou. Toto však nezostáva bez zmeny, dochádza tu k vývojovým zmenám, ktoré už predstavujú ekologickú sukcesiu o ktorej bude pojednané v kap. 8.1.





obr. 25. Cyklický vývoj lesného porastu v Dobročskom pralese na Slovensku (jedľa, buk, smrek): ľavá prerušovaná čiara – fáza dozrievania a rozpadu  $n$ -tej generácie stromov, plná čiara – celý priebeh vývoja  $(n+1)$  generácie (fáza obnovy, dorastania, optima, rozpadu a dozrievania generácie), pravá prerušovaná čiara – obnovná fáza a fáza dorastania  $(n+2)$  generácie (podľa Michala, 1983).

### 5.1.5. Triedenie fytocenóz

Podrobne sa princípmi triedenia a klasifikáciou spoločenstiev zaoberá fytocenológia, resp. syntaxonómia. Jedným z možných prístupov je **triedenie spoločenstiev z hľadiska vplyvu človeka**.

Trvalé vplyvy človeka (antropické vplyvy) na vegetáciu u nás začínajú už od neolitu (asi 6000 rokov p.n.l.), t.j. od doby, keď si človek začal úmyselne a viac-menej trvalo uvoľňovať pôdu pre pastvu a pestovanie úžitkových rastlín. U nás už takmer neexistuje vegetácia, ktorá by bola celkom bez vplyvu človeka. Spoločenstvá, ktoré sa vytvorili bez zásahu človeka, a sú v rovnováhe s prostredím, nazývame **pôvodné spoločenstvá**, u nás sú to až na malé výnimky niektoré chránené lesné spoločenstvá pralesovitého charakteru, alebo alpínske pralúky. Častejšie sa vyskytujú **spoločenstvá prirodzené**, napr. lesné spoločenstvá tvorené drevinami, ktorých ekologické nároky sú síce v súlade s podmienkami stanovišťa, ale sú aspoň čiastočne ovplyvňované hospodárskymi zásahmi, majú jednoduchšiu štruktúru ale zachovanú autoreprodukčnú schopnosť. Lesné spoločenstvá, v ktorých bolo hospodárskou činnosťou zmenené drevinové zloženie (napr. v prospech smreka), nazývame **spoločenstvá zmenené** (sekundárne).

Prevažnú väčšinu vegetácie tvoria **druhotné kultúrne porasty** (lúčne, lesné, poľné), ktorých existencia je podmienená cieľavedomou činnosťou človeka, predovšetkým orbou, kosením, pastvou, to znamená dodatkovou (podpornou) energiou. Tieto plochy sú trvalo udržiavané v bezlesom stave na štruktúrnej úrovni bylinného porastu. Akonáhle prestanú byť hospodárskymi zásahmi ovplyvňované, začne sa premena vegetácie smerom k pôvodnému zloženiu. Tento vývoj je výrazom nerovnováhy medzi vlastnosťami vegetácie a prostredím. Takýto vývoj, nazývaný sekundárna sukcesia (podrobnejšie v kap.8.1), môžeme názorne sledovať na opustených poliach (úhor), nekosených lúkach a pod.

Naše kultúrne lúky alebo polia sú teda **spoločenstvá druhotné**, ktoré nahradili pôvodné, lesné spoločenstvá. Nazývajú sa preto aj **spoločenstvá náhradné**. Často v nich nachádzame niektoré indikátory pôvodných spoločenstiev. Napr. *Anemone ranunculoides* (veternica iskerníkovitá) ukazuje na pôvodné dubové hrabiny, *Primula elatior* (prvosienka vyššia) na pôvodné bučiny.

Pôvodné nelesné spoločenstvá boli u nás obmedzené na malé okrsky. Takéto pralúky sú napr. v alpínskom stupni, kde nízka priemerná teplota a krátka vegetačná doba limituje rast drevín. Podobne na „stepných“ lúkach, vytvorených na skalnatých a skeletnatých pôdach, je limitujúcim faktorom nedostatok pôdnej vlhkosti. Okolo pramenísk a na rašelinnom a slatinnom podklade zase prebytok vlhkosti eliminuje rast lesa.

Človek zasahoval a i v súčasnej dobe zasahuje do prírody najrozmanitejším spôsobom; výstavbou sídlisk, komunikácií, melioráciami pôdy, tvorbou skládok, výsypkov, znečisťovaním ovzdušia, pou-



žívaním pesticídov (vrátane herbicídov), umelými hnojivami, výsevom a výsadbou introdukovaných druhov, reguláciou vodných tokov a pod. Celá táto činnosť vplyva na rozlohu i skladbu pôvodných spoločenstiev.

Hlavnými príčinami týchto zmien sú najmä:

- **zmenšovanie počtu biotopov** (niektoré celkom miznú), na ktorých pôvodné spoločenstvá alebo jednotlivé populácie mohli rásť. Niektoré druhy i spoločenstvá v minulosti hojne rozšírené sú v súčasnej dobe kriticky ohrozené (napr. druhy čeľade *Orchidaceae* - vstavačovité), niektoré už vymizli. Odvodňovaním a reguláciami tokov miznú biotopy a celý rad vodných rastlín, ohrozené sú aj druhy na rašeliniskách. Od r. 1995 sú močiarne biotopy celosvetovo chránené (Ramsarský dohovor).
- **ekologické zmeny biotopov** (zmeny stanovištných podmienok), ktoré vznikajú sekundárne ako následok zásahov človeka do krajiny napr. poklesom hladiny podzemnej vody po melioráciách, zvýšením koncentrácie dusičnanov a ďalších minerálnych látok (solí) v pôde alebo vo vode, znížením alebo zvýšením pH pôdy alebo vody, kontamináciou toxickými tuhými alebo plynými emisiami atď.
- relatívne menej často sa prejavujú **priame vplyvy človeka** napr. intenzívnym zberom semien, plodov, koreňov, vyrýpaním liečivých alebo dekoratívnych rastlín. Negatívne sa prejavuje vplyv deštrukcie rastlín zošľapom v turistických oblastiach a následnou eróziou, priamym pôsobením herbicídov a pod.

Z hľadiska vedeckého, ekonomického i etického je nutné zachovať pokiaľ možno všetky naše existujúce druhy, ktoré sa v priebehu evolúcie vytvorili, t.j. zachovať **biodiverzitu** krajiny. Vyhynutie každého jedného druhu znamená nenávratnú stratu jedinečného a nenahraditeľného súboru genetických informácií, ktoré sa v tomto taxóne zachovali a to nielen preto, že môžu sa v blízkej alebo ďalej budúcnosti použiť pre výber nových úžitkových rastlín a šľachtenie nových kultivarov (v genetickom inžinierstve).

Aby bolo možné biodiverzitu chrániť, je potrebné vedieť, ktoré rastliny sú vo svojom výskyte ohrozené. Preto sa vypracovávajú zoznamy (červený zoznam alebo červená kniha) vyhynutých, ohrozených a vzácných druhov. Nový prístup k ochrane biodiverzity sa orientuje na ochranu celých spoločenstiev resp. ekosystémov. Podrobnejšie v kap. 9.

Na nových, človekom vytvorených, tzv. **antropogénnych stanovištiach** sa rozširujú buriny a ruderalne (rumiskové) druhy. **Buriny** sú rastlinné druhy, ktoré rastú v kultúrach pestovaných rastlín, bez toho, že by boli do nich vedome človekom zasiate a konkurenčne sa v nich uplatňujú. Druhotne sa šíria aj na iné antropogénne stanovištia, napr. skládky, pôdne depónie). Príkladom takýchto poľných burín sú napr. *Sinapis arvensis* (horčica roľná), rod *Papaver* (mak) a i.

Rastliny, ktoré sa šíria v dôsledku činnosti človeka (buriny a ruderalne druhy), sa nazývajú synantropné rastliny a vytvárajú celé **synantropné spoločenstvá**. **Synantropná vegetácia** tvorí hlavnú zložku rastlinného krytu kultúrnej krajiny. Synantropné rastliny môžu byť naše druhy, ktoré sa činnosťou človeka spontánne šíria, ako napr. *Urtica dioica* (žihľava dvojdomá), *Agropyron repens* (pýr plazivý), a nazývajú sa **apofyty**. Sú to však aj rastliny cudzieho pôvodu, človekom úmyselne zavedené alebo náhodne zavlečené; nazývajú sa **antropofyty**. V súčasnej dobe tvoria 38-40 % našej flóry.

Významnú skupinu tvoria tzv. **adventívne rastliny**, tie, ktoré k nám boli zavlečené až v novoveku (od konca 15. storočia), najmä od 19. storočia ich počet s rozvojom priemyselnej výroby a dopravy prudko narastá. Niektoré z nich iba vyklíčia, vyrastú, ale ďalej sa nerozširujú (rastliny z Egypta, Austrálie), niektoré sa veľmi rýchlo rozširujú a rastú nielen v synantropných spoločenstvách, ale prenikajú i do našich pôvodných spoločenstiev.

**Príklad:** *Impatiens parviflora* (netýkavka malokvetá) prevláda v bylinnej pokrývke mnohých lesov tak, že vytlačila pôvodné druhy.

Osobitne nebezpečné sú tie druhy, ktoré majú vysoký reprodukčný potenciál, a teda sa veľmi rýchlo šíria, vyznačujú sa veľkou biologickou a ekologickou adaptabilitou a plasticitou, konkurenčnosťou



a expanzívnym šírením do prirodzených spoločenstiev. Nazývajú sa **invázne druhy**, napr. zlatobyľ obyčajná (*Solidago virgaurea*), netýkavka žliazkatá (*Impatiens glandulifera*), ambrózia (*Ambrosia*) a i., nás existuje ich zoznam a ich šírenie je sledované.

Synantropné spoločenstvá vznikajú väčšinou spontánne na miestach s veľkou koncentráciou vateľstva alebo v miestach s intenzívnou hospodárskou činnosťou. Stávajú sa dôležitou zložkou nášho prostredia, aj keď mnohokrát len na obmedzenú dobu. Ich význam a funkcie v súčasnosti sú nasledovné:

- **funkcia pôdoochranná a mikroklimatická:** rastliny spevňujú povrch a obmedzujú vodnú a veternú eróziu. Znižujú tak podstatne prašnosť v najbližšom okolí, obmedzujú extrémne výkyvy teplôt v prízemnej vrstve vzduchu a vlhkosti vzduchu pri povrchu pôdy, čím zlepšujú mikroklimatické podmienky.
- **funkcia hygienická** nadväzuje na predchádzajúcu, rastliny zachytávajú na svojom povrchu veľké množstvo prachu, a tým čistia vzduch. Táto funkcia je významná najmä tam, kde vznikajú väčšie plochy obnažených pôd a kde súčasne dochádza k uvoľňovaniu a víreniu prachu dopravnými prostriedkami (staveniská, trasy frekventovaných komunikácií).
- **funkcia zvukovej clony** (aj keď menšia ako u drevín) je významná pri spoločenstvách vysokých ruderalných druhov (napr. rod *Atriplex* - loboda, *Melilotus* - komonica) pozdĺž komunikácií.
- **funkcia estetická** je zabezpečovaná spontánnym vývojom synantropných spoločenstiev na skládkach, depóniách pôd, úhoroch. Vegetáciou zarastené devastované plochy vizuálne pôsobia vždy príjemnejšie ako holé substráty.

Okrem uvedených pozitívnych funkcií majú synantropné spoločenstvá aj niektoré **negatívne vplyvy**: môžu byť ohniskami vývoja niektorých parazitov kultúrnych rastlín, hmyzu alebo hlodavcov. Funkcujú ako ohniská šírenia burín (najmä druhy rodu *Cirsium* (pichliač), *Tussilago farfara* (podbeľ liečivý), *Tripleurospermum inodorum* (parumanček nevoňavý). Synantropná vegetácia sťažuje niekedy prevádzku na železničných tratiach, staniciach a vlečkách a vo dvoroch priemyselných závodov. Vysokou produkciou peľu môžu byť, najmä v blízkosti sídlisk, nebezpečným zdrojom alergénov. Známymi zdrojmi alergénneho peľu sú napr. žihľava dvojdomá (*Urtica dioica*), druhy rodu palina (*Artemisia*) a iné druhy kvitnúce v neskorom lete. Včasným kosením je možné tomuto vplyvu zabrániť.

V súčasnej dobe sa venuje synantropnej vegetácii veľká pozornosť, nakoľko sa stáva čoraz významnejšou zložkou vegetácie. Hodnotenie synantropnej vegetácie je veľmi dôležité z pôdohospodárskeho aj z urbanistického hľadiska v krajine a v životnom prostredí vôbec. Pri hodnotení území určených na ochranu (rezervácie, chránené lokality, ochranné pásma, monitorovacie a pokusné plochy atď.) je nevyhnutné stanoviť stupeň ruderalizácie. Analýza ruderalizácie sa využíva aj pri paralelnom porovnávaní pôvodných a narušovaných spoločenstiev.

Výskyt synantropných rastlín vždy indikuje zmeny v existujúcich prírodných podmienkach vegetácie. Preto je nevyhnutné vedieť o týchto druhoch, poznať ich ekologické nároky a rozmnožovacie schopnosti, aby sa proti nim dalo lepšie brániť, predchádzať ich invázii.

## 5.2. SPOLOČENSTVÁ ŽIVOČÍCHOV (ZOOCENÓZY)

**Živočíšne spoločenstvo - zoocenóza, ako biologický systém tvorený populáciami živočíchov v určitom prostredí,** má svoje charakteristické znaky, na základe ktorých môžeme jednotlivé zložky definovať a vyhodnocovať. Vlastnosti živočíšnych spoločenstiev napomáhajú pochopiť organizáciu spoločenstva, a teda vidieť jeho štruktúru a funkciu. Problémy, na ktoré zoocenológia naráža sú spojené predovšetkým s pohyblivosťou živočíchov. Živočíšne spoločenstvá sa vzájomne líšia svojimi kvalitatív-



nými a kvantitatívnymi charakteristikami, zastúpením dominantných a charakteristických stenoekných druhov. Tieto určujú celkové zloženie spoločenstva, ktoré sa so zmenou biotopu mení buď kontinuálne (plynulý prechod spoločenstiev vertikálne nadväzujúcich biotopov), alebo náhle (na rozhraní svojím charakterom silne odlišných biotopov). Výsledky priamej gradientovej analýzy, ordinačné a klasifikačné techniky potvrdzujú, že danú lokalitu predovšetkým na základe jej fyzikálnych vlastností obsadzuje primeraná predpovedateľná asociácia druhov. Platí pritom, že druh, ktorý sa vyskytuje v takejto predpovedateľnej asociácii sa veľmi pravdepodobne môže vyskytnúť aj s inou skupinou druhov, na inom mieste a za iných podmienok.

Pretože mnohé z charakteristík spoločenstiev živočíchov majú podobné označenie s fytocenózami a ich skutočný obsah je pri analýze spoločenstiev odlišný, bude v tejto časti podaný osobitne (napr. dominancia znamená vo fytocenológii pokryvnosť na určitej ploche na rozdiel od zoocenológie, kde predstavuje percentuálne zastúpenie populácií jednotlivých druhov v spoločenstve).

### 5.2.1. Analýza štruktúry živočíšnych spoločenstiev

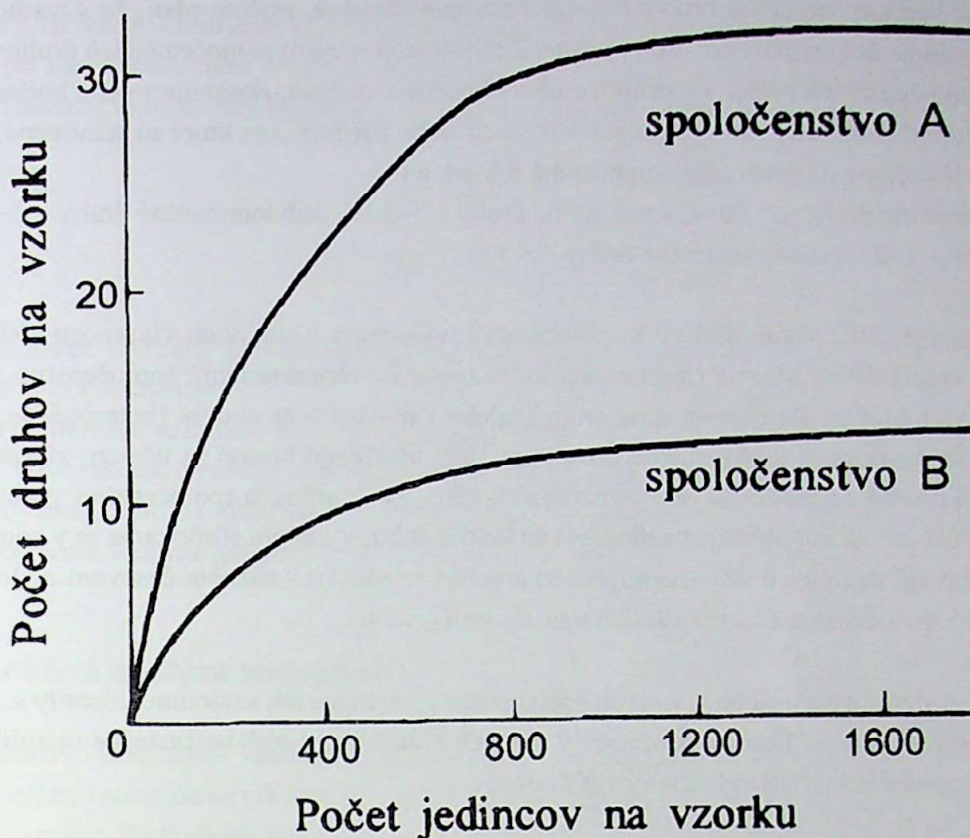
Výsledkom zložitých vzťahov medzi živočíchmi a ich prostredím je spoločenstvo živočíchov určitého usporiadania a funkčných závislostí. Hovoríme tiež o štruktúre spoločenstva, v rámci ktorej je nevyhnutné poznanie kvalitatívnej stránky (pre možnosť porovnávania funkčných vzťahov) a kvantitatívneho zloženia (z dôvodu určenia podielu a významu jednotlivých populácií alebo zložiek zoocenóz v rámci bioenergetických procesov). Štruktúru spoločenstva živočíchov charakterizujeme na základe jej vlastností resp. znakov.

#### Druhovú početnosť

Druhové zloženie spoločenstva je empiricky zostavený súpis druhov získaný snímkaním na určitej reprezentatívnej ploche. Označujeme ho tiež ako **druhové spektrum**. Určuje kombináciu druhov spoločenstva a podáva základnú informáciu o tom, ako početne je daný biotop osídlený. Precíznejší pohľad nám dáva ekologické spektrum druhov, zistené podľa percentuálneho zastúpenia ekologicky podobných druhov, napr. potravných gíld.

Jednotlivé spoločenstvá sú navzájom veľmi odlišné podľa počtu druhov, ktoré ich tvoria (napr. spoločenstvo živočíchov tropického dažďového pralesa je niekoľkonásobne druhovo bohatšie ako spoločenstvo živočíchov lesa mierneho pásma). Ak chceme porovnávať početnosť druhov spoločenstiev, vyjadrujeme počet zistených taxónov na jednotku plochy alebo objemu, a hovoríme o **hustote druhov**. V praxi je porovnávanie mnohokrát veľmi ťažké, čo súvisí s taxonomickými problémami, ale i s počtom vzoriek, ktoré môžu byť získané. Počet zaregistrovaných druhov totiž závisí od počtu získaných snímok, alebo veľkosti sledovaného stanovišťa. Pre zistenie všetkých kvantitatívnych charakteristík štruktúry spoločenstiev, vrátane zistenia počtu druhov, má rozhodujúci význam stanovenie veľkosti sledovanej plochy alebo objemu. Pretože nie je možné sledovať celý biotop, volí sa reprezentatívna časť, ktorá spĺňa požiadavky na homogenitu a predstavuje minimálne rozmery; takúto časť biotopu nazývame **minimálna plocha** alebo **minimálny areál**. Počet vzoriek potrebných pre správne stanovenie počtu druhov sa zistí postupným zvyšovaním vzoriek až pokiaľ počet druhov nenarastá (obr.26). Ak vynesieme zistené počty druhov v závislosti na veľkosti sledovaných plôch, dostaneme krivku druhovej početnosti. Jej priebeh je najskôr strmý, postupne sa krivka ohýba až nakoniec ide rovnobežne s vodorovnou osou. Minimálnu plochu (objem) udáva bod na krivke, kedy je prírastok nových druhov nulový, alebo nepatrný. Pritom obyčajne platí, že čím je väčší počet druhov v spoločenstve, tým väčšiu plochu (objem) predstavuje minimálny areál.





obr. 26. Vzťah medzi počtom druhov a počtom jedincov v dvoch hypotetických spoločenstvách, kde počet druhov v spoločenstve A je významne vyšší ako v spoločenstve B (upravené podľa Begona a kol. 1990).

**Denzita (hustota) – spoločenstva** živočíchov predstavuje početnosť všetkých jedincov bez ohľadu na druhovú príslušnosť, ktorá sa vzťahuje na jednotku plochy alebo objemu. V prípade, že sa pracuje len s počtom druhov, stráca sa jedna z najdôležitejších informácií, a sice ktoré druhy sú vzácne a ktoré hojné. Pretože je prakticky nemožné sledovať zoocenózu v celom rozsahu, i pri tomto druhu charakteristiky spoločenstva je potrebné vychádzať z reprezentatívnych vzoriek a na základe denzity populácií jednotlivých druhov zistiť denzitu spoločenstva alebo jej zložky. Pre získanie tejto veličiny všeobecne platí, že väčší počet menších vzoriek dáva presnejší obraz ako menší počet väčších vzoriek. Je však potrebné i túto všeobecnú platnosť zvážiť pri jednotlivých skupinách živočíchov s ohľadom na relatívnu alebo absolútnu povahu použitej metodiky. Zistené údaje sa vyhodnocujú podobne ako denzita populácií, buď v absolútnych hodnotách pomocou počtu alebo biomasy na určitú plochu alebo objem, prípadne tiež v relatívnych hodnotách percentuálnymi podielmi a pomocou indexov.

Medzi počtom jedincov a počtom druhov existuje v rámci zoocenózy (tak ako vo fytoocenóze) zákonitý vzťah. V každom spoločenstve je niekoľko málo druhov s vysokou denzitou a veľký počet druhov s nízkymi až veľmi nízkymi hodnotami denzity.

**Dominancia** je dôležitou relatívnou kvantitatívnou charakteristikou spoločenstva živočíchov, ktorou sa vyjadruje percentuálne zastúpenie druhových populácií v rámci štruktúry spoločenstva. Nie je pritom potrebné brať do úvahy veľkosť sledovanej plochy alebo objemu. Dominanciu ( $D$ ) zisťujeme podľa vzťahu:

$$D = \frac{n}{s} \cdot 100(\%)$$

kde  $n$  – je počet jedincov určitého druhu a  $s$  – je počet jedincov zoocenózy.



Veľkosť hodnoty závisí od druhového zloženia spoločenstva, pričom platí, že s rastúcim počtom druhov sa hodnota dominancie pre druh znižuje. Z tohoto dôvodu je u najpočetnejších druhov v druhovo bohatých spoločenstvách nižšia a v druhovo chudobnejších, naopak, dosahuje vyššie hodnoty. Z praktických dôvodov sa dominancia vyjadruje v stupňoch alebo triedach, pre ktoré sú stanovené percentuálne rozsahy. V súčasnosti používaná stupnica má 5 tried, a to:

eudominantné druhy – > 10 %, dominantné druhy – 5–10 %, subdominantné druhy – 2–5 %, recedentné druhy – 1–2 %, subrecedentné druhy – < 1 % .

**Fidelita** vyjadruje vzťah druhov k spoločenstvu, vyjadrený v stupňoch viazanosti alebo vernosti. Zoocenózu tvoria druhy vlastné (*indigenae*), ktoré najlepšie charakterizujú spoločenstvo a vyskytujú sa v zoocenóze buď trvalo (homocénne druhy), alebo len v určitom období (heterocénne druhy). Do zoocenózy sa dostávajú i druhy cudzie (*hospites*), tieto využívajú biotop za účelom získania potravy, vhodných úkrytov a na prečkanie nepriaznivého obdobia. Zo susedných spoločenstiev prenikajú do zoocenózy zatúlcanci (*vicini*) obyčajne náhodne a na krátku dobu. V období sťahovania sa v zoocenóze prechodne zastavujú tiahnuce druhy (*permigrates*) a veľmi zriedkavo v rôznom časovom období náhodne prenikajú do spoločenstva druhy z väčších vzdialeností (*alieni*).

Podobnosť zloženia dvoch alebo viacerých spoločenstiev a zistenie ich vzájomnej identity sa určí pomocou indexov podobnosti. Tieto sa používajú v rôznych obdobiach, z nich najčastejšie sa aplikuje Sørensenov index podobnosti (QS) vyjadrený vzťahom:

$$QS = \frac{2c}{a+b} \cdot 100(\%)$$

kde a, b – je počet druhov v jednotlivých vzorkách a c – je počet spoločných druhov.

### **Rôznorodosť a vyrovnanosť**

Vplyvom mnohých príčin v priebehu vývoja vznikali rôzne druhovo rozmanité spoločenstvá. Klasifikujeme ich ako druhovo chudobné alebo druhovo bohaté, a to s mnohými prechodmi. **Druhová rôznorodosť (diverzita)** je charakteristika štruktúry spoločenstva, ktorá udáva vzťah medzi počtom druhov a ich pomerným zastúpením v spoločenstve. S rastom hodnotyruhovej diverzity rastie i počet druhov spoločenstva a celkový počet jedincov je rozložený na viacero druhov. V prírode sa obyčajne stretávame s nerovnomerným rozložením početnosti pre jednotlivé druhy, a teda i s rôznorodými hodnotami ruhovej diverzity. Najčastejšie sa vyjadruje pomocou Shannon–Weaverovho indexu diverzity ( $H'$ ), odvodeného z teórie informácií. Je priamo závislý na počte druhov zoocenózy a ich početnosti. Výpočet je založený na zistení súčtu násobkov početnosti druhov a ich logaritmu

$$H' = - \sum_{i=1}^N p_i \log_2 p_i$$

kde  $n_i$  – je druhová početnosť, N – je počet druhov spoločenstva a  $p_i$  – je pravdepodobnosť, s ktorou jeden jedinec patrí k druhu i.

S rastom hodnoty diverzity rastie i počet druhov spoločenstva a celkový počet jedincov je rozložený na viacero druhov. Najnižšiu nulovú hodnotu majú monocenózy tvorené jedným druhom a najvyššiu spoločenstvá, v ktorých každý druh je zastúpený jedným jedincom. Reálne spoločenstvá však obyčajne majú nerovnomerné rozloženie početnosti druhov.

**Vyrovnanosť (ekvitabilita)** je miera rovnomernosti zastúpenia početnosti jednotlivých druhov. Jedná sa teda o pomerné rozdelenie všetkých jedincov spoločenstva. Pri rovnomernom rozdelení počet-



nosti (početnosť všetkých druhov je rovnaká) dosahuje spoločenstvo najvyššie hodnoty vyrovnanosti, a naopak, pri nerovnomernom rozdelení (početnosť jedného alebo niekoľkých druhov je maximálna a ostatných druhov minimálna) dosahuje spoločenstvo najnižšie hodnoty vyrovnanosti. Počíta sa podľa vzťahu:

$$J' = \frac{H'}{H_{\max}} = \frac{\sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i}{\log_2 S}$$

kde  $H_{\max}$  je index diverzity pri maximálnej rovnomernosti početnosti všetkých druhov spoločenstva a  $S$  je celkový počet druhov.

Pri rovnomernom rozdelení početnosti dosahuje spoločenstvo najvyššie hodnoty a naopak pri nerovnomernom rozdelení dosahuje najnižšie hodnoty vyrovnanosti a to v intervale 0 – 1.

Pri analýzach štruktúry živočíšnych spoločenstiev sa aplikujú aj ďalšie charakteristiky ako diagram poradia početnosti, analýza gradientov, ordinácie a zhlukové analýzy.

### 5.2.2. Funkčná analýza zoocenózy

Spoločenstvo živočíchov môžeme charakterizovať i na základe funkcie jeho jednotlivých zložiek. Funkčná analýza zoocenózy sa uskutočňuje na základe analogických vlastností alebo schopností jednotlivých organizmov. Rozhodujúcu úlohu zohrávajú funkcie organizmov, ktoré vytvárajú určité **životné formy** a tieto predstavujú tzv. **životné stratégie**, založené na morfológických a funkčných princípoch. Rozdielne životné formy sa klasifikujú napr. podľa spôsobu získanej potravy, reprodukcie, prekonávania odporu prostredia atď. Jeden organizmus môže byť zahrnutý do niekoľkých životných foriem, na rozdiel od toho v systematickej klasifikácii má jediné, pevne určené miesto.

Pri živočíchoch existuje veľká rôznorodosť životných prejavov. To súvisí predovšetkým s ich aktívnym pohybom pri vyhľadávaní a získavaní potravy, ochrane pred predátormi, príprave reprodukčného procesu, starostlivosti o potomstvo, migrácii a pod. Preto je pomerne častá príslušnosť jedného druhu k viacerým životným formám – gildám.

**Gildu** definujeme ako skupinu druhov, ktoré podobným spôsobom využívajú zdroje prostredia rovnakého charakteru. Najčastejšie sa klasifikujú gildy **trofické (potravné)**, **lokomotčné (pohybové)**, pri vtákoch **hniezdne** gildy a pod.

Príklad toho, že jeden druh môže patriť k viacerým gildám a zároveň živočích systematicky odlišné patria k rovnakej gilde, nachádzame pri gilde zberačov nektáru, kde z obrovského počtu živočíšnych organizmov patria do nej tak rôznorodé skupiny, akými sú netopiere, kolibriky, blanokrídlavce (včely, osy a čmeliaky), ale i muchy, motýle a chrobáky.

V rámci lokomotčných gild sa rozlišujú skupiny živočíchov hrabavých (vrtaví, odhrabávací, vyhrabávací, vyhrýzací), plazivých (klzávi, piadiví, vlniví), bežiacich, skákavých, lietacích (plachtiači, prudko lietací, veslujúci, trepotajúci) a pod. Pri niektorých skupinách živočíchov (napr. vtáky) hovoríme o gildách pozemných, krovinných, korunových a dutinových hniezdíčov.

Jednotlivé ekologické skupiny je možné analyzovať obdobným spôsobom ako celú zoocenózu, a kvantifikovať tak funkčné vlastnosti a znaky, akými sú druhová početnosť, dominancia, denzita, diverzita a ďalšie, uvedené v predchádzajúcej časti. Takto získame prehľad o funkčnom využívaní priestoru živočíchov v rámci celej zoocenózy.



Biologické spoločenstvá (biocenózy) sú vyššou organizačnou úrovňou ako druh alebo populácia. Predstavujú zoskupenia populácií druhov rastlín, živočíchov, baktérií a iných organizmov, ktoré spolu žijú na určitom mieste (stanovišti, biotope). Hranice medzi spoločenstvami sú väčšinou pozvoľné (kontinuum), menej často ostré.

Rastlinné spoločenstvá tvoria na súši rámec pre ostatné taxocenózy (zoocenózy a i). Spoločenstvá sú v priestore rôzne usporiadané. Vertikálnu štruktúru určujú fytocenózy (tzn. rastliny a ich asimilačné orgány). Štruktúrne najviac diferencované sú lesné biocenózy. Horizontálna štruktúra spoločenstva je určená usporiadaním populácií druhov na určitej ploche.

Druhové zloženie spoločenstva je odrazom podmienok prostredia; s rozmanitosťou a stálosťou životných podmienok druhová bohatosť rastie. Významne sa uplatňuje ekologická konštitúcia a konkurenčná schopnosť druhov, spôsob šírenia a vzťahy medzi populáciami. Významnú úlohu má medzidruhová kompetícia o zdroje prostredia, narušanie, predácia a i. Jednotlivé populácie majú v spoločenstve rôzne postavenie – význam, čo závisí od počtu jedincov a priestoru ktorý zaujímajú (dominancia).

Klasifikácia spoločenstiev na základe ich druhového zloženia (floristické zloženie) je najprepracovanejšia. Významné je i triedenie spoločenstiev podľa stupňa ich antropického ovplyvnenia, závislosti na dodatkovej energii.

Zmeny v prostredí a dynamika populácií druhov vyvolávajú zmeny v spoločenstvách. Tieto môžu byť krátkodobé (napr. sezónna dynamika), alebo dlhodobé: cyklické zmeny, spojené so životným cyklom organizmov), môžu mať charakter fluktuácií (kolísanie okolo rovnovážneho stavu), alebo môžu viesť k zámene jedného spoločenstva iným (sukcesia).

Živočíšne spoločenstvo - zoocenóza, ako biologický systém tvorený populáciami živočíchov v určitom prostredí, má svoje charakteristické znaky, na základe ktorých môžeme jednotlivé zložky definovať a vyhodnocovať. Vlastnosti živočíšnych spoločenstiev napomáhajú pochopiť organizáciu spoločenstva, a teda vidieť jeho štruktúru a funkciu. Problémy, na ktoré zoocenológia naráža sú spojené predovšetkým s pohyblivosťou živočíchov. Živočíšne spoločenstvá sa vzájomne líšia svojimi kvalitatívnymi a kvantitatívnymi charakteristikami, zastúpením dominantných a charakteristických stenoeknych druhov. Tieto určujú celkové zloženie spoločenstva, ktoré sa so zmenou biotopu mení buď kontinuálne alebo náhle. Platí pritom, že druh, ktorý sa vyskytuje v takejto predpovedateľnej asociácii sa veľmi pravdepodobne môže vyskytnúť aj s inou skupinou druhov, na inom mieste a za iných podmienok.

Pretože mnohé z charakteristík spoločenstiev živočíchov majú podobné označenie s fytocenózami a ich skutočný obsah je pri analýze spoločenstiev odlišný.

Z ekologického hľadiska je významná funkčná analýza zoocenóz podľa životných foriem - gíld. Gildu definujeme ako skupinu druhov, ktoré podobným spôsobom využívajú zdroje prostredia rovnakého charakteru. Najčastejšie sa klasifikujú gildy trofické (potravné), lokomočné (pohybové), pri vtákoch hniezdne gildy a pod.

### *Kontrolné otázky:*

1. *Definujte biocenózu.*
2. *Ako je chápaná organizácia biocenózy.*
3. *Čo hovoria základné biocenotické princípy.*
4. *Aké sú základné charakteristické znaky rastlinného spoločenstva.*
5. *Aké typy hraníc spoločenstva poznáte.*
6. *Čo je ekotón.*
7. *Za akým účelom sa vyhotovuje fytocenologický zápis.*



8. Aké podmienky rozhodujú o druhovom zložení fytoocenózy.
9. Aká je funkcia ekologických dominánt.
10. Čo je pokrývnosť, dominancia, sociabilita
11. Čo je štruktúra rastlinného a živočíšneho spoločenstva.
12. Z akých hľadísk posudzujeme štruktúru spoločenstva.
13. Čoho výsledkom je priestorové usporiadanie spoločenstva.
14. Prečo sú vzájomné vzťahy vo fytoocenóze veľmi tesné.
15. Ako ovplyvňujú vzťahy medzi rastlinnými a živočíšnymi populáciami zloženie a štruktúru cenóz.
16. Aký je vplyv fytofágneho hmyzu na rastlinné spoločenstvá.
17. Aké zmeny v druhovom zložení a štruktúre spoločenstiev sú podmienené striedaním ročných období.
18. Čo je podstatou a príčinou ekologických fluktuácií.
19. Aké zmeny vedú k zámene jedného spoločenstva iným.
20. Ako môžeme triediť rastlinné spoločenstvá podľa stupňa ovplyvnenia človekom.
21. Čo je synantropná vegetácia a aké sú jej funkcie v krajine.
22. Definujte gildu, aké gildy u živočíchov poznáte.



## 6. EKOSYSTÉM

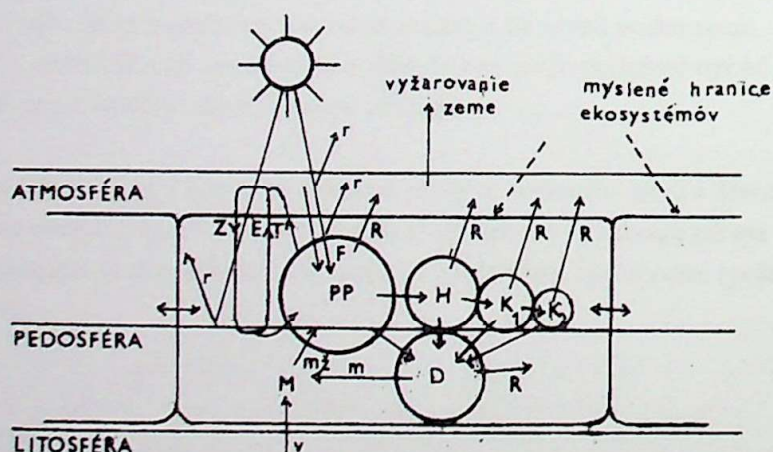
Ekologické systémy (ekosystémy) sú najkomplexnejšou úrovňou biologickej organizácie, predstavujú základné funkčné jednotky prírody. O nižších biologických úrovniach (organizmy, populácie, biologické spoločenstvá) bolo pojednané v predchádzajúcich kapitolách.

Ekológia ekosystémov skúma zmeny v ekosystémoch počas časových období dynamika a stabilita ekosystémov. V súčasnosti sa zameriava čoraz viac na problematiku biologickej rozmanitosti (biodiverzity), objasnenie jej významu pre fungovanie ekosystémov, na otázky štruktúry, funkcií a produktivity ekosystémov.

Každý systém môžeme definovať ako komplex prvkov, ktoré sa navzájom neprestajne ovplyvňujú a vytvárajú tak určitý celok. Celok určitého systému nie je iba súhrnom svojich častí, ale špecifickou novou kvalitou, vzniknutou vzájomnou interakciou jednotlivých zložiek (častí). Systém je teda určitá časopriestorová jednotka. Systémom je planéta Zem, ako aj molekula, organizmus aj bunka, les aj strom. Každý systém je podľa okolností alebo celkom, alebo časťou iného celku. Tým sa vytvára podriadenosť jedného systému v rámci systému iného, vyššieho.

Pojem **ekosystém** zaviedol anglický ekológ TANSLEY (1935), ktorý definoval ekosystém ako **systém, v ktorom sú vo vzájomných vzťahoch všetky spoločenstvá organizmov (rastlinných i živočíšnych) spolu s komplexom všetkých fyzikálnych a chemických faktorov, ktoré vytvárajú prostredie týchto organizmov**. Podobný význam má aj pojem biogeocenóza, ktorý používal ekológ SUKAČEV (1964). Obdobná je aj definícia ktorú uvádza DUVIGNEAUD (1988): biocenóza tvorí so svojim prostredím funkčný ekologický systém zvaný **ekosystém**.

Charakteristickým znakom ekosystému ako základnej funkčnej prírodnej jednotky je to, že v ňom dochádza k vzájomnej látkovej výmene hmoty a energie. Je to **termodynamicky otvorený** systém, nakoľko do neho stále prichádza tok energie slnečným žiarením, ďalej voda dažďovými zrážkami alebo podzemnými vodami a minerálne látky z pôdy, ovzdušia a vody. Na druhej strane dochádza ku strate energie z ekosystému: vyžarovaním, premenou skupenstva, prenosom prostredníctvom turbulencie vzduchu, biochemickými procesmi, najmä respiráciou (energia uvoľňovaná vo forme tepla) a stratou hmoty, napr. živín, presakovaním zrážkovej vody alebo odtokom (povrchovým, podzemným), exportom organickej hmoty a i. Všetky tieto procesy sú termodynamicky nezvratné – **ireverzibilné**.



obr. 27. Schéma ekosystému: kruhy – trofické úrovne živých organizmov, šípky – toky energie alebo hmoty; PP – primárne producenty, H – herbivory, K<sub>1</sub>, K<sub>2</sub> – karnivory rôznych stupňov, D – dekompozítory, R – respirácia, E – evaporácia, Z – zrážky, T – transpirácia, F – fotosyntéza, r – reflexia slnečného žiarenia z atmosféry, povrchu organizmov, povrchu pôdy, M – minerálne živiny v pôde, mž – tok minerálnych živín, m – mineralizácia organických látok, v – zvetrávanie materskej horniny (podľa Slavíkovej, 1986)



Ďalším charakteristickým znakom prírodného ekosystému je schopnosť **autoregulácie**, **nepretržitej autoreprodukcie** a **evolúcie**. V ekosystéme sú vzťahy organizmov k sebe navzájom a k abiotickému prostrediu také, že tok energie vytvára presne definovanú trofickú (potravnú) štruktúru a druhovú rozmanitosť (diverzitu). Vnútri tejto sústavy sa vytvárajú kolobehy látok. To znamená, že zložky ekosystému sú vo vzájomných funkčných a trofických vzťahoch, ktorých dôsledkom sú priestorové vzťahy a priestorová štruktúra.

V ekosystémoch človekom vytvorených (napr. polia, lúky, lesné kultúry) platia rovnaké zákonitosti ako v prirodzených, ale rovnováha medzi jednotlivými zložkami musí byť umelo udržiavaná činnosťou človeka. Energia, ktorou sa tieto ekosystémy udržujú, sa nazýva **dodatková energia** (energetický dodatok alebo podporná energia). Predstavujú ju napr. agrotechnika, umelé hnojivá, pesticídy, herbicídy a pod.

Ekosystém môže mať rôzny rozmer, môže to byť viac menej ľubovoľný, dostatočne veľký úsek biosféry. Ekosystémom je napr. konkrétny listnatý les, bučina na vápenci, rašelinisko, rybník, lúka. Ekosystémom môže byť aj umelý výtvor človeka, napr. mesto alebo mestský park, priemyselná aglomerácia a pod., vždy však sú posudzované všetky zložky živých organizmov vrátane človeka a abiotického prostredia vo vzájomných vzťahoch.

**Hranice ekosystému** sú tam, kde je možné definovať tok energie a hmoty tak, aby boli dobre merateľné alebo zanedbateľné, to znamená, aby import a export ekosystému bol známy. Príklad: ekosystém rybníka je relatívne dobre určený hranicou hydrosféry, hlavné biogeochemické cykly sú dostatočne uzavreté, prítoky a odtoky je možné dobre kontrolovať, takisto ako aj umelé hnojenie. Terestrické (súchozemské) ekosystémy sa vymedzujú spravidla podľa fyziognomicky najnápadnejšej zložky, ktorou je **vegetácia**.

Pre detailnejšiu analýzu prirodzených ekosystémov sa často z praktických dôvodov rozdeľuje zložitý celok ekosystému na jednotlivé základné zložky (**subsystémy**), napr. subsystém pôdy, subsystém vegetácie, ktoré sa najskôr študujú oddelene a neskôr sa hľadajú ich vzájomné vzťahy. Štúdium ekosystémov má teda interdisciplinárny charakter a vyžaduje spoluprácu celého kolektívu špecialistov a súbežná analýza má pokiaľ možno obsiahnuť čo najviac subsystémov a všetky dôležité vzťahy v ekosystéme.

Cieľom štúdia ekosystému je zistiť funkčné vzťahy medzi jednotlivými zložkami (subsystémami) alebo ich skupinami, prípadne nájsť medzi nimi kauzálne alebo korelačné vzťahy, napr. urobiť systémovú analýzu a vytvoriť model ekosystému, ktorý umožňuje predpovedať funkcie a správanie ekosystému, a tým aj jeho riadenie.

## 6.1. ZLOŽKY EKOSYSTÉMU

Ak vychádzame z definície prirodzeného ekosystému, sú jeho základnými zložkami organizmy a ich prostredie.

Organizmy, ktoré predstavujú biotickú zložku, sa v ekosystémoch vyskytujú v rôznych stupňoch organizácie, ktoré sú čoraz komplexnejšie: bunka – jedinec (organizmus) – populácia (demos) – biologické spoločenstvo (biocenóza). Z hľadiska spôsobu výživy môžeme organizmy, ako zložky ekosystémov, deliť na autotrofné a heterotrofné, (prípadne mixotrofné). Z toho vyplýva aj ich triedenie podľa funkcií v ekosystéme: producenti (zelené autotrofné rastliny), konzumenti (heterotrofné organizmy) a dekompozítory (rozkladači odumretej organickej hmoty). O ich funkciách a význame je podrobne pojednávané v ďalších kapitolách.

Prostredie, ako súhrn všetkých podmienok, ktoré vplyvajú na existenciu organizmu, jeho vývoj a rozmnožovanie, alebo sú organizmami ovplyvňované, bolo charakterizované v kap. 2.



Z hľadiska synekologického, môžeme rozdeliť typy prostredí do štyroch kategórií:

- **prostredie prírodné**, tam, kde všetky biologické procesy prebiehajú vo forme naprosto neovplyvnenej ľudskou činnosťou. Je charakterizované dokonalou ekologickou rovnováhou udržiavanou prirodzene prebiehajúcimi procesmi. Pokiaľ je v biocenóze prírodného prostredia zastúpený aj človek, prejavuje sa iba svojimi biologickými vlastnosťami, bez najmenšieho uplatnenia vplyvov vzniknutých jeho spoločenskou činnosťou. Takéto prírodné prostredie dnes existuje iba v miestach najprimitívnejšej ľudskej existencie a vzhľadom na globálne zmeny v biosfére je aj tu ohrozené. V Európe je existencia prírodného prostredia dnes už nepravdepodobná.
- **prostredie prirodzené** je v podstate novou, samostatnou kategóriou. Je vlastne náhradou pôvodného, prírodného prostredia. Má ešte v rôzne vysokej miere zachovanú ekologickú rovnováhu s prebiehajúcimi sukcesnými procesmi, ale ekosystémy sú labilnejšie, takže ich narušenie môže nastať aj po slabších zásahoch. Typom tohoto prostredia je u nás kultúrna krajina a jej príroda (mimo ľudských sídiel), lesy, poloprirodzené lúky, pasienky a i. Zachovanie čo najrozsiahlejších plôch s prirodzeným, ekologicky čo možno najvyváženejším prostredím, je dnes otázkou existencie všetkých rastlinných i živočíšnych druhov vrátane človeka.
- **prostredie denaturalizované** vzniká tam, kde vplyvom ľudskej činnosti je ekologická rovnováha vážne narušená, až nulová a zachovanie aspoň čiastočne priaznivého stavu je dosiahnuteľné iba trvalou, cieľenou ľudskou činnosťou. Príkladom sú polia, intenzívne hnojené lúky, mestské parky, sady a pod. I v tomto prostredí prežívajú zvyšky pôvodných biocenóz, a po ukončení ľudských aktivít tu môže nastať proces sekundárnej sukcesie so vznikom náhradných spoločenstiev.
- **prostredie umelé** je extrémne antropizované, tu boli úplne (alebo až na nepodstatné zvyšky) zlikvidované všetky organizmy pôvodných biocenóz. Existujúce podmienky tu nedovoľujú ani nástup náhradných spoločenstiev. Príkladom sú predovšetkým husté mestské zástavby (najmä staršieho typu), kde boli eliminované najmenšie zelené plochy a nahradené „kamennou púšťou“, prakticky bez života.

Tieto typy prostredia sa reálne vyskytujú jednak v opísanej (vyhranenej) forme, ale v praxi sa často stretávame aj s plynulými prechodmi, najmä medzi prostredím prirodzeným a denaturalizovaným.

## 6.2. TRIEDENIE EKOSYSTÉMOV

Globálny ekosystém Zeme, nazývaný **biosféra**, predstavuje súbor prírodných ekosystémov existujúcich v moriach, na pevninách alebo ich hraniciach. Takto chápaná biosféra zahŕňa celosvetovú biocenózu, **holobióm**, to znamená súbor všetkého živého na našej planéte a ekologické podmienky našej planéty, **ekosféru**. Inak povedané, živú zložku predstavuje **biota Zeme**, neživú zložku **atmosféra**, **hydrosféra**, **pedosféra**, **litosféra**.

Premenou biosféry silou ľudskej inteligencie vzniká **noosféra** (v zmysle Vernadského). Táto činnosť má často aj negatívne následky, a preto niektorí autori užívajú termín **technosféra**. Ide o súčasnú biosféru, v ktorej sú prírodné ekosystémy často premenené, degradované alebo nahradené ekosystémami poľnohospodárskymi, mestskými alebo priemyselnými.

V tomto zmysle je možné rozlišovať (podľa ELLENBERGA, 1973) ekosystémy:

- **prírodné alebo prírodným blízke**: biogeochemické cykly a toky energie v nich sú závislé na terajšej slnečnej energii. Ekosystémy prírodné sú závislé iba na slnečnej energii, ekosystémy prírodným blízke zväčša na slnečnej energii (procesy fotosyntézy), ale aj na energii dodatkov (agrotechnika, hnojivá, pesticídy a i.), potrebnej k udržaní žiadúcej štruktúry, produkcie týchto ekosystémov. Sú viazané na prostredie prírodné, prirodzené i denaturalizované.



- **umelé ekosystémy** (urbanisticko – industriálne) sú zväčša alebo úplne závislé na energii dodávanej vo forme potravín, palív a elektriny. Tok energie má veľké množstvo zložiek, import a export energie sú dôležitejšie ako v iných ekosystémoch. Slnecná energia „zabezpečuje“ iba rast mestskej vegetácie, teplotu mesta a cirkuláciu vzduchu. Viazané sú na prostredie umelé.

Ekosystémy prírodné a prírodným blízke sa ďalej delia podľa média (hmoty s ktorou majú biotické systémy k životu nezbytnú látkovú a energetickú výmenu):

- M** – morské ekosystémy (médium slaná voda)
- L** – limnické (sladkovodné) ekosystémy (médium sladká voda)
- S** – semiterestrické ekosystémy (médium mokrá pôda a vzduch)
- T** – terestrické ekosystémy (médium prevzdušnená pôda a vzduch)

V umelých ekosystémoch je médium upravené človekom:

- U** – urbanisticko-industriálne ekosystémy

Vertikálne ohraničenie semiterestrických a terestrických ekosystémov určuje výškový rast cievnatých rastlín. Autotrofné organizmy majú veľkú biomasu; prevažujú cievnaté rastliny, machorasty, lišajníky; riasy sa uplatňujú len výnimočne na extrémnych lokalitách. Heterotrofné organizmy tvoria najmä huby a hmyz. Veľké živočíchy, herbivory, najmä prežúvavce, majú často na štruktúru značnej časti ekosystémov rozhodujúci vplyv.

**Semiterestrické ekosystémy** (rašeliniská, vrchoviská, slatiny, bariny): Pôda je väčšinou nasýtená vodou až k povrchu, takže je zabrzdzený rozklad organickej hmoty, ktorá sa hromadí najčastejšie vo forme rašeliny. Dekompozičná zložka je slabo zastúpená, preto z kolobehu miznú organické, ale aj minerálne látky a okrem kyslíka sú faktormi v minime najmä fosfor a dusík, ale aj draslík, vápnik, horčík a iné prvky. Ich náhrada z okolia (pôdnou vodou, zrážkami) rozhoduje o druhovom zložení a celkovom „produkčnom výkone“ primárnych producentov.

**Terestrické ekosystémy:** Pôda môže byť periodicky iba na krátku dobu zaplavovaná vodou (lužné lesy), takže sa rašeliny ani slatiny netvoria. Faktormi v minime sú voda, často teplota, dusík, vzácnejšie fosfor a iné minerálne živiny. Pre druhové zloženie, štruktúru a produktivitu týchto ekosystémov v prírodných podmienkach je významnejšie zásobenie vodou a dĺžka vegetačnej doby ako zásobenie živinami. Minerálne látky sú zväčša v ekosystéme zabezpečené samotným kolobehom živín a sú dopĺňované z hlbších vrstiev pôdy. Iba pri odoberaní látok zberom rastlín, pastvou, eróziou, požiarimi, teda najmä pôsobením človeka, môže dochádzať k ochudobneniu ekosystému, a tým aj k poklesu produkcie, pokiaľ sa straty nevyrovnajú prirodzenými vstupmi alebo dodatkovou energiou.

Terestrické ekosystémy je možné členiť podľa výšky, hustoty a trvalosti olistenia vegetácie a podľa dĺžky vegetačnej doby. ELLENBERG (1973) rozlišuje napr. zapojené lesy (výšky nad 5 m, koruny zapojené, listnaté aj ihličnaté lesy,) nezapojené riedke lesy (tajga, lesostep), kroviny (zapojené, nezapojené – kosodrevina), kričkovité formácie s výškovým priemerom pod 0,5 m (vresoviská), trávnaté porasty často s výskytom ojedinelých stromov a skupinami krov

Pre terestrické ekosystémy sa používa ako synonymum termín **biogeocenóza** (podľa SUKAČEVA, 1964), alebo termín **geobiocenóza**, jednota biocenózy a biotopu (podľa ZLATNÍKA, 1973). V obidvoch termínoch predpona **geo-** označuje prostredie a predpona **bio-** sa vzťahuje na biotickú, živú zložku, **ce-nóza** znamená spoločenstvo. Čo do obsahovej náplne pojmu, každá geobiocenóza je ekosystémom, ale nie naopak. Aj keď niektorí autori (napr. ODUM, 1977) považujú tieto dva termíny za synonymá, môže viesť táto zámena pojmov k terminologickým nejasnostiam.

Z hľadiska priestorového môžeme rozlišovať (a skúmať) **mikro-, mezo- a makroekosystémy**.



## ZHRNUTIE

Ekosystém je základná funkčná jednotka prírody; je systémom v ktorom sú vo vzájomných vzťahoch všetky spoločenstvá organizmov (biocenóza) s prostredím. Ekosystém je termodynamicky otvorený, procesy spojené s premenou slnečnej energie sú ireverzibilné. V prírodných ekosystémoch všetky procesy prebiehajú spontánne (schopnosť autoregulácie), jeho živé zložky sa obnovujú (autoreprodukcia) a vyvíjajú (evolúcia). Čím je ekosystém vzdialenejší prírodnému, tým viac dodatkovvej energie je potrebné na jeho „udržanie“. Organizmy v ekosystéme delíme podľa spôsobu výživy na autotrofné (primárni producenti) a heterotrofné (konzumenti, sekundárni producenti) a dekompozítori (rozkladači).

Podľa stupňa ovplyvnenia ľudskou činnosťou charakterizujeme štyri základné typy prostredí (aj ekosystémov): prírodné, prirodzené, denaturalizované a umelé. Podľa stupňa závislosti na dodatkovvej energii rozlišujeme ekosystémy prírodné a prírodným blízke (ktoré sa ďalej delia podľa média) a ekosystémy umelé (urbanisticko industriálne). Médium môže byť voda (slaná, sladká) – ekosystémy morské a limnické; mokrá pôda a vzduch – ekosystémy semiterestrické; prevzdušnená pôda a vzduch – ekosystémy terestrické. Hranice terestrických ekosystémov sa najčastejšie určujú podľa vegetácie, jej fyziognomických znakov (výška, hustota, trvalosť olistenia). Najväčší, globálny ekosystém Zeme sa nazýva biosféra.

*Kontrolné otázky:*

1. Čo vyjadruje pojem „ekosystém“, aké sú jeho základné znaky.
2. Uveďte príklady ekosystému.
3. Aké sú základné okruhy problémov štúdia ekosystémov.
4. Aké sú základné zložky ekosystému.
5. Charakterizujte typy prostredí.
6. Z akých hľadísk môžeme triediť ekosystémy.
7. Charakterizujte ekosystémy prírodné a prírodným blízke.



## 7. LÁTKOVO ENERGETICKÉ TOKY V EKOSYSTÉME

### 7.1. TOK ENERGIE

Z pohľadu živých organizmov je energia potrebná pre existenciu a zachovanie základných životných procesov (napr. slnečná energia pre fotosyntézu), ale zabezpečuje tiež prísun látok dôležitých pre stavbu tela (energia chemických väzieb). **Jednosmerný tok energie a kolobehy látok** sú neoddeliteľne spojené a predstavujú dva **základné ekologické princípy**, ktoré je možné aplikovať na ktorýkoľvek ekologický systém.

Toky energie začínajú vstupom energie do primárnych producentov, v nich sa menia fotosyntézou na energiu chemických väzieb. S organickou hmotou potom táto chemicky viazaná energia prechádza ako potrava organizmov jednej trofickej úrovne v potravinových reťazcoch do ďalšej trofickej úrovne. Na tejto ceste sa postupne mení respiračnými a ostatnými metabolickými procesmi na teplo, až je odumretá organická hmota úplne rozložená a mineralizovaná. Všetka energia chemických väzieb pôvodne živej a neskôr mŕtvej biomasy organizmov sa tak zmenila na teplo, ktoré odchádza do atmosféry a je z nej späť vyžarované do kozmického priestoru.

Prenos a presun energie z jednej trofickej úrovne na druhú, (ale i presun v rámci organizmu) charakterizujú dva základné termodynamické zákony:

- **zákon o zachovaní energie** hovorí, že množstvo energie vstupujúce do systému sa rovná množstvu, ktoré z neho vystupuje. Teda energia sa síce môže premieňať z jednej formy na inú, ale živé systémy organizmov nie sú schopné ju vytvoriť alebo zničiť. To znamená, že slnečná energia dopadajúca na zemský povrch vo forme svetelných kvánt je v rovnováhe s energiou, ktorá opúšťa zemský povrch vo forme tepla.
- **zákon o premene energie** hovorí, že pri každej premene energie dochádza k degradácii časti energie z koncentrovanej formy do rozptýlenej (teplo sa samovoľne rozptyľuje do širšieho okolia).

Z termodynamického hľadiska prebiehajú v prírode spontánne (samovoľne) len také procesy, ktorých produkty majú nižší obsah energie, než je počiatočný stav a energia je uvoľňovaná.

#### Zdroje a formy energie v ekosystéme

Zdrojom energie a počiatkom jej toku je Slnko. Energia zo Slnka prechádza každým ekosystémom a poháňa všetky jeho deje: výpar vody, pohyb vzduchu, zvetrávanie hornín, rast rastlín, životné procesy živočíchov i spätný rozklad odumretej organickej hmoty, a tým aj cykly hmoty atď.

**Formy energie** v ekosystéme sú rôzne: **žiarivá energia** rôznych vlnových dĺžok, **energia chemických väzieb**, **energia latentného tepla**, **tepla pocitového** (ohrevného). Z hľadiska živých zložiek ekosystému sú okrem fotosynteticky aktívnej radiácie (FAR) najdôležitejšie toky energie obsiahnutej v chemických väzbách organických látok, ktoré tvoria biomasu živých organizmov; ich metabolické premeny sú podstatou životných prejavov na molekulárnej úrovni.

Rozličné skupiny organizmov sa rozdielnym spôsobom zúčastňujú na toku energie v ekosystéme. Na základe tejto rozdielnej účasti na hromadení organickej hmoty fotosyntézou a chemosyntézou, alebo spotreby tejto hmoty rozlišujeme niekoľko hierarchických stupňov, ktoré môžeme charakterizovať nasledovne:

- **producenti**: všetky autotrofné organizmy (schopné fotosyntetickej činnosti), najmä zelené rastliny, ale aj chemotrofné baktérie.
- **konzumenti**: živočíchy (heterotrofní makrokonzumenti) a vyššie nezelené rastliny bez chlorofylu. Živia sa rastlinnou alebo živočíšnou organickou hmotou, a hovoríme o spotrebiteľoch vo vlastnom slova zmysle alebo konzumentoch živej organickej hmoty (s výnimkou nekrofágov). Sú to byli-



nožravce (**herbivori**), parazity zelených rastlín, (žijúce priamo na úkor producentov); mäsožravce (**karnivori**), (živia sa bylinožravcami alebo primárnymi mäsožravcami. Osobitné postavenie majú všežravce (omnivory). Výnimku tvoria nekrofágy, ktoré sa živia čerstvo uhynutými alebo mierne rozloženými zdochlinami živočíchov, a to obligátne (úplne) alebo fakultatívne (čiastočne).

- **dekompozítori** (rozkladači): heterotrofní mikrokonzumenti, rozkladajú komplexné zložky organickej hmoty, niektoré z produktov prijímajú ako zdroj látok a energie, ďalšie sú zdrojom pre rozklad iných dekompozítorov. Zabezpečujú proces remineralizácie, tzn. uvoľňujú z organických látok minerálne živiny potenciálne opäť využiteľné pre producentov. Patria sem rôzne pôdne živočíchy (pedofauna), ale aj baktérie, plesne, huby. Podľa druhu deštruktívnej činnosti rozlišujeme nasledovné skupiny: detrivori, transformátori, remineralizátori. Zvláštne postavenie majú fixátori dusíka.

## 7.2. PRODUKCIA ORGANICKEJ HMOTY

Na úrovni primárnych producentov (zelených rastlín) je **produkcia** syntetická práca asimilujúcej rastliny; produktom je **biomasa primárnych producentov**. Niekedy sa pre bližšiu špecifikáciu odporúčajú termíny **fytomasa** pre biomasu rastlín, pre biomasu živočíchov termín **zoomasa**. Takéto diferencovanie pojmov nie je potrebné; označenie biomasa bylín, biomasa drevín, biomasa pstruhov je naprosto jednoznačné. Termínom **produktivita** sa označuje výkon vo vytváraní biomasy, to znamená prírastok produkcie za určité obdobie, ktorý vyjadruje rýchlosť produkcie biomasy.

Biomasa je teda všetka organická hmota prítomná v ekosystéme v určitom čase; vyjadruje sa počtom jedincov (hustota), ich hmotnosťou (najčastejšie suchou hmotnosťou – sušinou) a obsahom energie (v jednotkách energie) na jednotku plochy. K biomase patrí aj odumretá organická hmota (napr. odumreté orgány rastlín spojené s živými rastlinami), ktorá sa nazýva **nekromasa**. Biomasa odumretých orgánov (lístie, konáriky, škrupiny) opadnutá na povrch pôdy sa nazýva **opad** a jej množstvo sa sleduje osobitne. Biomasa teda predstavuje celkovú organickú hmotu ekosystému.

Výsledok fotosyntetickej činnosti producentov (zelených rastlín) sa nazýva **primárna produkcia**. Biomasa konzumentov, dekompozítorov a parazitov sa označuje ako **sekundárna produkcia**.

### 7.2.1. Primárna produkcia

Hlavnou funkciou zelených (autotrofných) rastlín v ekosystéme je **funkcia primárnych producentov**, ktorí viažu slnečnú energiu do chemických väzieb produktov fotosyntézy. Tieto produkty sú potom zdrojom hmoty a energie nielen pre všetky ďalšie životné procesy v rastlinách samotných, ale aj pre tvorbu tiel a životné procesy všetkých ostatných živých organizmov ekosystému (živočíchov, húb, baktérií).

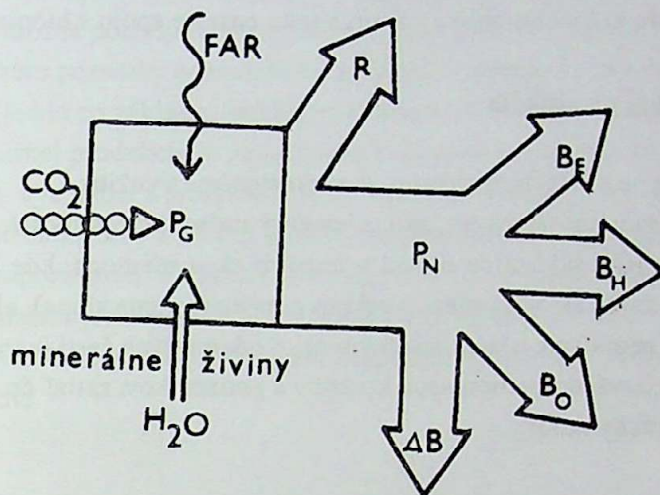
Zdrojom energie pre primárnu produkciu je slnečné žiarenie. Z celkového obrovského žiarivého toku zo Slnka ( $3,8 \cdot 10^{26} \text{ J} \cdot \text{s}^{-1}$ ) dopadá na povrch atmosféry Zeme iba asi jedna dvojmiliardtina (t.j.  $1,38 \text{ kJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ), tzv. solárna konštanta. Len asi 0,8% energie z dopadajúceho slnečného žiarenia (vo váženom priemere pre všetky ekosystémy) je využité v procese fotosyntézy v primárnych producentoch. Tento malý zlomok energie, ktorá vstupuje do ekosystému, udržiava „fungovanie“ všetkých procesov v ekosystéme.

Skutočné využitie slnečného žiarenia (fotosynteticky aktívnej radiácie) pre primárnu produkciu je nižšie než teoreticky maximálne možná hodnota, pretože existuje neúplná absorpcia dopadajúcej FAR (70 – 75%) spôsobená **odrazom** dopadajúceho žiarenia od povrchu listov. Priemerný list odráža 6 – 12% FAR, rovnako aj porast s jednou uzatvorenou vrstvou listov. Zvyšok žiarenia prechádza listom



nepohltený (transmisia). V poraste štruktúrne zložitom (nie len s jednou uzatvorenou vrstvou listovou) sa percento absorpcie FAR zvyšuje predovšetkým so stúpajúcou listovou plochou a výškou porastu, takže môže dosiahnuť až 85–90 %. Čím menšia listová plocha, tým menšia absorpcia FAR. Existuje aj nelineárna závislosť fotosyntézy na FAR. Pri vyšších hodnotách ožiarenia jeho účinnosť klesá, pretože stúpa podiel žiarenia, ktoré sa mení na teplo. Nadmerné teploty potom znižujú rýchlosť biochemických procesov fotosyntézy a zvyšujú straty dýchaním. Rýchlosť fotosyntézy závisí aj na prísune oxidu uhličitého k redukčným centráam v chloroplastoch. Ďalšími príčinami sú rôzne fyziologické procesy, ktoré regulujú fotosyntézu a sú ovplyvňované takmer všetkými vonkajšími faktormi (predovšetkým teplotou, obsahom a dostupnosťou vody a minerálnych látok v pôde) a vnútornými faktormi (napr. rastovými regulátormi).

Zdrojom hmoty pre primárnu produkciu biomasy je atmosférický oxid uhličitý a minerálne látky pochádzajúce prevažne z pôdných roztokov, čiastočne z atmosférických zrážok.



obr. 28. Produkcia primárnych producentov a jej ďalšie využitie.  $P_G$  – hrubá primárna produkcia,  $R$  – úbytok biomasy dýchaním rastlín,  $P_N$  – čistá primárna produkcia,  $B_E$  – export biomasy (ťažba, zber),  $B_H$  – biomasa spotrebovaná herbivormi,  $B_O$  – opad,  $\Delta B$  – prírastok trvalej biomasy primárnych producentov, FAR – fotosynteticky aktívne žiarenie (podľa Slavíkovej, 1986)

Primárna produkcia sa rozlišuje ako **hrubá produkcia** (brutto produkcia) –  $P_G$  – ktorá predstavuje celkový produkt činnosti fotosyntetického systému (celková asimilácia), vrátane asimilátov „predýchaných“ (spálených) pri záchovnej respirácii systému (listov). Nie je priamo merateľná, jej hodnoty vyjadrujeme súčtom čistej primárnej produkcie a dýchania (obidvoje je merateľné).

Čistá produkcia (netto produkcia) –  $P_N$  – je produkcia vyjadrená množstvom asimilovanej organickej hmoty, ktoré zostáva z hrubej produkcie po odpočítaní straty dýchaním. Niekedy sa používa termín čistá asimilácia.

Inak povedané, vo vegetačnom období sa v priebehu dňa vytvárajú v zelených rastlinách fotosyntetickými procesmi organické látky (fotosyntáty, asimiláty). Tieto produkty predstavujú **hrubú** primárnu produkciu  $P_G$ . Tá sa neprejaví celá ako **prírastok biomasy**, ktorý predstavuje množstvo asimilovanej organickej hmoty, ktorý zabezpečuje uchovanie existujúcich nefotosyntetických orgánov, tvorbu nových orgánov, produkciu a uskladnenie zásobných látok, a ktorý môžeme merať. Časť hrubej produkcie je sústavne odbúravaná aerobnými dýchacími procesmi, ktoré z nich získavajú energiu a medziprodukty pre ďalšie životné pochody rastlín. Rýchlosť dýchania sa označuje ( $R$ ) respirácia. Prevaha tvorby organickej hmoty nad jej stratami dýchaním ( $P_G$  je väčšie ako  $R$ ) sa prejavuje ako čistá primárna produkcia  $P_N$ :

$$P_N = P_G - R$$



Veľkosť produkcie za rok sa môže významne líšiť medzi druhmi s rozdielnym životným cyklom a ontogenetickým vývojom. Príklad: rýchlorastúca slnečnica ročná na dobrých stanovištiach môže dosiahnuť asi 600 g sušiny za rok, a na druhej strane buk (pomaly rastúci, trváci) počas prvého roku života vytvorí len asi 1,5 g sušiny.

Dýchanie (R): ako aerobná oxidácia znamená stratu organickej hmoty spojenú s uvoľňovaním  $\text{CO}_2$  a  $\text{H}_2\text{O}$ . Táto strata biomasy a v nej obsiahnutej energie dýchaním je trvalou negatívnou zložkou bilancie biomasy primárnych producentov (rovnako ako ostatných organizmov). Rýchlosť dýchania je úmerná biomase (udržiavacie dýchanie), stúpa s teplotou a zvyšuje sa s rýchlosťou rastu (rastové dýchanie). Dýchanie je veľmi intenzívny proces. Strata biomasy dýchaním zodpovedá pri bylinných porastoch 20 – 50%  $P_G$ , priemerne sa uvádza hodnota 30 – 40 %.

Bolo odhadnuté, že množstvo organických látok, ktoré sú vylučované koreňovými systémami rastlín do pôdneho prostredia a stávajú sa živným substrátom pre mikroorganizmy rizosféry, môže tvoriť značný podiel (až jednu tretinu hrubej primárnej produkcie). Tieto látky sú potravou členov detritových reťazcov, a zapájajú sa do kolobehu uhlíka i živín a toku energie spolu s biomasou opadu.

### Využitie čistej primárnej produkcie

Produkcia, ktorá zostala po stratách dýchaním, je v ekosystéme využitá:

- ako trvalá biomasa samotných rastlín, ako priemerný **ročný prírastok** ich biomasy ( $\Delta B$ ). Prírastok trvalej biomasy je veľmi podstatný najmä v lesných ekosystémoch, kde ho tvorí najmä prírastok biomasy dreva. Tento prírastok sa mení s vekom porastu (mierne stúpa), ale od určitého veku klesá nakoľko sa zvyšuje respirácia, a predovšetkým opad odumretých častí je vyšší. V lúčnych ekosystémoch je tvorený predovšetkým biomasou koreňov a podzemkov, zatiaľ čo trvalý prírastok nadzemnej biomasy je prakticky nulový.
- väčšinou najvyšší podiel  $P_N$  sa stane opadom, tvoria ho odumreté a od rastlín už oddelené nadzemné časti (listy, vetvy, stonky, kvety) i odumreté časti podzemné (korene, podzemky, cibule). **Biomasa opadu** ( $B_O$ ) sa stáva potravou organizmov detritového potravného reťazca a končí celkovou mineralizáciou, čiastočne s určitým udrzaním v trvalom pôdnom humuse. Množstvo opadu je rôzne: značný je opad v lesných ekosystémoch, kde tvorí priemerne až 70 – 80 %  $P_N$ . Pri nekosených a nespášaných trávnatých ekosystémoch tvorí ročný nadzemný, ale aj podzemný opad takmer celú čistú primárnu produkciu za rok.
- časť živej biomasy ( $B_H$ ) je **skonzumovaná bylinožravými organizmami** (herbivory a fytofágy) a tvorí počiatok potravného reťazca pastevno-koristníckeho. Tento podiel  $P_N$  je v lesných ekosystémoch často menší ako 1 %, naopak pri pastvinách tvorí až 60 %  $P_N$ , pri fytoplanktóne vodných ekosystémov až 100 % ročnej  $P_N$ .
- časť biomasy ( $P_N$ ) môže byť z ekosystému exportovaná ( $B_{ex}$ ). V prirodzených (lesných) ekosystémoch je **export biomasy** primárnych producentov minimálny a predstavuje ho napr. odplavovanie opadu vodou alebo odnášanie vetrom z ekosystému. Značne veľký a pre ekosystém významný, je periodický export nadzemnej biomasy z ťažených lesných porastov. Znamená tiež export minerálnych živín viazaných v biomase dreva. Vysoký je export biomasy pri zbere úrody poľných ekosystémov, kde môže tvoriť až 30-40 %  $P_N$ , v niektorých prípadoch (zemiaky, repa, zelenina) až 100 %.



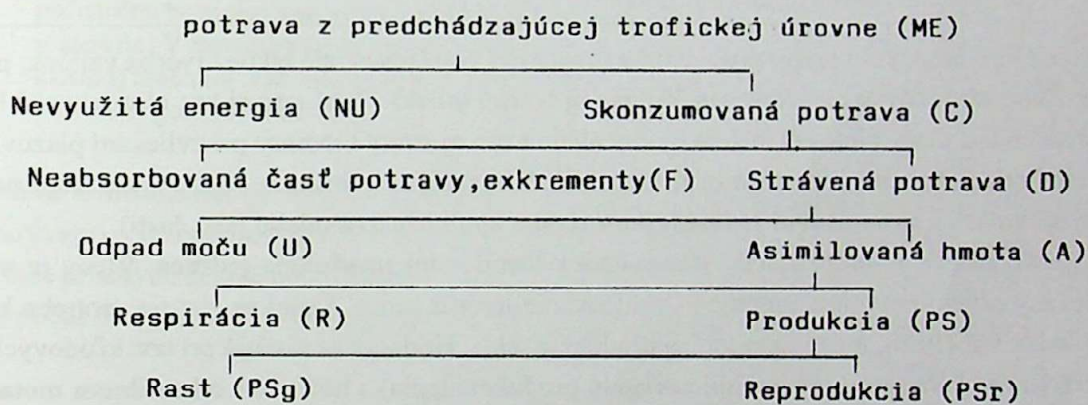
### 7.2.2. Sekundárna produkcia

K sekundárnym producentom patria všetky heterotrofné organizmy, teda živočíchy, huby, baktérie a nezelené rastliny. Hlavným dôvodom, ktorý komplikuje stanovenie produkcie týchto organizmov, je existencia veľkého počtu druhov v biocenózach, ale taktiež ich rôznorodé životné prejavy. Príkladom môže byť obrovský počet bezstavovcov v jednotlivých typoch ekosystémov, alebo existencia omnivorov (všežravcov) pri vyšších živočíchoch, ktorí sťažujú alebo dokonca znemožňujú rozlíšenie prvého radu (primárnych mäsožravcov), prípadne konzumentov ďalšieho radu.

Práve vďaka veľkému počtu druhov a rôznorodosti životných prejavov, stanovenie sekundárnej produkcie živočíchov a toku energie konzumentov sú považované za veľmi zložitý ekologický problém.

Prvoradým predpokladom získania poznatkov tohto charakteru je dokonalé poznanie početnosti a distribúcie organizmov, ktoré sú (pokiaľ je to vôbec možné), študované na jednotlivých trofických úrovniach. Len takto je možné pochopiť zložité ekosystémy s obrovským počtom potravinových reťazcov a vzájomných väzieb. Preto poznatky o produkcii a trofických vzťahoch, ako aj samotný rozvoj bioenergetiky sú pokladané za jednu zo základov stratégie výskumu ekosystémov.

Stanovenie sekundárnej produkcie je najjednoduchšie na úrovni jedinca, respektíve populácie. Základná schéma (obr.29) vychádza z predpokladu, že jedince (jedinec) z potravy, ktorá bola vytvorená, alebo dostupná na predchádzajúcej trofickej úrovni časť skonzumujú a zvyšná časť ako nevyužitá zostáva k dispozícii dekompozítorom. Zo skonzumovanej potravy je časť skutočne asimilovaná a zvyšok prechádza síce tráviacim ústrojenstvom ale je vylúčená ako neasimilovaná vo forme trusu, moču a potu. Asimilovaná časť sa využíva na tvorbu tkaniva a zabezpečenie reprodukcie ako aj na zabezpečenie chodu respiračných procesov.



obr. 29. Schéma priebehu delenia hmoty a energie prijatej živočíchom (upravené podľa Lososa *et al.*, 1984)

Z uvedenej schémy je možné aplikovať vzťahy (tab.4), ktoré existujú medzi jednotlivými časťami metabolizmu u sekundárnych producentov (napr. sekundárna produkcia = asimilácia – respirácia). Na základe týchto vzťahov sa používajú rôzne metódy merania sekundárnej produktivity.



Tab. č. 4: Terminológia, symboly a vzorce používané pre výpočet rozličných častí metabolizmu heterotrofných živočíchov (upravené podľa Petrusewicza a MacFaydena, 1970)

| Pojem       | Definícia                                 | Symbol | Vzorec                           |
|-------------|-------------------------------------------|--------|----------------------------------|
| esimilácia  | absorbovaná energia (hmota)               | A      | $A = C - F - U$                  |
| eliminácia  | straty energie uhynutím, zvliekaním       | E      |                                  |
| uria        | močom alebo kožou vylúčená hmota          | U      |                                  |
| faeces      | exkrementy, neabsorbovaná časť konzumácii | F      |                                  |
| konzumácia  | potravinou prijatá energia                | C      | $C = ME - NU$                    |
| rast        | tvorba telových tkanív                    | PSg    |                                  |
| reprodukcia | tvorba potomstva                          | PSr    |                                  |
| produkcia   | vytvorená hmota tkanív a potomstva        |        | $PS = A - R$<br>$PS = PSg + PSr$ |
| digesta     | strávená hmota                            | D      | $D = A + U$                      |
| respirácia  | hmota spotrebovaná pri látkovej výmene    | R      | $R = A - PS$                     |

Sekundárnu produkciu predstavuje tvorba tkanív tel živočíchov, ale taktiež tvorba vajíčok, prípadne ikier, alebo zárodok, u cicavcov sem radíme aj tvorbu mlieka. Patrí sem aj tzv. eliminovaná hmota, ktorú predstavujú straty biomasy, najmä úhyny alebo napr. aj straty biomasy pri zvliekaní plazov.

**Metódy** na stanovenie sekundárnej produkcie sú **laboratórne** a **terénne**. Môžu sa zakladať na troch rôznych úrovniach a to na **úrovni jedinca**, **populácie** a **spoločenstva** (alebo jeho časti).

Najjednoduchšie je **laboratórne stanovenie sekundárnej produkcie jedinca**. Vtedy je meraný a regulovaný príjem energie a merané je vylučovanie trusu a moču. Ďalej sa zisťuje spotreba kyslíka a výdaj oxidu uhličitého, môže sa merať aj produkcia tepla. Hodnoty sa zisťujú pri tzv. kludových podmienkach (nevyužíva sa energia pre mimoriadnu produkciu tepla) a hovoríme o **bazálnom metabolizme**. V teréne sú však hodnoty približne dvojnásobné, pričom vplyv majú podmienky prostredia a druh živočícha.

**Sekundárna produkcia populácie** sa stanovuje na základe rastu jedincov populácie a reprodukcie. V závislosti od rôznorodosti životných prejavov sa aplikujú dva spôsoby a to:

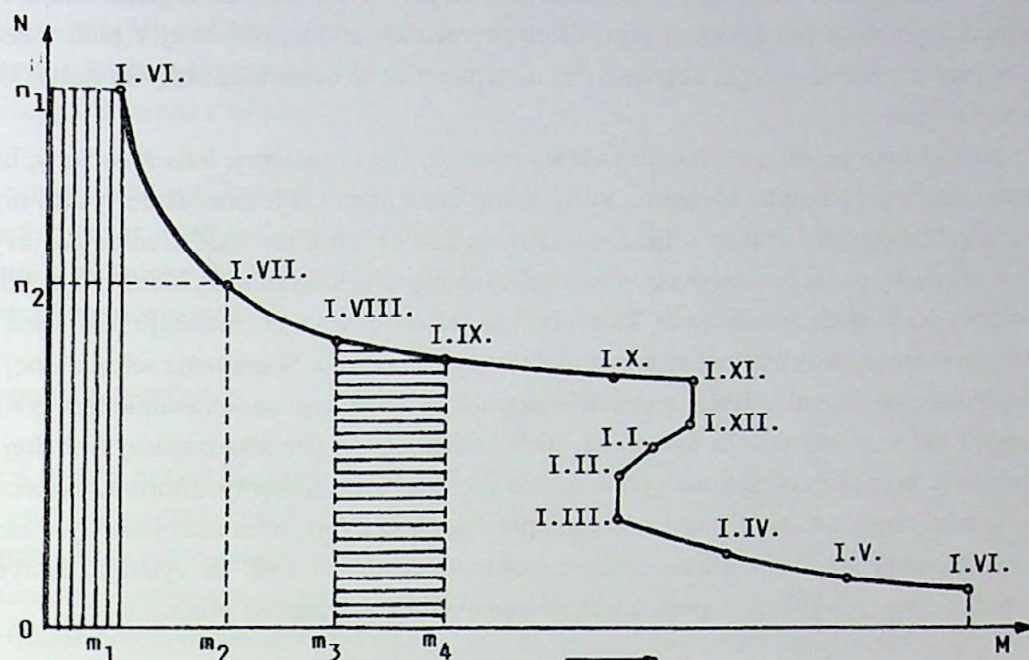
- **metóda kohortová** (u živočíchov s ohraničenými periódami rozmnožovania kedy možno rozlíšiť vývojové štádiá – kohorty). Sleduje sa rast jednotlivých častí populácie. Sekundárna produkcia (PS) za určité obdobie (t) sa rovná súčtu prírastku biomasy jedincov ktorí prežili ( $B_t - B_0$ ) a biomasy eliminovaných jedincov v dôsledku mortality resp. emigrácie ( $B_E$ ). **Matematicky** sa počíta podľa vzťahu:

$$PS = B_E + (B_t - B_0),$$



pričom biomasa (B) je násobkom hmotností a početnosti populácie v určitom období. Výsledná hodnota produkcie kohorty v čase t je prírastkom biomasy násobený priemerným počtom jedincov.

Sekundárnu produkciu kohorty možno zistiť aj **graficky**, kedy vychádzame z počtu jedincov, mortality a rastu (obr. 30).



obr. 30. Stanovenie sekundárnej produkcie grafickou metódou u populácie rýb. Počty jedincov  $n_i$  vo vzťahu k priemernej hmotnosti  $m_i$  predstavujú rast biomasy za súčasného znižovania počtu jedincov v dôsledku mortality od I.VI. do I.VII. nasledujúceho roka. Plocha obdĺžnika  $n_1 - I.VI. - m_1 - 0$  predstavuje počiatočnú biomasu (vodorovne šrafované), štvorholník I.VIII. - I.IX. -  $m_4 - m_3$  predstavuje produkciu v auguste. V novembri sa hmotnosť nezvýšila a zároveň klesol počet jedincov, v decembri a januári klesla aj hmotnosť. Od celoročnej produkcie pod krivkou sa odpočíta výsek plochy za december a január (upravené podľa Allena, 1951).

- **metóda kontinuálna** (u živočíchov, u ktorých sa kohorty pri plynulom rozmnožovaní vzájomne prekrývajú). Sekundárnu produkciu stanovíme **matematicky** ako súčet produkcií zistených na základe priamych denných prírastkov biomasy jednotlivých štádií ( $\Delta m_i$ ) násobených počtom jedincov ( $N_i$ ) počas dĺžky trvania štádia ( $t_i$ ) podľa vzťahu:

$$PS = \sum N_i \cdot \Delta m_i / t_i$$

**Sekundárna produkcia cenóz** alebo ich častí sa stanovuje súčtom produkcie populácií, pretože komplexné stanovenie je zložité.

## ZHRNUTIE

Produkcia zelených rastlín, primárnych producentov sa rozlišuje ako hrubá produkcia (celková asimilácia) a čistá produkcia (čistá asimilácia), tzn. množstvo asimilovanej organickej hmoty, ktoré zostalo po odpočítaní strát dýchaním. Výsledkom produkčných i degradačných procesov (fotosyntézy, chemosyntézy, dýchania, opadu odumretých častí, ohryzu herbivormi a i.) je biomasa primárnych producentov (teda zostatok biomasy rastliny alebo porastu k určitému časovému bodu). Biomasu rastlín môžeme deliť na nadzemnú a podzemnú.



Biomasa pri trvácich rastlinách mierne stúpa s vekom rastliny, ale produkcia, resp. prírastok za čas vekom klesá, nakoľko sa zvyšuje respirácia (R), a predovšetkým opad odumretých častí ( $B_o$ ) je vyšší.

Biomasa primárnych producentov tvorí v úplnej väčšine všetkých terestrických ekosystémov najväčší podiel z ich celkovej biomasy. To preto, že primárni producenti vytvárajú za daných podmienok maximálne množstvo organickej hmoty (a v nej chemicky viazanej energie). Počínajúc všetkými ďalšími procesmi, ktoré nasledujú v tele rastlín samotných, i v ďalších organizmoch, v ekosystéme tejto organickej hmoty pri všetkých jej ďalších premenách ubúda, ubúda aj v nich viazanej energie. Hmota je predýchaná, energia degradovaná na teplo, zložité organické látky sú nakoniec rozkladané až mineralizované.

K sekundárnym producentom patria všetky heterotrofné organizmy, teda živočíchy, huby, baktérie a nezelené rastliny. Hlavným dôvodom, ktorý komplikuje stanovenie produkcie týchto organizmov, je existencia veľkého počtu druhov v biocenózach, ale taktiež ich rôznorodé životné prejavy. Príkladom môže byť obrovský počet bezstavovcov v jednotlivých typoch ekosystémov, alebo existencia omnivorov (všežravcov) pri vyšších živočíchoch, ktorí sťažujú alebo dokonca znemožňujú rozlíšenie prvého radu (primárnych mäsožravcov), prípadne konzumentov ďalšieho radu. Stanovenie sekundárnej produkcie je najjednoduchšie na úrovni jedinca, respektíve populácie, využívajú sa matematické a grafické metódy. Živočíchy z potravy, ktorá bola vytvorená, alebo dostupná na predchádzajúcej trofickej úrovni časť skonzumujú a zvyšná časť ako nevyužitá zostáva k dispozícii dekompozítorom. Zo skonzumovanej potravy je časť skutočne asimilovaná a zvyšok prechádza síce tráviacim ústrojenstvom, ale je vylúčená ako neasimilovaná vo forme trusu, moču a potu. Asimilovaná časť sa využíva na tvorbu tkaniva a zabezpečenie reprodukcie ako aj na zabezpečenie chodu respiračných procesov.

#### *Kontrolné otázky:*

1. *Pre ktoré procesy v ekosystéme je potrebná energia a v akej forme.*
2. *Vysvetlite prepojenie toku energie a kolobehov látok.*
3. *Aké sú zdroje energie v ekosystéme.*
4. *Aké zdroje využívajú producenti, konzumenti, dekompozítori.*
5. *Ako vzniká biomasa primárnych producentov.*
6. *Čo je čistá primárna produkcia.*
7. *Aké je využitie čistej primárnej produkcie.*
8. *Čo je prírastok biomasy a aký je jeho podiel z čistej primárnej produkcie v ekosystéme les – lúka – pole.*
9. *Charakterizujte sekundárnych producentov.*
10. *Aké sú hlavné metódy stanovenia sekundárnej produkcie.*

### 7.3. TROFICKÁ ŠTRUKTÚRA EKOSYSTÉMU

Ako už bolo spomenuté, značný podiel živej organickej hmoty primárnych producentov sa postupne stáva potravou rôzne dlhého sledu ďalších heterotrofných organizmov, ktoré sa živia najskôr rastlinnou biomasou a potom biomasou živočíchov a tieto sú samotné korisťou ďalších. Tento sled potravných – trofických – stupňov sa nazýva **potravný reťazec**.

Podstatou je presun látok a energie z rastlín ako primárneho zdroja sériou organizmov, ktoré ich konzumujú a ďalej sú samé konzumované. Pretože pri každom prenose energie sa pomerne veľká časť potenciálne disponibilnej energie stráca vo forme tepla (približne 80–90 % energie), počet jednotlivých článkov v potravnom reťazci býva obmedzený obyčajne na 3–4 až 5.



Podľa účasti na jednotlivých článkoch potravného reťazca možno organizmy v prirodzených ekosystémoch zaradiť k určitým **potravným stupňom** alebo **trofickým úrovniam**. Prvú trofickú úroveň predstavujú zelené rastliny (producenti), druhú bylinožravce (úroveň primárnych fytofágnych konzumentov), tretiu mäsožravce živiace sa bylinožravcami (úroveň sekundárnych konzumentov) a štvrtú trofickú úroveň predstavujú sekundárne mäsožravce (úroveň terciárnych konzumentov). Toto funkčno-trofické delenie nezohľadňuje skutočnú účasť jednotlivých druhov v potravných reťazcoch. Populácie jednotlivých druhov podľa zdroja, z ktorého získavajú energiu, môžu zastupovať viaceré trofické úrovne. Potravné reťazce začali najskôr študovať ekológovia – zoológovia, a preto používaná terminológia je vytvorená z hľadiska konzumentov.

Na základe uvedeného rozlišujeme tri základné typy potravných reťazcov:

- **detritový reťazec** – začína mŕtvou, na zem opadnutou biomasou ( $B_0$ ),
- **pastevno-koristnícky** (herbivorný) potravný reťazec – začína živou rastlinnou biomasou ( $B_H$ ),
- **parazitický** potravný reťazec

### Detritový potravný reťazec:

**Opad** – zásoba mŕtvej biomasy, je materiálom pre postupný rozklad; uskutočňujú ho heterotrofné organizmy, dekompozítory, rozkladači (mikrokozumenti). Produkt počiatočného a zároveň materiál ďalšieho rozkladu sa nazýva **detritus** (detritát).

Prvý stupeň v detritovom potravnom reťazci tvoria pôdne baktérie, aktinomycéty a huby a na ne nadväzujú ďalšie pôdne organizmy tvoriace edafón. V detritovom reťazci sú ako **saprofágy**, (živí sa látkami z odumretej, čiastočne rozloženej biomasy), tak aj **pôdne predátory**, t.j. organizmy, ktoré sa živí inými živočíšnymi členmi detritového potravného reťazca.

Detritus sa postupne skladá nielen z rozkladanej mŕtvej biomasy primárnych producentov, ale prístupujú k nemu aj výkaly a odumreté telá živočíšnych konzumentov z pastevno-koristníckeho potravného reťazca a rozložiteľné organické zvyšky ľudskej civilizácie. Tým detritový potravný reťazec nadväzuje na všetky trofické úrovne pastevno-koristníckeho potravného reťazca a podieľa sa na metabolickej degradácii organických látok čím ďalej na jednoduchšie organické a anorganické zlúčeniny. Časť rozkladajúcej sa organickej hmoty zostáva väčšinou po určitú dobu v pôde vo forme humusu – organickej pôdnej hmoty. Biochemicky premenenú, ale na energiu doposiaľ bohatú organickú hmotu, zotrúvajúcu po dlhú dobu, predstavujú fosílna palivá (rašelina, uhlie, nafta, zemný plyn), ktoré ako zdroj energie využíva ľudská civilizácia.

Detritový potravný reťazec je najdôležitejším faktorom umožňujúcim v ekosystéme kolobeh (cyklus) uhlíka a minerálnych prvkov. Tento cyklus – od odumretej organickej hmoty k jej rozkladu, mineralizácii – sa nazýva **krátky cyklus** – kolobeh. Má kvantitatívne podstatne väčší význam ako dlhý cyklus, pretože umožňuje relatívne rýchlejšie uvoľnenie všetkých minerálnych látok pre výživu rastlín (primárnych producentov). Príklad: v lesných ekosystémoch prejde krátkym cyklom 100 x viac biomasy primárnych producentov ako dlhým cyklom.

Existuje aj tzv. **skrátенý kolobeh** – v tých prípadoch, keď organické látky z iba čiastočne rozloženej biomasy sú priamo prijímané saprofytickými organizmami. Saprophytické mykorizné huby žijúce na koreňoch primárnych producentov im umožňujú príjem živín priamo z rozkladajúcej sa biomasy skôr, ako došlo k jej mineralizácii. Tento kolobeh je výhodný v podmienkach, v ktorých by mohlo dôjsť k vyplavovaniu uvoľnených minerálnych prvkov veľkým množstvom zrážok, a tým k strate živín z ekosystému.

Primárni producenti a dekompozítory sú podstatnou zložkou ekosystémov, bez nich by ekosystém nemohol existovať. Tvorba primárnej produkcie ako aj rozklad organickej hmoty sú základným predpokladom existencie ekosystémov.



**Herbivorný potravný reťazec** (pastevno-koristnícky, reťazec dravcov):

Začína živou biomasou primárnych producentov, ktorá je najskôr skonzumovaná bylinožravými živočíchmi, t.j. herbivormi (fytofágmi), rôznych druhov a rozmerov, od drobného fytofágneho hmyzu až po veľké bylinožravé cicavce (aj dobytok). Do tohoto trofického reťazca patria aj všežravce a človek. Na herbivorov nadväzuje niekoľko trofických úrovní karnivorov, ktoré sa rátajú podľa svojej vzdialenosti od primárneho producenta.

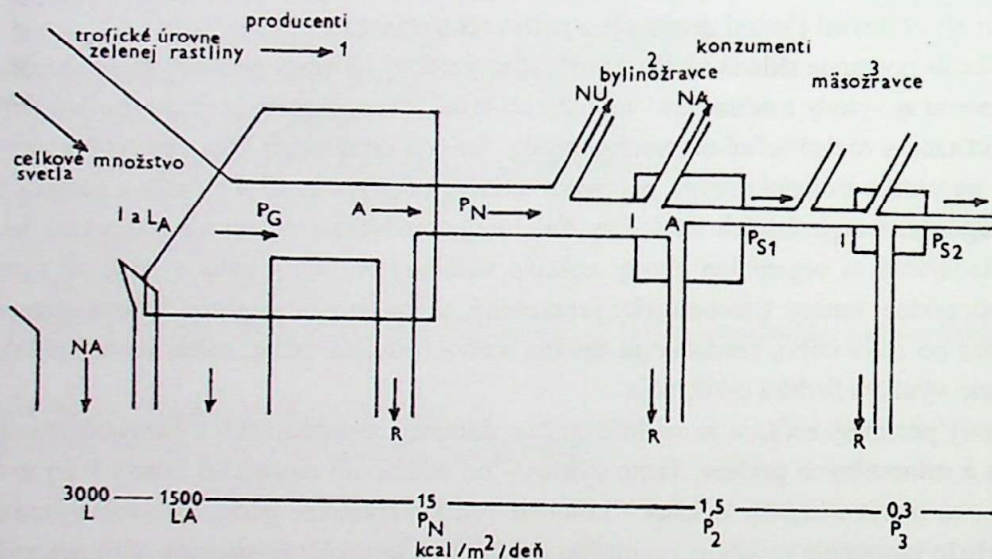
Charakteristickým znakom pre tento potravný reťazec je zväčšovanie veľkosti tela živočíchov na jednotlivých trofických úrovniach pri súčasnom znižovaní ich počtu. Pri postupnej konzumácii predchádzajúcich členov reťazca nasledujúcimi členmi sa časť hmoty potravy a v nej viazanej energie nevyužije, pretože ako nestrávené exkrementy (trus) alebo iné exkrécie odchádzajú do detritového reťazca. Tento trofický reťazec predstavuje **dlhý cyklus** (kolobeh) minerálnych látok.

**Ret'azec parazitov:**

Začína od hostiteľa, ktorý je základným zdrojom potravy a energie, pokračuje často až k hyperparazitom (tzv. parazity druhého radu). Na rozdiel od predchádzajúceho sa v tomto type potravného reťazca veľkosť organizmov znižuje a zvyšuje sa ich početnosť.

Trofické reťazce sú v prírode zvyčajne prepletené, napr. ten istý producent môže byť potravou rôznych typov herbivorov a tieto zasa rôznych karnivorov. Tak existuje v ekosystéme komplexná mnohostrannosť trofických reťazcov; tvoria vzájomne prepojené väzby nazývané **trofické siete**.

Základný princíp potravných reťazcov a súčasnú platnosť obidvoch termodynamických zákonov je možné znázorniť pomocou diagramov toku energie. Zjednodušený model toku energie na troch trofických úrovniach je znázornený na obr. 31.



obr. 31. Zjednodušený model toku energie na troch trofických úrovniach, ktoré sú označené v lineárnom potravnom reťazci. Štandardné označenie toku energie:  $I$  – celkový vstup energie,  $L_A$  – svetelná energia pohltaná producentmi,  $P_G$  – hrubá primárna produkcia,  $P_N$  – čistá primárna produkcia,  $P_S$  – sekundárna produkcia,  $NU$  – nevyužitá energia,  $A$  – celková asimilácia,  $NA$  – neasimilovaná energia,  $R$  – respirácia. Spodná stupnica predstavuje rádové straty pri prechode trofickými úrovňami od počiatočnej slnečnej energie  $3\,000\text{ kcal/m}^2/\text{deň}$  ( $1\text{ kcal} = 4,185\text{ kJ}$ , podľa Oduma, 1977)

**Bilancia a efektívnosť premeny energie v trofických reťazcoch**

Množstvo disponibilnej energie v trofickom reťazci silne klesá pri každom prechode na novú úroveň, to znamená, že transformácie v trofickom reťazci prebiehajú s veľmi nízkou účinnosťou. Ekosystém funguje s veľmi nízkou efektívnosťou.



Tieto straty energie pri presune látok trofickými (potravnými) článkami sú spôsobované jednak neskonsumovaním všetkej potravy, kedy vzniká opad, zároveň časť skonzumovanej potravy nie je strávená, a je vylučovaná vo forme trusu. Pri dýchaní sa najväčšia časť energie z asimilovaných látok uvoľňuje vo forme tepla, ďalšia časť je vylučovaná močom a tak len minimálne množstvo je využité pre tvorbu biomasy konzumenta, ktorý je potravou pre ďalšieho konzumenta. Možno preto konštatovať, že čím kratší je potravný reťazec, tým väčšie je dostupné množstvo energie.

Z celkovej primárnej produkcie je bylinožravcami skonzumovaná malá časť, v terestrických ekosystémoch je to približne 8–20 % rastlinnej biomasy. Efektívnosť využívania primárnej produkcie je pritom oveľa vyššia v ekosystéme typu lúka, ako v ekosystéme typu les. V trávnatých ekosystémoch prechádza trofickou úrovňou primárnych konzumentov okolo 13–20 % rastlinnej biomasy, v lesných ekosystémoch je to len približne 8 %. Podstatná časť primárnej produkcie prechádza do trofickej siete až po odumretí vegetácie (opadom) prostredníctvom detritového reťazca.

Ekologická efektívnosť (účinnosť) je vzťah medzi čistou produkciou resp. asimiláciou na danej úrovni a produkciou na úrovni predchádzajúcej. Napr. fotosyntetická účinnosť svetla je rádovo 1 %, ekologická efektívnosť na stupni herbivorov 10 %, na úrovni karnivorov 20 %.

Rozlišujeme tzv. **asimilačnú účinnosť**, t.j. podiel strávenej (asimilovanej) potravy z potravy prijatej (skonsumovanej). Najčastejšie sa vyjadruje tento podiel v jednotkách energie. Býva dosť veľká, napr. pri prechode primárny producent – herbivor predstavuje 45 – 90 % energie v potrave, na karnivorných úrovniach je vyššia, až 70 – 98 %. Približne platí, že bezstavovce majú nižšiu schopnosť asimilovať prijatú potravu (zvyčajne 20 – 60 %) ako stavovce (70 – 90 %). Silné kolísanie však nastáva i počas vývinu (ontogenézy) jednotlivých druhov a vplyvom ročných období, počasia a pod. Významná je i výživná hodnota potravy, ktorá spätne pôsobí na vitalitu, vývoj, správanie a vzhľad konzumentov.

Pri terestrických bylinožravcoch, napríklad hovädzom dobytku, je na prírastok 1 kg hmotnosti potrebných približne 80 kg čerstvej trávy. Ekologická účinnosť predstavuje okolo 1,3 %.

**Príklad:** Jeden ha hnojenej lúky môže užiť 2 kusy dobytku o hmotnosti 500 kg. Avšak na prirodzenej stepi je potrebných pre 1 kus dobytku 10–15 ha.

Naproti tomu **produkčná efektívnosť** (EP), ktorá vyjadruje pomer produkcie biomasy v nasledujúcej trofickej úrovni (PN) k biomase predchádzajúcej trofickej úrovni ( $PN_{n-1}$ ), býva podstatne menšia (1 – 10 %). Príčinou sú obrovské straty energie dýchaním, ktoré sú pri živočíchoch vyššie ako pri rastlinách.

Rozdelenie biomasy v ekosystémoch a kvantitatívne vzťahy medzi jednotlivými trofickými stupňami (úrovňami) najlepšie vyniknú v grafickom zobrazení. Príkladom je tak takzvaná **Eltonova hypotetická pyramída**, ktorá vychádza z nasledovných (približných) údajov: hmotnosť jedného chlapca (50 kg) vyžaduje spotrebu 500 kg mäsa (1 teľa), na tvorbu ktorého je potrebné 5000 kg d'ateliny

V skutočnosti energetická spotreba bylinožravcov môže byť veľmi rozdielna a závisí od ich telesnej hmotnosti, schopnosti využiť energiu, typu vlastnej tepelnej regulácie a pod. Tak napr. telesná hmotnosť jednej kravy odpovedá zhruba 300 králikom. Denná spotreba kravy (7,5 kg sena) je menšia než u 300 králikov (30 kg), pretože straty tepla pri králikoch v dôsledku ich relatívne väčšieho telesného povrchu, väčšieho pohybu a pod., sú väčšie než pri krave. Preto napr. 3 tony krmiva pre kravu stačí na celý rok, pre králiky na 100 dní.

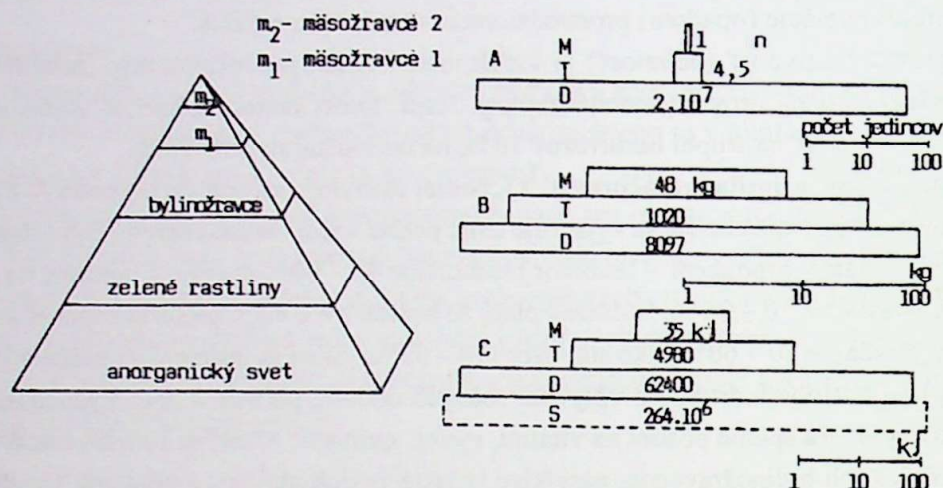
Mnohé bylinožravce sa živia len niektorými rastlinami alebo jedným druhom (monofágny hmyz), niektoré požírajú len určité časti rastlín (listy, korene, púčiky, šťavu, nektár a i.), alebo len počas nedostatku (ohryz drevín v zime), čo nemusí narušovať dynamickú rovnováhu ekosystému. Menšia konzumácia dokonca podporuje rýchlosť obnovy rastlín (u tráv skoro dvojnásobne). Až strata viac ako 50 % listovej plochy rastliny, ku ktorej môže dôjsť napr. pri premnožení húseníc, má za následok rapidný pokles produkcie ekosystému. Obzvlášť nebezpečná je konzumácia púčikov a mladých výhonkov pri drevinách (srnčia zver, piadivky), ktoré vedú k značnému poklesu prírastku v lese.



## Ekologické pyramídy

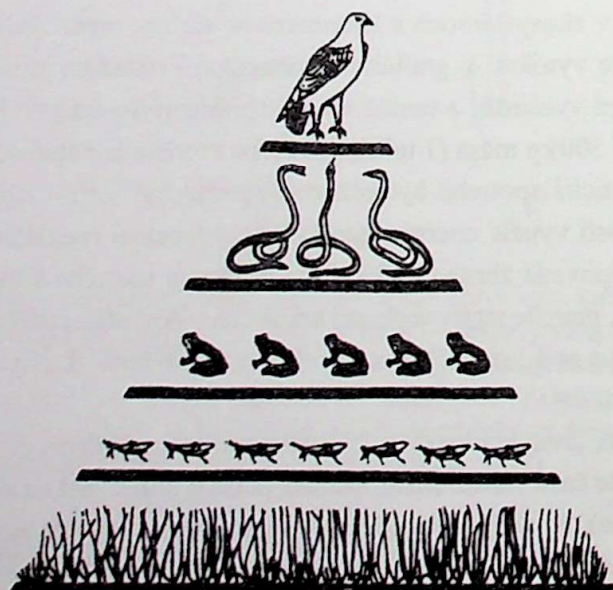
V každom ekosystéme existuje súčinnosť javov v potravných reťazcoch a vytvára sa vzájomné prepojenie medzi potravnými reťazcami. Pre určité typy ekosystémov vzniká charakteristická trofická štruktúra, ktorú je možné kvantifikovať a popisovať na základe množstva okamžitej biomasy (na jednotku plochy), alebo energie viazanej v jednotlivých trofických úrovniach (na jednotku plochy za určitý čas). Trofické úrovne sú navrstvené nad sebou v takom poradí, v akom po sebe nasledujú v trofických reťazcoch.

Trofickú štruktúru je možné graficky znázorniť formou **ekologických pyramíd**. Obecne platí, že čím je väčší počet trofických úrovní, tým je znázornená pyramída strmšia. Rozlišujeme 3 typy ekologických pyramíd.



obr. 32. Príklad grafického znázornenia trofickej štruktúry pomocou ekologických pyramíd. Vľavo je všeobecná schéma, vpravo pyramída početnosti (A), biomasy (B) a produkcie (C). Jedná sa o zjednodušený tok energie v reťazci Slnka (S), d'ateliny (D), teľaťa (T) a chlapca (M). (Upravené podľa Oduma, 1977).

**Pyramída početnosti** vyjadrená počtom jedincov na jednotlivých trofických úrovniach na danej ploche ekosystému.



obr. 33. Pyramída početnosti – zjednodušené predstavuje jednoduchý trofický reťazec : trávy – kobylky – žaby – hady – orol. (podľa Batesa)



Pyramída početnosti nie je najvhodnejšou názornou ilustráciou, pretože nevystihuje straty pri energetickom prenose ani vzťah veľkosti tela konzumentov k rýchlosti metabolizmu. Rozdiely počtov jedincov na jednotlivých úrovniach v spoločenstvách sú často tak veľké, že je obtiažne grafické znázornenie v jednej mierke. Preto sú údaje o počte prítomných jedincov v trofických úrovniach zvyčajne prehľadne podávané vo forme tabuľky. Táto pyramída často býva čiastočne alebo úplne obrátená, napr. v reťazci dub – obal'ovač dubový: na 1 ha ploche je oveľa menší počet jedincov duba než počet drobných húseníc obal'ovača.

**Pyramída biomasy** znázorňuje množstvo biomasy na jednotlivých trofických úrovniach na jednotku plochy (napr. v  $\text{g/m}^2$ ). Je pre názornú ilustráciu vhodnejšia a názorne ukazuje kvantitatívne pomery v okamžitej biomase jedincov jednotlivých trofických úrovní, vyjadrenej v živej hmotnosti alebo v sušine. Tento typ pyramídy podáva hrubú predstavu o celkových vzťahoch v potravinových reťazcoch. Vo väčšine prípadov je „normálne“ orientovaná so širokou základňou a postupne sa zužuje do hrotu. Výnimky sú pri vodných ekosystémoch (kedy biomasa drobných producentov môže byť menšia ako biomasa zooplanktónu). Určitou nevýhodou pyramídy biomasy je, že znázorňuje okamžitý, alebo priemerný stav. Nevyjadruje rýchlosť metabolizmu jednotlivých trofických úrovní.

**Pyramída produkcie** znázorňuje množstvo biomasy vyjadrené v jednotkách energie na jednotku plochy alebo objemu, za určitý čas. Je najvhodnejším typom vyhodnotenia potravných reťazcov, vždy je správne orientovaná (široká základňa sa zužuje do hrotu). Pomocou tohto typu pyramídy je možné porovnávať rozličné typy ekosystémov (vodné i terestrické), pretože sa tu uplatňuje faktor času. Predstavuje dynamické znázornenie, na rozdiel od pyramídy početnosti a biomasy, ktoré predstavujú len statické obrazy okamžitého stavu. Jej nevýhodou je však náročné získavanie údajov.

## ZHRNUTIE

Pre životné procesy organizmov a deje v ekosystéme je nevyhnutná energia (slnečná energia pre fotosyntézu, energia chemických väzieb pre prísun látok). Jednosmerný tok energie a kolobehy látok sú tak neoddeliteľne spojené vstupom energie do primárnych producentov a prechodom cez trofické úrovne. Množstvo energie vstupujúcej do ekosystému sa rovná množstvu energie vystupujúcej. Pri každej premene energie dochádza k jej degradácii a uvoľňovaniu. Spontánne prebiehajú iba tie procesy, ktorých produkty majú nižší obsah energie ako počiatočný stav a energia je uvoľňovaná.

Množstvo disponibilnej energie limituje počet článkov v trofických reťazcoch. Základné typy trofických reťazcov sú: detritový reťazec (začína odumretou biomasou), pastevno-koristnícky (herbivorný, začína živou biomasou rastlín) a parazitický. Prepojením trofických reťazcov vznikajú trofické siete. Pri presune látok trofickými článkami vznikajú straty (potrava neskonsumovaná, nestrávená, dýchanie, exkrementy a i.). Ekosystémy fungujú s malou účinnosťou.

Grafickým znázornením trofickej štruktúry ekosystému sú ekologické pyramídy. Najvhodnejšou formou je pyramída produkcie (biomasa jednotlivých trofických úrovní je vyjadrená v jednotkách energie na jednotku plochy za určitý čas). Vystihuje najlepšie produkčnú efektívnosť (pomer produkci biomasy jednotlivých úrovní) a straty energie.

### Kontrolné otázky:

1. Vysvetlite podstatu potravných reťazcov.
2. Charakterizujte základné trofické reťazce, uveďte príklady.
3. Aké sú straty energie v trofických reťazcoch a čo je ich dôsledkom.
4. Aké sú spôsoby vyjadrenia trofickej štruktúry ekosystému.



## 7.4. BIOGEOCHEMICKÉ CYKLY (KOLOBEHY LÁTKO) V EKOSYSTÉME

Zatiaľ čo tok energie je vo všetkých ekosystémoch jednosmerný a značí degradáciu energie, pohyb hmoty, najmä v prirodzených ekosystémoch, je do značnej miery cyklický. Hovoríme o **biogeochemických cykloch**, ktoré kvalitatívne a kvantitatívne opisujú kolobehy látok vo vnútri ekosystémov, prípadne ich import do alebo export z ekosystémov. Rozlišujeme teda pohyb látok v pevnom, plynnom a tekutom skupenstve (často sa prelínajúcom), a to ako **malý kolobeh** vo vnútri ekosystémov alebo **veľký kolobeh** v rámci celej biosféry, atmosféry, hydrosféry a litosféry. Litosféra ako základný zásobník látok (horniny, uložené sedimenty v hydrosfére) je charakteristická veľmi pomalým obratom, ostatné subsystemy sú typické rýchlym pohybom prvkov. Veľké biogeochemické cykly i niektoré malé kolobehy sú v podstate veľmi zložité, my na niektoré poukážeme len všeobecnými pripomienkami.

Poznatky o biosfére získavame skúmaním veľkých biogeochemických cyklov, ktoré väčšinou zasahujú do niekoľkých ekosystémov. Patrí sem kolobeh chemických abiotických prvkov, ktoré prechádzajú špecifickými cestami (v atmosfére i hydrosfére) z prostredia do organizmov a z organizmov do prostredia, z oceánov na kontinenty a z kontinentov k oceánu. Tieto prvky prenikajú do pletív rastlín a do tkanív živočíchov, včleňujú sa do nich a po ich uhynutí sa vracajú do prostredia, prerozdeľujú sa, rôzne sa transformujú a zložito premiestňujú, aby nakoniec boli prevzaté ďalšími organizmami.

Cykľus vody je dôsledkom prevažne fyzikálnych procesov: výpar kvapalnej vody, kondenzácia vodnej pary, transport vody v pôde, v rastlinách a v atmosfére. Cyklus uhlíka a minerálnych živín sú hlavne dôsledkom biologických procesov (napr. fotosyntézy, rastu primárnych producentov, mikrobiálnej asimilácie dusíka) alebo „odbúravacích“ schopností dekompozítorov. Ale **všetky biogeochemické cykly potrebujú trvalý prísun energie** zabezpečený slnečným žiarením. Táto energia v rôznej forme „poháňa“ fyzikálne a chemické, ale aj biologické procesy v ekosystéme.

Hlavné príčiny existencie biogeochemických cyklov:

- životné procesy živých zložiek ekosystémov sú neoddeliteľne spojené s premenou látok a energie, ktoré sú prijímané z prostredia a do neho sú vydávané,
- dĺžka života organizmov (pri rastlinách aj ich častí) je obmedzená a organizmy odumierajú,
- vzniká organický opad v najširšom chápaní (rastlinný opad, exkrementy, mŕtvoľy a i.), ktorý je bohatým zdrojom látok a energie pre dekompozítory,
- dekompozítory sú schopní postupne rozložiť každú prirodzenú mŕtvu organickú hmotu, upotrebiť z nej všetku využiteľnú energiu pre svoje životné procesy, čo vedie k jej mineralizácii.
- primárni producenti sú schopní mineralizované látky ( $\text{CO}_2$ , ióny minerálnych živín,  $\text{H}_2\text{O}$ ) znovu zabudovať do svojej živej biomasy.

Biogeochemický cyklus každej látky (prvku) prebieha v ekosystéme prakticky všetkými jeho zložkami (trofickými úrovňami), látka zostáva v každej z nich rôzne dlhú dobu podľa rýchlosti svojej premeny a podľa veľkosti zložky (subsystemu). Existencia biogeochemických cyklov a predovšetkým ich rýchlosť sú výrazným prejavom homeostatických vlastností každého ekosystému. To, čo sa označuje ako „normálny chod“, je dôsledkom evolúcie ekosystému. Nakoľko aj v prirodzených, človekom málo ovplyvňovaných ekosystémoch prebiehajú stále dlhodobé evolučné (aj keď nepozorovateľné) zmeny, menia sa aj biogeochemické cykly. Značné sú zmeny pri sukcesii spoločenstiev. Náhle a radikálne zmeny spôsobené človekom môžu zmeniť priebeh týchto cyklov tak, že môžu viesť aj k väčším alebo



menším ekologickým katastrofám. Ak nie je zmena trvalá, vracia sa biogeochemický cyklus do svojho normálneho chodu.

Biogeochemický cyklus je uzatvorený. Obecne platí: čím väčší je ekosystém, tým väčšia je jeho látková sebestačnosť a tým viac sú cykly uzatvorené.

Rýchlosť každého cyklu je ovplyvnená:

- prirodzenými alebo človekom spôsobenými zmenami v rozsahu jeho zložiek (napr. obmedzením vegetácie živelnou pohromou, premnožením fytofágneho hmyzu, vyrúbaním lesa),
- niektorým faktorom, ktorý podstatne zmení rýchlosť niektorého procesu (napr. nezvyčajným priebehom počasia zmenená dĺžka vegetačnej doby, a tým veľkosť primárnej produkcie, narušenie rozkladu opadu záplavou a pod.).

Cykly majú **obdobia stagnácie**, napr. vtedy, keď sa organická hmota nahromadí (zabrzdený rozklad), takže sa prvky „zdržia“ niekedy na veľmi dlhú dobu. Stagnáciu vyvoláva najmä proces sedimentácie pevných častíc. Zasahuje prvky obsiahnuté v pôdnych časticiach, ktoré sú eróziou uvoľnené z kontinentov, a potom sú vo veľkom množstve odnášané riekami a zrážkami do oceánov (najmä fosfor). Tu sa hromadia ako sedimenty na dne oceánov, a na súš sa vracajú len v malých množstvách, a to vo forme aerosólov dvíhaných z oceánov búrkami (napr. síra). Úlohou moderného človeka je spomaľovať bojom proti erózii túto fázu sedimentačných cyklov, ktorá vedie z pevnín do oceánov.

Rýchlosť cyklu sa odhaduje spravidla podľa rýchlosti niektorej jeho časti, ktorú sme schopní merať alebo vypočítať (napr. rýchlosť cyklu uhlíka z merania rýchlosti fotosyntézy) alebo rýchlosti „pôdneho dýchania“; rýchlosť cyklu vody môže charakterizovať ročná suma zrážok a pod.

Obsah vody vo vegetácii Zeme sa obmieňa až 12-krát za deň a dĺžka pobytu molekuly vody v rastline je priemerne len 2 až niekoľko hodín. Pohyb molekuly vody v atmosfére je tiež krátky, 9 až 10 dní, čiže ide o rýchlu výmenu, a vôbec o najrýchlejšiu cirkuláciu hmoty v atmosfére.

Zložky ekosystému, ktoré sú do biogeochemického cyklu niektorej látky zapojené, nebývajú rovnako veľké (objemné), ani nemávajú rovnakú koncentráciu tejto látky. Niektoré sú pre určitú látku veľmi heterogénne (pôda), iné sú značne homogénne (voda), a niektoré aj dobre a pravidelne premiešavané (napr. atmosféra). Najobjemnejšie zložky ekosystému pre určitú látku označujeme ako **zásobníky**, tieto sú súčasne aj jej **zdrojom**.

Súčasná civilizovaná spoločnosť však do veľkej miery narušuje biogeochemické cykly radikálnymi zmenami pôvodných ekosystémov v krajine, intenzívnym využívaním prírodných, hydrických a biotických zdrojov, priamym narušovaním biotických procesov a pod., ako aj znečisťovaním životného prostredia vedľajšími produkty ľudskej činnosti, odpadmi, najmä takými, ktoré ťažko alebo vôbec ne-recyklujú.

K biogeochemickým cyklom patria predovšetkým cykly uhlíka, vodíka, kyslíka, vody, dusíka, fosforu, síry a biogénnych kationtov. Dnes sa stále väčšia pozornosť venuje aj cyklom prvkov, ktoré sa môžu v priemyselných emisiách alebo poľnohospodárskych odpadoch stať nebezpečnými a znečisťovať prostredie.



## 7.4.1. Hlavné typy biogeochemických cyklov

Tab. č. 5. Vlastnosti biogeochemických cyklov hlavných biogénnych prvkov

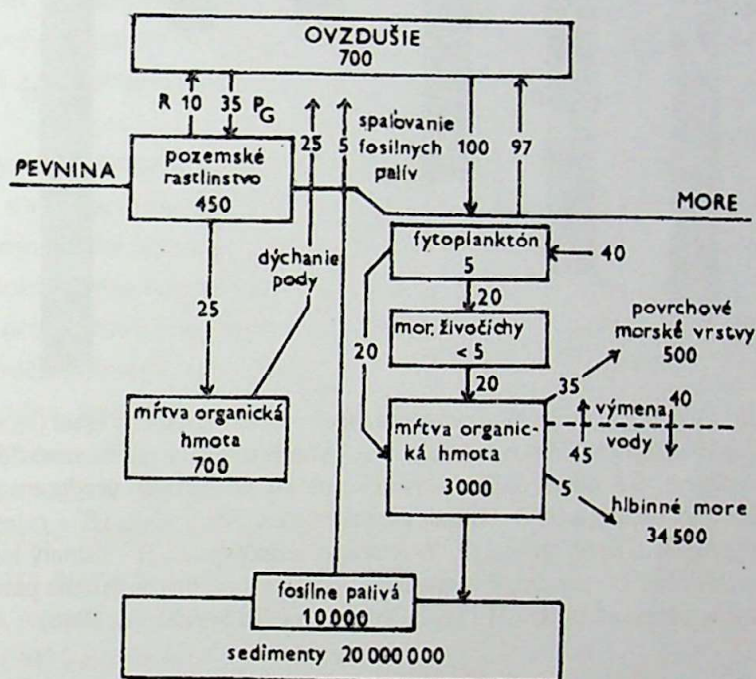
| Prvky                | Hlavné funkcie v primárnej produkcii            | Forma prijateľná pre primárnych producentov       | Hlavný zásobník na zemi vôbec | Hlavný vstup do ekosystému                 | Hlavný zásobník vo vnútri ekosystému              | Hlavný výstup z ekosystému                   | Hlavný podiel na cykle vo vnútri ekosystému | Hlavný proces určujúci rýchlosť cyklu | Príklad priemernej rýchlosti cyklu v lesnom ekosystéme ( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ ) |
|----------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| C                    | všetky organické látky                          | $\text{CO}_2$                                     | karbonátové sedimenty         | ako $\text{CO}_2$ fotosyntézou z atmosféry | biomasa primárnych producentov alebo pôda (humus) | ako $\text{CO}_2$ dýchaním do atmosféry      | fotosyntéza a dýchanie                      | fotosyntéza, $P_N$                    | 0,5                                                                                                            |
| O                    | všetky organické látky                          | $\text{H}_2\text{O}$ , $\text{O}_2$               | atmosféra, litosféra          | z atmosféry                                | vzduch                                            | fotosyntézou do atmosféry                    | dýchanie a fotosyntéza                      | fotosyntéza, dýchanie                 | 0,67                                                                                                           |
| $\text{H}_2\text{O}$ | „biologická voda“                               | $\text{H}_2\text{O}$                              | oceány                        | z atmosféry ako zrážky                     | pôda                                              | výparom do atmosféry, odtok                  | zrážky, transport, evapotranspirácia        | zrážky, evapotranspirácia             | 1000                                                                                                           |
| N                    | zložka bielkovín                                | $\text{NO}_3$ , $\text{NH}_4$                     | atmosféra                     | mikrobiálna fixácia z atmosféry (hnojenie) | pôda (org. N, $\text{NO}_3$ , $\text{NH}_3$ )     | denitrifikácia do atmosféry ( $\text{N}_2$ ) | mikrobiálne procesy v pôde                  | mikrobiálne procesy v pôde            | rýchlosť príjmu do primárnych producentov ( $\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ )<br>8          |
| P                    | energetický metabolizmus                        | $\text{HPO}_4$                                    | fosilne sedimenty             | zrážkami z atmosféry                       | nevýrazný                                         | odtok ( $\text{PO}_4$ ) (vodná erózia)       | mikrobiálna mineralizácia v pôde            | mikrobiálna mineralizácia             | 0,9                                                                                                            |
| S                    | zložka bielkovín                                | $\text{SO}_4$ z pôdy<br>$\text{SO}_2$ z atmosféry | horniny                       | zrážkami z atmosféry                       | pôda                                              | -                                            | mikrobiálna oxidácia a redukcia v pôde      | mikrobiálne procesy                   | 2,5                                                                                                            |
| K, Ca, Na, Mg        | minerálna výživa (enzýmy, chlorofyl, štruktúra) | ióny                                              | horniny                       | zvetrávanie                                | rastliny a pôda                                   | odtok                                        | mikrobiálna mineralizácia v pôde            | mikrobiálna mineralizácia             | $\text{K}^+6$<br>$\text{Ca}^+6$<br>$\text{Mg}^{2+}1$                                                           |



**Cyklus vody** (obr. 36)

Voda nie je iba zdrojom kyslíka a vodíka, ale tvorí najväčšiu časť tel živých organizmov (človek – 60 % vody, rastliny až 90 %).

Veľký kolobeh vôd na Zemi je známy: voda sa vyparuje pôsobením slnečnej energie z hladín, vzniká atmosférická vlhkosť; táto sa kondenzuje do mrakov; ich ochladením vznikajú zrážky vo forme dažďa alebo snehu; vodu zo zrážok absorbuje pôda alebo táto odteka po povrchu a znovu sa vracia do vodných nádrží. Terestrické a semiterestrické ekosystémy teda fungujú vo vzťahu ku zrážkam ako filter, a to na dvoch úrovniach: vo fytoценóze a v pôde. Voda, ktorú tento filter prepúšťa (povrchovým odtokom a vsakovaním) zásobuje vodné toky a povrchové i podzemné vodné nádrže. V malom cykle (v geobiocenóze – v terestrickom ekosystéme) sú jednotlivé fázy cyklu vody nasledovné: príjem – prienik – transpirácia – infiltrácia – povrchový odtok. Transpirovaná voda rozhoduje o primárnej produkcii, a tým aj o produkcii sekundárnej.

**Cyklus uhlíka**

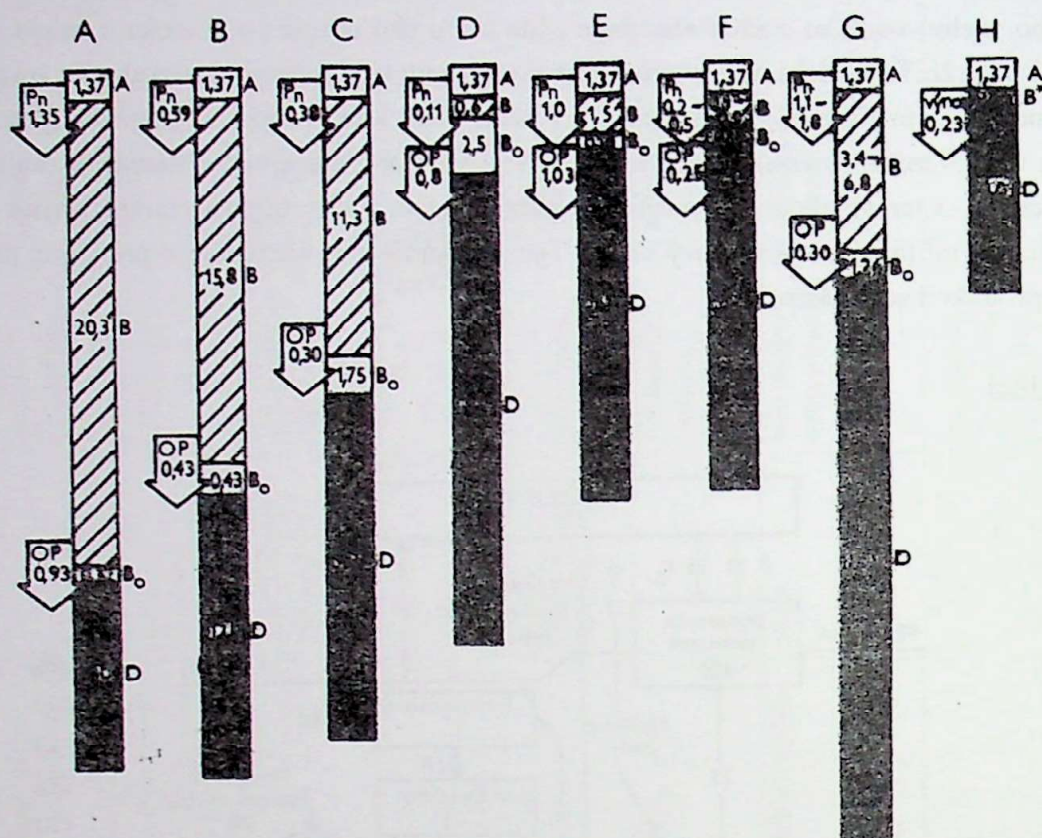
obr. 34. Blokovaná schéma kolobehu uhlíka. Bloky –  $10^{12}$  kg uhlíka, toky –  $10^{12}$  kg uhlíka za rok; R – respirácia,  $P_G$  – hrubá produkcia (podľa rôznych autorov: Slavíková, 1986)

Uhlík je základom tvorby organickej hmoty všetkých živých organizmov, v sušine biomasy vyšších zelených rastlín je ho priemerne 45 %. Rýchlosť obratu uhlíka v terestrických ekosystémoch je daná predovšetkým rýchlosťou fotosyntetického príjmu  $\text{CO}_2$  rastlinami zo vzduchu, ďalej dobou jeho zotrvania vo vytvorených organických látkach, dobou zotrvania v opade, prípadne v detrite, a tým aj rýchlosťou ich rozkladu po dobu zotrvania vo forme humusu. Cyklus uhlíka tak bezprostredne nadväzuje na priebeh detritového a herbivorného reťazca.

Človek do cyklu  $\text{CO}_2$  začal výrazne zasahovať (okrem poľnohospodárskej činnosti) spaľovacími pochodmi v priemysle, doprave, znižovaním rozlohy lesov a pod. More nestačí viazať prebytočný  $\text{CO}_2$ , a tak jeho obsah v ovzduší stúpa, vzniká nebezpečenstvo „skleníkového efektu“ v biosfére.



Vzhľadom na to, že primárna produkcia a rozklad organickej hmoty závisia od podmienok prostredia (rozklad najmä od teploty a vlhkosti), je rýchlosť obratu uhlíka určovaná v podstate klimatickými podmienkami. Z hľadiska celosvetového môžeme stanoviť rozdiely v priebehu cyklu uhlíka v jednotlivých makroklimatických typoch, t.j. v jednotlivých vybraných biómov na Zemi (obr. 35).



obr. 35. Priemerný obsah uhlíka ( $\text{kg C.m}^{-2}$ ) a čistá primárna ročná produkcia a ročný opad ( $\text{kg C.m}^{-2}.\text{a}^{-1}$ ) v typických ekosystémoch najdôležitejších biómov na Zemi: A – obsah uhlíka v stĺpci atmosféry nad porastom,  $P_n$  – čistá ročná produkcia, B – obsah uhlíka v trvalej biomase primárnych producentov, OP – ročný opad,  $B_0$  – obsah uhlíka v trvalom opade, D – obsah organického uhlíka v pôde, ( $B^*$  – celoročný priemer trvalej biomasy kultúrnych plodín je veľmi nízky). A – tropický dažďový les, B – listnatý les mierného pásma, C – ihličnatý a boreálny les, D – tundra, E – savana, F – trávnaté porasty mierného pásma (vrátane stepí), G – mokrade mierného pásma až trópov, H – poľné kultúry (podľa Slavíkovej, 1986)

- **ekosystémy tropických dažďových pralesov** majú najväčšiu biomasu zo všetkých ekosystémov vôbec (priemerne  $20 \text{ kg C.m}^{-2}$ ). Počas jedného roka zabuduje tropický dažďový les do svojej biomasy všetok  $\text{CO}_2$ , ktorý pripadá v atmosfére jeho ploche. Podiel dýchania (R) je vplyvom vysokých teplôt vo dne a v noci veľmi vysoký (70 % z  $P_n$ ), preto je čistá primárna produkcia ( $P_n$ ) v porovnaní s hrubou primárnou produkciou ( $P_g$ ) malá. Rýchlosť rozkladu opadu i mineralizácia detritu sú veľké, nehromadí sa detritus ani sa netvorí povrchový humusový horizont, aj keď obsah uhlíka v pôde nie je zanedbateľný. Kolobeh uhlíka je uzatvorený a má pomerne rýchly kolobeh bez strát. Jeho najväčší podiel je viazaný v nadzemnej biomase drevín, čo je spôsobené nepretržitou fotosyntetickou aktivitou drevín počas celého roka. Túto umožňuje typ klímy (vysoké zrážky, teploty bez väčších výkyvov).
- **opadavé listnaté lesy v miernom (temperátnom) pásme** a na ne nadväzujúce **boreálne ihličnaté lesy** majú (smerom k pólom) klímu s klesajúcou sumou žiarenia a teplotou, so zvyšujúcou sa vlhkosťou a skracujúcou sa vegetačnou dobou. To sa prejavuje tým, že prírastok trvalej biomasy



priemerných lesov týchto biómov smerom k pólom klesá. V listnatých lesoch je to asi polovica prírastku tropického dažďového lesa, v ihličnatých boreálnych lesoch už iba pätina. Klesá aj  $P_G$ , ale čistá primárna produkcia ( $P_N$ ) klesá menej, pretože podiel respirácie ( $R$ ) je malý (asi 40% z  $P_G$ ). V dôsledku toho môžu mať kultúrne (hospodárske) lesy mierneho pásma čistú produkciu takmer tak veľkú ako tropické dažďové pralesy. Rýchlosť rozkladu opadu a mineralizácia detritu sa s klesajúcou teplotou smerom k pólom znižujú. Najväčší podiel uhlíka v týchto ekosystémoch je v nadzemnej biomase drevín a pomaly sa rozkladajúcom detrite. Všetky lesné ekosystémy Zeme obsahujú spolu 90% uhlíka obsiahnutého v biomase terestrických ekosystémov a z toho takmer polovica je v biomase tropických dažďových pralesov. Pritom ale na jednotku plochy majú všetky lesné ekosystémy približne rovnaké množstvo organického uhlíka (cca 30 kg.m<sup>-2</sup>).

- **ekosystémy bezlesých tundrových biómov.** Všetky charakteristiky cyklu uhlíka sú tu výsledkom vplyvu subarktickej a arktickej klímy, ktorá sa vyznačuje veľmi dlhým zimným obdobím s nízkymi teplotami a extrémne krátkou vegetačnou dobou. Toto je príčinou malej ročnej primárnej produkcie. Tundrové porasty majú veľmi malú biomasu, v priemere 8 až 30krát menej ako listnaté opadavé lesy, ale hmotnosť nerozloženého opadu je takmer dvojnásobná oproti listnatým lesoch, nakoľko je rozklad detritu veľmi pomalý. V tomto type ekosystému je najviac uhlíka v detrite a humuse, kde je viazané 90-95% z celkového uhlíka v ekosystéme.
- **travinové ekosystémy tropických saván alebo stepí temperátneho pásma** sú rozšírené tam, kde je nedostatočná suma ročných zrážok (cca pod 300 mm), ktorá obmedzuje alebo vôbec nedovoľuje rast drevín. Dominantami sú trváce trávy adaptované na klímu, ktorá má v priebehu roka výrazné a často dlhé obdobia s vysokou radiáciou a vysokými teplotami. Stepí majú rovnako ako aj savany, pre fotosyntézu nepriaznivé obdobie sucha v lete, a navyše v zime veľmi nízke teploty. V závislosti na klíme sa v oboch biómoch vytvára veľmi vysoká čistá primárna produkcia, ktorá sa v savanách približuje hodnotám tropického dažďového lesa. V stepiach je relatívne nižšia (25–50%  $P_N$  saván), a to vplyvom celkovo nižšej sumy žiarenia vo vyšších zemepisných šírkach temperátnej zóny. Druhým spoločným znakom týchto biómov je nízka trváca biomasa, nakoľko v klimaticky nepriaznivom období opadáva takmer celá ročná nadzemná primárna produkcia a trvalú biomasu tvorí predovšetkým biomasa podzemných orgánov (asi 80%). Rýchlosť rozkladu opadu je značne veľká, za rok sa rozloží až 75%. Hlavným zásobníkom uhlíka je v týchto ekosystémoch pôdny organický uhlík (90% z celkového množstva) a biomasa podzemných orgánov rastlín.
- **ekosystémy mokradí** sa utvárajú pod vplyvom maximálneho zásobenia pôdy vodou i maximálne možnej hustoty žiarenia. Sú tu optimálne podmienky pre fotosyntézu a vplyvom výhodnej štruktúry majú najväčšiu čistú primárnu produkciu zo všetkých biómov (až o 1/3 väčšiu ako tropický dažďový les). Zo všetkých biómov majú mokrade najväčší celkový obsah uhlíka v ekosystéme. Tiež trvalá biomasa je pomerne veľká a tvoria ju najmä podzemné orgány rastlín. Pomer  $P_N$  k trvalej biomase je značne veľký, až 1/3. Hlavný zásobník uhlíka je v detrite.
- **poľnohospodárske ekosystémy** majú vysokú čistú primárnu produkciu, ktorá je i v priemere väčšia ako trvalá biomasa a vďaka dodatkovej energii zodpovedá  $P_N$  temperátneho lesa. Dôsledkom pravidelného exportu uhlíka (priemerne 30-42% uhlíka viazaného v biomase), t.j. zber úrody z ekosystému je tu vôbec najnižší obsah uhlíka (humusu) v pôde.



**Cyklus kyslíka** (obr. 36.)

Hlavným zásobníkom kyslíka je atmosféra Zeme, ktorá obsahuje 21 objemových percent molekulárneho kyslíka. Atmosférický kyslík sa považuje za produkt fotosyntetických procesov fotoautotrofných rastlín. Toky kyslíka sú totožné, ale protismerné cyklu  $\text{CO}_2$ . Všetky organizmy aerobnými dýchacími procesmi spotrebúvajú atmosférický kyslík a uvoľňujú oxid uhličitý, iba fotoautotrofné rastliny (primárne producenty) pri fotosyntéze  $\text{CO}_2$  pohlcujú a molekulárny kyslík uvoľňujú. Pri respirácii a fotosyntéze jednej molekule  $\text{O}_2$  odpovedá jedna molekula  $\text{CO}_2$ . Obsah kyslíka v atmosfére je 630-krát väčší ako obsah  $\text{CO}_2$ . Kyslík je spotrebúvaný pri všetkých oxidačných procesoch, teda aj spaľovaním fosílnych palív.

**Cyklus dusíka** (obr. 36)

Biomasa rastlín obsahuje 1 až 5% organicky viazaného dusíka predovšetkým v bielkovinách. V atmosfére Zeme je vysoká koncentrácia (78 objemových percent) i množstvo molekulárneho dusíka. Naopak v ekosystémoch je koncentrácia všetkých foriem dusíka veľmi malá: primárni producenti obsahujú na jednotku plochy ekosystému priemerne iba asi 0,0005% z množstva dusíka obsiahnutého v stĺpci vzduchu nad touto jednotkou plochy. Celkový obsah dusíka v konzumentoch a dekompozítoroch je ešte 30-krát menší.

Okrem molekulárneho dusíka obsahuje atmosféra ešte  $\text{N}_2\text{O}$  a  $\text{NH}_3$ , ktoré vznikajú predovšetkým fotooxidačnými procesmi v atmosfére, alebo pochádzajú z vulkanickej činnosti a priemyselných emisií.  $\text{N}_2\text{O}$  je uvoľňovaný do vzduchu aj pri nitrifikácii a  $\text{NH}_3$  pri amonizácii.

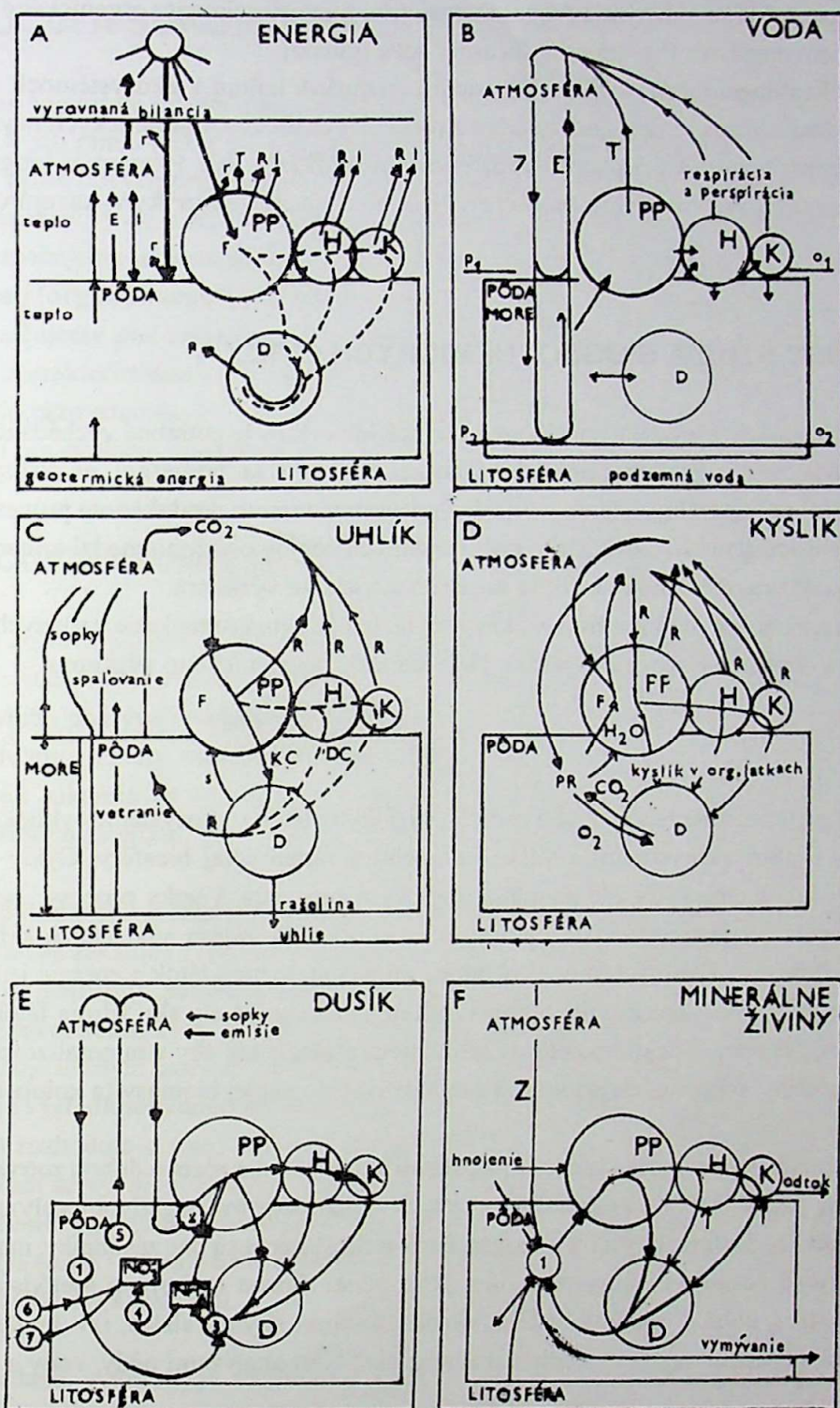
Cyklus dusíka patrí k najrýchlejším cyklom látok v ekosystémoch. Hlavnými príčinami sú: veľké množstvo dusíka prijímané primárnymi producentmi pre tvorbu biomasy, značná časť cyklu prebieha (v niekoľkých stupňoch) v mikroorganizmoch, najmä pôdnych, ktoré majú rýchly obrat. Väčšina dusíka dodávaného človekom (hnojením a inými činnosťami) prechádza mimo živé zložky priamymi tokmi v podzemných a povrchových vodách.

**Cykly fosforu a síry**

Fosfor i síra sú prijímané primárnymi producentmi vo forme aniónov  $\text{HPO}_4$  a  $\text{SO}_4$ . V lesných ekosystémoch je väčší vstup síry atmosférickými zrážkami, alebo aj v plynnej forme (ako  $\text{SO}_2$ ), ako výstup otekajúcou vodou. Zvetrávanie hornín je jedným zo zdrojov síry pre rastliny, ale o jej „prípravu“ pre primárnych producentov rozhodujú mikrobiálne premeny (oxidácia a redukcia) v cykle. V súčasnej dobe so vzrastajúcim využívaním fosílnych palív, a tým vzrastajúcim obsahom  $\text{SO}_2$  vo vzduchu sa presúva hlavná zásoba síry pre jej globálny kolobeh stále viac do atmosféry.

Pretože zdroje fosforu v horninách sú väčšinou nepatrné, je uvoľňovanie anorganického fosfátu pre potrebu rastlín závislé predovšetkým na vnútornom cykle v ekosystémoch, ktorý je určený rýchlosťou mineralizácie organických zlúčenín fosforu z opadu. Mikrobiálnou mineralizáciou sa uvoľňujú anorganické fosfáty, ktoré sú v rozpustnej forme prijímané rastlinami alebo sú v nerozpustnej forme eróziou vymývané a nenávratne odnášané vodami z ekosystémov do morí. Kultúrne ekosystémy sú umelo hnojené fosfátovými hnojivami získavanými z obmedzených svetových zásob fosílnych usadenín. Nedostatok fosforu pre rastliny často obmedzuje rast a ďalšie životné funkcie rastlín.





obr. 36. Prehľadné schémy hlavných tokov energie a hlavných biogeochemických cyklov v ekosystémoch: kruhy – hlavné trofické úrovne organizmov; PP – primárni producenti, H – herbivori, K – karnivori, D – dekompozitori, R – dýchanie organizmov, T – transpirácia, F – fotosyntéza. **A: hlavné toky energie:** F – fotosyntéza, T – transpirácia, E – výpar z pôdy a vodnej hladiny, I – (dlhovlnné) žiarenie, r – odraz žiarenia; **B: cyklus vody:** Z – zrážky, E – výpar vody z pôdy a vodnej hladiny, p<sub>1</sub> – povrchový prítok vody do ekosystému, p<sub>2</sub> – podzemný prítok, o<sub>1</sub> – povrchový odtok, o<sub>2</sub> – podzemný odtok; **C: cyklus uhlíka:** KC – krátky cyklus, DC – (prerušovaná čiara) dlhý cyklus, s – saprofytná výživa, m – mineralizácia uhlíka; **D: cyklus kyslíka** a jemu zodpovedajúce protismerné toky plyného CO<sub>2</sub>; **E: cykly dusíka:** 1 – asimilácia vzdušného N<sub>2</sub> pôdnymi mikroorganizmami, 2 – asimilácia vzdušného N<sub>2</sub> symbiotickými mikroorganizmami, 3 – mineralizácia organického dusíka, 4 – nitrifikácia, 5 – denitrifikácia, 6 – hnojenie dusíkatými hnojivami, 7 – odtok NO<sub>3</sub> z ekosystému; **F: príklad všeobecného cyklu ostatných minerálnych živín:** 1 – pôdny roztok, Z – prísun so zrážkami, v – prísun zvetrávaním materskej horniny a jej minerálov, i – imobilizácia živín (podľa Slavíkovej, 1986)



V globálnom cykle sú hlavnými zdrojmi fosforu jeho fosílné sedimenty organického pôvodu, ktoré sa v obmedzenom množstve vytvárajú i v súčasnej dobe (guáno).

Ďalšie **makrobiogénne prvky** (draslík, vápnik, mangán), kolujú v ekosystémoch vo viac menej uzavretých cykloch, zložených z príjmu z pôdy a z rozkladných procesov organických zvyškov, v menšej miere zvetrávaním hornín a prísunom atmosférickými zrážkami. Ich význam v biogeochemických cykloch stúpa s rozvojom priemyslu a ľudskej civilizácie vôbec. Aj tieto prvky vykazujú veľké kolobehy v biosfére.

#### 7.4.2. METÓDY ŠTÚDIA BIOGEOCHEMICKÝCH CYKLOV

Pre celkovú bilanciu a modelovanie biogeochemických cyklov je potrebné vychádzať z podrobných analytických údajov o všetkých článkoch ekosystému, ktoré sa podieľajú na vstupe, distribúcii, hromadení a výstupe minerálnych látok v primárnom a sekundárnom produkčnom procese. Prvý stupeň predpokladá nahromadenie čo najväčšieho počtu číselných údajov o vzťahu medzi minerálnou zásobou v pôde (vode) a vo vegetačnom kryte. To je súčasťou statického výskumu.

Druhým stupňom je dynamika živín v ekosystéme. Ich pohyb, hromadenie v rôznych orgánoch, ich straty opadom a obohatenie substrátu (pôdy). To je súčasťou dynamického výskumu.

#### ZHRNUTIE

Na rozdiel od jednosmerného pohybu energie, sú pohyby látok v ekosystéme cyklické. Rozlišujeme malé kolobehy (vnútri ekosystému) a veľké kolobehy v rámci celej biosféry. Cykly sú dôsledkom fyzikálnych (voda), chemických, ale najmä biologických procesov. Všetky procesy „poháňa“ slnečná energia. Existencia biogeochemických cyklov má niekoľko navzájom súvisiacich príčin: okrem už spomenutej prepojenosti životných procesov organizmov s premenou látok a energie je to: obmedzená dĺžka života organizmov, odumieranie a tým vznik organického opadu ako zdroja látok a energie pre dekompozítory, schopnosť dekompozítory túto hmotu rozložiť tak aby v mineralizovanej forme boli prístupné pre rastliny, schopné ich prijímať a zabudovávať do svojej biomasy (a kolobeh znovu začína a pokračuje).

Cykly každej látky prechádza všetkými zložkami ekosystému, s rôznou dobou zotrvania v niektorej z nich. Rýchlosť cyklov je rôzna, a okrem prirodzených zmien môže byť negatívne ovplyvnená činnosťou človeka (cyklus  $\text{CO}_2$ , fosforu, síry a i.). Zdrojom látok v ekosystéme sú tzv. zásobníky, napr. zásobníkom vody v biosfére sú oceány, v ekosystéme lesa je to pôda. Známe a rôznymi metódami skúmané sú cykly vody, kyslíka, uhlíka, oxidu uhličitého, dusíka, fosforu, síry a ďalších, tzv. biogénnych prvkov. Informácie o biogeochemických cykloch získavame zložitými analýzami pôdy, vody a živých zložiek ekosystémov.

#### *Kontrolné otázky:*

1. *Čo sú biogeochemické cykly.*
2. *Aké sú príčiny existencie biogeochemických cyklov.*
3. *Aké procesy ovplyvňujú rýchlosť cyklov.*
4. *Charakterizujte základné biogeochemické cykly.*
5. *Ako človek zasahuje do týchto cyklov.*
6. *Čo sú zásobníky (zdroje) látok.*
7. *Aká je podstata štúdia biogeochemických cyklov.*



## 8. EVOLÚCIA A SUKCESIA EKOSYSTÉMOV

Špecifické vývojové kvality zahrňované pod pojem „evolúcia“ nachádzame len pri organických systémoch, a v ich rámci tiež u pôd ako subsystémov. Časovým rámcom evolúcie sú geologické doby a výsledkom vznik nových organických systémov. Evolúcia má vzostupné a zostupné úseky, ale podľa súčasných názorov **vývoj vedie celkove k progresívnej organizácii živej hmoty**. V organických systémoch označujeme ako progresívne (vzostupné, kladné) tie zmeny, ktoré prispievajú **k vyššej usporiadanosti (organizovanosti) systému**. Tie zmeny, ktoré dosiahnutý stupeň usporiadanosti systému narušujú, označujeme ako **regresívne** (zostupné, záporné). Protiklad kladných i záporných prvkov je dynamickou charakteristikou všetkých systémov. Môžeme ho nájsť v samotných základoch spájania organizmov do ekosystémov, ekosystémov do biosféry. Tento protiklad platí pre všetky formy vývoja, medzi inými i pre evolúciu a sukcesiu.

### 8.1. EKOLOGICKÁ SUKCESIA

Sukcesia zostáva jedným zo základných pojmov ekológie už od začiatku storočia, kedy americkí ekológovia COWLES (1901) a CLEMENTS (1904) formulovali zákonitosti, podľa ktorých sa všetky miesta na zemskom povrchu pokrývajú vegetáciou (s výnimkou tých, ktoré majú extrémne podmienky svetelné, pôdneho chemizmu, teploty, vlhkosti alebo mechanických vplyvov).

Ekologická sukcesia je vývojový dej, ktorý prebieha na určitom stanovišti dlhodobo, vývoj je necyklický, určitým smerom.

Aj keď dochádzalo k rôznym modifikáciám ponímania ekologickej sukcesie, zatiaľ si všetky zachovali spoločné základné rysy, ako ich formuloval ODUM (1977):

- **Sukcesia je postupný zákonitý sled zmien druhového zloženia biocenózy, jej energetických tokov a biogeochemických cyklov, ktorý vedie k zámene jedného ekosystému druhým.** Tento sled pokračuje určitým smerom a môžeme ho teda primerane predpovedať.
- **Sukcesia je výsledkom zmien abiotického prostredia vyvolaných biocenózou.** Ekotop (abiotické prostredie) rozhoduje o tom, či a kde sukcesia začína, určuje povahu a rýchlosť zmien a často i hranice, kam až vývoj môže dôjsť. Jej samotný priebeh je však ovládaný biocenózou.
- **Sukcesia končí („vrcholí“) ustáleným ekosystémom, v ktorom sa na jednotku dosiahnutého toku energie (toku vymedzeného ekotopom) uchováva najviac biomasy a najviac symbiotických vzťahov medzi organizmami.**

Inak povedané, sukcesia je výsledkom interakcií medzi biocenózou a ekotopom, čiže medzi subsystémom organizmov a subsystémom prostredia. Prejavuje sa v tendencii vyrovnáť vznikajúce nerovnováhy biocenózy a ekotopu ako dve protikladné stránky v ekosystémoch. V prípade sukcesie sa tento rozpor rieši smerovaním k väčšej usporiadanosti ekosystému, k jeho väčšej odolnosti voči rušivým vplyvom.

Každý biologický systém má vlastnú **homeostázu**, ktorá pôsobí proti každej zmene štruktúry v rámci systému, pomocou spätných väzieb. Čím je systém na vyššom stupni organizácie, tým má väčšiu schopnosť kompenzovať kolísanie v niektorej časti prostredia. Pri sukcesii pôsobia protichodne akumulácia organickej hmoty, energie a informácie (ktoré vedú k zmene systému) a homeostáza (ktorá pôsobí proti zmene systému). Homeostáza môže pôsobiť spätnými väzbami iba po určitú hranicu akumulácie, ak je táto prekročená, vytvára sa nový systém, ktorý je lepšie prispôbený novovzniknutým podmienkam.



Sukcesia je v podstate opakovateľný proces zámény rôznych ekosystémov, rozlišuje sa:

- **sukcesia primárna** (prvotná), ktorá prebieha na plochách doposiaľ neosídlených živými organizmami ako dlhodobý, pomalý, niekoľko storočí trvajúci proces postupného osídľovania pre život nehostinných plôch a postupnej zmeny tohoto prostredia (zvetrávajúce skaly, piesočné duny, obnažená pôda po ústupe ľadovcov a pod.). Primárna sukcesia začína štádiami vytvorenými nižšími organizmami (baktérie, aktinomycéty, riasy, lišajníky, huby).
- **sukcesia sekundárna** (druhotná), ktorá v súčasnej dobe prevláda, prebieha na plochách ktoré boli narušené a pôvodne osídlené živými organizmami; zvyčajne je to rušivý zásah človeka do prírody. Príklad: obnova lesa na lesných holinách, zarastanie hál a navážok, obnažených pôd a pod. Je znakom tzv. obnoviteľného prírodného zdroja.

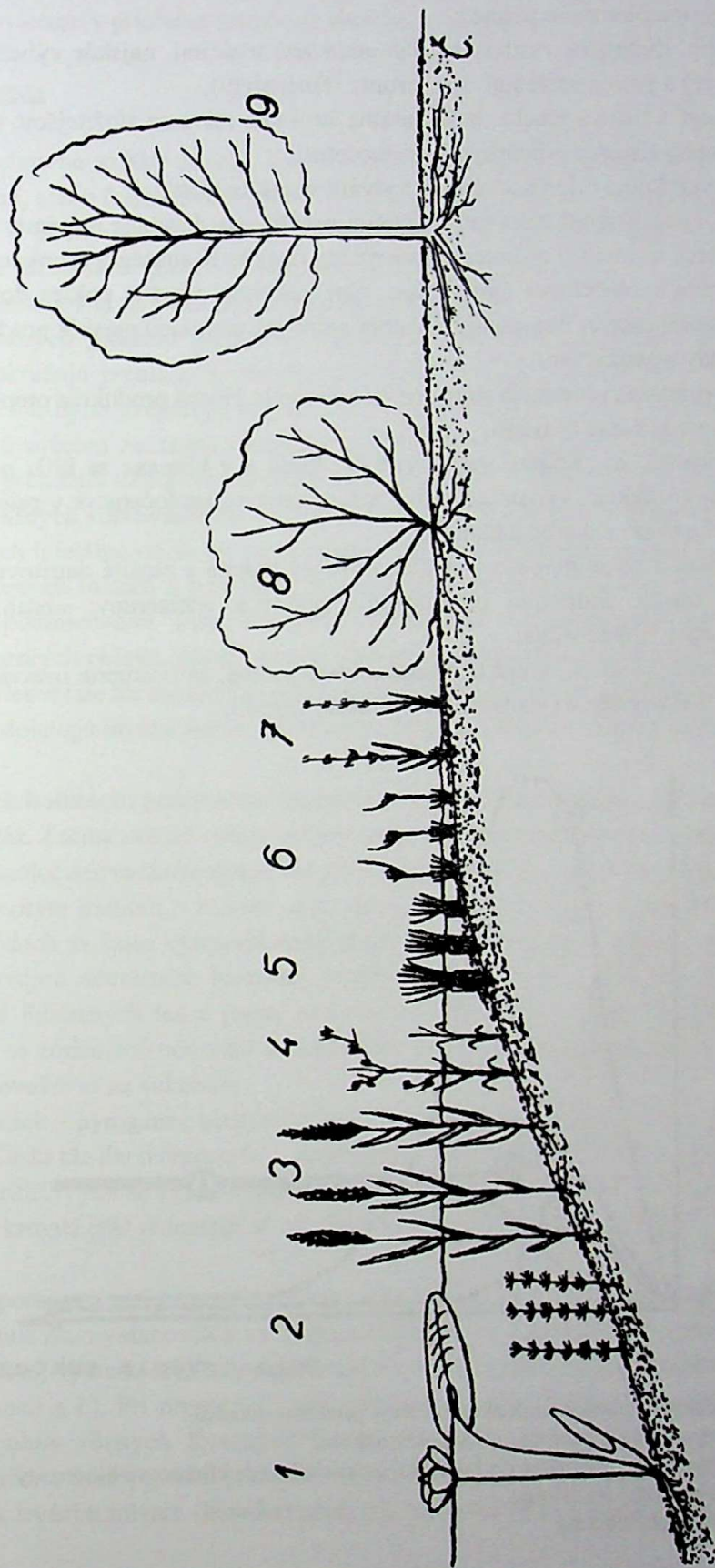
Prvé štádium, ktorým sukcesia začína, sa nazýva **iniciálne štádium**, konečné štádium tvorí **klimax**, (**klimaxové štádium**). Klimax, ako záverečné štádium sukcesie je určený predovšetkým makroklimatickými podmienkami krajiny a vývojovo vyspelým stavom pôd; a preto sa často označuje ako „pravý“, **klimatický klimax**. Je to **biocenóza vyvážená, ktorá je svojou štruktúrou a funkciou v dynamickej rovnováhe s abiotickým prostredím**. Táto rovnováha je určená predovšetkým klimatickými podmienkami danej oblasti. So sukcesiou spoločenstva súčasne prebieha i vývoj pôdy (pedogenéza). K dosiahnutiu klimaxového štádia musí byť dosiahnuté záverečné štádium i v pedogenéze.

V našej zemepisnej šírke, v **našich súčasných klimatických podmienkach** je v nížinách až podhorských polohách klimaxom zmiešaný opadavý les rôzneho zloženia (podľa nadmorskej výšky, resp. vegetačného stupňa a povahy pôdneho prostredia). V horskom stupni sú to smrečiny, v subalpínskom pásme kosodreviny a v alpínskom pásme alpínske pralúky. Toto rozdelenie je schematické, ale dovoľuje porovnávať súčasný stav a hľadať príčiny odchýlok.

V niektorých prípadoch sa stáva, že sukcesný vývoj nedospeje ku konečnému, klimaxovému štádiu, ale že sa zastaví na určitom štádiu vývoja. Je to vtedy, ak pôdne podmienky znemožňujú tvorbu vyspelých pôd, ak niektorá z abiotických podmienok je taká výrazná, že „**zablokuje**“ ďalší sukcesný vývoj. Vznikajú trvalo blokované sukcesné štádiá, nazývané **klimax edafický** (pretože sú to predovšetkým pôdne podmienky, ktoré brzdia ďalšiu sukcesiu). Edafickým klimaxom sú napr. spoločenstvá skalných stepí, boriny na pieskoch a skalách, lužné lesy na riečnych alúviách a pod.

Medzi iniciálnym a klimaxovým štádiom môžeme rozlíšiť v každej sukcesnej sérii niekoľko „článkov“, tzv. sukcesných štádií. **Sukcesné štádiá** sú kontinuálne navzájom prepojené stupne, kedy sú v biocenóze súčasne druhy štádia minulého a druhy, ktoré sa novo do spoločenstva šíria a ktoré sú už tu v dôsledku nových podmienok prostredia a sú nositeľmi nového štádia. Sled sukcesných štádií tvorí **sukcesný rad**, sukcesnú sériu. Na terestrických, suchých stanovištiach sa nazýva **xeroséria**. Sukcesia na biotopoch, kde nie je voda limitujúcim faktorom, sa nazýva **mezoséria**. Sukcesná séria pri zazemňovaní (zarastaní) vodných biotopov (mokrade) nazýva sa **hydroséria**.



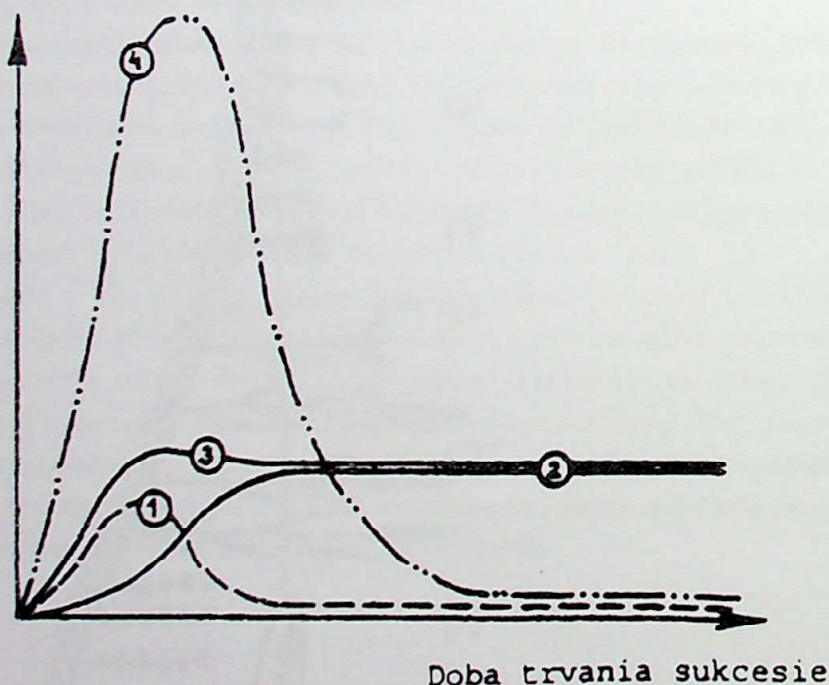


obr. 37. Schéma zarastania stojatých vôd: 1. vodné spoločenstvo s leknom (*Najas*), 2. pásmo stolískov (*Myriophyllum*) ktoré po odumretí prispievajú k zazemňovaniu, 3. rákosiny (*Phragmites*), 4. porasty marice pílkatej (*Cladium mariscus*), 5. porasty trstnatých ostríc (*Magnocaricion*), 6. porasty šašiny (*Schoenetum nigricantis*) bývajú pod vodou iba na jar, aj keď hladina vody je blízko povrchu pôdy, podobne ako 7. porasty bezkolenca (*Molinietum*), 8. štádium vrb a krušiny pripravuje prechod k jelšine 9. (podľa Klika, 1948).



Pri sukcesii (či už primárnej alebo sekundárnej) prebiehajú určité **zákonité zmeny v štruktúre biocenózy**:

- celková biomasa spoločenstva vzrastá, v klimaxe dosahuje maximum. Nízke druhy sú nahradzované vysokými, s vyššou biomasou jedinca;
- jednoročné, príp. dvojročné rastliny sú nahradzované trváciami, najskôr výbežkatými a trsnatými (hemikryptofty) a potom nasledujú kry, stromy (fanerofyty);
- stúpa pokryvnosť a listová plocha, horizontálna štruktúra stáva sa zložitejšou, tým sa zdokonaľuje využitie slnečného žiarenia primárnymi producentmi;
- rastie celková vertikálna diferencovanosť, vytvára sa etážovitosť;
- štruktúra celého ekosystému stáva sa zložitejšou a v klimaxe dosahuje maxima;
- stratégie populácií sa mení, z r-stratégie (pre rýchly rast) na K-stratégiu (konkurenčná schopnosť);
- druhová diverzita spoločenstva často stúpa, tým väčšinou nastáva pokles dominancie a vzrastá vyrovnanosť spoločenstva. Počet individuí dominantných populácií najskôr prudko klesá a potom sa ustáľuje, niekedy s osciláciami;
- celková hrubá primárna produkcia stúpa, neskôr sa ustáli. Hrubá produkcia prepočítaná na jednotku biomasy klesá a v klimaxe sa ustáli;
- čistý ročný prírastok zo začiatku veľmi vysoký, klesá a v klimaxe sa blíži nule, pretože to isté množstvo čistej produkcie, vytvorené za rok v klimaxovom spoločenstve v priebehu roka odumrie a rozloží sa alebo uloží v detrite a humuse;
- tým, že pri sukcesii stúpa množstvo opadu, vznikajú bohaté a zložité detritové potravné reťazce; dekompozícia opadu podporuje prehlbovanie pôdnych horizontov; obsah uhlíka (humusu) a celkového dusíka v pôde stúpa;
- kolobehy minerálnych látok, ktoré boli spočiatku otvorené, sa postupne uzatvárajú a podiel živín uchovávaných v ekosystéme (viazaných v biomase) vzrastá;



obr. 38. Zmeny vybraných charakteristík ekosystému v priebehu sukcesie.

- 1 – časová dynamika populácie „pionierskeho druhu“
- 2 – časová dynamika populácie druhu charakteristického pre klimaxovú biocenózu
- 3 – druhová diverzita biocenózy
- 4 – čistá produkcia biomasy

Nevýrazný vrchol krivky 3 zhruba oddeľuje „pionierske“ sukcesné štádiá od štádií s relatívne vysokou odolnosťou. (podľa Míchala, 1992)



Počas priebehu sukcesie tak **stúpa** usporiadanosť a **odolnosť** biocenózy i celého ekosystému oproti narušeniu vonkajším zásahom, ale v záverečných štádiách sa rýchlota návratu do pôvodného stavu v porovnaní s „mladšími“ sukcesnými štádiami spomaľuje, **klesá pružnosť**. Schéma zmien vybraných charakteristík ekosystému v priebehu sukcesnej série je na obr.38.

### Sekundárna sukcesia

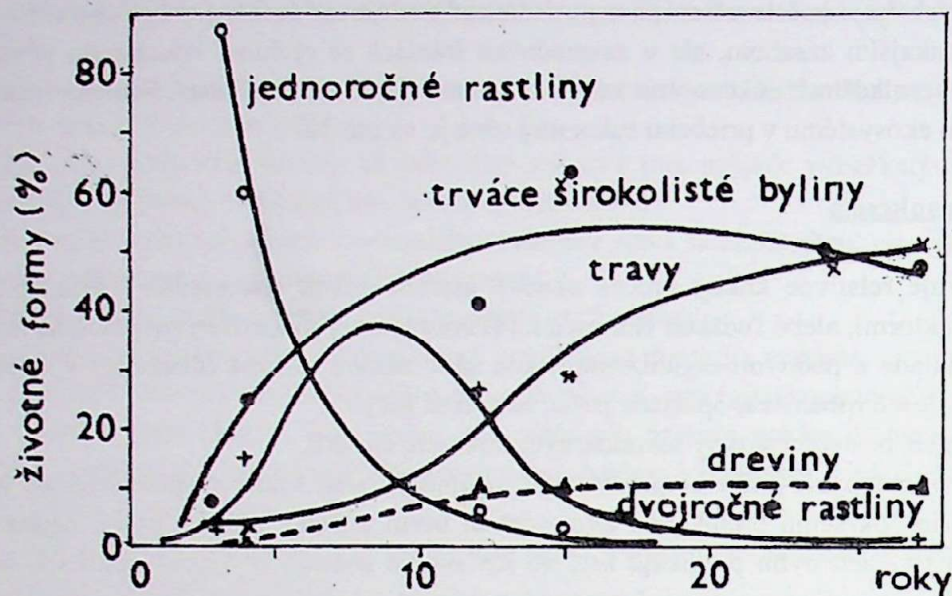
Predstavuje relatívne krátky proces obnovy ktoréhokoľvek sukcesného štádia po jeho zničení prírodnými faktormi, alebo ľudskou činnosťou. Pri sekundárnej sukcesii vývoj prebieha na vytvorenom pôdnom podklade s pôdnymi organizmami, kde sú v zásobe semená (diaspóry) v latentnom stave. Príkladom sú lesné rúbaniská, opustené polia, nekosené lúky.

Môžeme rozlíšiť nasledovné typy sekundárnych sukcesných sérií:

- **série na opustených poliach:** predstavujú najúplnejší sled štádií, počnúc štádiom jednoročných burín. Série pokračujú prenikaním dvojročných burín a ďalej trvácich bylín, najmä trávovitých. Do štádia trvácich bylín prenikajú kry, do ich skupín semenáčky rýchlorastúcich svetlomilných stromov. Pri stúpajúcom zatienení ustupujú svetlomilné byliny a nahrádzajú ich byliny znášajúce tieň. Nakoniec prenikajú tieňmilné dreviny, ktoré tvoria stromovú etáž záverečného štádia.
- **série na ruderalných stanovištiach:** majú podobný priebeh ako predchádzajúce série, s tým rozdielom, že ich iniciálne štádiá tvoria ruderalne jedno- až dvojročné buriny.
- **série na opustených lúkach a pastvinách:** sú ovplyvnené východiskovým stavom porastu a jeho stanovištnými podmienkami. Pomerne rýchlo prebiehajú na nehnojených jednokosných lúkach a pastvinách horských oblastí, kde sú takmer vždy prítomné semenáčky drevín (u nás breza, smrek, buk). Zapojené lesné (ale nie záverečné) štádium sa tak môže vytvoriť v priebehu necelého desaťročia. Hnojené lúky odolávajú invázii drevín dlhšie, intenzívnejšou konkurenciou a hromadením odumretej biomasy.
- **série na lesných holinách:** predstavujú regeneráciu lesného spoločenstva z ktorého bola odstránená iba stromová etáž. Začína zväčša bylinnými rúbaniskovými spoločenstvami, ktoré sú tým odlišnejšie od pôvodného spoločenstva čím tiennejší bol pôvodný porast. Tieto štádiá sú na živných pôdach rýchlo vystriedané krovitým štádiom, v ktorom sa zmladzujú dreviny pôvodného lesného spoločenstva. Na chudobných pôdach sa často vytvárajú spoločenstvá s prevládajúcimi druhmi rodu *Calamagrostis* (smlz), ktoré svojou odumretou biomasou brzdia nástup drevín. Po odstránení stromovej etáže svetlých, najmä ihličnatých lesov (napr. borovicových) zostáva bylinná etáž takmer bezo zmeny a priamo v nej sa zmladzujú pôvodné dreviny. Túto jednoduchú regeneráciu stromovej etáže je už ťažko možné považovať za sukcesiu.
- **série po požiaroch** – pyrogénne série: predstavujú regeneráciu lesných a krovinných spoločenstiev po požiaroch. Často ide iba o regeneráciu nadzemných etáží z podzemných orgánov trvácich rastlín, ktoré požiar prežili. Týka sa to najmä mediteránnych lesných a krovinných spoločenstiev, kde sa môže bylinná i krovitá etáž regenerovať už v priebehu dvoch rokov po požiari.

Ako už bolo spomenuté, pri zmene dominant v sukcesných štádiách sa uplatňuje celý rad faktorov, predovšetkým plynulá zmena stanovišťa, vznikajúce existenciou a funkčnými procesmi vlastných rastlín. Pri postupnej, plynulej výmene druhov sa uplatňujú rôzne vlastnosti druhov (životná forma, stratégie, alelopatické vlastnosti a i.). Pri primárnej i sekundárnej sukcesii existuje **zákonitý sled v striedaní dominantných druhov rôznych životných foriem**. Prvou dominantnou formou bývajú **terofyty** (jedno- alebo dvojročné buriny), tieto prechádzajú cez štádium dominantných krátkodobých trvácich rastlín a **geofytov** k trvácim trávam (**hemikryptofyty**), až ku štádiu s dominantnými **fanerofytmi** (kry a stromy).





obr. 39. Zmeny pomerného zastúpenia životných foriem (v % všetkých jedincov) počas 27 rokov prebiehajúcej sukcesie na skládkach: prázdné body – jednoročné byliny, križiky – dvojročné byliny, plné body – trváce širokolisté byliny, ležaté križiky – trávy, trojuholníčky – dreviny (podľa Pracha, 1983).

Tento sled je možné vysvetliť aj stratégiou druhov. Buriny sú druhy s **R**-stratégiou, geofyty a najmä hemikryptofyty majú veľkú schopnosť vegetatívnej propagácie (**C-R**-stratégia). V ďalšom štádiu fanerofyty (kry) predchádzajú do konečného štádia s dominanciou stromov, ktorými sú na dostatočne živných pôdach **C**-stratégovia alebo **S**-stratégovia na pôdach s limitujúcimi faktormi výživy.

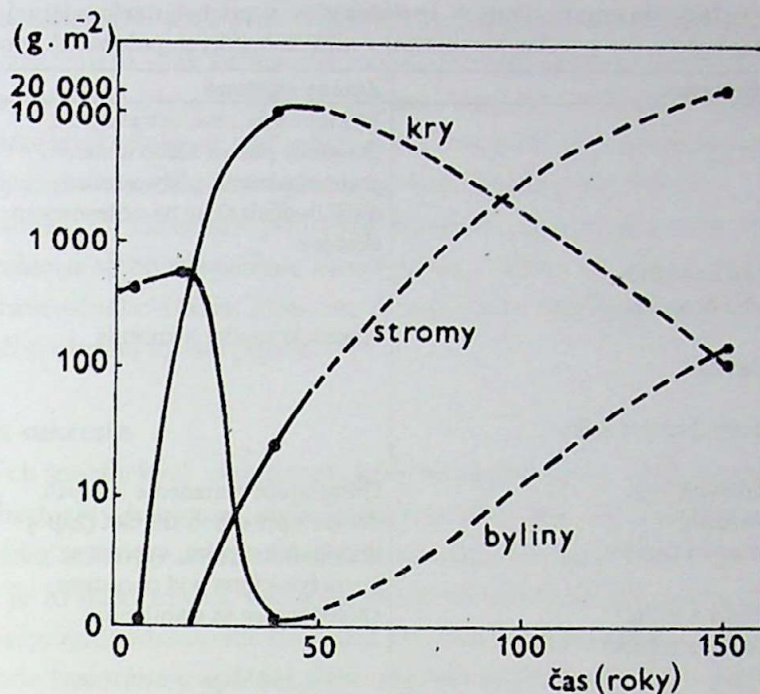
### Rýchlosť sukcesie

Táto je rozdielna pri primárnej a sekundárnej sukcesii. **Primárna sukcesia** (ktorá bola sledovaná napr. na sopečnej láve) vychádza z nulovej hodnoty a počet druhov vzrastá pomaly. Nedostatok diaspór v prvých rokoch primárnej sukcesie prispieva tiež k spomalenému vývoju ďalších sukcesných charakteristik ako biomasa, pokryvnosť, druhová diverzita.

Pre priebeh primárnej i sekundárnej sukcesie je dôležitá aj **vzdialenosť miesta zdroja diaspór**. Z veľkých vzdialeností sa uplatňujú anemochory a príp. endozochory (zanesené vtákmi), z kratších vzdialeností sa uplatňujú viacej exozochory, hydrochory, myrmekochory alebo malakochory. Príklad: Na ostrove Krakatau (25 km od Jávy), kde bola vegetácia úplne zničená sopečným výbuchom, bolo po 5 rokoch zistených 271 druhov, z toho 41 % anemochórnych, 28 % hydrochórnych, zanesených morským prúdom zo vzdialenosti až do 40 km, 25 % endozochórnych, zanesených vtákmi a 6 % antropochórnych druhov, ktoré sa dostali na ostrov s dopravovaným tovarom.

**Sekundárna sukcesia** prebieha rýchlejšie. Na stanovištiach s vyššími zrážkami prebieha sukcesia rýchlejšie ako tam, kde je nedostatok vlhkosti limitujúcim faktorom. Najrýchlejšie a najväčšie zmeny sú vždy na začiatku sukcesnej série.





obr. 40. Sekundárna sukcesia na úhoroch v Českom krase: os x – vek úhorov, os y – hmotnosť sušiny biomasy bylín, krov a stromov, prerušovaná čiara označuje predpokladaný priebeh (orig. Prach).

Pre vznik nových typov ekosystémov sú na základe empirických poznatkov o sukcesii potrebné rádovo tieto časové rozpätia:

- **4 roky:** spoločenstvá jednoročných burín a ich fauna (líši sa podľa zásoby semien v pôde, zvyškov pesticídov v nej a podľa vzdialenosti, z ktorej sa uskutočňuje spätná kolonizácia).
- **8 – 15 rokov:** vegetácia eutrofných vôd; živočíšna zložka iba za predpokladu, že je v blízkosti obdobný, sukcesne vyspelejší biotop, z ktorého môžu kolonizujúce organizmy migrovať.
- **10 – 15 rokov:** vegetácia medzí a vetrolamov bez špecializovaných druhov; ak je najbližší sukcesne vyspelý biotop vzdialený viacej kilometrov, dochádza ešte po desaťročiach k minimálnemu obsadeniu novými druhmi.
- **niekoľko desaťročí:** xerothermné alebo hygrofilné nelesné spoločenstvá, ktoré boli zmenené na kultúrne lúky intenzívnym hnojením a postupne regenerujú, a to často iba s neúplnou druhovou garnitúrou.
- **stáročia:** vznik vyspelých karbonátových profilov v pôde; vznik lesnej geobiocenózy vrátane špecializovaných lesných druhov vyšších rastlín, mäkkýšov, na lesnú pôdu viazaného hmyzu atď.; špecifická „pralesná“ fauna sa neobnoví ani po stáročiach.
- **tisícročia:** vznik vyspelých humusových profilov vývojovo zrelých pôd; reprodukcia zaniknutého klimaxového ekosystému s druhovo nasýtenými fytocenózami a zoocenózami; tvorba vyspelých morfológicky a chemicky diferencovaných pôdných profilov zo surovej zeminy (napr. na odkryvoch alebo výsypkoch).

Časový priebeh jednotlivých štádií v rámci sukcesnej série je teda veľmi rozmanitý, ale úplná sukcesná séria na suchej zemi presahuje svojou dĺžkou jeden ľudský život.



Tab. č. 6. Príklad samovoľnej zámény rastlinných spoločenstiev v priebehu sekundárnej sukcesie na ekotope živnej jedľovej bučiny, (na typickej kambizemi v nižších horských polohách). (podľa Míchala, 1992)

| Pravdepodobný sled biocenóz                                                                           | Zmeny ekotopu                                                                                                                                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Trávne spoločenstvo na kambizemi udržiavané pastvou alebo kosením                                     | Vyklčovanie lesa, zatrávnenie, dlhodobá pastva alebo kosenie, priame oslnenie pôdy a reťaz ďalších dôsledkov na odlesnenom ekotope                      |
| Pastvina zarastená borievkou                                                                          | Absencia pastvy a kosenia                                                                                                                               |
| Nálety pionierskych drevín brezy a osiky                                                              |                                                                                                                                                         |
| Porasty liesky a teplomilných krov (v zatienení sa objavujú lesné byliny a semenáčky lesných drevín). | Odrastajúce zmladenie lesných drevín s prevahou smreka (zápoj drevín sa uzatvára, vytvára sa lesná fytoklíma pod porastom, spoločenstvo sa stabilizuje) |
| Rôzne zmesi smreka, buka a jedle, ktoré sa môžu striedať a po stáročia obmieňať.                      |                                                                                                                                                         |
| Sukcesne vyspelý, zrelý („klimaxový“) ekosystém jedľovej bučiny <i>Abieto-Fagetum</i> .               |                                                                                                                                                         |

Najrýchlejšie a veľké zmeny zaznamenávame vždy na začiatku sukcesného radu, vo vývojovo nezrelých „pionierskych“ ekosystémoch (na obnažených dnách vodných plôch, požiariskách, lesných vývratiskách, v človekom ovplyvnených ekosystémoch na holinách, opustených poliach a lúkach a pod.), čo je dôkazom relatívne slabej homeostázy počiatočných sukcesných štádií, ktoré sa ale vyznačujú schopnosťou rýchlej regenerácie po narušení vegetačného krytu. V priebehu sukcesie sa rýchlosť zmien ekosystémov spomaľuje, pomerne malé a pomalé zmeny sú charakteristické pre sukcesné štádiá blízke konečnému stavu. To je dôkazom dobre vyvinutej homeostázy vyspelých ekosystémov.

Ako už bolo spomenuté, klimaxovými biocenózami by v našich zemepisných šírkach boli prevažne (cca 95 % plochy) lesy. Za klimaxové štádiá u nás môžeme považovať naše prírodné lesy, „**pralesy**“, ktoré sú chránené v rezerváciách. Väčšina našich tzv. prirodzených lesov sa klimaxovému štádiu blíži, ale vplyvom hospodárenia v lese (ťažby a i.) a iných antropických vplyvov sa klimaxové štádium nedosiahlo. Rubná doba je kratšia, pretože spoločenstvá mladšie ako klimaxové majú ešte dostatočne veľký prírastok; naproti tomu u klimaxového štádia sa prírastky blížia nulovým hodnotám. Z hľadiska ekonomického je takýto stav lesa nevýhodný.

V „blokových sukcesných štádiách“, podobne ako v klimaxe, sa ustalať dynamická rovnováha, ale nie je dosiahnutá akumulácia biomasy odpovedajúca klimaxu. Dochádza tu k stratám organickej a minerálnej hmoty napr. eróziou, alebo sa uplatňujú iné prírodné faktory, ktoré nedovoľujú dokončiť „normálny“, danej klíme odpovedajúci vývoj pôd. Blokové sukcesné štádiá majú teda aj nižšiu ekologickú stabilitu. Na ekotopoch blokových sukcesných štádií („edafických klimaxov“) sa vyvíjajú napr. reliktné boriny, dealpínske boriny, sutinové javoriny, potočné jaseňiny.

Za primárne dlhodobo nestabilné považujeme iniciálne lesné spoločenstvá, napr. porasty kosodreviny na sutinových kuželoch, spoločenstvá krovitých vrb na čerstvých naplaveninách, jelšiny jelše sivej.

Podľa novších poznatkov k sukcesne vyspelým štádiám možno priradiť aj niektoré človekom ovplyvnené alebo vytvorené ekosystémy, ktoré v diskusii o sukcesii a ekologickej stabilite priťahujú stále väčšiu pozornosť. Sú to napríklad lúky a mokrade, v susedných štátoch maďarská pusta, nemecké vresoviská a pod. Tieto ekosystémy majú ekologickú stabilitu navodenú a udržiavanú činnosťou člo-



veka, hoci v sukcesnej sérii stoja svojou vyspelosťou niekde medzi iniciálnymi pionierskymi štádiami a klimaxom. Vyznačujú sa však veľkou diverzitou (veľkým počtom rastlín a živočíchov), ktorá s vývojom ku klimaxu obyčajne klesá. Niektoré z týchto ekosystémov majú (v rozpore s pôvodnými formuláciami teórie sukcesie) odolnosť voči súčasným vonkajším vplyvom dobre porovnateľnú so sukcesne najzrelším ekosystémom na vhodnom ekotope a niekedy ich aj predstihujú.

Termín „klimax“, v klasickom ponímaní odpovedá napr. potenciálnej prírodnej vegetácii (TUXEN 1956), alebo **zrelému** alebo **vyspelému ekosystému** (MARGALEF, 1963). Proti teórii sukcesie a najmä ponímaniu jej záverečného štádia, klimaxu, bývajú často námietky, vyplývajúce často z nie celkom správne chápaného obsahu tohoto pojmu.

### Regresívna sukcesia

Za niektorých špecifických podmienok, kedy na spoločenstvá trvalo pôsobia stresové faktory (imisie, popolčky, herbicídy, hnojenie), alebo intenzívne pôsobia disturbancie (zošľapávanie, pastva, vodná erózia) môžu nastať zmeny v charakteristikách spoločenstva, ktoré vykazujú znaky vývojovo mladších štádií sukcesie, je to napr. úbytok druhovej bohatosti, zníženie pokryvnosti, znižovanie produktivity a celkovej biomasy, zjednodušovanie štruktúry. Nastáva degradácia stanovišťa, napr. strata živín v pôde. V takomto prípade hovoríme o **spätnej** alebo **regresívnej sukcesii**. V súčasnej dobe, v antropogénnej krajine je táto stále častejším javom.

**Sekulárny vývoj vegetácie**, trvajúci geologické obdobia, ovplyvňovaný predovšetkým dlhodobými klimatickými zmenami, je v podstate tiež ekologickou sukcesiou.

Pretože glaciálne obdobie znamenalo u nás (na sever od Álp) vyhynutie prevažnej väčšiny cievnatých rastlín, predstavuje tento sekulárny vývoj (umožnený zmenou klímy) spätnú migráciu jednotlivých druhov z ich útočísk (refúgií), kde boli počas glaciálu zatlačené a kde sa udržali.

Od ukončenia ľadovej (glaciálnej) doby, t.j. od neskorého glaciálu (cca 12 000 rokov p.n.l.), sa v priebehu postglaciálu (holocénu) u nás v dôsledku plynulých zmien klímy (teploty a zrážok), aj následných pedologických zmien, menilo plynule aj zloženie vegetácie. Dôležité pre sled zmien vegetácie sú doklady o zmene v zložení dominantných drevín lesných porastov (napr. pomocou peľových analýz). Výsledkom postglaciálneho vývoja vegetácie je napr. rozšírenie drevín v našich lesoch, podľa nadmorskej výšky, vegetačná stupňovitosť.

### Význam poznania sukcesie

Štúdiu sukcesie sa v súčasnej dobe venuje čoraz väčšia pozornosť. Je to preto, že **sukcesia je jediný prirodzený spôsob regenerácie vegetačného krytu** všade tam, kde bola vegetácia človekom odstránená alebo narušená, ako aj na novovytvorených stanovištiach (skládky, haldy a pod.). Tieto synantropné plochy sa stále zväčšujú. Preto je prakticky dôležité hľadať všeobecné zákonitosti ekologickej sukcesie a rýchlosti obnovy vegetácie. Zisťujú sa stupne stability sukcesných štádií spoločenstva v krajine vo vzťahu k rôznym zásahom človeka (herbicídy, zošľapávanie, popolčky), ktoré by umožňovali poznať a predpovedať priebeh sukcesie.

**Sukcesia**, ako prirodzený proces, **môže byť nežiadúca** napr. v chránených územiach. Na lokalitách, kde sa v dôsledku ochrany prestalo pásť alebo kosiť, sukcesným vývojom postupne miznú biocénózy a tým aj druhy na ne viazané, pre ktoré bolo toto územie chránené.

Znalosť zákonitostí sukcesie veľký praktický dopad predovšetkým z týchto dôvodov:

- ak chceme analyzovať vplyv človeka na ekosystém, je pre nás nutným východiskom predstava o tom, ako fungujú ekosystémy bez ľudského vplyvu: či sú stabilné alebo premenlivé a akými cestami sa uskutočňuje ich stabilita či premenlivosť.



- znalosť zákonitostí sukcesie umožňuje nielen pochopiť dôležité procesy v ekosystémoch, ale aj rozpracovať praktické opatrenia k ich optimalizácii. Akákoľvek racionálna biotechnika musí rátať s prirodzenými, trvalo prítomnými vývojovými tendenciami obhospodarovaných ekosystémov, aby týmto tendenciám mohla buď čeliť, alebo ich využívať pre svoje ciele.
- ekológovia dôrazne upozorňujú na konflikt medzi tendenciou prírodných procesov k maximálnej stabilite ekosystémov a medzi ľudskými cieľmi ich maximálnej exploatacie. Americký ekológ ODUM (1969) usudzuje, že vziať na vedomie tento konflikt je prvým nevyhnutným krokom k racionálnemu využívaniu prírodných zdrojov. A nielen to, sukcesiu, ako mechanizmus ustáľujúci ekologickú stabilitu, pokladá za proces existenčne dôležitý pre zabezpečenie rozvoja ľudskej spoločnosti a za základňu pre riešenie jej ekologickej krízy.

## ZHRNUTIE

Všetky miesta na zemskom povrchu sa pokrývajú vegetáciou podľa určitých zákonitostí. Existuje teda určitá postupnosť (následnosť) – sukcesivnosť – zmien v zložení vegetácie – povahy stanovišta aj živočíšnej zložky. Táto postupnosť sa teda týka všetkých zložiek ekosystémov. Tento dlhodobý, vývojový dej, prebiehajúci určitým smerom sa nazýva ekologická sukcesia. V tomto procese môžeme rozlišovať rôzne štádiá (od iniciálneho po záverečné, vrcholné – klimaxové štádium). Jednotlivé štádiá sa väčšinou odlišujú podľa najnápadnejšej zložky – podľa vegetácie.

Poznanie zákonitostí primárnej sukcesie nám umožňuje pochopiť formovanie vegetačného krytu a plochách doposiaľ neosídlených živými organizmami.

V súčasnej dobe sústavného narušania vegetačného krytu antropickou činnosťou alebo prírodnými katastrofami (výchrice, lavíny a i.), nadobúda čoraz väčší význam poznanie zákonitostí sukcesie sekundárnej. Série sekundárnej sukcesie môžeme sledovať na opustených poliach, lúkach a pasienkoch, na ruderálnych stanovištiach, na lesných holinách a plochách po požiaroch.

Počas sukcesie (primárnej i sekundárnej) sa striedajú dominanty rôznych životných foriem, stratégie; vzrastá celková biomasa, stúpa pokryvnosť a listová plocha, štruktúra ekosystému sa stáva zložitejšou. Súčasne vplyvom vegetácie (opad, rozvoj detritových reťazcov) prebiehajú zmeny v pôdnom prostredí, zmeny biogeochemických cyklov. Všetky zmeny majú progresívny smer – od jednoduchšieho k zložitejšiemu.

Rýchlosť sukcesie ovplyvňuje (okrem klímy) aj povaha pôdneho prostredia (dostatok vody, zásoba živín), vzdialenosť zdroja diaspór, spôsob šírenia rastlinných a živočíšnych druhov. Najrýchlejšie zmeny sú vždy na začiatku sukcesného radu, čím bližšie k štádiu záverečnému, tým sú zmeny pozvoľnejšie a menej nápadné. Časový rámec sukcesie presahuje dĺžku ľudského života.

Pre správne pochopenie sukcesie je potrebné si uvedomiť, že jej priebeh, ale najmä charakter záverečného klimaxového štádia je ovládaný (určený) makroklímou územia. Druhy, ktoré sa v postglaciáli na naše územie postupne rozšírili sú na tieto podmienky adaptované. Klimaxové ekosystémy by u nás predstavovali lesy (cca 95% plochy územia). V súčasnej dobe zostali zachovalé zvyšky prírodných lesov (pralesov) v rezerváciách (napr. Dobročský prales).

Sukcesné štádiá trvalo blokované na „nižšom“ stupni extrémnymi podmienkami edafickými predstavujú tzv. klimax edafický (napr. spoločenstvá skalných stepí).

Sukcesia je jediný prirodzený spôsob regenerácie vegetačného krytu, napriek tomu môže byť aj neželateľná – napr. poloprirodzené lúky sa vyznačujú veľkou druhovou bohatosťou, množstvom vzácnych a chránených druhov, ktoré po rozvoji štádia krov a drevín strácajú existenčné podmienky. Poznanie zákonitostí sukcesie nám umožňuje tento proces alebo vhodne využívať alebo mu včas zabrániť.



Kontrolné otázky:

1. Čo je ekologická sukcesia a aké sú jej základné charakteristiky.
2. K akým zmenám dochádza počas sukcesie ekosystému.
3. V čom sa odlišuje primárna a sekundárna sukcesia a v čom sú zhodné.
4. Čím sa odlišuje klimax klimatický a klimax edafický.
5. Ktoré zo sukcesných sérií sekundárnej sukcesie môžete nájsť v okolí vášho bydliska.
6. Ktoré faktory ovplyvňujú rýchlosť sukcesie.
7. Aké sú znaky regresívnej sukcesie.
8. Aký význam má poznanie zákonitostí sukcesie.

## 8.2. STABILITA EKOSYSTÉMOV

Termín „stabilita“ pochádza z latinčiny a označuje stálosť – nemennosť. Absolútna stabilita v materiálnom svete neexistuje. Predpokladá sa len pri absolútnej nule.

Z uvedeného vyplýva, že akákoľvek stabilita je relatívna. Častým zdrojom nedorozumenia je mechanické a statické chápanie ekologickej stability, zamieňanie pojmu stabilný za stacionárny – nemenný. Nakoľko všetky živé systémy si vymieňajú so svojím okolím hmotu, energiu a informácie, sú to otvorené dynamické systémy, v ktorých nie je možný stacionárny stav a aj ekologickú stabilitu je potrebné chápať dynamicky.

Z filozofického, ale i praktického hľadiska každé ponímanie stability v sebe zahŕňa určitý stupeň, množstvo či mieru „nestability“, ktorá je však vždy menšia ako miera alebo množstvo stability. Tu je jeden z kameňov úrazu určenia definície či ohraničenia termínu stabilita.

Väčšina autorov chápe stabilitu ekosystému ako schopnosť systému **zotrvať** v pôvodnom (dynamicky nemennom) stave (vd'aka homeostáze) pri pôsobení niektorého rušivého faktora, alebo **vrátiť sa** pôsobením vlastných, vnútorných (autoregulačných) mechanizmov k dynamickej rovnováhe alebo do svojho vývojového smeru. Čím menšie odchýlky ekosystém vykazuje, čím rýchlejšie sa vracia, tým je stabilnejší. V tejto definícii je ekologická stabilita jednou z vlastností ekosystému a tlmenie odchýlok od „normálnych“ stavov je jej výsledkom.

Hlavným prejavom ekologickej stability systému v podmienkach pôsobenia vonkajších, systému „cudzích“ faktorov, sa stáva **ekologická rovnováha**, ako dynamický stav systému, ktorý sa trvalo udržiava zhruba konštantný, alebo len s malým kolísaním sa vracia do svojho východiskového stavu.

Bez ohľadu na rôzne terminologické rozdiely je zrejmé, že stabilita systémov má dva základné aspekty, ktoré sa môžu dopĺňať vo vzťahu nepriamej úmernosti: alebo **udržiavať sa** v „normálnom“ stave bez výrazných zmien, tzn. s minimálnym kolísaním zvolenej charakteristiky systému (druhovej diverzity, biomasy, štruktúry), alebo **vracať sa** po mimoriadnej, aj značnej zmene podstatných charakteristík do „normálu“.

Preto rozlišujeme dva typy stability systémov:

- **odolnosť (rezistenciu)** ekosystému: schopnosť zabrániť zmene počas pôsobenia rušivého faktora; merítkom bude **rozpätie** medzi obidvomi stavmi; čím menšie rozdiely medzi „normálom“ a odchýlkou, tým je ekosystém rezistentnejší, a naopak, čím väčšia odchýlka vznikne, tým menšia odolnosť. **Odolný (rezistentný)** ekosystém si zachováva svoju štruktúru až po určitú hranicu rušivých podnetov dokonale, ale po jej prekročení sa rýchlo zrúti a rozpadá (podobne ako sklo).



- **pružnosť (rezilienciu)** – schopnosť ekosystému vrátiť sa k „normálu“ (do pôvodného stavu) po skončení pôsobení rušivého faktora; mierkou je čas, za ktorý dôjde k obnove „normálu“, teda rýchlosť návratu do východiskového stavu. **Pružný (rezilientný) ekosystém** sa mení už pri nízkej intenzite rušivého podnetu, ale aj pri jeho vysokej intenzite a pri prípadných zmenách svojej štruktúry si uchováva schopnosť vrátiť sa k normálu (podobne ako guma).

Pre podnety, ktoré svojou intenzitou nepresahujú hranice homeostázy ekosystému, nemá rozlišovanie odolnosti a pružnosti zmysel, pretože výsledkom je v oboch prípadoch ekologická stabilita. Ako už bolo spomenuté, voči podnetom mimoriadnej intenzity, ktoré prekračujú hranicu únosnosti (homeostatického poľa) ekosystému ale nie je žiaden ekosystém odolný; rozhodujúcim faktorom ekologickej stability sa stáva pružnosť, schopnosť návratu do pôvodného stavu.

Pri stanovení pružnosti (reziliencie), kedy sa sleduje čas, za ktorý sú sledované charakteristiky ekosystému (biocenózy) opäť zhodné s východiskovým stavom, nie je možné čakať úplnú zhodu, určité rozdiely vzniknú napr. odchýlkou klimatických pomerov, v šírení diaspór, a pod. Aj v rámci pralesa existujú určité vývojové cykly, v ktorých sa striedajú na tej istej ploche (čo do počtu a objemu) rôzne dreviny. **Stabilita ekosystému nie je v protiklade s jeho cyklickým vývojom.**

Pre stabilitu spoločenstva (ekosystému) majú zásadný význam okrem štruktúry a stanovištných podmienok aj autekologické vlastnosti najmä dominantných druhov. Uplatňuje sa predovšetkým ich špecifická odolnosť k zásahu a ich stratégia. V priebehu sukcesie sa mení v jednotlivých štádiách kombinácia odolnosti a pružnosti (tab.7).

Tab. č. 7. Zmena odolnosti a pružnosti v sukcesných štádiách (podľa Míchala, 1992)

| Sukcesné štádium        | Rezistencia        | Reziliencia |
|-------------------------|--------------------|-------------|
| iniciálne               | nízka              | nízka       |
| blokové sukcesné štádiá | stredná            | vysoká      |
| zrelé                   | vysoká - maximálna | nízka       |

Príklad: ekosystémy s nízkou odolnosťou i pružnosťou sú poľné kultúry, záhrady a pod. Ekosystémy s nízkou odolnosťou, ale vysokou pružnosťou sú pionierske spoločenstvá v iniciálnych štádiách sukcesie. Ekosystémy s vysokou odolnosťou a nízkou pružnosťou sú napríklad klimaxové bučiny a smrečiny.

Mladšie sukcesné štádiá, ktoré majú menšiu odolnosť, ale väčšiu pružnosť, tvoria prevažne R–stratégovia (krátky životný cyklus, veľká rýchlosť rastu, vysoká reprodukčná kapacita a pod.), ktorí môžu rýchlejšie reagovať na výkyvy prostredia, ale sú menej odolné.

Staršie sukcesné štádiá tvoria druhy s C– alebo S–stratégiou (trváce rastliny, s pomerne malou rýchlosťou rastu, tvoria veľkú biomasu a pod.), čo prispieva k tlmeniu výkyvov, k vzrastu odolnosti, ale poklesu pružnosti.

Všeobecne platí, že stabilita spoločenstva stúpa s počtom druhov; táto korelácia nie je však vždy pozitívna. Jednoduchý ekosystém zložený z tolerantných druhov môže byť pri rovnakej intenzite stresového faktora stabilnejší ako zložitý systém, zložený z menej tolerantných druhov. Stabilita závisí rovnako aj od prepojenia trofických reťazcov.

Stabilita klimaxového štádia platí len v rámci danej sukcesnej série na určitom ekotope, kde je dosiahnutá jednota biocenózy s prostredím (odpadá nerovnováha biocenózy a ekotopu ako hlavný faktor dynamiky sukcesie). To znamená, že ak sa zmení, súčasný, sukcesne zrelý ekosystém v iný, nebude to v dôsledku zmien prostredia spôsobených životnou aktivitou biocenózy, ale vždy musíme predpokladať dôsledok vonkajších vplyvov (prevažne ľudských) teda skôr pasívnu adaptáciu ako sukcesiu. Maximálna ekologická stabilita sukcesne zrelého ekosystému platí absolútne iba v rámci danej sukcesnej série



a vyplýva z nej maximálna odolnosť voči tým vplyvom, pod pôsobením ktorých sa ekosystém vyvíjal, na pôsobenie ktorých sa ekosystém cestou prírodného výberu adaptoval. Neznačená to, že mimo okruh týchto vplyvov (pri pôsobení nových podnetov alebo podnetov nebývajúcej intenzity sa takýto ekosystém nemôže zrútiť. Žiadna stabilita nie je absolútna.

Ak sa v našich podmienkach uvažuje ako klimaxové štádium lesný ekosystém, treba brať do úvah o jeho „budúcnosti“ v súvislosti so zmenami ekologických podmienok (znečistenie ovzdušia, hrozba skleníkového efektu), aj jeho „minulosť“, to znamená vývoj vegetácie v postglaciáli, najmä otázky šírenia drevín v jednotlivých obdobiach postglaciálu. Je reálny predpoklad, že nielen stabilitu, ale samu existenciu lesných ekosystémov nemôžu ohroziť iba zmeny klimatické, na ktoré sa dreviny počas dlhého fylogenetického vývoja adaptovali. Hrozbou je synergický účinok všetkých nepriaznivých vplyvov, najmä znečistenia atmosféry, hydrosféry a pedosféry.

Voľba kritérií ekologickej stability závisí od sledovaného rušivého faktora alebo skupiny faktorov. Ide najmä o štyri skupiny ľudských vplyvov, ktoré sa vo svojich účinkoch na ekologickú stabilitu ekosystémov spravidla znásobujú:

- zámerné odnímanie organických a minerálnych látok dôležitých pre existenciu ekosystému (napr. zber biomasy, vyhrabávanie opadu v listnatých lesoch, odvodnenie),
- zámerné pridávanie minerálnych a organických látok (napr. hnojenie, vápnenie),
- produkty vznikajúce mimovoľne v procese výroby, uskladnenia alebo dopravy – odpady v najširšom zmysle (imisie v ovzduší, látky znečisťujúce vodu a pôdu, odpadová tepelná a iná energia – žiarenie, hluk),
- zmeny druhového zloženia spoločenstiev: priamym zavádzaním nových organizmov alebo ich spontánnym šírením; alebo spravidla nepriamym potlačovaním spontánnych druhov, menej ich priamym hubením.

Pri ekosystémoch človekom využívaných pre dosiahnutie vopred stanovených výstupov (dreva, úrody obilia a i.) sú mierkou ekologickej stability **vstupy dodatkovej energie**, ktorú musí človek vkladať (pre udržanie a reguláciu ekosystému a dosiahnutie cieľov) navyše k energii slnečného žiarenia. Tento objem ľudskej práce, vkladanej bezprostredne i vo forme rôznych výrobkov (mechanizačných prostriedkov, pohonných látok, hnojív, pesticídov) je v obrátenom pomere k ekologickej stabilite a predstavuje jej **univerzálne kritérium**.

Stabilita systému sa môže skúmať ako stabilita jeho abiotického subsystému (tento postup je príznačný predovšetkým pre geosystémový prístup), alebo ako stabilita jeho najdynamickejšieho, t.j. biotického subsystému, (tento postup je príznačný predovšetkým pre ekosystémový prístup). Dosiahnuté výsledky obidvoch postupov treba navzájom konfrontovať.

Pri plánovaní v krajine (ale i v lesníctve) zásadná ekologická dilema znie: buď zameranie na produkciu biomasy prostredníctvom štruktúrne jednoduchých, sukcesne nezrelých a ekologicky nestabilných ekosystémov, alebo zameranie na stabilitu prostredníctvom štruktúrne zložitejších, sukcesne zreých a ekologicky stabilných, avšak menej „výnosných“ ekosystémov.

## ZHRNUTIE

Ekologická stabilita je schopnosť ekologického systému pretrvávajúť aj za pôsobenia rušivého vplyvu a reprodukovať svoje podstatné charakteristiky v podmienkach narúšania z vonku. Táto schopnosť sa prejavuje alebo minimálnou zmenou za pôsobenia rušivého vplyvu, alebo spontánnym návratom do východiskového stavu resp. pokračovaním v určitom vývojovom smere po prípadnej zmene. Táto definícia zahŕňa dva značne rozdielne aspekty, pričom prítomnosť jedného z nich stačí k tomu, aby sa mohlo hovoriť o ekologickej stabilite. Opakom je ekologická labilita (nestabilita), ako neschopnosť



systemu („pretrvať“ alebo sa „vrátiť“). Ekologicky labilné systémy majú nedokonale vyvinuté auto-regulačné mechanizmy, a preto prejavujú zreteľnú tendenciu k zníženej odolnosti.

Neexistuje žiaden ekologický systém vybavený univerzálnou schopnosťou odolávať všetkým mysliteľným „cudzím“ faktorom. Preto ani neexistuje žiadna odolnosť ekosystémov „sama o sebe“ ako obecná vlastnosť, ale iba ich odolnosť voči určitým faktorom alebo ich skupinám.

Ekologická stabilita ekosystémov využívaných človekom je prevrátenou hodnotou k vkladom ľudskej práce nevyhnutným na jeho udržanie a reguláciu.

*Kontrolné otázky:*

1. *Objasnite rozdiel medzi statickým a dynamickým chápaním stability ekosystému.*
2. *Ako sa líši rezistentný a rezilientný ekosystém – uveďte príklad.*
3. *V akom vzťahu je stabilita ekosystému a jeho cyklický vývoj.*
4. *Čím je podmienená (limitovaná) stabilita klimaxového ekosystému.*
5. *Aké kritériá ekologickej stability poznáte.*



## 9. BIODIVERZITA

Pojem **biodiverzita** označuje **biologickú rozmanitosť**, chápanú v širšom slova zmysle ako diverzitu génov, populácií, spoločenstiev, ekosystémov až biosféry. Častejšie sa začal používať až v poslednom desaťročí. U nás sa zaužíval a spopularizoval termín **genofond**, ktorým sa pôvodne označovala génová výbava organizmu, prípadne populácie a bol v súlade s genofondovou koncepciou druhu. Jeho chápanie v súčasnosti je veľmi široké a stotožňuje sa prakticky s termínom biodiverzita, najmä taxonomická diverzita (ELIÁŠ, 1995). V ochrane prírody sa často pod „módnym“ slovom genofond skrývala klasická druhová ochrana (ELIÁŠ, 1994).

V júni 1992 bol na svetovom summite v Rio de Janeiro prijatý „Dohovor o biodiverzite“, ktorý obsahuje požiadavky na ochranu, inventarizáciu (identifikáciu), monitoring a výskum biodiverzity. Jeho cieľom je ochrana biodiverzity *in situ* ale aj ochrana *ex situ*, trvalo udržateľný spôsob využívania jej zložiek a spravodlivé a rovnocenné podieľanie sa na prínosoch, ktoré plynú z využívania genetických zdrojov. Preto sa termín biodiverzita čoraz viac uplatňuje aj v podmienkach našej ochrany prírody.

Vznik pojmu biodiverzita z vedeckého hľadiska treba hľadať v ekológii a populačnej genetike. Termín diverzita sa používa v synekológii ako **druhová diverzita** spoločenstiev. V populačnej genetike sa používa termín **genetická diverzita**, ktorá sa v súčasnosti považuje za podmienku pre adaptáciu druhov k zmenám v prostredí a hrá funkčnú úlohu v evolúcii. [Pozn.: *Genetická diverzita (diverzita génov, celková genetická diverzita) je charakteristika genetickej zmeny (variácie) vypočítaná z frekvencií alel a ich kombinácií.*]

Celkový počet vedecky opísaných druhov na zemi je viac ako 1,5 milióna (tab.8), pričom celkový odhadovaný počet druhov podľa rôznych autorov sa pohybuje medzi 5 – 30 miliónov, niektorí dokonca hovoria o možných 100 miliónoch druhoch na našej planéte. Z tohto počtu až tri štvrtiny predstavujú bezstavovce (prevažná väčšina je hmyz) a pätinu tvoria vyššie rastliny. Približne 1 percento druhov je podľa IUCN (2006) ohrozených, percentuálne najväčší podiel ohrozených druhov predstavujú stavovce.

Termín biodiverzita je neutrálny vo vzťahu k človeku a jeho záujmom, je to viac vedecký, biologický termín. Tým sa odlišuje od termínov biologické zdroje a genofond, v ktorých je *a priori* zabudovaný záujem človeka o využitie živej prírody.

Dohovor o biodiverzite striktné rozlišuje biologické zdroje a biodiverzitu. Termín **biologické zdroje** definuje ako: „genetické zdroje, organizmy alebo časti z nich, populácie alebo akékoľvek iné biotické zložky ekosystémov so skutočným alebo potenciálnym využitím alebo hodnotou pre ľudstvo“. Biologické zdroje teda poskytujú úžitky, ktoré je možné vyjadriť finančne. V prípade biodiverzity to nie je vždy také jednoduché (napr. ekologické funkcie ekosystémov). Dohovor o biodiverzite definuje aj **genetické zdroje**, ktoré znamenajú „genetický materiál skutočnej alebo potenciálnej hodnoty“.

Zásadný význam pre štúdium biodiverzity má pojem biologického druhu, taxonomická klasifikácia. Bez poznania druhu ako prirodzenej jednotky, by veľká oblasť biologického poznania, od štúdia ekosystémov, po štúdium organizmov jednoducho nebola možná. Druh je jedinečnou, neopakovateľnou jednotkou, na rozdiel od množiny identických jednotiek ako je napr. atóm vodíku. S ostatnými druhmi má väčšinou spoločné iba niektoré vlastnosti. Druhy sa neustále vyvíjajú a ich vzťahy sa menia.



Tab. č. 8. Počet vedecky opísaných a ohrozených druhov na zemi (upravené podľa IUCN 2006)

|                        | Počet vedecky opísaných druhov | % podiel z vedecky opísaných druhov | Počet ohrozených druhov | % podiel ohrozených druhov |
|------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|-------------------------|----------------------------|
| <b>Stavovce</b>        |                                |                                     |                         |                            |
| Cicavce                | 5416                           | 0,35                                | 1093                    | 20                         |
| Vtáky                  | 9934                           | 0,64                                | 1206                    | 12                         |
| Plazy                  | 8240                           | 0,53                                | 341                     | 4                          |
| Obojživelníky          | 5918                           | 0,38                                | 1811                    | 31                         |
| Ryby                   | 29300                          | 1,88                                | 1173                    | 4                          |
| <b>Čiastkový súčet</b> | <b>58808</b>                   | <b>3,76</b>                         | <b>5624</b>             | <b>10</b>                  |
| <b>Bezstavovce</b>     |                                |                                     |                         |                            |
| Hmyz                   | 950000                         | 60,79                               | 623                     | 0,07                       |
| Mäkkýše                | 70000                          | 4,48                                | 975                     | 1,39                       |
| Kôrovce                | 40000                          | 2,56                                | 459                     | 1,15                       |
| Ostatné                | 130200                         | 8,33                                | 44                      | 0,03                       |
| <b>Čiastkový súčet</b> | <b>1190200</b>                 | <b>76,16</b>                        | <b>2101</b>             | <b>0,18</b>                |
| <b>Rastliny</b>        |                                |                                     |                         |                            |
| Machorasty             | 15000                          | 0,96                                | 80                      | 0,53                       |
| Paprad'orasty          | 13025                          | 0,83                                | 139                     | 1                          |
| Nahosemenné            | 980                            | 0,06                                | 306                     | 31                         |
| Viaklíčnikolité        | 199350                         | 12,76                               | 7086                    | 4                          |
| Jednoklíčnikolité      | 59300                          | 3,79                                | 779                     | 1                          |
| <b>Čiastkový súčet</b> | <b>287655</b>                  | <b>18,41</b>                        | <b>8390</b>             | <b>3</b>                   |
| <b>Ostatné</b>         |                                |                                     |                         |                            |
| lišajníky              | 10000                          | 0,64                                | 2                       | 0,02                       |
| huby                   | 16000                          | 1,02                                | 1                       | 0,01                       |
| <b>Čiastkový súčet</b> | <b>26000</b>                   | <b>1,66</b>                         | <b>3</b>                | <b>0,01</b>                |
| <b>SPOLU</b>           | <b>1562663</b>                 | <b>100</b>                          | <b>16118</b>            | <b>1</b>                   |

Kontrolné otázky:

1. Vysvetlite pojem biodiverzita.
2. V akých súvislostiach sa používa termín diverzita.
3. Aký je približný počet druhov organizmov na zemi.
4. Aký je rozdiel v ponímaní biodiverzity a biologických zdrojov.

## 9.1. VÝVOJ BIODIVERZITY NA ZEMI

Skutočná biodiverzita sa vytvára po dlhé obdobia geologických dôb nahromadením jedinečnej genetickej výbavy. Najbohatšie ekosystémy vznikali pomaly, v priebehu miliónov rokov. Biologická rozmanitosť v sebe zahŕňa celý rad stavov, od najjednoduchších po najzložitejšie. Jednoduché sa v evolúcii objavujú skôr, zložitejšie neskôr. V priebehu vývoja života na Zemi došlo k mnohým zvratom, ale celkovo platí, že vývoj postupoval od malého počtu jednoduchých organizmov k veľkému počtu zložitejších.

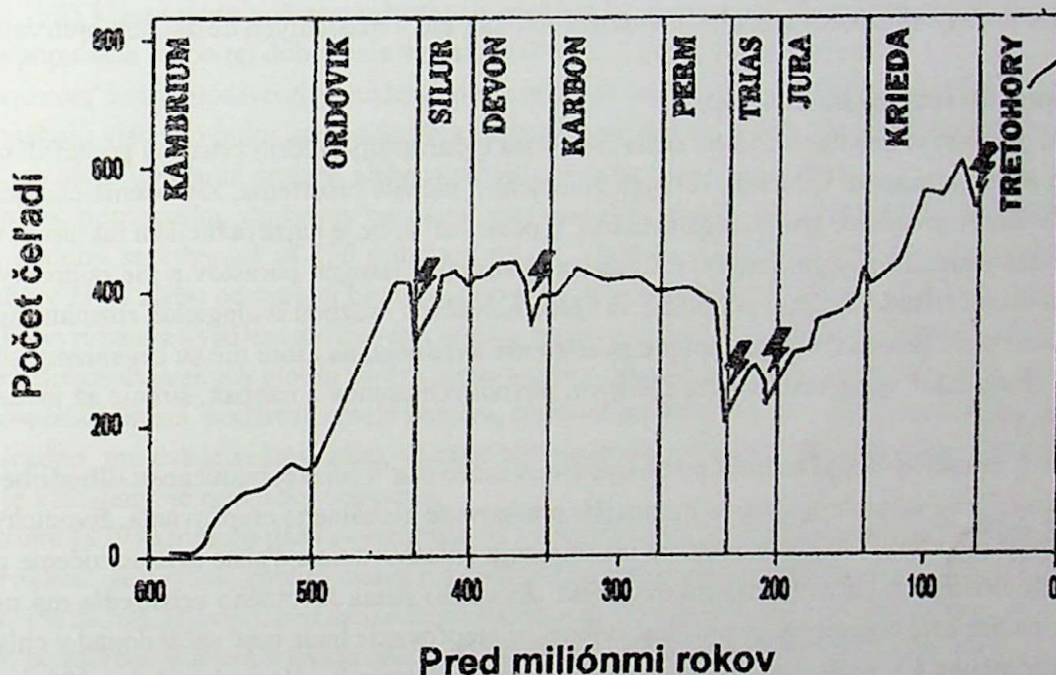
Pred tromi miliardami rokov na pevninách život prakticky neexistoval, vo vode žili sinice a najrôznejšie druhy baktérií. Život v moriach dosiahol dnešnej podoby už pred 500 miliónmi rokov. V tej dobe už bola vytvorená i ozónová vrstva a prílívové plytčiny i pevnina sa stali obývatelnými.



V neskorom ordoviku, cca pred 450 miliónmi rokov, prenikli na pevninu prvé rastliny, ktoré pravdepodobne vznikli z mnohobunkových rias. V priebehu ďalších 50–60 miliónov rokov (od začiatku devonu) vytvorili pionierske rastliny na všetkých kontinentoch hustý nízky porast a kroviny. Žilo v nich veľké množstvo drobných živočíchov dokonale prispôsobených životu na pevnine. Po nich prišli obojživelníky, ktoré sa vyvinuli z lalokoplutvých rýb; nasledoval mohutný rozvoj suchozemských stavovcov, najväčších suchozemských živočíchov, ktorí zahájili „vek plazov“, neskôr prišiel „vek stavovcov“ a „vek človeka“.

Pred 350 miliónmi rokov bola pionierska vegetácia vystriedaná „kamenouhoľnými“ pralesmi, v ktorých prevládali obrovské stromovité plavúne, prasličky a papradiny. Množstvo biomasy sa blížilo maximu. Veľmi rozšírený bol najrôznejší hmyz. V neskorom paleozoiku a rannom mezozoiku, asi pred 240 miliónmi rokov, vymizla väčšina „uholnej“ vegetácie s výnimkou papradín. V novej krajine, pokrytej prevažne tropickou vegetáciou papradín, ihličnanov a cykasov sa rozšírili dinosaury. Pred 100 miliónmi rokov začali v suchozemskej vegetácii prevládať kvitnúce rastliny a objavili sa na Zemi lesy a stepi. Dinosaury vymreli až po nástupe tejto, už v podstate modernej vegetácie, v dobe kedy už bol v tropických dažďových pralesoch sústredená najväčšia biodiverzita všetkých dôb.

Za posledných 600 miliónov rokov sa biodiverzita všeobecne zväčšovala napriek občasným epizodám hromadného vymierania.



obr. 41. Úplná história života (podľa Wilsona, 1995)}

Vrchol globálnej biodiverzity v štvrtohorách (kenozoiku) bol spôsobený najskôr vývojom aeróbného prostredia, neskôr i rozpadom pevninských blokov. Za posledných 100 miliónov rokov sa počet druhov morských organizmov prinajmenšom zdvojnásobil, počet druhov suchozemských rastlín viac ako stonásobil.

#### Vplyv prostredia a času na biodiverzitu

Pre pochopenie príčin zmien biodiverzity miestnych spoločenstiev sa treba pozrieť na závislosť biodiverzity od zemepisnej šírky. Smerom od pólův k rovníkom počet druhov (i ostatných taxonomických skupín) stúpa. Tento rast závisí predovšetkým na podmienkach prostredia. Najväčšia druhová diverzita je v tropických dažďových pralesoch. Tieto biomy sa vyskytujú tam, kde je ročný úhrn



zrážok minimálne 200 cm/rok, rozložených pravidelne po celý rok; sú tu najvyššie teploty pri najvyšších zrážkach. Tieto pralesy zaberajú asi 6% zemského povrchu, ale predpokladá sa, že v nich žije viac ako polovina biologických druhov. Podľa teórie ESA (*Energy – Stability – Area*) viac slnečnej energie, stálejšie podnebie (počas roka, i v priebehu rokov) a veľká plocha, znamená väčšiu rozmanitosť. Tu sa teda významne prejavuje **vplyv prostredia**.

V miernych a polárnych pásmach musia organizmy v priebehu roka znášať veľké výkyvy teplôt, musia sa adaptovať na široký rozsah podmienok prostredia. Naproti tomu stále podmienky tropického pralesa umožňujú viacerým druhom organizmov aby sa špecializovali na menšie úseky prostredia, úspešne konkurovali druhom so širšou ekologickou valenciou a pretrvali tak dlhšiu dobu. Druhy sú usporiadané „tesnejšie“, a v prostredí nezostáva neobsadené miesto. Priaznivé, málo premenlivé prostredie umožňuje existenciu veľkých organizmov, na ktorých často žijú iné, často veľmi rozmanité menšie druhy (napr. epifyty na stromoch).

Okrem už spomenutej rozlohy tu sa uplatňuje aj **vplyv času**, tzn. v tomto prípade času evolučného, dosť dlhého na to aby sa vyvinuli väčšie organizmy, ktoré umožnia existenciu menším druhom na nich závislým. Súčasne sa ustálila symbióza, zmiernila konkurencia, spomalilo vymieranie, a tak sa mohol nahromadiť väčší počet druhov. Faktor času sa prejavuje vo vzťahu ku stabilite klímy: tropické dažďové pralesy, na rozdiel od veľkej časti lesov mierneho pásma a stepí, prečkali ľadové doby. Nikdy ich nezakryli kontinentálne ľadovce, ani neboli zatlačené stovky kilometrov od miesta svojho pôvodného výskytu. Iba za dlhých období sucha, ktoré sprevádzali zaľadnenie vo vyšších nadmorských výškach, dažďové pralesy v nížinách ustúpili (rovníková Afrika), ale v rozsiahlych oblastiach pretrvali.

#### **vplyv človeka na biodiverzitu**

Od predhistórie po dnešnú dobu sa na znižovaní biodiverzity (ničenie prírody) podieľali najmä tieto ľudské aktivity: masové vybijanie veľkých živočíchov, ničenie prostredia, zavlečenie cudzích organizmov a choroby prenášané týmito organizmami. V poslednej dobe je najzávažnejším faktorom **narúšanie až ničenie prostredia organizmov**. Likvidácia pôvodných lesných porastov a iné pohromy vyvolané požiadavkami rastúcej ľudskej populácie sú všade najväčšou hrozbou biologickej rozmanitosti.

S rozvojom priemyslu stúpa rapídne **znečistenie ovzdušia**, na ktoré nie sú organizmy adaptované. To má za následok ústup celého radu citlivých, pôvodných druhov a naopak, šírenie až inváziu druhov tolerantných.

Ďalší negatívny dopad na väčšinu ekosystémov môžu mať v blízkej budúcnosti **dlhodobé klimatické zmeny**. Keby sa naplnili aj tie najmiernejšie predpovede globálneho otepľovania, živočíchy i rastliny sa dostanú „do klieští“. Na jednej strane ich ohrozuje odlesňovanie a ďalšie priame ničenie prostredia, na strane druhej ich ohrozuje skleníkový efekt. Zatiaľ čo strata životného prostredia má najničivejší účinok na tropické organizmy, je pravdepodobné, že otepľovanie bude mať väčší dopad v chladnej časti mierneho pásma a v polárnych oblastiach. Posun klímy smerom k pólom rýchlosťou 100 a viac km za storočie, prinajmenšom nemôžeme vylúčiť. Pri takejto rýchlosti sa prírodné a prirodzené ekosystémy dostanú do teplejšieho režimu, a mnohé organizmy z nich jednoducho nebudú môcť odísť alebo neprežijú. Fosílné nálezy podporujú túto predpoveď obmedzenej schopnosti šírenia. Zatiaľ čo napr. smrek sa dokázal po ústupe kontinentálneho ľadovca šíriť rýchlosťou cca 200 km za storočie, väčšina iných drevín sa šírila iba o 10 – 40 km za storočie. Táto skúsenosť ukazuje, že bez „prenesenia“ celých ekosystémov by sa veľké množstvo pôvodných druhov ocitlo na „klimaticky nesprávnom“ mieste. Zatiaľ nevieme, koľko z nich sa prispôbí, koľko vyhynie. Je viac ako pravdepodobné, že organizmy tundry a polárnych morí by nemali kam ustúpiť ani pri miernom globálnom oteplení, jednoducho nemôžu odísť ďalej ako na severný, alebo južný pól. Všetkým organizmom vysokých zemepisných šírok (analogicky aj vysokých nadmorských výšok), hrozí teda vyhynutie. Ohrozené sú aj početné organizmy pobrežných nížin, ktoré by zaplavila stúpajúca hladina oceánov pri topení polárnych ľadovcov.



*Kontrolné otázky:*

1. Ako sa vyvíjala biodiverzita na Zemi.
2. Objasnite vplyv času a prostredia na biodiverzitu.
3. Ktoré ľudské aktivity negatívne ovplyvňujú biodiverzitu.
4. Akú hrozbu pre ekosystémy Zeme predstavujú dlhodobé zmeny klímy.

**9.2. KRÍZA BIODIVERZITY**

Do tejto krízy priviedol svet demografický úspech človeka. Tento cicavec o priemernej hmotnosti 50 kg, príslušník inak pomerne vzácnnej skupiny primátov, sa v celej histórii života stal stonásobne početnejším ako ktorýkoľvek iný suchozemský živočích zrovnateľnej veľkosti. Podľa všetkých parametrov je ľudstvo „ekologicky abnormálne“. Privlastňuje si 20 – 40% slnečnej energie zachytávanej v biomase suchozemských rastlín. Nie je mysliteľné, aby ľudstvo nadalej takouto mierou odčerpávalo zdroje planéty, bez toho aby drasticky neznižovalo stavy väčšiny ostatných druhov.

So vzostupom ľudstva a úpadkom biodiverzity je spojená aj ďalšia hrozivá asymetria. Najbohatšie národy ovládajú najmenšie a (z celosvetového hľadiska) najmenej zaujímavé prírodné oblasti, zatiaľ čo najchudobnejšie národy zaťažené populačnou explóziou a nedostatkom vedeckého poznania sú správca-ami tých najväčších. V roku 1950 žila v priemyselne vyspelých krajinách tretina svetového obyvateľstva. Do roku 1985 klesol tento pomer na štvrtinu a očakáva sa, že do roku 2025 ďalej poklesne na šestinú. Svetová populácia by do tej doby mala vzrásť o 60%, na 8 miliárd obyvateľov.

Závažnosť krízy biodiverzity môžeme demonštrovať na príklade tropických dažďových pralesov, ktoré obsahujú viac ako polovicu rastlinných i živočíšnych druhov Zeme. Zo straty ich plochy môžeme odvodiť rýchlosť ubúdania druhov, alebo rýchlosť, s ktorou sa blížia zániku.

Napriek mimoriadne druhej bohatosti patria pralesy medzi najzraniteľnejšie ekosystémy. Do dnešnej podoby sa vyvinuli za 150 miliónov rokov. Väčšina uhlíka a značná časť živín ekosystému je viazaná v živej alebo odumretej biomase dreva. Opad a humus tvoria tenkú, rýchlo sa rozkladajúcu vrstvu. Po vyrúbaní a vypálení dažďového pralesa množstvo živín z popola a rozloženého opadu umožní rast poľnohospodárskych plodín na dva alebo tri roky. Neskôr je pôda vyčerpaná a stáva sa sterilnou. Poľnohospodári musia používať umelé hnojivá, alebo sa presťahovať na ďalší úsek pralesa. Regenerácia tropického pralesa je veľmi ťažká, väčšina semien hynie v horúcej sterilnej pôde, a tam kde zdroj semien je vzdialený, je prakticky nemožná.

Do roku 1979 sa rozloha dažďových pralesov zmenšila asi na 56% predhistorickej rozlohy. Prieskum z družíc ukázal, že zvyšok, spolu s menej rozsiahlymi monzúnovými pralesmi mizne rýchlosťou 75 000 km<sup>2</sup>, tzn. 1% za rok. Hlavnou príčinou odlesňovania je aj dnes drobné poľnohospodárstvo, vypaľovanie pralesov, po ktorom je územie trvalo osídlené. Menší vplyv má chov dobytky a ťažba dreva.

V 80-tych rokoch sa odlesňovanie na celom svete zrýchlilo. V brazílskej Amazónii nadobudlo tragických rozmerov, v rokoch 1987 a 1988 bolo vyrúbaných a vypálených viac ako 100 000 km<sup>2</sup>. Odlesňovanie bolo urýchlené vládnu politiku osídľovania a budovania ciest. Dôsledkom bolo aj globálne znečistenie: brazílske požiare uvoľnili 500 miliónov ton uhlíka v oxidu uhličitom, 44 miliónov ton oxidu uhľnatého, viac ako 6 miliónov ton častíc sadzí, a milión ton oxidov dusíka a ďalších znečisťujúcich látok. Väčšina z nich sa dostala do horných vrstiev atmosféry a šírila sa nad Atlantikom smerom na východ.

V roku 1989 zostávalo o niečo menej ako polovica pôvodnej rozlohy. Ničenie postupovalo rýchlosťou zhruba 142 000 km<sup>2</sup>, čo odpovedá 1,8% zostávajúcej rozlohy, takmer dvakrát rýchlejšie ako v roku 1979. Podľa WILSONA (1995) je možné predpokladať, že rovnako rýchle bude ústup pokračovať i v súčasnosti, tzn., že do roku 2022 zmizne polovina dnešnej rozlohy dažďových pralesov čo spôsobí vyhynutie 10–22% druhov.



Obmedzovaním plochy je možné vysvetliť veľkú časť vymierania, ale nie všetko. Druhotná strata sa bude zväčšovať, ak sa zvyšky pralesa stanú prístupnejšími pre človeka. Negatívnu úlohu tu zohrajú aj zavlečené druhy a choroby.

Podľa dostupných fosílnych nálezov žili druhy v minulosti bez zásahu človeka každý rádovo milión rokov. Z toho vyplýva, že základná rýchlosť vymierania je asi jeden druh z milióna za rok. Činnosť človeka zvýšila rýchlosť vymierania (iba v dažďovom pralesi, iba zmenšovaním jeho plochy) tisíckrát až desaťtisíckrát. Je zrejme, že žijeme uprostred jedného z veľkých vymieraní geologickej histórie.

Biodiverzita je naše najväčšie a najmenej docenované bohatstvo. Stratené druhy nemôžeme nahradiť, ale straty môžeme spomaliť na takmer nepostrehnuteľnú prehistorickú úroveň. Už iba samotný pokus o záchranu biodiverzity prinesie úžitok. Ak chceme druhy chrániť, musíme ich dobre poznať, keď ich poznáme, otvoria sa aj možnosti ich využitia.

V posledných dvadsiatich rokoch viedlo poznanie praktickej hodnoty pôvodných druhov k revolúcii v ochranárskom myslení, vznikol tzv. **neoenvironmentalizmus**. Vo vyspelých krajinách (s výnimkou zlej vôle a zvyškov nevedomosti) skončila ideologická vojna medzi zástancami ochrany prírody a zástancami hospodárskeho rozvoja. Tí si uvedomujú, že pri poškodzovaní prírody upadá zdravie a prosperita. Vedia, že z vymretých druhov nezískame žiaden úžitok. Keď sa zvyšné oblasti divočiny stanú zdrojom genetického materiálu namiesto toho, aby sa zničili kvôli niekoľkým metrom stavebného dreva alebo niekoľkým hektárom polí, bude ich ekonomický prínos oveľa väčší. Zachránené druhy môžu podporiť poľnohospodárstvo, medicínu a ďalšie činnosti kdekoľvek na svete.

**Udržiavanie biodiverzity** sa pôvodne podobalo „obrane bunkra“. Najbohatšie časti prírody boli ohrazené ako národné parky a rezervácie. Ľudia si svoje problémy mali vyriešiť na zostávajúcom území, a do rezervácií prichádzali obdivovať „skvelé dedičstvo“. Tento prístup sa do istej miery osvedčil vo vyspelých krajinách, ale nemôže byť úspešný v rozvojových krajinách, kde najchudobnejšie a najrýchlejšie rastúce populácie žijú vedľa najbohatších zdrojov biologickej rozmanitosti. Jediný peruánsky poľnohospodár, ktorý rúbe prales a postupuje z miesta na miesto, keď sa pôda rýchle vyčerpá, vyrúbe viac druhov drevín než rastie v celej Európe. Ak nebude mať inú možnosť ako užiť rodinu, druhy vyhynú (WILSON, 1995).

Zástancovia neoenvironmentalizmu vychádzajú z tejto reality. Uznávajú, že biodiverzita bude zničená v dôsledku ľudskej chudoby, ak sa nenájdu nové spôsoby ako ľuďom zabezpečiť obživu.

Revolúciu v názoroch na ochranu biodiverzity sprevádzala aj ďalšia zmena v myslení. Hlavný záujem sa preniesol **od druhov k ekosystémom**, v ktorých žijú. Hodnota samotného ekosystému s tisíckami menej nápadných druhov si dnes zasluhuje ochranu nezávisle od prítomnosti „slávnych druhov“. Veľmi často sú to práve skromné a nenápadné druhy, ktoré sa neskôr „preslavia“. Málokto si uvedomuje, ako je napr. medicína závislá na prírodných zdrojoch. Aspirín, najpoužívanější liek, bol odvodený od kyseliny salicylovej, objavenej v túžobníku brestovom (*Filipendula ulmaria*). Približne 40% liekov je odvodených z organizmov (rastlín, mikroorganizmov, živočíchov). To ale predstavuje iba zlomok z obrovského množstva, ktoré je k dispozícii. Z celkového počtu 220 000 druhov kvitnúcich rastlín bolo preskúmaných na prítomnosť alkaloidov iba 5 000 (menej ako 3%), navyše, náhodným výberom.

Žiaden druh neexistuje v prírode sám o sebe, každý je súčasťou ekosystému, vynikajúcim špecialistom preverovaným konkurenciou v trofických reťazcoch. Jeho odstránenie vyvolá lavínu ďalších zmien, populácia niektorých druhov sa zvýšia, iných zmenšia alebo dokonca vymiznú, hrozí neodvratný úpadok celých skupín organizmov.

Vzťah medzi biodiverzitou a stabilitou ekosystémov nie je doposiaľ uspokojivo popísaný. Z mnohých štúdií zásadného významu je známe, že rozmanitosť lesných ekosystémov zvyšuje živinovú sebestačnosť uzatvorenosťou biogeochemických cyklov. Viac druhov rastlín vytvára väčšiu a rovnomernejšie rozloženú listovú plochu, ktorá umožňuje maximálne využitie slnečnej energie. Veľký



počet špecializovaných druhov s rôzne adaptovaným koreňovým systémom umožňuje využívať živiny zo všetkých zdrojov ktoré sú tu v rôznom čase k dispozícii. Sú ale známe aj prirodzené druhovo chudobné ekosystémy, budované konkurenčne silnými a odolnými druhmi, s veľkou ekologickou stabilitou (u nás napríklad karpatské bučiny), kde druhová diverzita stúpa po ich narušení.

Väčšina ekosystémov (a spoločenstiev v rámci nich) je udržiavaná zmnožením podobných prvkov, druhov ekologicky podobných, ktoré sa môžu viac alebo menej nahradiť, keď je jeden zničený. Nakoniec sa ale aj táto rezerva vyčerpá, klesne účinnosť potravných sietí a kolobehu živín. Ustúpia ďalšie druhy a zmení sa samotná povaha prostredia. Koľko musí v ekosystéme vyhynúť druhov, kým sa naruší jeho stabilita? To závisí na samotnej povahe toho ktorého ekosystému, a na významných determinantách ekosystému, tzv. kľúčových druhoch. Za kľúčové druhy väčšinou považujeme veľké organizmy (napr. dreviny), ale môžu nimi byť aj drobné organizmy edafónu, významné z hľadiska kolobehu živín.

Každá krajina má tri druhy bohatstva, materiálne, kultúrne a biologické. Problémy biodiverzity vznikajú preto, že biologické bohatstvo sa podceňovalo. Fauna a flóra sú výsledkom miliónov rokov evolúcie sústredeným na určité územie a sú súčasťou národného dedičstva krajiny.

## ZHRNUTIE

Pod pojem evolúcia sú zahrňované špecifické vývojové kvality (zmeny), ktoré vedú k progresívnej organizácii živej hmoty, inak povedané k lepšiemu „vybaveniu“ organizmov, k vyššej usporiadanosti systémov. Zmeny sú pozvoľné, z hľadiska ľudského života nebadané, ich rámcom sú geologické doby.

Pojem biodiverzita (biologická rozmanitosť) sa stáva čoraz frekventovanejším (ba až módnym), podobne ako v nedávnej minulosti termín genofond. Predstavuje variabilitu všetkých ekosystémov a ich biotických zložiek. Svetový „Dohovor o biodiverzite“ z r. 1992 (Rio de Janeiro) rozlišuje biologické zdroje a biodiverzitu; jeho cieľom je ochrana, inventarizácia, monitoring a výskum biodiverzity. Bez poznania biologického druhu je štúdium biodiverzity nemožné.

Biodiverzita sa vytvára počas geologických dôb, tak ako sa menili podmienky života na Zemi, ako sa vyvíjali a vymierali organizmy. Čas je teda významným faktorom podmieňujúcim biodiverzitu – druhovo najbohatšie ekosystémy tropických dažďových pralesov sú najstaršími na Zemi. Rovnako významný je aj vplyv prostredia – množstvo slnečnej energie, dostatok vody, klíma bez veľkých teplotných výkyvov, ale aj veľká rozloha znamená väčšiu diverzitu.

Človek negatívne ovplyvňuje druhovú rozmanitosť už od predhistorických dôb – vybíjaním veľkých živočíchov, ničením prostredia, zavlečením cudzích organizmov a i. Dôsledkom narúšania až ničenia prostredia v dôsledku rozvoja priemyslu a dopravy, populačnej explózie ľudstva nastáva úpadok – kríza biodiverzity. Rýchlosť vymierania druhov sa zvýšila (iba v dažďových pralesoch) tisíc až desaťtisíckrát. Jedno z najväčších nebezpečenstiev pre biodiverzitu predstavuje ľudská chudoba a nevedomosť, resp. podceňovanie biologického bohatstva. Snaha po udržaní biodiverzity sa preniesla od ochrany druhov k ochrane ekosystémov.

Najväčšiu hrozbu biodiverzity na Zemi predstavujú dlhodobé klimatické zmeny – globálne otepľovanie a zmeny v chemizme atmosféry.

### Kontrolné otázky:

1. Čo znamená „kríza biodiverzity“ a aké sú jej príčiny.
2. Aké sú možnosti záchrany biodiverzity.
3. Vysvetlite vzťah medzi biodiverzitou a stabilitou ekosystému.



## 10. LESNÝ EKOSYSTÉM

Povrch Zeme zväčša pokrývajú oceány, iba 29% zaberá pevnina. Z toho pripadá cca 34% na lesy, 5% na savanové lesy, 17% na krovité formácie, 16% na trávinné biómy, 16% na púšte (vrátane ľadových), 9% na poľnohospodárske kultúry a 3% na mokrade a vody.

Európa leží v zóne lesov, lesné ekosystémy teda predstavujú pôvodný vegetačný kryt. V súčasnosti pokrývajú približne 30% plochy. Pôvodná nelesná vegetácia (prevažne trávnaté formácie) sa vyskytovala a vyskytuje iba v obmedzenom rozsahu nad hornou hranicou lesa, na rašeliniskách, močiaroch, v alúviách a vo fragmentoch lesostepí a xerothermných spoločenstiev. Všetky ostatné trávnaté porasty sú náhradnými spoločenstvami lesov a potenciálne by sa samovoľne opäť zalesnili (sekundárna sukcesia), keby ich človek neudržiaval kosením alebo pasením. Lesy sú najväčším producentom kyslíka, najvýznamnejším regulátorom klímy, biotopom živočíchov, zásobárňou genofondu.

Les ako ekosystém je priestorovo a časovo definované spoločenstvo, ktorého dominantnou zložkou sú lesné dreviny stromovitého vzrastu. Inými slovami povedané, les je rozsiahlym spoločenstvom rastlinných a živočíšnych organizmov a ich prostredia, kde určujúcou zložkou sú dreviny stromového rastu. Aby toto spoločenstvo mohlo byť označené za les, musí:

- zaujímať určitú minimálnu plochu, potrebnú k vytvoreniu vlastných špecifických podmienok prostredia, porastovej fytoклímy, ktorá zaniká jeho odstránením
- mať určitú minimálnu hustotu stromov, čo umožňuje vzájomné ovplyvňovanie sa jeho jednotlivých zložiek - mať zabezpečenú určitú dobu existencie (dlhovekosť),
- tak tiež plniť základné funkcie v krajine.

V našich klimatických podmienkach les predstavuje jedinú veľkoplošnú vegetačnú formáciu, ktorá je schopná trvale sa sama udržať vlastnými vnútornými silami a životnými procesmi, za predpokladu že sa citeľne nezmenia stanovištné podmienky, najmä klíma a vlastnosti pôdy. Základnými zložkami lesa sú drevnaté a nedrevnaté rastlinné druhy, tzv. **primárni producenti**, ktorí tvoria samostatné vrstvy (etáže). Tieto priamo, alebo nepriamo podmieňujú existenciu ostatných zložiek tzv. heterotrofných organizmov – **sekundárnych producentov**.

Súbory organizmov drevinového komplexu sú často určujúce pri udržiavaní biologickej rovnováhy celého ekosystému, vrátane vyrovňovania mikroklimy lesnej formácie. To znamená, že stabilita lesných ekosystémov závisí od stability stromových determinantov (najmä hlavnej stromovej vrstvy). Význam ostatných komponentov lesnej biocenózy je menší, ich stav je zväčša závislý od stavu stromovej vrstvy, čiže ich zmeny sú len sekundárnou reakciou na zmeny, ktoré v nej nastávajú.

**Z hľadiska vplyvu človeka na les môžeme rozlišovať lesy:**

- prírodné
- prirodzené
- zmenené hospodárskou činnosťou (monokultúry).

**Prírodné lesy** – ich vzhľad, formu a výstavbu, tzn. štruktúru a dynamiku zmien určujú tie dreviny, ktoré sa na určité stanovište dostali postupným šírením z refúgií v poľadovej dobe. Jedná sa teda o dreviny pôvodné – klimaxové. V našich klimatických podmienkach sú to dub zimný, buk lesný, smrek obyčajný a jedľa biela. Základným znakom prírodných lesov je stálosť druhového zloženia. Tento znak je však len relatívne stály, lebo je výsledkom dlhodobého vývoja, ktorý neustále pokračuje. Dlhodobými vývojovými procesmi, najmä prirodzeným výberom, tvoria na určitom stanovišti lesné spoločenstvo len tie druhy, ktoré sú prispôsobené príslušnému prostrediu, teda určitým stanovištným podmienkam,



prispôsobené sebe navzájom, ale zároveň sú Z toho vyplýva, že prírodné lesy majú druhové zloženie, priestorovú a vekovú štruktúru neovplyvnenú ľudskou činnosťou a zodpovedajú pralesovitým ekosystémom.

**Prirodzené lesy (lesy prírodným blízke)** – sú lesné ekosystémy, do ktorých už človek síce zasiahol hospodárskou činnosťou, ale majú zachovanú autoregulačnú a autoreprodukčnú schopnosť, tzn. sú schopné prirodzenej obnovy a vývoja ich drevinové zloženie je pôvodné, zodpovedajúce daným stanovištným podmienkam. Na rozdiel od prírodných lesov je ich vertikálna štruktúra (etážovitosť) jednoduchšia.

**Monokultúry (lesy zmenené hospodárskou činnosťou)** – sú to umelé lesné ekosystémy vytvorené človekom. Vznikli po vyťažení prirodzených, alebo prírodných lesov, pričom prvoradú úlohu pri následnom zalesnení zohrali ekonomické ukazovatele. Z toho dôvodu boli ako sadbový materiál používané drevisy stanovištné nevhodné, ale rýchlo rastúce (napr. smrek, šľachtené topole). Ako pri všetkých umelých ekosystémoch tak aj v tomto prípade sú ekologicky nestabilné, s nízkou autoregulačnou a autoreprodukčnou schopnosťou.

**Lesné prostredie** je priestor, ktorý les obklopuje a pozostáva zo súboru rozmanitých biotických a abiotických faktorov. Pri **vertikálnom členení** lesa môžeme rozlíšiť nasledovné vrstvy: atmosféra, vrstva stromová, krovinná, bylinná, machová, opad, korene, pôda a geologické podložie. V rámci nich prebiehajú v lesných ekosystémoch biogeochemické cykly, tvorba primárnej a sekundárnej produkcie, čo podmienilo vznik trofických reťazcov. Súbor znakov lesa zachytených v určitom momente tvorí **štruktúru lesa**, na základe ktorej môžeme hovoriť o vonkajšom a vnútornom priestorovom poriadku lesa.

Hierarchicky nižšou jednotkou ako les je **lesný porast**, ktorý predstavuje časť lesa s rovnakou štruktúrou a rovnakými pestovnými opatreniami (napr. mladina, žrd'kovina, dospelá kmeňovina). Jeho základnou časťou je produkčný priestor, v ktorom sa uplatňujú interakcie medzi prostredím a jedincami, prípadne populáciami navzájom. Delí sa na **porastové vnútro** a **porastový okraj**. Porastové vnútro zahŕňa priestor korún, kmeňový a koreňový priestor. Porastový okraj je hranica porastu, ktorá susedí s iným ekosystémom (lúka, poľnohospodárska pôda) a v ktorom sa uplatňuje vplyv nelesného prostredia, prípadne iného porastu.

Pre hodnotenie lesného porastu sa používa viacero kritérií, ako štruktúra porastu, jeho pôvod, drevinové zloženie, zmiešanie, vek porastu, jeho hrúbkové a výškové členenie, zápoj, vnútorná výstavba, rastové fázy, hospodárske spôsoby a formy. Tieto však budú podrobnejšie rozobrané v predmete Pestovanie lesa.

**Význam lesa v krajine** narastá s prudkým rozvojom priemyslu, dopravy, chemizácie, urbanizmu a technizácie života. Les, ako relatívne najmenej pozmenený prírodný ekosystém zachovávajúci si autoregulačnú schopnosť, je dôležitým stabilizačným prvkom v krajine. Človek ovplyvňuje lesné ekosystémy priamo – hospodárením, teda zasahuje do ich štruktúry a vnútroekosystémových vzťahov, ale aj nepriamo – ovplyvňovaním stanovištných podmienok.

### Vývoj lesných ekosystémov

Keď hovoríme o lesoch ako ekosystémoch, musíme brať do úvahy ich vývoj v čase a v priestore.

Dnešný stav lesov je výsledkom dlhodobého vývoja v dobe poľadovej, kedy sa vytvorili podmienky pre spätnú migráciu jednotlivých druhov z ich útočísk (refúgií) a kedy sa postupne konštituovalo dnešné rozšírenie, zloženie a vzhľad prírodných lesov za vplyvu človeka. Už od neolitu sa datuje (so vznikom poľnohospodárstva) citelný antropický vplyv. K maximálnemu rozšíreniu lesov a ustáleniu súčasnej vegetačnej stupňovitosti došlo na konci stredného holocénu (na začiatku doby bronzovej). Vtedy už v teplých oblastiach boli takmer 2 tisícročia citelné ľudské vplyvy. Z prírodných lesov vznikali náhradné spoločenstvá. Devastácia vrcholila v stredoveku, čo si vynútilo v 18. storočí vznik lesného hospo-



dárstva ako samostatného hospodárskeho odvetvia. Od priemyselnej revolúcie rastie intenzita ľudských zásahov exponenciálne. Pôvodné, prírodné lesné ekosystémy nahrádzajú umelo vytvorené ekosystémy s nízkou autoregulačnou schopnosťou.

Často sa hovorí a píše o pôvodnom drevinovom zložení, či pôvodných drevinách, o štruktúre lesov blízkej prírodným lesom a pod. Niekedy sa za prirodzenú skladbu považuje taká, ktorá bola pred rozsiahlymi zmenami, ktoré zapríčinil človek hospodárskou činnosťou, teda asi v druhej polovici 18. storočia. V skutočnosti je prirodzené drevinové zloženie také, aké sa vyvinulo v postglaciáli (dokladované peľovými analýzami rašelin alebo hlbokých spraší). Vplyv človeka na lesy sa datuje už od neolitu, a významné zásahy do drevinového zloženia štruktúry boli dokladované už od stredoveku.

Predstava o návrate k „pôvodným“ lesom je však nereálna, vzhľadom k rozsiahlym globálnym zmenám atmosféry, stanoviskových podmienok i vnútroekosystémových vzťahov. Z ekologického hľadiska je reálny termín **lesy prírodným blízke, lesy prirodzené**. Kým v procese sekundárnej sukcesie by bol vývoj takýchto lesov dlhodobý, človek môže, najmä z hľadiska časovej relácie „prírode pomôcť“ eliminovať dôsledky svojej negatívnej činnosti cieľavedomým, prírode blízkym hospodárením v lesoch.

### Rozšírenie lesných ekosystémov na Zemi

S ohľadom na rozdielne podmienky pre existenciu a rast lesa, dané makroklimou a povahou pôd, môžeme lesy členiť na celý rad rôznych formácií a typov. Pri zohľadnení klimatických pásiem Zeme (zonálnosti) sa rozlišuje šesť základných formácií lesov podľa klimatických zón Zeme:

- ihličnaté lesy chladného pásma
- zmiešané lesy mierneho pásma
- subtropické vlhké lesy
- rovníkové dažďové lesy
- tropické vlhké opadavé lesy
- lesy suchých oblastí

Tak ako všetky schémy, ani táto neobsahuje všetky typy lesov, najmä rôzne prechodné formácie.

**Hranice lesa** Ako už bolo spomenuté, výskyt lesa je prirodzene obmedzený. Všeobecne sa na Zemi rozlišujú tri typy prirodzených hraníc výskytu lesa: polárna, vysokohorská (alpínska) a kontinentálna. Prvé dve majú podobný charakter. Sú dané predovšetkým poklesom teplôt pod existenčné minimum drevín, a preto sú označované tieto hranice ako termické. Tieto hranice lesa sa vyznačujú postupným rednutím lesných porastov až prechodom do malých skupiniek stromov. Súčasne sa znižuje aj výška stromov, až do výšky krov. Vzhľadom k tomu, že sa prejavuje najskôr preriedenie a až neskôr zníženie výšky stromu, rozlišujeme hranicu lesných porastov a hranicu stromovú, ktorá je daná poklesom výšky roztrúsených stromov pod 5 m. Stromová hranica leží asi o 50-150 m vyššie, (resp. o 1-1,5° zemepisnej šírky bližšie k pólu) ako hranica lesných porastov. Popri nedostatku tepla sa ako faktory ovplyvňujúce tieto hranice uplatňuje aj vplyv vetra, expozície, dlho ležiaceho snehu, námrazy (tzv. vrcholový fenomén), povaha pôdy a pod. Na severnej pologuli zodpovedá priebeh hornej hranice lesa približne júlovej izoterme 10°C.

**Kontinentálna hranica lesa** je daná predovšetkým nedostatkom vlhky v pôde, je označovaná niekedy ako **suchá hranica lesa**. Pri kontinentálnej hranici lesa porasty tiež rednú, ale výška stromov sa znižuje podstatne menej. Vznikajú tu prechodné spoločenstvá, (prechodné formácie) označované ako lesostepi. **Hranice lesa sú oblasti**, kde sa stretávajú dve rôzne vegetačné formácie. Sú to miesta **neobyčajne citlivé, labilné**. Preto tu každý chybný či negatívny zásah človeka mal vždy veľmi závažné dôsledky, ktoré sa prejavili vždy ústupom lesa od pôvodných hraníc. Posun kontinentálnych hraníc lesa a vegetácie vôbec je pre ľudstvo významnejšie a nebezpečnejšie ako posun hornej hranice lesa v pohoriach, znamená rozšírenie stepí a púští.



Prirodzený výskyt lesa môže byť limitovaný aj špecifickými edafickými (pôdnymi) podmienkami ako napr. extrémne zamokrenie a s tým súvisiaci nedostatok vzduchu v pôde (rašeliniská, vresoviská, močiare), nedostatok vlhkosti (viate piesky), nedostatok jemnozeme (skaly, sutiny) a pod.

## 10.1. CHARAKTERISTIKA LESNÝCH EKOSYSTÉMOV

Lesy strednej Európy, teda aj Slovenska predstavujú **zmiešané (opadavé) lesy mierneho pásma**. Táto, hospodársky veľmi významná lesná formácia (označovaná tiež ako opadavé listnaté lesy), sa vyvinula v tých zemepisných šírkach, kde sa pravidelne strieda chladná zima (so snehom a mrazom) s letom bohatým na zrážky. Lesy preto poskytujú počas roka dvojaký obraz: v lete sú sviežo zelené (listnatá fenofáza), v zime (keď vegetačná činnosť prakticky ustáva) je sú bezlisté, holé. Táto ročná periodicitu rastu sa zreteľne prejavuje i na stavbe dreva (letokruhy).

Hlavnými drevinami sú početné druhy rodu dub a buk; primiešané sú hrab, javory, lipy a i. Bohatá je prízemná bylinná vegetácia. Z ihličnatých drevín sa tu vyskytuje borovica (prevažne na chudobných, suchých, hlavne piesčitých a skalnatých pôdach).

Lesy majú spravidla značnú výšku a hustý zápoj. Stromy dorastajú do mohutných dimenzií a majú väčšinou tvrdé, kvalitné drevo. Porastová zásoba dosahuje v priemere 400 – 700 m<sup>3</sup> na hektár.

Vo vnútri tejto lesnej formácie sa vytvorili vo všetkých horských masívoch ostrovy horských ihličnatých a zmiešaných lesov. Hlavnými drevinami sú tu smrek, jedľa, borovica limba a smrekovec. Hornú hranicu lesa u nás tvorí prevažne smrek, smrekovec, jarabina vtáčia a javor horský. Nad hornou hranicou lesa dominujú krovité porasty borovice kosodreviny. Svojrázny typom lesa tejto lesnej formácie sú **lužné lesy** v inundačných územiach veľkých riek. Spravidla sa rozlišuje mäkký luh v hornej časti toku (na ktorého skladbe sa podieľajú predovšetkým vrby a topole) a tvrdý luh na dolných tokoch (s hlavnými drevinami dubom, jaseňom, brestom a hrabom). Podhorské a horské lužné lesy tvoria predovšetkým jelše, jaseň a smrek.

### Závislosť typu lesného spoločenstva od podmienok prostredia

Skutočnosť, že v každom lese rastú spolu len určité druhy drevín a bylín, má svoj základ v ekologických nárokoch jednotlivých rastlinných populácií, v ich vzťahu k podmienkam prostredia, k faktorom klimatickým a edafickým. Z nich považujeme za prvoradé pre existenciu každého typu lesného spoločenstva z klimatických faktorov (svetlo, teplota, zrážky), z edafických faktorov geologický substrát a na ňom vytvorený pôdny typ. Významné sú aj topografické podmienky (nadmorská výška, sklon svahov a ich orientácia k svetovým stranám), prípadne i reliéfové tvary.

Pre väčšinu lesných spoločenstiev sú určujúcimi faktory klimatické, pri iných ich zloženie určujú špecifické faktory edafické napr. podzemná voda, záplavová voda, fyzikálne vlastnosti pôd (sutinový materiál) a pod.

So zvyšovaním sa nadmorskej výšky sa zákonite mení teplota i vlhkosť, čo ovplyvňuje vlastnosti pôd, a tým aj vegetáciu, čo sa prejavuje v zastúpení lesných drevín ale aj bylinných druhov. Na základe ich druhového zloženia sa vytvárajú **vegetačné stupne**, podobne ako sú od rovníka na sever a na juh vegetačné zóny.

Druhá skupina lesov, ktorých druhové zloženie závisí od prevládajúcich iných faktorov ako klimatických – prevažne špecifických vlastností pôd, napr. ovplyvnených dodatkovou vodou (záplavová, stagnujúca podzemná voda) sú **lesy azonálne**. Charakteristické pre ne je, že sú rozšírené v rozpätí viacerých vegetačných stupňov.



Zoocenózy, alebo voľnejšie chápané zoskupenia živočíchov sú v lesných ekosystémoch veľmi pestré z hľadiska druhovej rôznorodosti a početnosti druhov. Živočíchy sú troficky aj topicky viazané na rôzne etáže lesných ekosystémov, kde vytvárajú ekologické skupiny druhov, ktoré podobným spôsobom využívajú tie isté zdroje prostredia – gildy. Tieto rozdeľujeme najčastejšie buď podľa zdrojov potravy (obr. 42), alebo u vtákov podľa umiestnenia hniezd, u hmyzu rozlišujeme i lokomočné gildy. V našich lesoch žije okolo 115 lesných druhov vtákov, z toho 2/3 sú typicky lesné druhy viazané na lesné ekosystémy topicky aj troficky, viac ako 50 druhov je lesných cicavcov a na les je viazaných niekoľko stoviek druhov hmyzu.

Typické lesné druhy vtákov sú na lesný biotop viazané najužšie, troficky i topicky, napr. muchárík bieločrý, sojka škriekavá, tetov hlucháň, d'ateľ čierny a i. Ďalšie druhy vyhľadávajú stromy a kry aj mimo lesa (pinka lesná, sýkorka bieločrý, d'ateľ veľký). Najmenej sú na les viazané tie, ktoré tu vyhľadávajú iba potravu ale v lese nehniezdia, alebo naopak (vrana túlavá, hrdlička poľná a i.). Niektoré druhy sú viazané iba na konkrétny typ lesa (napr. slávik krovínový na lužné lesy a brehovce porasty), zatiaľ čo pri iných sa takáto väzba neprejavuje.

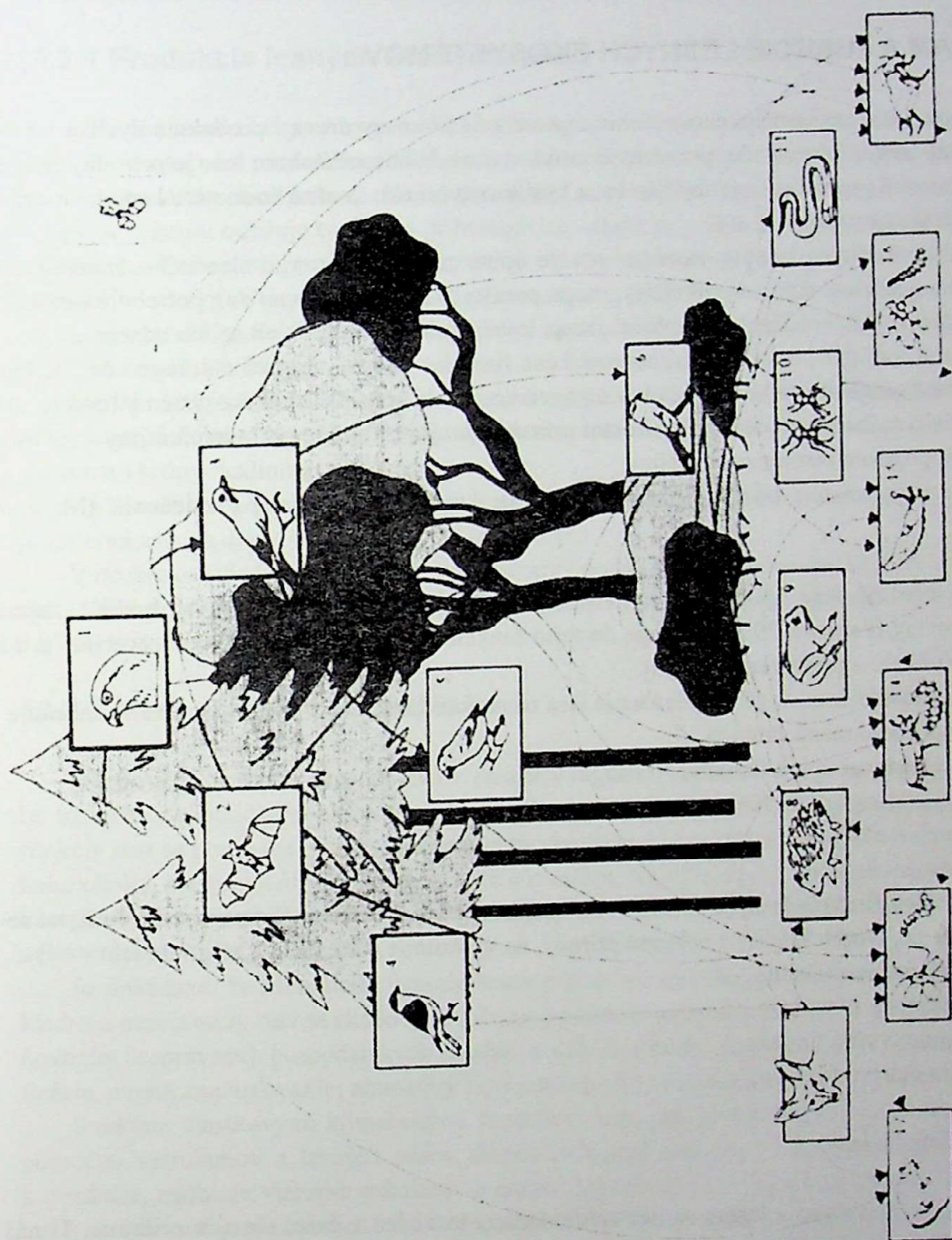
Cicavce predstavujú najväčšie druhy lesnej zoocenózy; viac ako polovinu z nich tvoria drobné hlodavce a hmyzožravce. Typické lesné druhy sú napr. rys ostrovid, medveď hnedý, veverica stromová; voľnejšiu väzbu má napr. líška hrdzavá, srnec lesný, menej sú viazané druhy ako zajac poľný alebo lasica m. žltá. Väčšina cicavcov je troficky a topicky viazaná na prízemnú etáž, menej na podzemnú (krt, jazvec lesný), krovínový (plchy) a iba niekoľko na kmeňovú resp. korunovú vrstvu (veverica stromová, kuna lesná a viacero druhov netopierov).

Z hľadiska trofického sú v lese významnými herbivormi jeleň lesný a srnec lesný, početnými prípadne významnými predátormi líška hrdzavá, vlk dravý, medveď hnedý a rys ostrovid; typickým omnivorom je diviak lesný.

Žiaden živočích nevyužíva nikdy celý ekosystém, v ktorom žije, ale len jeho časť. Zároveň plní funkciu, ktorú nenahradí žiadny iný organizmus. Hovoríme o tzv. druhovej nike. Napr. brhlík lesný využíva z celého lesného prostredia iba kmene a konáre stromov a pomerne málo pôdny povrch. Zo špecifických druhových nik vyplývajú i rozdielne vzťahy živočíšnych druhov k celým lesným spoločenstvám. V druhových nikách sú rozhodujúce trofické väzby. Úzko špecializovaná väzba na zdroj potravy je nevýhodou, lebo ak zmena prostredia zapríčiní taký nedostatok potravy, že presiahne možnosť adaptácie druhu, nemôže daný druh ďalej žiť v tomto prostredí. Za významných špecialistov môžeme menovať napr. d'atlovitých, ktorí sa živia podkôrnym hmyzom a húsenicami.

Intenzívny život je aj v pôdnom priestore. Na 1 m<sup>2</sup> lesnej pôdy žije niekde aj milión drobných živočíchov. Okrem dážďoviek, ulitníkov, hmyzu a z väčších, napr. drobné hlodavce, krt, jazvec a iných majú tu nezastupiteľné miesto pôdne mikroorganizmy, ktoré rozkladajú odumreté telá rastlín a živočíchov a tvoria humus.





Obr. 42 Trofické siete v zmiešanom lese (upravené podľa Otta 1994)

1. jastrab krahulec, 2. netopier, 3. sojka, 4. muchárik, 5. pinka 6. strakoš, 7. liška, 8. jež, 9. žaba, 10. mravec, 11. slepúch, 12. hrdziak, 13. mora borovicová, 14. chrúst, 15. plž, 16. bystruška, 17. svrček



**Živočíchy vo fungujúcom ekosystéme lesa sú:**

- súčasťou trofických reťazcov,
- predstavujú konkurenčné populácie (húsenice, vošky, hlodavce a iné),
- podieľajú sa na tvorbe humusu, rozklade organickej hmoty a obehu látok - urýchľujú prenos energie a cykly minerálnych látok,
- opelňujú kvety, prenášajú semená, plody a pod.

**10.2. VÝZNAM A FUNKCIE LESNÝCH EKOSYSTÉMOV**

Prirodzenou funkciou lesného ekosystému je produkcia biomasy dreva i produkcia kyslíka v procese fotosyntézy lesných drevín ako primárnych producentov. V hospodárskom lese je prírodný proces tvorby dreva zároveň procesom „výroby“ dreva, a kyslík sa tvorí ako „voľná hodnota“, často nedocenená, v čom je zásadný rozdiel.

Fungovanie prírodných lesných ekosystémov je úplne závislé na energii slnečného žiarenia, ale časť lesných ekosystémov, najmä lignikultúry, (napr. porasty šľachtených topolov), potrebujú dodatočnú energiu vo forme obhospodarovania, závlah, resp. iných zásahov potrebných na ich udržanie.

Lesy plnia aj iné, významné tzv. mimoprodukčné funkcie. Les má vysokú autoregulačnú schopnosť, výrazne obohacuje diverzitu organizmov a priaznivo pôsobí aj na príľahlé ekosystémy (umelé, antropogénne). Preto možno lesy pokladať za kostru prírodnej krajiny, ktorá je základom krajiny a súčasne protiváhou antropogénne pozmenenej krajiny.

V podstate rozoznávame **tri základné funkcie lesa**, ktoré sa môžu ďalej rozčleňovať (MIDRIAK 1981):

- 1. Produkčná funkcia lesa**, spočíva vo využívaní lesa na získavanie materiálových hodnôt, najmä drevnej suroviny (PAPÁNEK 1978 zaraďuje do tejto funkcie aj funkciu chovateľskú – zverina a inú produkčnú funkciu – pridružená výroba).
- 2. Ekologická funkcia lesa**, využíva pôsobenie lesa na prostredie (pôda, voda, atmosféra) a zahŕňa
  - protieróznú pôdoochrannú funkciu,
  - protideflačnú pôdoochrannú funkciu,
  - protizosuvnú pôdoochrannú funkciu,
  - brehoochrannú funkciu,
  - vodohospodársku funkciu,
- 3. Enviromentálna funkcia lesa**, je založená na využívaní lesa ako životného prostredia ľudí, na rekreáciu, liečenie, tvorbu krajiny a ochranu prírody, na výskumné a iné ciele a zahŕňa
  - zdravotno-rekreačnú funkciu,
  - zdravotno-liečebnú funkciu,
  - kultúrno-krajinotvornú funkciu,
  - kultúrno-ochranársku funkciu,
  - poľovnú funkciu,
  - výskumnú funkciu lesa.

Vzťahy medzi človekom a lesom sa neustále menia, a to nielen v čase, ale aj v priestore. U nás môžeme rozlišovať štyri štádiá rozvoja chápania a využívania funkcií lesov:

- využívanie prírodných funkcií lesných ekosystémov človekom, bez akéhokoľvek negatívneho zásahu, ktoré by spôsobovali podstatné zmeny,
- zhoršovanie funkcií lesa vplyvom antropických vplyvov, bez zjavnej snahy o ich obnovu,
- zámerné vyčlenenie kategórií lesov so snahou o ich ochranu a obnovu
- cieľavedomé rozvíjanie všetkých funkcií lesa v integrovanom lesnom hospodárstve pre optimálne využívanie všetkých lesov ako dôležitej časti životného prostredia.



Význam základnej funkcie lesa sa určuje jej podielom na celkovom prínose všetkých funkcií lesa pre spoločnosť. V Správe o stave životného prostredia Slovenskej republiky z roku 2002 sa uvádza nasledovná štruktúra funkčných typov v hospodárskych lesoch: protierózny 44%, produkčný 23%, protiimisno-produkčný 20%, vodohospodársko-produkčný 9%, prírodoochranno-produkčný 3%, vodohospodársko-produkčný 1%.

Z tejto klasifikácie základných funkcií vychádza aj kategorizácia lesov Slovenska.

### 10.2.1 Produkcia lesných ekosystémov

Pôvodné lesné ekosystémy produkujú také množstvo organickej hmoty (bez zásahu človeka), ktorá je porovnateľná s produkciou intenzívne hnojených poľnohospodárskych kultúr aj v najúrodnejších poľnohospodárskych oblastiach. Lesný ekosystém sa od náhradných (trávnatých) ekosystémov, resp. od agroekosystémov odlišuje tým, že s pribúdajúcim vekom sa v ňom kumuluje biomasa, a to v relatívne stálej forme drevnej hmoty. Lesné ekosystémy v dospelom veku porastu majú preto najvyššie množstvo biomasy zo všetkých ekosystémov. Podľa DUVIGNEAUDA (1988) sa na 28 % rozlohy našej planéty pokrytej lesom vytvorí 28,4 miliárd ton suchej hmoty za rok. Celková ročná produkcia na zvyšnej ploche súše (72%) je len 24,5 miliárd ton suchej biomasy.

Medzi všetkými ekosystémami sveta majú najväčšiu biomasu na plošnej jednotke i celkove na svete tropické dažďové lesy. Hoci pokrývajú plochu len cca 1/25 povrchu Zeme, sústredujú v sebe asi polovicu všetkej rastlinnej biomasy.

Na Slovensku porastové zásoby dreva v roku 2003 dosiahli 428,2 mil. m<sup>3</sup> hrubiny bez kôry, pričom priemerná zásoba dreva na hektár dosiahla 223 m<sup>3</sup>.

V druhovom zložení lesov pretrvávajú priaznivý podiel listnatých drevín (58,4%), z toho buk 30,5%, dub 11,0%, hrab 5,7%, oproti ihličnatým drevinám (41,6%), z ktorých majú najvyššie zastúpenie smrek 26,7%, borovica 7,4% a jedľa 4,2%.

### 10.2.2 Mimoprodukčné funkcie lesa

**Klimatická funkcia lesa** spočíva v zásade v regulácii radiačného režimu, teploty, vlhkosti, pohybu vzduchu i chemického zloženia vzduchu, ako aj v znižovaní jeho znečistenia prachom. Klimatická funkcia lesa sa prejavuje najmä v priaznivej tvorbe mikroklimy (fytoklimy) lesného porastu ale aj blízkeho okolia, ale aj globálnym pôsobením na atmosféru. Najvýraznejšie sú zmeny mikroklimy v lesných komplexoch v oblastiach s extrémnou klímou (sucho, vysoké teploty, vysoká veternosť, stekanie chladného vzduchu a pod.).

Je dokázané, že klimatická funkcia lesov pôsobí vo vyváženom lesnom komplexe takmer vždy kladne a nepriaznivý stav sa ukáže spravidla len po zápornom ovplyvňovaní lesov človekom napr. uplatňovaním nesprávnych hospodárskych zásahov a stále citelnejšie sa prejavujúcimi dôsledkami industrializácie, najmä znečisťovaním atmosféry pevnými a plynými emisiami.

S takými čiastkovými klimatickými funkciami lesa, ako je regulovanie pohybov vzdušných mäs pomocou vetrolamov a lesných pásov chrániacich pred snehovými závejmi, zachytávanie nečistôt z ovzdušia, osobitne viazanie exhalátov a emisií, tlmenie zvukových vln a ochrana pred žiarením sa u nás zatiaľ stretávame len ojedinele na menších plochách. Uplatňujú sa najmä pri lesných ochranných pásoch lemujúcich polia, komunikácie, sídliská, vodné nádrže, alebo v lesoch okolo zdrojov znečisťovania ovzdušia.

Svojím priaznivým vplyvom sa podieľajú dreviny aj na zvyšovaní vlhkosti ovzdušia. Zdrojom vlhkosti okrem lesných komplexov sú i vodné plochy. Ak zoberieme výpar z vodnej hladiny za 100%, potom výpar z plochy povrchu s rastlinným krytom predovšetkým stromovou vegetáciou je viac ako 87%.

**Pôdotvorná funkcia lesa** súvisí najmä s tvorbou opadu, resp. humusu, s urýchľovaním pôdotvorných procesov a zlepšovaním pôdných vlastností. Ide o známe vplyvy melioračných drevín na chu-



dobných, degradovaných a erodovaných pôdach; osobitnú skupinu tvoria pôdy intoxikované, kde sa melioračná funkcia lesa uplatňuje pri asanačných a rekultivačných úpravách. Lesné porasty obohacujú pôdu humusom, dusíkom, v dôsledku kolobehu akumulujú živiny a zlepšujú hydrofyzikálne vlastnosti pôdy. Toto závisí aj od zastúpenia jednotlivých drevín. Medzi dreviny s veľkou účinnosťou (s rýchlym rozkladom opadu) patrí jelša, jaseň, topol, bresty, lieska a hrab, ktorých opad sa rozloží do dvoch rokov. Do druhej skupiny patria dreviny, ktorých opad sa spravidla rozloží za dva až tri roky: lipy, vrby, dub, javory, breza, buk, jarabina vtáčia a osika. Do poslednej skupiny patria ihličnaté dreviny, jedľa, smrek, borovica a smrekovec, ktorých opad sa rozkladá trvá viac ako tri roky.

**Pôdoochranná funkcia lesa** spočíva v schopnosti lesných porastov chrániť pôdu pred deštrukciou povrchovým odtokom vo forme plošnej a ryhovej vodnej erózie. Vzhľadom na to, že v našich podmienkach je vodná erózia najrozšírenejším deštrukčným procesom, nadobúda protierózna funkcia lesa najväčší praktický význam spomedzi všetkých jeho čiastkových pôdoochranných funkcií.

Koruny stromov, kríkov, bylinný a trávny kryt i opad v lesných porastoch zmierňujú energiu dopadajúceho dažďa a zabraňujú tak v prvej fáze erózii spôsobovanej dažďovými kvapkami, znižujú povrchový odtok vody a brzdia eróziu aj zvyšovaním infiltračnej schopnosti lesnej pôdy pri súčasnej redukcii povrchového odtoku. Koreňová sústava drevín a bylín viaže a spevňuje povrchovú pôdnu vrstvu (rizosféru), a zvyšuje tak jej protieróznu odolnosť.

Protieróznu funkciu plnia najlepšie husté lesné porasty, sú súvislým vegetačným krytom, čiže lesné porasty s vysokým zakmenením a zápojom, resp. s veľkým množstvom biomasy v nadzemnom priestore, kde sa vytvára čo najviac opadu, kde sú dobré humifikačné, štruktúrne a infiltračné pomery v pôde a kde rizosféra siaha pomerne hlboko pod povrch pôdy.

- **protideflačná pôdoochranná funkcia lesa** spočíva v tom, že lesný porast chráni pôdu pred vetrovou eróziou (defláciou). Lesný porast nielen chráni pôdu pred odnášaním na ploche, ktorú pokrýva, a rovnako predstavuje prekážku, výrazne meniacu vzdušné prúdenie a zachytáva pôdu odnášanú z voľných plôch. Protideflačná funkcia lesa sa uplatňuje najmä v rovinatých, prípadne oblastiach pahorkatín, predovšetkým na lokalitách s ľahko erodovateľnými pôdami. Z tohto hľadiska sú najúčinnnejšie relatívne mladšie, husté lesné porasty, resp. staršie porasty s hustým podrastom a okrajovým plášťom z listnatých drevín a krovín na okrajoch susediacich s poľnohospodárskou, (nezalesnenou) pôdou.
- **protizosuvná pôdoochranná funkcia lesa** spočíva vo využívaní lesných porastov na mechanické spevňovanie pôdy i pohyblivých sutín. Spevňovanie pôdy koreňovou sústavou alebo už sama existencia koreňového systému drevín lesných porastov zväčšuje súdržnosť povrchovej vrstvy pôdy, čím zabraňuje jej zosúvaniu. Na druhej strane treba však konštatovať, že les svojou hmotnosťou zväčšuje záťaž pôdnej vrstvy, posúva celkové ťažisko vyššie, a zvyšuje možnosť porušenia stavu rovnováhy pôdnej vrstvy, a teda i možnosť zosunu. Napokon, pôsobením vetra korene stromov pôdu uvoľňujú, aj vývraty podporujú zosun pôdy. Z tohto hľadiska sú najvýhodnejšie lesné porasty s prevahou hlboko koreniacich drevín, s vysokou transpiračnou schopnosťou, s relatívne menšou výškou, resp. s menšou hmotnosťou jednotlivých stromov v nadzemnom priestore, s hojným podrastom, odolné proti vetrovým vývratom.
- **protilavínová pôdoochranná funkcia lesa** spočíva vo využívaní lesa na účinné viazanie snehovej pokrývky a zabraňovanie vzniku, brzdenie, prípadne zastavenie lavín vo vysokohorských ochranných lesoch pod hranicou stromovej vegetácie, v kosodrevinovom stupni, ojedinele však aj v hospodárskych lesoch vyšších horských polôh. Účinok pohybujúceho sa snehu vo forme lavín sa neprejavuje len v poškodzovaní lesnej vegetácie, ale sneh pôsobí deštrukčne aj na pôdu i podložie, po ktorom sa pohybuje, a to najmä tam, kde vopred zničil lesný porast. Aby mohol les túto funkciu splniť, musí byť súvislý a musí byť schopný obnovy, ktorá nezabezpečuje len jeho ďalšiu existenciu, ale aj podporuje zakotvenie snehovej pokrývky. Les s ideálnou štruktúrou, t.j. zdravý, s trvalým zastúpením jednotlivých vekových tried, je schopný zabrániť vzniku lavín na ploche, ktorú pokrýva.



Túto schopnosť má pri priaznivom rozmiestnení ostrovčekovitých porastov aj kosodrevina, ak hrúbka snehovej pokrývky neprevyšuje vysoko jej výšku.

- **brehoochranná funkcia lesa**, resp. brehovej vegetácie sa prejavuje v ochrane brehov a vodných nádrží pred ich deštrukciou vymieľaním. Rastliny, ale najmä lesné porasty, chránia brehy prirodzených tokov a nádrží pred priamou mechanickou silou vodného prúdu, pred pôsobením vln. Okrem pobrežného pásma spevňujú aj štrkové náplavy, prípadne zabraňujú ich odnášaniam. Zabraňujú tým vytváraniu splavenín, znečisťovaniu vody tokov splaveninami a zanášaniam vodných nádrží. Ochranné brehové lesné porasty musia mať minimálnu šírku 3 – 15 metrov podľa šírky, resp. veľkosti vodného toku, mali by ich tvoriť najmä hlboko koreniace dreviny a kroviny s bohatou koreňovou sústavou a pružnou (ohybnou) nadzemnou časťou s dobrou regeneračnou schopnosťou, ako napr. jelše, vrby a pod.

**Vodohospodárska funkcia lesa** patrí medzi najznámejšie a najvýznamnejšie mimoprodukčné funkcie. Rozumie sa ňou v najširšom zmysle slova vplyv lesa na „hospodárenie s vodou“, zabezpečuje homeostázu krajiny a jej ochranu pred vodným živlom.

Les zabezpečuje **vyrovnávanie odtoku vody** z povodia (zníženie maximálnych a zvýšenie minimálnych odtokov). Tento vyrovnávací (regulačný účinok) lesa znižuje výšku povodňových vln, znižuje častotť ich výskytu a znižuje tak škody, ktoré povodne spôsobujú. Táto funkcia lesa sa vysvetľuje tým, že časť zrážok sa zachycuje na povrchu nadzemnej časti biomasy lesného ekosystému (tzv. intercepcia zrážok), pôda v lese má drsnejší povrch a zväčša aj vyššiu priepustnosť, následkom čoho sa vytvára len malý povrchový odtok (do 1,5 % max. však do 5 % ročnej sumy zrážok), a tak prevažná časť zrážkovej vody vniká do pôdy (infiltráciou), ktorá má so zreteľom na zvýšený obsah humusu a vyššiu pórovitosť aj väčšiu schopnosť zadržiavať vodu (retenčnú schopnosť).

Les vplýva aj na **tvorbu vodných zdrojov**; ovplyvňuje horizontálne zrážky, výpar, ale aj podzemné vody. Kladný vplyv lesa v našich podmienkach je evidentný zväčša len v prípade horizontálnych zrážok z hmly. Najvýraznejšie sa prejavuje od nadmorskej výšky 850–950 m vyššie. Príklad: vo vysokohorských smrečinách sa tak kondenzáciou hmly môže vytvoriť počas roka o 16–30 % disponibilnej vody viac ako z vertikálnych zrážok, teda dažďa a snehu.

Lesné ekosystémy majú najnižší podiel tzv. neproduktívneho výparu. Lesné dreviny majú v porovnaní s poľnohospodárskymi kultúrami nižší transpiračný koeficient a vyššiu produktivitu transpirácie (pri spotrebe rovnakého množstva vody vyprodukurujú viac biomasy). Najekonomickejšie využíva vodu buk, najmenej hospodárne z tohto hľadiska sú rýchlorastúce dreviny, u nás najmä topole.

Les tým, že **znižuje povrchový odtok** a transformuje značnú časť vody do podzemia, priaznivo ovplyvňuje tvorbu podzemných zdrojov vody, o čom svedčia údaje o zásobe vody v pôde, výške hladiny podzemnej vody, podzemnom odtoku a výdatnosti prameňov v lesnatých oblastiach.

Funkcia lesa vo vzťahu ku kvalite a hygiene vody je nasledovná: Les znižuje mútnosť aj mineralizáciu povrchovo odtekajúcej vody, vyplavuje sa menej dusíka, ktorý je z hygienického hľadiska vo vode závadný. Lesný ekosystém má priaznivý vplyv aj na bakteriálnu čistotu vody. Kvalita vody odtekajúcej z lesného porastu je vysoká a často sa pohybuje okolo hranice pitnej vody s coli-indexom nižším ako 100. Je to spôsobené tým, že lesné dreviny uvoľňujú značné množstvo mikrobiocídnych látok, ktoré sa pri styku s vodou absorbujú, čím ničia baktérie vo vode.

**Environmetálne funkcie lesa** sú funkcie lesa vo „sfére životnej pohody človeka“:

- **zdravotná funkcia** je predovšetkým daná bioklimatickými účinkami lesa, ako napr. jeho vplyvom na tepelnú pohodu človeka, ochranu pred intenzívnym slnečným žiarením a pod. K týmto účinkom pristupuje aj regenerácia vzduchu ako dôsledok fotosyntetickej asimilácie, ďalej ionizácia vzduchu, antimikrobiálne účinky lesa prostredníctvom fytoncídov atď. Príklad: z výsledkov hodnotenia antimikrobiálnej účinnosti smreka, jedle, borovice, duba a buka na testované baktérie *Escherichia coli*



a *Staphylococcus aureus* z hľadiska veku dreveniny vyplýva, že jej intenzita s vekom narastá. Relatívne najvyššia v prípade prvej baktérie je pri jedli a smreku, v druhom prípade pri dube a jedli.

- **hygienickou funkciou lesa** sa rozumejú tie jeho účinky, ktoré prispievajú k zlepšeniu znečisteného prostredia (filtračné a absorpčné účinky lesa, tlmenie hluku a i). Vo väčšine prípadov les nevytvára len jednoduchú bariéru (mechanický filter), ale časť toxických látok z ovzdušia a pôdy priamo absorbuje alebo inaktivuje.
- **zdravotno-liečebná funkcia lesa** sa uplatňuje vytváraním hygienicky priaznivého a esteticky pôsobivého prírodného prostredia, prispôbeného fyzickým a psychickým potrebám pacientov, rekonvalescentov a osôb v lekárskej starostlivosti (pacientov kúpeľov a zariadení liečebno-preventívnej starostlivosti).
- **rekreačná funkcia lesa** sa prejavuje pôsobením biologicky bohatej a esteticky pôsobivej lesnej prírody, (prispôbenej potrebám a záujmom návštevníkov lesa), ktorí využívajú lesa pri opätovnom nadobúdaní fyzických a psychických síl, oslabených predchádzajúcou činnosťou. Z toho hľadiska optimálny zdravý les, esteticky utváraný, so starými, mohutnými stromami, s dokonalým prístupom slnečného žiarenia, umožňujúci rekreačnú aktivitu, nerušenú hlukom, motorovými vozidlami a ťažbou dreva, neznečistený odpadkami a chemickými prípravkami, maskujúci rušivé objekty, s vyhliadkami do krajiny a približujúci návštevníkovi flóru a faunu. Táto funkcia je úzko spätá so zdravotno-liečebnou funkciou lesa. Praktické uplatnenie nachádza rekreačná funkcia lesov predovšetkým v prímestských lesoch, v parkových lesoch a v lesných parkoch.
- **funkcia ochrany prírody** – jej cieľom je zachovanie a využívanie lesa ako prírodného prostredia cenného svojou pôvodnosťou a krásou. Formou ochrany prírodných a prirodzených lesných ekosystémov sú veľkoplošné chránené územia (t.j. v národné parky, chránené krajinné oblasti) a maloplošné chránené územia (prírodné rezervácie, chránené náleziská, chránené študijné plochy), ktoré sa riadia osobitnými zásadami v zmysle zákona č. 543/2002 Z.z. o ochrane prírody a krajiny, v ktorom sa krajina rozdeľuje do 5 stupňov územnej ochrany.
- **v lesoch s poľovnou funkciou** sa podporuje chov a ochrana zveri, najmä vytváraním vhodných životných podmienok. Požiadavky na obhospodarovanie lesa môžu byť rozmanité podľa druhu poľovnej zveri a prevládajúceho spôsobu poľovného hospodárenia v konkrétnych podmienkach (zvernice, bažantnice a iné).
- **výchovno-výskumná funkcia** zahŕňa využívanie lesov na účely pedagogické a vedecko-výskumné. Konkrétne ide o lesy v užívaní stredných lesníckych škôl a TU vo Zvolene. Ich obhospodarovanie sa prispôbuje pedagogickým potrebám tak, aby študenti získali prehľad o možných spôsoboch činnosti v rozličných prírodných a porastových pomeroch

### 10.3. KATEGORIZÁCIA LESOV SLOVENSKA

Kategorizácia lesov predstavuje rozdelenie lesov podľa hlavnej funkcie (funkčného zamerania) a tomu podriadeného spôsobu obhospodarovania. Pri kategorizácii lesov sa teda berie do úvahy funkčné poslanie lesov ktoré vyjadruje určitý prevládajúci spôsob využívania lesa.

Lesy Slovenska sú členené podľa prevládajúcich funkcií do troch kategórií:

- **lesy hospodárske** (plnia v prvom rade funkcie produkčné)
- **lesy osobitného určenia**, (funkcie environmentálne)
- **lesy ochranné** (funkcie ekologické).



**Lesy hospodárske** s prevažujúcou produkčnou funkciou, v ktorých hospodárenie smeruje k využívaniu lesa ako zdroja drevnej suroviny a to pri zachovaní a zveľaďovaní ich stavu tak, aby súčasne plnili i ostatné funkcie.

**Lesy osobitného určenia** (lesy účelové) sú napr. lesy v ochranných pásmach vodných zdrojov I. stupňa, lesy v ochranných pásmach prírodných liečebných zdrojov prirodzene sa vyskytujúcich stôlových vôd, minerálnych vôd, kúpeľné lesy a lesy v okolí zariadení liečebno-preventívnej starostlivosti, lesné parky a prímestské lesy. Lesy v uznaných zverníkoch a samostatných bažantniciach, časti lesov národných parkov a chránených krajinných oblastí a ďalšieho územia chránené podľa predpisov o štátnej ochrane prírody. Ale aj lesy postihované exhalátmi (imisiami), vyžadujúce špecifické spôsoby obhospodarovania a ochrany. Lesy určené na lesnícky výskum a iné lesy, v ktorých odlišný spôsob hospodárenia vyžadujú iné dôležité potreby spoločnosti.

**Ochranné lesy**, sa ďalej členia na štyri kategórie, podľa najdôležitejších funkcií:

- lesy na mimoriadne nepriaznivých stanovištiach, ako sú sutiny, strže, hrebene a stráne so súvislou vystupujúcou materskou horninou, nespevnené štrkové nánosy a hlboké rašeliniská,
- vysokohorské lesy pod hornou hranicou stromovej vegetácie, ktoré plnia funkciu ochrany nižšie položených lesov, lesy na exponovaných horských hrebeňoch pod silným klimatickým vplyvom a lesy znižujúce nebezpečenstvo vzniku lavín,
- lesy v pásme kosodreviny,
- lesy potrebné na zabezpečenie ochrany pôdy.

Podľa údajov MP SR (Kolektív, 2003) hospodárskych lesov ročne ubúda a predpokladá sa naďalej ich úbytok. Kým v roku 1990 predstavovali 71,1 % zo všetkých lesov, v roku 2003 už iba 66,6 %. Plocha účelových lesov naopak stále narastá (v roku 1990 – 12,0 % a v roku 2003 – 16,6 %). Na náraste rozlohy účelových lesov sa podieľajú najmä lesy postihnuté imisiami. Rozloha ochranných lesov sa zvýšila z 13,5 % v roku 1990, na 16,8 % v roku 2003. Zvyšok tvorí lesná pôda určená na zalesňovanie.

## 10.4 STAV LESOV SLOVENSKA

Vzťahy medzi človekom a lesom sa neustále menia, a to nielen v čase, ale aj v priestore. U nás môžeme rozlišovať štyri „vývojové“ štádiá rozvoja chápania a využívania funkcií lesov: V prvom štádiu človek využíval prírodné funkcie a sám ich podstatne nemenil. V druhom štádiu človek funkcie lesa podstatne zhoršoval, lesy drancoval, a nič nerobil na ich obnovu a zveľadenie. V treťom štádiu človek zámerne vyčleňoval určité kategórie lesov a ostatné lesy chránil a obnovoval pre zachovanie a zvýšenie produkcie dreva.

V súčasnosti sa dostávame do štvrtého štádia, kde by človek mal cieľavedome rozvíjať všetky funkcie lesa v integrovanom lesnom hospodárstve pre optimálne využívanie všetkých lesov ako dôležitého prírodného zdroja i súčasti životného prostredia.

Súčasný stav lesov Slovenska je do značnej miery „neblahým dedičstvom“ prístupu k lesom v minulosti, ktorý vyplýval z vtedajšej úrovne poznatkov. Dynamika zhoršovania zdravotného stavu lesov svedčí o výraznom nedocenení významu lesov pre existenciu a ďalší rozvoj spoločnosti v minulosti. Je možné konštatovať, že predovšetkým rozsiahle smrekové monokultúry na nevhodných stanovištiach sú v katastrofálnom stave a ak sa neuskutočnia zásadné, kvalitatívne opatrenia, môže dôjsť k ich úplnému rozpadu a degradácii ich funkcií. Ukazovateľom je zhoršenie zdravotného stavu lesov: Až 85 % stromov v lesoch Slovenska je viditeľne poškodených. V súvislosti s tým sa znižuje ekologická stabilita lesných porastov, čo sa prejavuje v postupnom narastaní rozsahu kalamít. Náhodné ťažby dosiahli už takmer 60 % z celkovej ťažby dreva.



Nie je priaznivá ani veková štruktúra našich lesov. Relatívne vysoko sú zastúpené porasty vo veku 40 – 80 rokov a prestarnuté porasty vo veku nad 120 rokov. Nízka je aj hustota (zakmenenie – 0,78 oproti cieľovému 0,85). Asi 12% výmery lesov nie je sprístupnených. Takmer na 90% plochy rubných porastov sa používali ekologicky nevhodné holorubné formy hospodárenia. Uprednostňovala sa umelá obnova lesov pred prirodzenou, čo viedlo k zmene prirodzených lesov na monokultúry (smreka, borovice). Následkom je zníženie druhovej diverzity, zjednodušenie štruktúry, zánik mnohých ekologických ník, čo v konečnom dôsledku vedie k zníženiu ekologickej stability takýchto ekosystémov, najmä tam, kde sú spomínané dreviny v stanovištne nevhodných podmienkach. V monokultúrach nachádzajú „ideálne“ podmienky pre premnoženie rôznych škodcov.

Stručne povedané, medzi najväčšie nedostatky lesného hospodárstva v minulosti patrilo uprenosťovanie ekonomických ukazovateľov pred ekologickými.

Okrem uvedených príčin je nepriaznivý stav zapríčinený aj imisiami, ktoré ohrozujú existenciu a funkcie väčšiny lesov. Straty na produkcii dreva sa prejavujú znížením objemového prírastku, predierovaním porastov, narušením druhovej, vekovej a priestorovej štruktúry, potrebou predčasnej obnovy, znížením úrodnosti lesných pôd, a pod. Celkové straty na drevnej produkcii predstavujú viac ako 1 milión m<sup>3</sup> dreva ročne a budú ďalej stúpať.

Základným predpokladom zastavenia vzrastu tohto nepriaznivého vývoja využívania lesov je úplná zmena priorít v lesnom hospodárstve. Na miesto donedávna najvýznamnejších ekonomických ukazovateľov – dodávok dreva, je nutné nastoliť prioritu ekologizácie lesného hospodárstva, ktorej najvýznamnejšou úlohou je vytvoriť z lesov biologicky hodnotné a stabilné ekosystémy, plne uspokojujúce životne dôležité potreby spoločnosti.

Nové pohľady na les a hospodárenie v ňom sa objavujú v oficiálnych vládnych dokumentoch až v roku 1993, ide o Stratégiu a koncepciu rozvoja lesníctva na Slovensku, ktorá vychádza zo Zásad štátnej lesníckej politiky na Slovensku.

## ZHRNUTIE

Lesy majú spomedzi všetkých ekosystémov Zeme prvoradé postavenie. Sú to najrozšírenejšie terrestrické ekosystémy biosféry. Komplexnosť ich štruktúry umožňuje maximálnu rozmanitosť foriem života, najoptimálnejšie využívanie slnečnej energie a uzavretosť biogeochemických cyklov. Sú najväčším producentom kyslíka, najvýznamnejším faktorom regulácie klímy, biotopom živočíchov, zdrojom biodiverzity a ekologickej rovnováhy krajiny.

Vývoj lesných ekosystémov u nás sa datuje od postglaciálu. V závislosti na klimatických a edafických podmienkach sa formovala vegetačná stupňovitosť, na extrémnych stanovištiach lesy azonálne.

Edifikátormi lesných ekosystémov sú lesné dreviny (stromy), ktoré vytvárajú špecifickú lesnú fytoklímu, podmienky pre ostatné lesné druhy (rastliny i živočíchov). Bohatý opad drevín a bylín podmieňuje rozvoj zložitých detritových reťazcov a pedogenézu.

Okrem významnej funkcie produkčnej plnia lesy aj funkcie ekologické a environmentálne. Zdravotný stav našich lesov sa neustále zhoršuje, najmä pôsobením synergických účinkov imisií a klimatických zmien. Oslabené jedince (i celé porasty) sú následne napádané patogénmi a odumierajú. Cestou k náprave tohto stavu, k zabezpečeniu trvalosti lesa a jeho úžitkov pre spoločnosť je radikálna zmena prístupu k lesu. Výsledky lesného hospodárstva musia byť hodnotené podľa stavu živých lesných ekosystémov, nie podľa kvantitatívnych ukazovateľov exploatačného charakteru.

V praxi to znamená uplatňovanie princípov prírode blízkeho lesného hospodárstva. Iba lesy prirodzené môžu plniť svoje nezastupiteľné funkcie.



*Kontrolné otázky:*

1. *Ktoré sú hlavné znaky lesného ekosystému.*
2. *Aké je rozšírenie lesných ekosystémov na Zemi.*
3. *Charakterizujte druhové zloženie a štruktúru našich lesov.*
4. *Ktoré podmienky (faktory) ich ovplyvňujú.*
5. *Čím je ovplyvnené rozšírenie lesov.*
6. *Charakterizujte hranice lesov.*
7. *Aká je štruktúra zoocenóz v lesných ekosystémoch.*
8. *Aké sú funkcie živočíchov v lesných ekosystémoch.*
9. *Ktoré základné funkcie lesných ekosystémov poznáte.*
10. *Charakterizujte ekologické funkcie lesa.*
11. *Ktoré funkcie lesa považujeme za environmentálne.*
12. *Z čoho vychádza kategorizácia lesov Slovenska.*
13. *Ktoré kategórie lesov poznáte a ktoré sú ich hlavné funkcie.*
14. *Aký je súčasný stav lesov Slovenska.*
15. *Aké sú príčiny tohto stavu a možnosti nápravy.*



## 11. LITERATÚRA

1. AMBROS, Z., 1986: Bioindikace abiotického prostředí lesních ekosystémů. *Acta universitatis agriculturae Facultas silviculturae* 54 (3 – 4): 367 – 391 pp.
2. AMBROS, Z., 1991: Ekologické skupiny druhů. VŠZ Brno, 55 p.
3. BEGON, M., HARPER, J.L., TOWNSEND, C.R., 1990: Ecology – Individuals, Populations, Communities. Blackwell Scientific Publications, Oxford. 949 p.
4. DUVIGNEAUD, P., 1988: Ekologická syntéza., Academia Praha, 414 p.
5. CLEMENTS, F. E., 1920: Plant Indicators. Carnegie Inst. Washington , 290 p.
6. ELIÁŠ, P., 1996: Ekológia je veda. In: *Biológia, ekológia, chémia* 2/96, s. 13-16.
7. ELLENBERG, H. (ed.), 1973: Ökosystemforschung. Springer Verlag, Berlín – Heidelberg – New York.
8. ELLENBERG 1974: Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. *Scripta geobotanica* 9, Gottingen, 97 p.
9. ELLENBERG, H., 1992: Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropas. In: *Scripta Geobotanica* 18. 2. verbesserte und erweiterte Auflage, D 3400 Göttingen Auflage, 258 p.
10. GRIME, J.P., 1979: Plant strategies and Vegetation Processes. John Wiley and Sons. Chichester – New York, – Brisbane – Toronto.
11. JENÍK, J., 1996: Ekosystémy (Úvod do organizace zonálních a azonálních biotů). Vydavatelství Karolinum, Univerzita Karlova, Praha, 135 s.
12. JURKO, A., 1990: Ekologické a socioekonomické hodnotenie vegetácie. *Príroda*, Bratislava, 195 p.
13. KLIKA, J., 1948: Rostlinná sociologie (Fytocenologie), Praha.
14. KOLEKTÍV, 2003: Správa o Lesnom hospodárstve v SR (Zelená správa), CROCUS Nové Zámky, 132 s.
15. LANDOLT, E., 1977: Ökologische Zeigerwerte zur Schweizer Flora Veröffentlichungen des geobotanischen institutes der eidg. Techn. Hochschule, stiftung Rubel, In Zurich 64: 41.
16. LOSOS, B. et al., 1984: Ekologie živočichů. SPN Praha, 383 s.
17. MÍCHAL, I., 1992: Ekologická stabilita. Veronica, Brno, 243 s.
18. MÍCHAL, I., 1992: Monova ekologické stability lesů. Academia, Praha, 169 s., obr.
19. NIČ, J., 1998 Využitie fytoekologických indikačných stupní pri hodnotení lesných ekosystémov Slovenska. *Vedecké štúdie* 14/1994/A, Technická univerzita Zvolen, 55 p.
20. ODUM, E.P., 1977: Základy ekológie. Academia, Praha, 733 p., obr.
21. OTTO, H., J. 1994: Waldökologie. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 391 s.
22. PAPÁNEK, F. 1978: Teória a prax funkčne integrovaného lesného hospodárstva. *Les. štúdie* 29, *Príroda*, Bratislava, 218 p.
23. SLAVÍKOVÁ, J., 1986: Ekologie rostlin. SPN Praha, 366 p.
24. SUKACHEV, V. N. et Dylis, N. (red). 1964: Osnovy lesnoj biogeocenologii. Moskva
25. TANSLEY, A. G., 1935: The Use and Abuse of Vegetational Concepts and Terms. *Ecology*, New York 16: 284 – 307 pp.
26. TUXEN, R., 1956: Die heutige potentielle naturrlich vegetation als gegenstand der vegetations kartierung. *Angewandte Pflanzensoziologie Stolzenau/Weser* 13:5 – 42(3).
27. WILSON, E.O., 1995: Rozmanitost života. Nakladatelství Lidové noviny, Praha, 444 s.
28. ZLATNÍK 1970: Lesnická botanika speciální. SZN Praha, 667 pp.
29. ZLATNÍK, A. et al., 1973: Základy ekológie. SZN Praha, 281 p.
30. ZOLYÓMY, B. et al. 1967: Einreihung von 1400 Arten der ungarischen Flora in ökologische Gruppen nach TWR-Zahlen. Fragment. In: *Bot. Musei Historico-Natural* 4: 101 – 142 pp.



|                           |                                                                                                                                                                                          |
|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Autori                    | doc. Ing. Eva Križová, PhD., prof. Ing. Rudolf Kropil, CSc.,<br>doc. Ing. Juraj Nič, CSc.                                                                                                |
| Názov                     | ZÁKLADY EKOLÓGIE                                                                                                                                                                         |
| Náklad                    | 200 výtlačkov                                                                                                                                                                            |
| Rozsah                    | 157 strán, 12,05 AH, 12,55 VH<br>Za odbornú úroveň tohto vysokoškolského učebného textu zodpovedá vedúci katedry prof. Ing. Ladislav Paule, PhD.<br>Rukopis neprešiel jazykovou úpravou. |
| Vydanie                   | I. – 2007                                                                                                                                                                                |
| Tlač a<br>grafická úprava | Vydavateľstvo TU vo Zvolene                                                                                                                                                              |
| Vydavateľ                 | Technická univerzita vo Zvolene                                                                                                                                                          |