

Pedagogická fakulta Trnavskej univerzity

Ekológia

pre pedagogické fakulty

Alfréd Trnka, Viera Peterková, Pavol Prokop

Trnava 2006

© Doc. RNDr. Alfréd Trnka, PhD., Ing. Viera Peterková, PhD., PaedDr. Pavol Prokop, PhD.

Recenzenti: doc. RNDr. Ján Drdul, CSc.,
prof. MVDr. Alexander Sabó, DrSc.

ISBN 800-8082-002-3

Obsah

Úvod

- 1. Ekológia ako veda**
 - 1.1. História ekológie**
 - 1.2. Definícia, obsah a delenie ekológie**
 - 1.3. Hraničné vedy ekológie**
- 2. Organizmus a prostredie**
 - 2.1. Definícia prostredia**
 - 2.2. Ekologické faktory**
 - 2.2.1. Abiotické faktory**
 - 2.2.1.1. Slnéčné žiarenie**
 - 2.2.1.2. Teplo**
 - 2.2.1.3. Vzduch**
 - 2.2.1.4. Voda**
 - 2.2.1.5. Pôda**
 - 2.2.2. Biotické faktory**
 - 2.2.2.1. Populácia**
 - 2.2.2.2. Vnútrodruhové vzťahy**
 - 2.2.2.3. Medzidruhové vzťahy**
 - 2.2.2.4. Potrava**
 - 2.2.3. Periodicita pôsobenia faktorov**
 - 2.2.4. Charakter pôsobenia na organizmy**
 - 2.3. Prispôsobenie organizmov prostrediu**
 - 2.3.1. Adaptácia**
 - 2.3.2. Divergencia a konvergencia**
 - 2.3.3. Alopatria a sympatria**
 - 2.3.4. Introdukcia, aklimatizácia a domestikácia**
 - 2.4. Zákon minima a tolerancie**
 - 2.4.1. Zákon minima**
 - 2.4.2. Tolerancia a ekologická valencia**
 - 2.4.3. Limitujúce faktory**

- 3. Ekológia spoločenstiev**
 - 3.1. Biocenóza a biotop**
 - 3.2. Biocenotické princípy**
 - 3.3. Štruktúra a stabilita spoločenstiev**
 - 3.4. Kategorizácia spoločenstiev**
 - 3.4.1. Čiastkové spoločenstvá**
 - 3.4.2. Zmiešané spoločenstvá**
 - 3.4.3. Prechodné spoločenstvá**
 - 3.4.4. Primárne a sekundárne biocenózy**
 - 3.4.5. Ustálené a premenlivé spoločenstvá**
 - 3.5. Stratifikácia biocenózy a biotopu**
 - 3.6. Vlastnosti biocenóz**
 - 3.6.1. Kvantitatívne znaky zoocenóz**
 - 3.6.2. Štrukturálne znaky zoocenóz**
 - 3.6.3. Vzťahové znaky zoocenóz**
 - 3.7. Vývoj spoločenstiev**
 - 3.7.1. Cyklické spoločenstvá**
 - 3.7.2. Sukcesia**
 - 3.7.3. Teória ostrovov**
 - 3.8. Periodicita spoločenstiev**
 - 3.9. Biómy**
- 4. Ekosystém**
 - 4.1. Vymedzenie pojmu a charakteristika ekosystému**
 - 4.2. Štruktúra ekosystému**
 - 4.2.1. Potravné reťazce**
 - 4.2.2. Ekologická nika**
 - 4.3. Funkcie ekosystému**
 - 4.3.1. Kolobeh látok**
 - 4.3.2. Tok energie**
 - 4.4. Dynamika a stabilita ekosystému**
 - 4.5. Produktivita a produkcia ekosystému**
- 5. Biosféra**
- 6. Odporúčaná literatúra**

Úvod

Ekológia ako veda zaznamenala od druhej polovice minulého storočia prudký rozmach. Z tohto odboru bolo doteraz publikované značné množstvo odbornej literatúry, učebníc či vysokoškolských učebných textov. Žiaľ, tento materiál je pre našich študentov málo dostupný alebo jeho rozsah, obsah či dosah nezodpovedajú učebným osnovám na PdF TU. Preto naším cieľom bolo vypracovať a poskytnúť študentom kompletný študijný materiál z tohto vedného odboru, ktorý zodpovedá osnovám predmetu ekológia. V predkladanom učebnom texte podávame základný prehľad ekológie doplnený o najnovšie poznatky. Na ľahšie pochopenie učiva je text doplnený príkladmi. Vzhľadom na požiadavky pedagogickej praxe našou snahou nebolo podať rozsiahly učebný text, ale materiál, ktorý by študentovi umožnil zorientovať sa v zložitej problematike ekológie a získané poznatky účelne využiť vo svojej pedagogickej praxi. A preto zámerne štruktúrovaný text predstavujú iba vybrané aspekty danej problematiky. Záujemcov o hlbšie štúdium ekológie odkazujeme na niektorú z prác citovaných v zozname literatúry uvedenej na konci týchto skrípt. Veríme, že predložené učebné texty v tejto podobe budú dobrým študijným materiálom tak pre študentov, ako aj ostatných záujemcov o ekológiu, a tým splnia svoj cieľ. Budeme vďační i za akékoľvek podnetné námety a pripomienky, ktoré prispesú ku skvalitneniu obsahu týchto učebných textov a k výučbe ekológie na našom odbore.

1. Ekológia ako veda

1.1. História ekológie

Ekológia patrí medzi pomerne mladé vedné disciplíny. Začala sa vyvíjať začiatkom 19. storočia. Plný rozvoj však dosiahla od polovice 20. storočia. Podobne ako iné vedné disciplíny aj ekológia prekonala počas historického obdobia postupný vývoj. Za najstaršie poznatky, ktoré možno charakterizovať ako ekologické, pokladáme niektoré záznamy, resp. časti zápiskov gréckych filozofov Hippokrata, ktorý žil v rokoch 460 – 370 p. n. l., Aristotela (384 – 322 p. n. l.) a jeho žiaka Theofrasta, botanika, filozofa a prírodného bádateľa (cca 371 – 286 p. n. l.). Poznatky rímskych učencov z tejto problematiky zhrnul Gaius Plinius Secundus (23 – 79 n. l.). K rozvoju poznania odboru prispeli aj mnohí veľkí biológovia 18. – 19. storočia. Napríklad známy nemecký prírodovedec Alexander von Humboldt (1769 – 1859) prvýkrát opísal zákonitosti šírenia rastlín na Zemi vzhľadom na klimatické podmienky. Švajčiarsky botanik Auguste Pyramus de Candolle (1778 – 1841) podal prvé podložené vysvetlenie o tom, ako pôsobia niektoré faktory vonkajšieho prostredia na rastliny. Priekopníkom štúdia potravových reťazcov a regulácie populácií bol známy priekopník mikroskopie na začiatku 18. storočia Anton van Leeuwenhoek (1632 – 1723). Množstvo údajov ekologického charakteru je aj v spisoch najznámejšieho evolučného biológa 19. storočia Charlesa Roberta Darwina (1809 – 1882). Títo ani starovekí filozofi však nemali pre tieto poznatky jednotné pomenovanie. Termín ekológia navrhol až nemecký biológ Ernst Haeckel (1834 – 1919) vo svojej knihe *Generelle Morphologie der Organismen (Všeobecná morfológia organizmov)* v roku 1869. Ako samostatný odbor biologických vied vzniká ekológia až v období okolo roku 1900, pričom súčasťou nášho bežného života sa tento pojem stal až v posledných desaťročiach.

1.2. Definícia, obsah a delenie ekológie

Názov ekológia pochádza z gréckeho slova *oikos*, čo znamená dom alebo obydlie, a zo slova *logos* – veda. Ekológia je exaktná vedná disciplína. Jej prvú definíciu sformuloval Ernst Haeckel v roku 1866, ktorý ju pokladá „za vedu o vzájomných vzťahoch organizmu k jeho anorganickému a organickému prostrediu, zvlášť o jeho priateľských a nepriateľských vzťahoch k tým rastlinám a živočíchom, s ktorými prichádza do styku“. Súčasne túto

disciplínu charakterizuje aj ako „podstatnú časť vedomostí, ktoré sa týkajú hospodárstva prírody, teda za ekonómiu prírody“. Stručne povedané – ekológia je definovaná ako veda o vzťahoch organizmov k prostrediu a vzťahoch medzi organizmami navzájom. Táto definícia však úplne nevystihuje to, o čo v podstate v ekológii ide, a to pochopenie procesov prebiehajúcich v prírode. Preto za výstižnejšiu možno pokladať definíciu významného amerického ekológa z polovice 20. storočia Eugena Oduma (1977), ktorý ekológiu chápe ako „štúdium štruktúry a funkcie prírody“, t. j. štúdium organizácie všetkých vyšších živých systémov, počínajúc organizmom.

Predmetom štúdia ekológie je živá hmota na rôznom stupni organizácie a jej vonkajšie prostredie, ktoré tvoria otvorené biosystémy (napr. zdanlivo ohraničený rybník, ktorý dostáva energiu z vonkajšieho prostredia, zo slnečného žiarenia, vodu a živiny z dažďa a naopak vydáva do okolitého priestoru vodu, teplo, živiny a pod.). Objekty štúdia ekológie môžu byť pritom na rôznej biologickej úrovni, napr. bunka, tkanivo, orgán, organizmus, populácia, spoločenstvo, ekosystém či celá biosféra. Ťažisko záujmu pritom predstavujú posledné štyri úrovne, a to najmä ekosystémy.

Napriek tomu, že ekológia patrí medzi mladšie vedy, dnes predstavuje pomerne rozsiahlu a širokú vednú disciplínu. To si vyžaduje aj jej ďalšie delenie na tzv. čiastkové odbory, a to podľa toho, ktorá zložka, resp. objekt štúdia, je stredom záujmu daného odboru. Cieľom však nie je len ich vymenovanie či mechanické zapamätanie si jednotlivých názvov, ale skôr poukázanie na šírku ekológie ako vedy. Môžeme ju členiť podľa viacerých hľadísk. Základné rozdelenie je na ekológiu:

- všeobecnú,
- špeciálnu,
- aplikovanú.

Všeobecná ekológia zovšeobecňuje ekologické javy bez ohľadu na systematickú príslušnosť organizmov.

Špeciálna ekológia študuje životné podmienky organizmov v rôznych typoch prostredia, napr. na súši, v sladkých alebo slaných vodách a pod.

Podľa jednotlivých taxonomických skupín môžeme ekológiu ďalej rozdeliť na ekológiu:

- mikroorganizmov,
- rastlín,
- živočíchov.

Môžeme použiť aj užšie vymedzenie skupiny organizmov, ako je napr. ekológia hmyzu, ekológia rýb, ekológia vtákov, ekológia cicavcov. Ekológiu môžeme členiť aj podľa toho, či predmetom štúdia je druh, populácia, alebo celé spoločenstvo. Z tohto hľadiska ju delíme na:

- autekológiu,
- demekológiu,
- synekológiu.

Autekológia študuje ekológiu jednotlivých druhov, ako je napr. ich rozšírenie, adaptácia, správanie, biologické rytmy a pod.

Demekológia (populačná ekológia) študuje populácie vo vzťahu k prostrediu, a to najmä kolísanie hustoty či početnosti populácie v prírode. Vo vzťahu k človeku sa častejšie používa termín demografia.

Synekológia, t. j. ekológia spoločenstiev, sa zaoberá štúdiom vzťahov na úrovni spoločenstiev či celých ekosystémov.

Aplikovaná ekológia sa zaoberá praktickou aplikáciou ekologických poznatkov. Má dva základné smery:

1. oblasti, kde v strede záujmu je organizmus, najmä človek a prostredie, ktoré naň pôsobí (napr. sociálna ekológia, ekológia škodcov, rybárska ekológia, rôzne hygienické a im príbuzné odbory a pod.);
2. oblasti, resp. disciplíny, kde v strede záujmu je prostredie človeka či organizmov všeobecne. Do tejto skupiny možno zaradiť napr. krajinnú ekológiu, ale aj environmentalistiku či urbanistiku.

Tento výpočet ekologických disciplín však nie je úplný. Rozvoj poznatkov z ekológie najmä v poslednom období vedie k ďalšej diferenciacii či utváraniu nových vedných disciplín, prípadne mnohé z nich vstupujú do centra pozornosti. Možno spomenúť napr. krajinnú ekológiu, produkčnú ekológiu a ďalšie.

Vzhľadom na povahu objektu výskumu ekológie a iných biologických vied ekológia vytvára s inými odbormi tzv. medziodborové disciplíny. Z nich možno spomenúť napr. ekofyziológiu, etoekológiu (tzv. behaviorálnu ekológiu), ekogenetiku, ekopatológiu alebo biogeografiu. Z nebiologických vied je to napr. matematická ekológia (modelovanie prírodných procesov a vzťahov), bioklimatológia (vplyvy počasia a jeho zmien na živé systémy), fenológia (štúdium periodicity životných prejavov v spoločenstvách v závislosti od ročného obdobia) a ďalšie. Tieto vedné disciplíny však predstavujú tzv. hraničné odbory ekológie, ktorými sa budeme zaoberať v nasledujúcej kapitole.

1.3. Hraničné vedy ekológie

Podobne ako iné vedné disciplíny aj ekológia využíva pri štúdiu organizmov pojmy a metódy mnohých iných biologických i nebiologických vedných disciplín, ktoré nevyhnutne potrebuje na vysvetlenie základných ekologických javov. Hoci tento fenomén je typický aj pre iné vedy, práve v ekológii sa vzhľadom na rozsah a predmet štúdia prejavuje najvýraznejšie.

Jednotlivé biologické disciplíny znázorňujú základné delenie. Patria k nim vedy ako molekulárna biológia, vývojová biológia, genetika, ekológia a iné. Ďalšie delenie predstavuje taxonomické členenie na vedné disciplíny, ako je bakteriológia, ornitológia, botanika a pod. Z nebiologických vied sa v ekológii najviac využívajú poznatky z matematiky, fyziky, chémie, meteorológie, geografie a ďalších. To v konečnom dôsledku viedlo a vedie k otváraniu nových medziodborových disciplín, tzv. hraničných odborov, z ktorých niektoré sme vymenovali v predchádzajúcej kapitole.

Príkladom na využitie hraničných vied ekológie je distribúcia svrčkov poľných (*Gryllus campestris*), ktorá je silne podmienená charakterom habitatu, resp. špecifického prostredia, v ktorom sa môžu vyskytovať. Túto oblasť študuje ekológia. Prostredie však značne ovplyvňuje množstvo dostupnej potravy, ktorou sa svrčky živia. Potrava vplýva na zdatnosť jedincov, ovplyvňuje ich pohybovú a sexuálnu aktivitu (napr. cvrlikanie samčiek, ich úspech v boji s inými samčkami) a v konečnom dôsledku rozdielny reprodukčný úspech jednotlivých svrčkov. Týmito aspektmi sa zaoberá etológia, ktorá však s ekológiou úzko súvisí, a komplexnú problematiku správania organizmov v kontexte s faktormi prostredia v ktorom sa vyskytujú, rieši hraničný odbor ekoetológia.

Prostredie môže vplývať aj na fyziológiu organizmov. Štúdia jednej zo známych „Darwinových piniek“ (*Geospiza fuliginosa*) na svetoznámych Galapágskych ostrovoch ukázala, že množstvo vtáčích ektoparazitov úzko súviselo s veľkosťou konkrétneho ostrova, na ktorom vtáky žili. S veľkosťou ostrova množstvo parazitov rástlo, pričom sa však menili aj imunitné reakcie odchytených vtákov. Pinky (*Fringilla spp.*) z väčších ostrovov, keďže ich viac napádali ektoparazity, mali rýchlejšie imunitné reakcie v porovnaní s pinkami z menších ostrovov. Z toho vyplýva, že veľkosť ostrovov, na ktorých sa jednotlivé subpopulácie piniek vyskytujú, vplýva na množstvo parazitov, a tým aj na „investície“ do imunitných reakcií piniek. Túto oblasť skúma ďalšia hraničná disciplína – ekofyziológia.

2. Organizmus a prostredie

2.1. Definícia prostredia

Každý organizmus na Zemi obýva isté prostredie. V ňom nachádza alebo využíva najdostupnejšie podmienky na svoj vývoj, život, rozmnožovanie a ostatné životné funkcie. Prostredie teda pre organizmy predstavuje „súbor podmienok, ktoré umožňujú žiť rastlinnému alebo živočíšnemu organizmu na určitom mieste, rásť, rozmnožovať sa a vyvíjať“. Takéto prostredie je jeho prírodným prostredím, môže ním byť napr. lúka, les, ale aj telo hostiteľa pre parazity, telo rozkladajúcej sa prírodnej hmoty pre saprofága, obyčajný kvetináč, mláka a pod. Okrem prírodného, t. j. prirodzeného, resp. pôvodného prostredia poznáme však aj prostredie umelé, vytvorené napr. človekom, ktoré sa často výrazne odlišuje od prostredia pôvodného, resp. prírodného. Takýmito prostrediami môžu byť napr. objekty živočíšnej výroby – maštale, ošipárne, rôzne laboratória alebo chovateľské zariadenia, prípadne objekty na chov laboratórnych či hospodárskych zvierat. Podobne aj vo vzťahu k človeku používame osobitný termín „životné prostredie“. Tento termín definovalo UNESCO v roku 1967 ako „tú časť sveta, s ktorou je človek vo vzájomnej interakcii, t. j. ktorú používa, ovplyvňuje a ktorú si prispôsobuje“. Zjednodušene povedané – životné prostredie je prostredie človeka.

Podľa niektorých autorov pod životným prostredím rozumieme prostredie, ktoré má vzťah k určitému živému systému, napr. bunke, jedincovi, populácii a pod.

Prostredie tvorí abiotická a biotická zložka. Abiotická, neživá zložka obsahuje všetky fyzikálne a chemické vlastnosti vzduchu, vody a pôdy. Biotickú zložku tvoria mikroorganizmy, rastliny a živočíchy osídľujúce to isté prostredie. Z hľadiska úrovne organizácie živej hmoty, obývajúcej určité prostredie, poznáme v ekológii viacero termínov vzťahujúcich sa na toto prostredie. Sú nimi napr.: odstrániť čiaru

– monotop (prostredie osídlené jedincom istého druhu),

– demotop (prostredie populácie),

– biotop (prostredie osídlené celým spoločenstvom),

– ekotop (prostredie ako súbor všetkých abiotických faktorov bez ohľadu na organizmy).

Z ďalších v ekológii používaných termínov možno spomenúť lokalitu, alebo aj stanovište, čo znamená miesto výskytu istého rastlinného alebo živočíšneho druhu, každá lokalita výskytu musí byť presne topograficky vymedzená napr. pomocou geografických súradníc (napr. lokalitou výskytu bučiaka trsťového (*Botaurus stellaris*) sú rybníky pri

Trnave). S výskytom živočíšneho alebo rastlinného druhu v prírode veľmi úzko súvisí aj pojem areál. Areál je vlastne priestor zemepisného rozšírenia druhu na Zemi (napr. areálom tučniaka cisárskeho (*Aptenodites forsteri*) je Antarktída, areálom medveďa ľadového (*Thalarctos maritimus*) je Arktída). Medzi prostredím a organizmom, ako otvorenými sústavami, sú veľmi tesné obojstranné vzťahy. Prostredie vplyva na organizmus a naopak, organizmus ovplyvňuje prostredie, t. j. medzi prostredím a organizmom prebieha neustála výmena látok a energie. Jednotlivé faktory prostredia, ako aj ich intenzita a dĺžka pôsobenia, majú kladný alebo záporný vplyv na život organizmov, preto všetky zložky vonkajšieho prostredia organizmov nazývame ekologické faktory.

2.2. Ekologické faktory

Ekologické faktory sú vplyvy, ktoré pôsobia na organizmus počas jeho života. Predstavujú v podstate podmienky existencie v prostredí, ktoré svojím pôsobením:

- eliminujú výskyt v prostredí, čím ovplyvňujú hlavne zemepisné rozšírenie druhov;
- majú vplyv na rozmnožovanie, úmrtnosť a sťahovanie organizmov, pôsobia na ich vývojové cykly, čím ovplyvňujú najmä hustotu populácií;
- podporujú vznik a vývoj rôznych adaptácií, ktoré umožňujú organizmom prežívať prechodne alebo aj dlhodobo v nepriaznivých podmienkach.

Ekologické faktory delíme na faktory:

- abiotické,
- biotické.

Abiotické (neživotné) faktory predstavujú v podstate fyzikálne vlastnosti vzduchu, vody a pôdy. Podľa toho ich aj delíme na faktory klimatické, hydrické a edafické.

Biotické (životné) faktory sa prejavujú ako vzájomné vzťahy organizmov.

K ekologickým faktorom nepatria fyzicko-geologické zložky, akými sú napr. nadmorská výška, zemepisná šírka a pod. Tieto činitele neovplyvňujú život organizmov priamo, ale prostredníctvom vlastných fyzikálnych vlastností vzduchu (napr. teplota, tlak vzduchu a pod.)

Medzi abiotickými a biotickými faktormi nie je vždy presne vymedzená hranica. Príkladom môže byť humus v pôde, ktorý predstavuje abiotický faktor, ale súčasne je i potravou pre mnohé pôdne organizmy. Stáva sa tak aj faktorom biotickým. Podobne problematické je napr. zaradenie a pôsobenie človeka. V podstate ide o faktor biotický, pretože človek je živý organizmus, ale na iné organizmy môže pôsobiť prostredníctvom fyzikálnych a chemických zmien prostredia, teda ako abiotický faktor.

2.2.1. Abiotické faktory

2.2.1.1. Slnčné žiarenie

Trvalou súčasťou nášho životného prostredia je niekoľko druhov žiarenia:

- mimozemské žiarenie,
- vlastné žiarenie Zeme.

Mimozemské žiarenie, ktoré dopadá na povrch našej planéty, predstavuje 99,98 percenta všetkého žiarenia. Ďalších 0,02 percenta tvorí vlastné žiarenie Zeme. Z fyzikálneho hľadiska je žiarenie formou existencie hmoty; prejavuje sa elektromagnetickým vlnením alebo pohybom častíc. Základným parametrom jednotlivých typov žiarenia je jeho vlnová dĺžka (uvádzame ju v nm) a frekvencia. Zdrojom mimozemského žiarenia je Slnko, z ktorého na povrch našej planéty dopadá v priemere rovnaké, resp. stále množstvo žiarenia, ktoré označujeme ako tzv. solárnu konštantu ($1\,390\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{min}^{-1}$). Skutočná hodnota dopadajúceho žiarenia je však rôzna a závisí od ďalších faktorov, ako je napr. slnečná aktivita, geomorfologické a klimatické podmienky, zemepisná šírka a pod. Slnčné žiarenie dopadá na Zem s vlnovou dĺžkou 290 – 5 000 nm. Pre organizmy je dôležitým zdrojom energie, svetla a tepla. Podľa vlnovej dĺžky tohto žiarenia rozoznávame:

- ultrafialové žiarenie,
- viditeľné svetlo,
- infračervené žiarenie.

Ultrafialové žiarenie je žiarenie s vlnovou dĺžkou 100 – 390 nm. Väčšinu ultrafialového žiarenia zachytáva ozónová vrstva (90 %). Ultrafialové žiarenie má významný pozitívny, ale aj negatívny vplyv na organizmy. Výrazne sa podieľa na tvorbe vitamínu D v živých organizmoch, ale súčasne negatívne ovplyvňuje rast, ničí organizmy, spôsobuje rôzne mutácie a nádory. Výrazný negatívny vplyv ultrafialového žiarenia sa na našej planéte prejavuje najmä vplyvom stenčovania ozónovej vrstvy a zväčšovaním a utváraním ozónových dier.

Viditeľné svetlo (260 – 760 nm) je najvýznamnejšou časťou slnečného žiarenia. Umožňuje organizmom orientovať sa v priestore, ale súčasne je veľmi dôležitým zdrojom energie, ktorú využívajú najmä rastliny v procese fotosyntézy. Rôzne druhy organizmov pritom vnímajú aj rôzny rozsah spektra viditeľného svetla. Človek vníma viditeľné svetlo v rozsahu 400 – 750 nm, napr. včela len od 300 do 450 nm a pod. Tzv. fotosynteticky aktívne svetlo, ktoré rastliny využívajú v procese fotosyntézy, má vlnovú dĺžku asi 400 – 720 nm. Označujeme ho aj ako PHAR (photosynthetic active radiation). Okrem vlnovej dĺžky viditeľné

svetlo ovplyvňuje organizmy aj svojou intenzitou, dĺžkou pôsobenia, stupňom polarizácie či smerom osvetlenia. Pravidelné zmeny v dĺžke svetelnej časti dňa (tzv. fotoperiód) sú príčinou periodicity biologických javov, tzv. biorytmov. Poznáme sezónne a cirkadiálne biorytmy.

Jednotlivé organizmy sú preto prinútené prispôbiť sa danej fotoperiód a tento jav nazývame fotoperiodizmus.
Odstrániť čiaru

Vplyv viditeľného svetla na organizmy možno zhrnúť takto:

Rastliny:

- zdroj energie na fotosyntézu,
- stimulácia rastlinných orgánov, ktoré ovplyvňujú kvitnutie, pohyby rastlín, dormanciu púčikov a pod.

Živočích:

- orientácia v priestore zrakom,
- tvorba pigmentov,
- denná aktivita živočíchov (rooznávame živočíchov denných, súmračných alebo nočných),
- stimulácia hormónov, ktoré ovplyvňujú napr. rozmnožovanie (vtáky),
- migrácia (vtáky, cicavce).

Dĺžka dňa (fotoperiód) napríklad u vtákov ovplyvňuje fyziologické procesy (napr. vylučovanie hormónov), a tým ovplyvňuje ich teritoriálne správanie (spev samčiek) alebo čas migrácie. V hospodárskej praxi sa využíva dĺžka a intenzita svetelného žiarenia na ovplyvňovanie znášok sliepok.

Podľa nárokov organizmov na svetlo rozlišujeme organizmy:

- svetlomilné (fotoheliofilné),
- tieňomilné (sciofilné),
- temnomilné (fotofóbne, heliofóbne).

Okrem slnečného žiarenia viditeľné svetlo môžu produkovať aj niektoré živočích prostredníctvom chemických reakcií –vtedy hovoríme o svetle biotického pôvodu. Tento jav nazývame bioluminiscencia. V našich zemepisných šírkach poznáme dva druhy svetojanských mušiek – svetluška obyčajná (*Phausius splendidula*) a svetluška svättojánska (*Lampiris noctiluca*), ktoré používajú svetielkujúce orgány. Podstatou produkcie svetla (svetielkovania) je reakcia dvoch organických látok, ktoré nazývame luciferín a enzým luciferáza. Je zaujímavé, že koeficient účinnosti svetla pri tomto procese je až 100 percent (zatiaľ čo bežné osvetľovacie telesá majú účinnosť len 10 – 20 percent). To spôsobuje, že vo svetielkujúcich organizmoch sa pri produkcii svetla neuvolňuje iná energia ako napr. v

žiarovkách, to znamená, že produkujú tzv. studené svetlo. Najviac svetielkujúcich organizmov nachádzame v trópoch (hmyz), ale aj v morských hĺbinách, kde okrem bezstavovcov majú túto vlastnosť aj niektoré ryby, teda stavovce.

Infračervené žiarenie (800 – 5 000 nm) je najvýznamnejším zdrojom tepla na Zemi.

K ďalším druhom žiarenia patrí ionizujúce žiarenie a neionizujúce elektromagnetické vlny. Ionizujúce žiarenie poznáme prirodzené a umelé. Prirodzené ionizujúce žiarenie tvorí tzv. rádioaktívne pozadie. Jeho zdrojom sú rádioaktívne prvky v litosfére (napr. urán, rádium, rádioizotopy uhlíka, draslíka), ďalej inertné rádioaktívne plyny (radón). Ďalším zdrojom prirodzeného ionizujúceho žiarenia je kozmické žiarenie, ktoré dopadá na našu Zem z vesmíru a tvoria ho protóny (t. j. pozitívne nabité jadrá vodíka), atómové jadrá hélia a ďalších prvkov. Toto žiarenie pri prechode zemskou atmosférou ionizuje atómy plynov vzduchu (kyslíka a dusíka). Intenzita kozmického žiarenia sa s klesajúcou nadmorskou výškou znižuje. Zdrojom umelého ionizujúceho žiarenia je človek (priemysel, jadrová energetika, medicína, výskum a pod.).

Neionizujúce elektromagnetické vlny (rádiové vlny) predstavujú vlnenie s vlnovou dĺžkou väčšou ako 0,3 nm, ktoré už nevyvoláva ionizáciu molekúl, ale pre živé organizmy môže mať veľmi negatívne dôsledky. Je to vlastne faktor antropogénneho pôvodu (rozhlas, televízia, mobilný telefón, radar a pod.). Pri elektromagnetických vlnách sú najviac ovplyvnené oči a pohlavné orgány, preukázal sa aj vplyv na nervovú a cievnu sústavu.

2.2.1.2. Teplo

Hlavným zdrojom tepla na Zemi je Slnko. Teplo zo Slnka sa dostáva na našu planétu vo forme infračerveného žiarenia. Ďalším zdrojom tepla je okolité prostredie, t. j. geotermálne teplo, ktoré sa prejavuje v termách alebo pri sopečnej činnosti, a exotermné reakcie metabolizmu organizmov. K tomuto druhu tepla patrí i teplo antropogénneho pôvodu. Tieto zdroje tepla však majú pre živé organizmy iba obmedzený, často len špecifický význam. Biologický význam tepla je v tom, že podobne ako svetlo stimuluje rôzne plazmatické, nervové a hormonálne procesy v živých organizmoch. Ovplyvňuje tak rýchlosť mnohých biochemických reakcií (napr. aktivitu enzýmov). Rýchlosť týchto biochemických dejov v závislosti od teploty vyjadruje van't Hoffovo pravidlo Q₁₀, ktoré môžeme vyjadriť rovnicou:

$$\frac{k_t + 10}{\text{-----}} = 2 - 3 x,$$

k_t

kde k_t je rýchlosť príslušnej reakcie.

Platnosť tohto vzťahu pre biologické procesy je však problematická, pretože koeficient pre každých 10 °C je iný a kolíše aj pri jedincoch toho istého druhu. Život sa pritom prejavuje v takom rozsahu teploty, pri ktorej môžu ešte existovať komplexné organické zlúčeniny, t. j. zhruba od –270 do +150 °C. Niektoré baktérie žijú napr. v horúcich prameňoch pri teplote –190 až 100 °C, zástupcovia Pomaliek (*Tartigrada*) v anabióze prežívajú i –271 až +100 °C. Teplotné optimum pre väčšinu organizmov je však 15 – 30 °C. Podľa vzťahu k teplote môžeme organizmy rozdeliť na :

- chladnomilné (psychrofilné), t. j. živočíchy a rastliny obývajúcce polárne kraje, chladné vody a vysokohorské oblasti;
- kryofilné (kryobiotné) žijú na ľade a snehu,
- teplomilné (termofilné).

Vplyv tepla na rastliny

Teplu ovplyvňuje v rastlinách najmä rôzne fyziologické procesy, ako je opadávanie lístia, zrenie plodov, klíčenie semien, jarovizácia a pod. Vyvoláva rôzne adaptácie. Pri zvýšenej teplote je to najmä regulácia pomocou transpirácie – odraz žiarenia lesklými listami. Pri nízkej teplote:

- trichómy – zníženie obsahu vody premenou škrobu na tuk (tvorba semien),
- opadanie listov alebo celých výhonkov.

Vplyv tepla na živočíchy

U živočíchov podľa schopnosti termoregulácie rozoznávame dva základné termobiologické typy:

a) studenokrvné (poikilotermné, exotermné) živočíchy, ktoré produkujú zväčša málo tepla a ľahko ho strácajú, naopak, teplo zo svojho okolia prijímajú rýchlo. V závislosti od zmien teploty okolia sú ich telá teplé alebo studené. K studenokrvným živočíchom patria bezstavovce, ryby, obojživelníky a plazy. Teplota u nich ovplyvňuje najmä rýchlosť vývoja, počet generácií počas roka, pohlavné dospievanie, určenie pohlavia, spôsob rozmnožovania, počet potomkov, sfarbenie, pričom nižšie teploty podporujú vznik tmavých foriem, vyššie teploty vznik svetlých foriem. Vyššia teplota zvyšuje aktivitu, nižšia teplota vyvoláva pokles aktivity až stav strnulosti, tzv. anabiózy.

Studenokrvné živočíchy sa museli na nižšie teploty adaptovať. Táto adaptácia tkvie napr. v znížení metabolizmu, tvorbe pokojových štádií, tvorbe rôznych obalov, vo vyhľadávaní úkrytov, napr. v zime, a pod. Zaujímavé je napr. prispôsobenie niektorých špecifických druhov rýb žijúcich v stále chladných vodách s teplotou aj niekoľko stupňov pod bodom mrazu. Ich krvná plazma obsahuje špeciálne bielkoviny tzv. kryoproteíny; tie pri poklese teploty zabraňujú vytváraniu väčších ľadových kryštálikov, ktoré by poškodili ich bunky a tkanivá. Podobnú funkciu ako kryoproteíny má pri niektorých bezchordátoch, napr. pri hmyze, glycerol. Krátkodobé zamrznutie v ľade sú schopné prežiť i niektoré naše živočíchy – ryby ako napr. Karas obyčajný (*Carassius carassius*) a pravdepodobne aj niektoré obojživelníky v období prezimovania.

b) teplokrvné (homioietermné, endotermné) živočíchy udržiavajú svoju telesnú teplotu na určitej výške nezávisle od vonkajšej teploty. Produkuje pritom veľké množstvo tepla, majú schopnosť termoregulácie a vytvorila sa u nich tepelná izolácia (tuk, perie, srst'). Patria k nim iba vtáky s teplotami 39 – 40 °C a cicavce s teplotami 36 – 37 °C. Menšie druhy majú spravidla vyššiu telesnú teplotu ako tie väčšie; súvisí to najmä s rýchlosťou ich metabolizmu. Teplota ovplyvňuje ich sfarbenie, veľkosť tela, správanie, napr. hľadanie úkrytov; kúpanie, príjem potravy, napr. v chladnejšom období príjem stúpa; príjem vody – stúpa v teplejšom období; migrácie a pod. Vzťah medzi sfarbením živočíchov, veľkosťou ich tela alebo niektorých telesných znakov v teplote prostredia vyjadrujú štyri základné ekologické pravidlá:

1. Bergmanovo pravidlo: Niektoré homioietermné živočíchy sú v chladnejších oblastiach väčšie a ťažšie než ich príbuzné formy žijúce v teplejších oblastiach. Klasickým príkladom sú tučniaky. Najväčší druh – tučniak cisársky (*Aptenodytes forsteri*) žijúci na pobreží Antarktídy – dosahuje výšku 120 cm a hmotnosť 34 kg. Naopak, najmenší tučniak galapágsky (*Spheniscus mediculus*), žijúci na Galapágoch, je oveľa menší (výška 50 cm) a ľahší (hmotnosť iba 2,5 kg).
2. Allenovo pravidlo: V chladnejších oblastiach majú niektoré homioietermné živočíchy kratšie uši, zobáky a končatiny ako v teplejších oblastiach. Typickým príkladom sú líšky. Fenek berberský (*Fennecus zerda*), vyskytujúci sa v púšťach má veľké uši a dlhú, úzku papuľu. Naša líška hrdzavá (*Vulpes vulpes*), žijúca v miernom pásme, má kratšiu papuľu a uši strednej veľkosti. Líška polárna (*Alopex lagopus*), obývajúca tundru, má najkratšiu papuľu aj uši a vzhľadom pripomína skôr psa.
3. Glogerovo pravidlo: V teplejších a vlhších oblastiach sú niektoré homioietermné živočíchy tmavšie ako ich príbuzné formy žijúce v suchších a chladnejších oblastiach. Napríklad tigre vyskytujúce sa v Ázii sú tmavšie ako ich sibírski príbuzní.

4. Jordanovo pravidlo (určuje meristické vzťahy rýb): V teplejších vodách majú niektoré druhy kostnatých rýb (*Teleostei*) nižší počet stavcov ako pri ich príbuzných formách žijúcich v chladnejších vodách.

Teplokrvné živočíchy vo vzťahu k zmenám teploty vonkajšieho prostredia dokážu svoju vnútornú telesnú teplotu regulovať. Hovoríme o procese termoregulácie, ktorá spočíva vo vlastnej produkcii tepla (termogenéza) alebo výdaji tepla (termolýza). Okrem schopnosti termoregulácie významnou adaptáciou niektorých teplokrvných živočíchov na chlad je zimný spánok (hibernácia), čo je aktívna schopnosť znižovať a zvyšovať telesnú teplotu a udržiavať telesnú teplotu za podmienok podchladenia. Hibernácia sa vyznačuje istou strnulosťou tela a zníženými telesnými funkciami. Príkladom hibernujúcich pravých zimných spáčov je jež, škrečok, plch a pod. U iných živočíchov (napr. medveď, jazvec) sa počas hibernácie výrazne neznižuje telesná teplota a udržiavajú sa mechanizmy tvorby tepla, napr. svalovým trasom alebo zadržiavaním tepla izoláciou. Hovoríme o nepravom zimnom spánku. Naopak, pri vysokej teplote vonkajšieho prostredia si niektoré živočíchy vytvorili adaptačné mechanizmy vo forme letného spánku (estivácia) alebo dennej spánkovej letargie, prípadne utvorením mechanizmov výdaja tepla, napr. odparovaním potu, lesklým povrchom tela a pod.

Z homoiotermných živočíchov sa niekedy ešte vyčleňuje tretí termobiologický typ tzv. heterotermných živočíchov. Tie v čase chladu prechádzajú do stavu strnulosti tela, znižujú telesnú teplotu niekedy až na teplotu okolitého prostredia, ale na rozdiel od studenokrvných živočíchov môžu teplotu tela zvyšovať a udržiavať na zodpovedajúcej úrovni. K takýmto živočíchom patria netopiere (*Chiroptera*) a tento jav u nich nazývame reverzibilná hypotermia. Podobne i medzi poikilotermiou a homoiotermiou existuje mnoho prechodných foriem. Patrí k nim napr. ježura, vtákopysek a pod. Náznak homoiotermie nachádzame aj u drsnokožcov, napr. Lemna sled'ová (*Lemna nasus*), u vyhynutých druhohorných dinosaurov a pod.

Základné rozpätie biokinetických teplôt, pri ktorých môže ešte organizmus jestvovať, je 0 – 45 °C, pri teplotách nižších ako 0 °C zamrzajú telové tekutiny, utvárajú sa ľadové kryštáliky a poškodzujú sa bunkové štruktúry, pri teplotách vyšších ako 45 °C nastáva denaturácia bielkovín a inaktivácia enzýmov.

2.2.1.3. Vzduch

Pre život suchozemských organizmov má bezprostredný význam tzv. prízemná vrstva atmosféry, tzv. troposféra, jej hrúbka sa mení a kolíše v rozpätí od 8 do 12 km, a to podľa

zemepisnej šírky a ročného obdobia. Obsahuje až 80 percent všetkej hmoty atmosféry. Chemické zloženie vzduchu je pritom stále s výnimkou obsahu vody a znečistenia. Obsah vody kolíše v rozpätí od 0 do 4 percent a klesá s nadmorskou výškou.

Základnými plynnými zložkami vzduchu sú dusík a kyslík, ktoré dohromady predstavujú 99 percent čistého suchého vzduchu. Ostatné plyny sa vyskytujú vo vzduchu v nepatrných až stopových množstvách (1 %). Okrem teploty a žiarenia k ďalším významným fyzikálnym vlastnostiam vzduchu patrí tlak, hustota, prúdenie vzduchu a vzdušná vlhkosť. Organizmy sa pomerne ľahko prispôsobujú menším zmenám atmosférického tlaku v rozsahu 999,3 Pa (t. j. 80 mB, resp. 60 Torrov), ktoré vznikajú v normálnych poveternostných situáciách. Takéto zmeny sú teda ekologicky málo významné. Oveľa väčší ekologický význam má znižovanie tlaku vzduchu s nadmorskou výškou. Vo výške 6 000 m n. m. má atmosférický tlak už asi polovicu normálneho tlaku meraného pri morskej hladine (1 013 MPa). Tlak vzduchu teda klesá so stúpajúcou nadmorskou výškou, so znižovaním tlaku klesá aj obsah kyslíka vo vzduchu, čím vznikajú výrazné ťažkosti s dýchaním. Hypoxia, t. j. nedostatok kyslíka, obmedzuje najmä biologickú aktivitu mozgu; u človeka sa to prejavuje napr. pocitom únavy, bolesťami hlavy, ospalosťou, svalovými kŕčmi a krvácaním z nosa. Na pokles tlaku sú citlivé napr. aj mačky a naopak, proti zníženému tlaku sú mimoriadne odolné vtáky (napr. supy, kondory), ale aj mláďatá cicavcov i vtákov a hibernanty. Preto za hornú hranicu rozšírenia teplokrvných živočíchov pokladáme nadmorskú výšku okolo 6 000 m n. m. V súvislosti s prispôbením sa zníženému tlaku a obsahu kyslíka vo vzduchu rozoznávame u človeka, ale v iných organizmoch tzv. krátkodobé prispôbenie čiže dočasnú aklimatizáciu a dlhodobé fyziologické adaptácie. Podľa toho, ako sú organizmy schopné tolerovať zmeny tlaku, rozdeľujeme ich na stenobarné (patria tam vtáky a cicavce) a eurybarné (hmyz); pozri kap. 2.4. Hustota vzduchu v porovnaní s vodou je nepatrná, napr. v Európe predstavuje približne $1,258 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Vzduchové masy majú preto malú nosnosť a neumožňujú väčším organizmom v nich žiť trvale, napriek tomu sa vo vzduchu trvale vznášajú drobné organizmy, rastliny a mikroorganizmy, riasy, rôzne spóry a peľové zrnká, ktoré tvoria súčasť aeroplanktónu. Vzduchové vrstvy však majú prvoradý význam pre lietanie živočíchov; hoci sa to nezdá, až 78 percent všetkých živočíchov na našej Zemi je schopných lietať, z toho prvé miesto zaujíma hmyz (98,9 %), ďalej sú to vtáky (0,98 %) a ostatné netopierotvaré (0,11 %). Okrem aktívneho letu je veľké množstvo živočíchov schopné lietať tzv. pasívnym kĺzavým letom, ktorý je vyvinutý u niektorých rýb (čelad' lietavkovité), obojživelníkov (žaby, čelad' *Racophoridae*), gekónov, hadov a cicavcov (napr. poletuchy a iné). V súvislosti s lietaním nastali významné adaptácie týchto organizmov, väčšina lietajúcich živočíchov má menšie

rozmery a hmotnosť, majú vytvorené špeciálne orgány na lietanie i oporu tela a sú oveľa pohyblivejšie. Prúdenie vzduchu (cirkulácia) patrí k významným a miestami aj periodicky sa opakujúcim ekologickým faktorom; ovplyvňuje najmä aktivitu a šírenie sa organizmov na zemskom povrchu.

Vplyv vetra na rastliny:

- pozitívny: opelenie (vetrom opelivé rastliny), pasívny transport (semená, plody);
- negatívny vplyv: vývraty, vysušanie rastlín, vznik tzv. vlajkových foriem solitérných stromov vo vysokohorských oblastiach, napr. borovica limba.

U živočíchov má vietor pozitívny vplyv na ich pasívny prenos, orientáciu v priestore (zachytávanie pachov, „flémovanie“), využitie pri lete, lietanie, plachtenie. Súčasne u nich vyvoláva rôzne smerové a polohové reakcie, ktoré označujeme ako anemotaxie, v pokoji napr. sa mnohé vtáky otáčajú hlavou proti vetru. Vietor spolupôsobí aj pri vývoji hmyzu s redukovanými krídlami alebo tzv. bezkrídleho hmyzu, a to najmä na miestach, ktoré sú vystavené stálemu a silnému vetru. Tento jav nazývame apterizmus (napr. v rovinách strednej Európy sa zistilo asi len 5 percent druhov takéhoto hmyzu, kým v horských pásmach so silnými prevládajúcimi vetrami tvorili 70 percent všetkého hmyzu).

Negatívny vplyv vetra na živočíchy sa prejavuje zavlečením organizmov do nepriaznivých podmienok, ochladzovaním a ich vysúšaním.

Vzdušná vlhkosť ovplyvňuje vodnú bilanciu najmä suchozemských organizmov, preto má pre tieto organizmy mimoriadny význam. Jej nadmerné množstvo i nedostatok môžu podstatne limitovať existenciu väčšiny suchozemských živočíchov a rastlín. V telách organizmov sa voda vyskytuje vo viazanej forme (tzv. konštitučná), kde tvorí dôležitú súčasť stavby všetkých organizmov, a v neviazanej forme (tzv. disperzná) je vnútorným prostredím. V ovzduší sa voda vyskytuje v plynnej forme ako vlhkosť, v kvapalnej forme ako dážď a v pevnej forme ako krúpy a sneh. Najvýznamnejšia z nich pre ovplyvňovanie bilancie suchozemských organizmov je vzdušná vlhkosť. Podľa nárokov na vzdušnú vlhkosť delíme organizmy na:

- vlhkomilné (hygrofilné), napr. obojživelníky,
- mezofilné, teda stredná vlhkosť, väčšina organizmov,
- suchomilné (xerofilné), t. j. rôzni obyvatelia aridných oblastí v púšťach a pod.

Medzi nimi však nie sú presne vymedzené hranice a existuje tu celý rad prechodných foriem. Napríklad žaba hrabavka škvrnitá (*Pelobates fuscus*) žije výhradne na súši, ale v období rozmnožovania je voda nevyhnutná na vývin jej vajíčok a žubrienok. Podobne aj vážky

(*Odonata*) kladú svoje vajíčka priamo do vody alebo do pletív vodných rastlín, hoci samy sa živia hmyzom lietajúcim vo vzduchu.

Vlhkosť vzduchu ovplyvňuje v organizmoch aj tvorbu farbív – melanínov (pozri tzv. Glogerovo pravidlo), aktivitu, rojenie hmyzu, príjem potravy, rozmnožovanie, rozvoj húb a baktérií a fyzikálne pohyby rastlín. Pri nadmernej vlhkosti sa sťažuje u teplokrvných živočíchov termoregulácia, v rastlinách transpirácia. Na nedostatočnú vlhkosť vzduchu sa organizmy adaptovali reguláciou výdaja vody, zvýšeným výdajom tepla, u živočíchov nočnou aktivitou, metabolickou tvorbou vody, nepriepustným telesným pokryvom, uložením dýchacích orgánov v dutinách a pod.

2.2.1.4. Voda

Vodné prostredie je na Zemi najrozsiahljším médiom zemskej biosféry (asi 73 %), ktorá predstavuje bohatú škálu existenčných podmienok organizmov. Na Zemi sa voda vyskytuje v troch skupenstvách: plynnom (vodná para), kvapalnom (voda) a tuhom (ľad). Najdôležitejšie je kvapalné skupenstvo. Rozoznávame morskú vodu, ktorá tvorí 70,8 percenta povrchu, sladkú vodu – 2 percentá povrchu a vodu brakickú. Sladká voda môže byť prúdiaca, tzv. lotická – predstavujú ju rôzne pramene, potoky a rieky, a voda stojatá, tzv. lentická – jazerá, rybníky, ramená riek, močiare a pod. Prechodom medzi prúdiacou a stojatou vodou sú údolné nádrže. Brakické vody tvoria prechod medzi sladkou a slanou vodou. Životný priestor mora, nádrže alebo rieky je členený na oblasť voľnej vody (pelagiálu), ktorú obýva planktón, t. j. súbor drobných organizmov schopných vznášať sa alebo plávať vo vode (fytoplanktón a zooplanktón), a nektón, t. j. súbor väčších organizmov s aktívnym pohybom (ryby), a dna (bentál) obývaného tzv. bentosom (rôzne niťovky, patentky, chobotnica a iné). Voda je základom života, vo vode vznikli prvé organizmy a tu sa i vyvíjali. Morská voda je pôvodným prostredím väčšiny bezchordátov, prvé chordáty, resp. ryby, sa vyvinuli zasa v sladkých vodách. K najvýznamnejším fyzikálno-chemickým vlastnostiam vody patrí salinita, hustota vody, viskozita, povrchové napätie, hydrostatický tlak, priepustnosť svetla, teplota, reakcia vody a jej chemické zloženie.

Salinita

Obsah solí (salinitu) stojatých a tečúcich sladkých vôd ovplyvňuje predovšetkým poloha a geologický podklad. Zvyčajne kolíše medzi 0,05 – 0,4 promile. Väčšina morí obsahuje priemerne 35 promile solí (t. j. 35 g.l⁻¹), ale vnútrozemské alebo vedľajšie moria

obsahujú zväčša menej solí, napr. voda Baltského mora obsahuje 2 – 8 promile solí, Čierneho mora 18 promile. Slanosť vody spôsobujú najmä chloridy. Salinita vody ovplyvnila v organizmoch významné osmoregulačné procesy, kým vnútorné prostredie primárnych morských bezstavovcov a nižších rastlín a prostredie vody sú izotonické, sekundárne morské živočíchy a rastliny, ako i sladkovodné organizmy musia regulovať ióny a odstraňovať či prijímať vodu. Bez týchto osmoregulačných procesov by uvedené organizmy nemohli v danom prostredí žiť.

Hustota (merná hmotnosť) vody je 775-krát vyššia ako hustota vzduchu. Tým výrazne ovplyvňuje tvar, stavbu tela a pohybových orgánov organizmov. Keďže voda výrazne nadľahčuje, umožňuje živočíchom dosahovať veľké rozmery a hmotnosť, napr. veľryby, žraloky a pod., a ovplyvňuje aj ich tvar (hydrodynamický). Hustota vody spôsobuje aj tzv. anomáliu, keď pri teplote 4 °C je voda najhustejšia. Tento jav je dôležitý pri zamŕzaní vody a prežívaní organizmov v zimnom období.

Viskozita

Viskozita alebo vnútorné trenie tekutiny ovplyvňuje odpor tekutiny (vody) proti telesu. Viskozita vo vode je 100-krát väčšia ako vo vzduchu a závisí od teploty; pri teplote 0 °C je viskozita vody 2-krát väčšia ako pri 25 °C, takže organizmus klesá vo vodnom stĺpci 2-krát rýchlejšie.

Povrchové napätie

Na rozhraní medzi kvapalným a plynným prostredím zvýšenou súdržnosťou molekuly vody vzniká napätie, ktoré tejto vrstve dáva istú pevnosť. Hovoríme, že na hladine vody vzniká povrchová „blanka“ poskytujúca mnohým organizmom oporu na trvalý alebo prechodný pobyt. Rozlišujeme dve skupiny organizmov, resp. živočíchov:

- a) epineustické druhy, využívajúce povrchovú blanku ako podklad, po ktorom sa pohybujú – patria sem napr. korčuliarky;
- b) hyponeustické druhy, ktoré sa o povrchovú blanku opierajú alebo sa na ňu zavesujú.

Niektoré druhy využívajú povrchovú blanku na kladenie svojich vajíčok (komáre rodu *Culex* a *Anopheles*).

Hydrostatický tlak

Hydrostatický tlak rastie s hĺbkou každých 10 m o 1 kilopond, v hĺbke 10 km tento tlak dosahuje 10^8 Pa. So zvyšujúcim sa tlakom sa zvyšuje aj rozpustnosť CO_2 , a tým aj vápnika a vápenatých solí, preto hlbinné živočíchy oveľa ťažšie kryjú spotrebu vápnika, čo sa

prejavuje najmä redukciou kostier a vplyvom na metabolizmus bielkovín. Na tento faktor nemajú vodné organizmy a živočíchy žiadne špecifické adaptácie. Znášajú zvýšenie tlaku do istej miery, pretože voda a telesné tekutiny sú takmer nestlačiteľné. Nebezpečnejšie pre organizmy sú preto náhle zmeny tlaku. Všeobecne pritom platí, že väčšiu odolnosť proti vysokému tlaku majú živočíchy, ktoré nemajú v tele priestory vyplnené vzduchom. U rýb s plynovým mechúrom, podobne ako u potápajúcich sa vtákov a cicavcov pri zvyšovaní tlaku nastávajú veľké zmeny objemu vzduchu, a to v súlade s jeho stlačiteľnosťou (ide o tzv. Boyleov-Mariottov zákon). Naopak, pri náhlom znížení tlaku sa uvoľňujú rozpustné plyny a vzniknuté bublinky spôsobujú tzv. plynú embóliu (Kesónová choroba). Z hľadiska tolerancie na tento faktor môžeme vodné živočíchy rozdeliť na stenobatické, t. j. tie ktoré majú priestory vyplnené vzduchom a sú teda úzko viazané na život v určitých hĺbkach, a druhy eurybatické, napr. morský planktón a mnohé živočíchy, ktoré sa nimi živia, napr. dravý Vorvaň tuponosý (*Physeter catodon*) sa potápa za hlavonožcami, ktorými sa živí, až do hĺbky 500 – 1 000 m a krátkodobo prekonáva tlakové rozdiely až 100 kPa. Tieto živočíchy, naopak, môžu prekonávať veľké rozdiely tlaku vody. Dnes vieme, že živočíchy môžu osídliť morské hlbiny až do hĺbky 18 km, napr. v Mariánskej priekope pri Filipínach (ostnatokožce, mnohoštetinavce, kôrovce, ryby, pogonofory).

Priepustnosť svetla

S hĺbkou vody ubúda aj intenzita svetla a mení sa jeho spektrálne zloženie, a to v súvislosti s ďalšími javmi, ako je odraz svetla na hladine, adsorpcia svetla a iné.

Priehľadnosť vody znižuje aj zákal spôsobený nečistotami, pieskom, ale i organizmami, fytoplaktón, zooplaktón, rastliny a pod. Svetelný režim vykazuje rôzne cirkadiánne a ročné kolísanie, ktoré ovplyvňuje nielen primárna produkcia vodných rastlín, ale aj rôzne prejavy planktónových, dektónových a bentických živočíchov, ako je ich migrácia, reprodukčné cykly, rýchlosť rastu a pod. Na rôzne spektrálne zloženie svetla vo vode sa prispôbili morské riasy, hovoríme o tzv. chromatickej adaptácii, t. j. o využití komplementárnych farieb tých spektrálnych zložiek, ktoré prevládajú v rôznych vrstvách vody, napr. zelené riasy prevládajú v plytkých vodách, kde ešte nie je absorbovaná červená zložka spektra, naopak, červeno sfarbené riasy sú schopné využiť modročervené svetlo, prenikajúce do väčších hĺbok. V presvetlenej časti vôd nastáva ešte fotosyntéza rastlín a tá prevláda nad dýchaním. Hovoríme o tzv. eufotickej vrstve, ktorá sa nachádza najmä na pobreží a v sladkých vodách, a to niekoľko cm až m do hĺbky, v otvorených moriach a oceánoch do 200 m. V hĺbke, kde sa už vplyvom nedostatku svetla vyrovnáva intenzita

fotosyntézy s dýchaním, leží tzv. kompenzačný bod. Vo väčších hĺbkach, ako je kompenzačný bod, už prevláda dýchanie nad fotosyntézou.

Jedným z limitujúcich faktorov vodného prostredia je teplota; tá má výrazný vplyv na fyzikálne a chemické vlastnosti vody, a to najmä na rozpustnosť vody pre elektrolyty a plyny, mernú hmotnosť, viskozitu, obsah kyslíka, ako i na samotné organizmy. Kým v oceánoch, moriach i podzemných vodách teplota kolíše nevýrazne, t. j. zväčša sa tu vyskytujú stenotermné organizmy, v plytkých sladkovodných nádržiac sú výkyvy teploty výrazné. Tieto biotopy obývajú zväčša eurytermné organizmy.

Reakcia vody

Reakcia vody pH je podmienená koncentráciou vodíkových iónov, určená je rovnovážnymi stavmi medzi kyselinou uhličitou a jej soľami (hydrouhličitanom a uhličitanom vápenatým). Napríklad dažďová voda má hodnotu pH 5,6; morská voda 8,3; rašeliniská 3; vápenatá voda 10. Podľa závislosti organizmov od reakcie vody rozoznávame druhy acidofilné, neutrálne a alkalifilné.

Kyslík

Na rozdiel od atmosféry obsah kyslíka vo vodnom prostredí je veľmi premenlivý, v čistej vode bez organizmov je napr. obsah rozpusteného kyslíka ovplyvnený nepriamo teplotou a priamo úmerne tlakom vzduchu, s ktorým je kyslík v rovnováhe. Zdrojom kyslíka vo vode je jednak vzduch a jednak rastliny. K ďalším významným chemickým látkam obsiahnutým vo vode patrí oxid uhličitý a sírovodík. Oxid uhličitý v sladkých vodách aj oceánoch stojí v istom protiklade ku kyslíku. Jeho koncentrácia vo vode býva totiž väčšia ako v ovzduší a smerom do hĺbky vzrastá, pretože vo väčších hĺbkach prevažuje dýchanie nad fotosyntézou. Keďže oxid uhličitý je dobre rozpustný vo vode a jeho koncentrácia je tak v sladkých, ako aj slaných vodách dostatočná, nepatrí medzi limitujúce faktory. Zvláštny význam vo vodnom prostredí má sírovodík. Vo väčšom množstve sa vyskytuje najmä tam, kde je spotrebovaný kyslík a kde anaeróbne baktérie rozkladajú organickú hmotu. Pri dlhodobom pôsobení je sírovodík jedovatý, a to len s výnimkou sírnych baktérií.

Doteraz sme hovorili o fyzikálno-chemických vlastnostiach vody, resp. vodného prostredia pre vodné organizmy. Voda je však limitujúcim faktorom aj pre suchozemské organizmy. Živočíchy prijímajú vodu napr. pitím, povrchom tela, potravou alebo metabolicky. Unikátnym spôsobom môžu prijímať kyslík naše karasy (*Carassius carassius*). Pri nedostatku kyslíka (napr. v bahnitých teplých vodách bez rastlín) si ho dokážu vyrobiť samy štiepením

tukov. Nízku spotrebu vody má napr. hmyz, ktorý sa živí zrnom, múkou, kožušinami, napr. kožiare, potemníky a mnohé púštne živočíchy, pieskomil, had a pod. Niektoré živočíchy sú však na vodu viazané svojím zárodočným vývojom, napr. obojživelníky alebo niektoré druhy hmyzu, napr. vážky a pod. Na rôzne množstvo vody v prostredí sa museli živočíchy adaptovať. Pri zvýšenom množstve vody zväčša mávajú väčší výdaj, sú vybavené nezmáčavým povrchom tela, napr. masťou srstou, perím (vtáky) alebo zníženou koncentráciou telových tekutín. Pri zníženom množstve vody sa živočíchom redukujú potné žľazy, majú svetlé sfarbenie tela (Glogerovo pravidlo), nepriepustné povrchy, koncentrované a suché výkaly (urikotelné živočíchy plazy, vtáky).

Rastliny prijímajú vodu hlavne koreňovou sústavou, čiastočne výhonkami a listami, pretože v ílovitej, zasolenej alebo zamrzutej pôde je príjem koreňovou sústavou znemožnený. Pri nedostatku vody sa mnohé rastliny adaptovali, majú dlhšie korene, listy s chlpmi, hrubú kutikulu, vytvárajú zásobné orgány alebo nastáva redukcia listov či úprava metabolizmu. Podľa vzťahu k vodnému prostrediu a nárokov rastlín ich môžeme rozlišovať na vodné, tzv. hydrofyty (stolistok), vlhkomilné – hygropyty (záružlie), rastliny so stredným nárokom na vodu, tzv. mezofyty (Králik biely) a suchomilné rastliny – xerofyty (kavyľ).

2.2.1.5. Pôda

Pôda predstavuje najvrchnejšiu vrstvu zemskej kôry, ktorá leží na materských horninách, vzniká zvetrávaním hornín a činnosťou organizmov. Predstavuje systém zložený z nasledujúcich zložiek:

1. neživá zložka:

a) minerálna substancia – pevná fáza (íl, piesok a iné):

- kvapalná fáza (pôdny roztok),
- plynná fáza (pôdna atmosféra);

b) organická substancia (humus);

2. živá zložka – pôdny edafón:

- koreňové systémy rastlín.

Inak povedané – pôda sa skladá zo zvetranej materskej horniny, z humusu a edafónu. Podľa pôvodu a miesta vzniku rozoznávame pôdy zvetrané a usadené. Zvetrané pôdy vznikli zvetrávaním materskej horniny na jej povrchu, ktorá sa postupne rozrušovala a drobila. Usadené alebo tzv. sedimentované pôdy vznikli tak, že väčšinu produktov zvetrávania

prenášali ľadovce, tečúca voda alebo vietor, pričom ďalej pokračovalo jej rozdrobenie na menšie častice.

Humus tvorí v pôde mŕtva organická hmota rastlinného a živočíšneho pôvodu vrátane rôznych produktov látkovej premeny. Je významnou zložkou pôdy, lebo ovplyvňuje jej fyzikálne, chemické i biochemické procesy, ale aj životné podmienky edafónu.

Edafón predstavuje spoločenstvo všetkých mikroorganizmov, rastlín a živočíchov, ktoré žijú v pôde; delíme ho na fytoedafón (rastliny) a zooedafón (živočíchy). Podľa miesta výskytu v pôde rozlišujeme formy epigeické (žijú na povrchu pôdy) a hypogeické (vyskytujú sa v rôznych pôdnych vrstvách). Podľa pôvodu rozlišujeme v edafóne geobionty – geofily, geoxény. Geobionty sú úzko špecializované adaptované formy žijúce len v pôde, geofily sa v pôde vyskytujú len v istom vývojovom štádiu svojho života a geoxény sú cudzie formy, ktoré sa v pôde vyskytujú iba náhodne.

Pôda poskytuje pre organizmy špecifické podmienky, ktoré sa výrazne líšia od podmienok života v ovzduší alebo vo vode. Je zdrojom minerálnych látok, rastlinám umožňuje najmä upevnenie sa na stanovišti a živočíchom úkryty. K najvýznamnejším fyzikálno-chemickým vlastnostiam pôdy patrí štruktúra, pórovitosť, sorpčná schopnosť, pôdna vlhkosť, pôdny vzduch, teplota, svetlo, chemické zloženie.

Zrornosť pôdy

Textúra (zrornosť pôdy) vyjadruje zloženie pôdy. Podľa veľkosti zrnitých častíc, tzv. frakcií, štruktúra pôdy znamená spôsob usporiadania pôdnych agregátov tvorených elementárnymi zrnami. Na vzniku štruktúry pôdy sa výrazne podieľajú pôdne mikroorganizmy, koreňové systémy rastlín a pôdne živočíchy. Okrem toho na ňu vplývajú aj klimatické faktory a spôsob obrábania pôdy človekom. Pôda tvorí póry medzi pôdnymi časticami a jej agregátmi – hovoríme o pórovitosti pôdy. Podľa veľkosti rozoznávame kapilárne póry, s priemerom menším ako 0,2 mm, ktoré pevne viažu vodu, a nekapilárne póry, s priemerom väčším ako 0,2 mm, sú viditeľné okom a umožňujú výmenu vzduchu a vody. Všeobecne platí, že čím sú pôdy ľahšie a majú väčšiu štruktúru, tým vyššia je ich pórovitosť a prevzdušnenie.

Sorpčná schopnosť pôdy

Sorpčná schopnosť je schopnosť pôdnych častíc viazať na svojom povrchu vodu a ióny. Zvyšuje ju aj obsah humusu.

Pôdna vlhkosť

Hlavným zdrojom pôdnej vlhkosti je atmosférická zrážková voda. Z povrchu pôdy a z vegetácie sa časť vody odparuje späť do ovzdušia, hovoríme o tzv. evapotranspirácii, a časť odteká do povrchových vodných ekosystémov. Zvyšná voda presakuje pôdou, a to v smere zemskej tiaže až na nepriepustnú spodinu. Voda sa v pôde vyskytuje v rôznom skupenstve. Voda nachádzajúca sa pod zemským povrchom sa nazýva podpovrchová voda.

Podľa vzťahu organizmov k vlhkosti pôdy rozlišujeme organizmy hygrobiontné, hygrofilné a xerofilné. Hygrobiontné sú živočíchy ako prvoky, vírniky, hlístice. Hygrofilné vyžadujú vysokú vlhkosť pôdneho vzduchu, niektoré živočíchy napr. až 100-percentnú, a dýchajú vzdušný kyslík; xerofilné vyžadujú veľmi suché pôdy.

Pôdny vzduch

Obsah vzduchu závisí od štruktúry a pórovitosti pôdy a je v úzkom vzťahu s pôdnou vlhkosťou, resp. obsahom vody v pôde. Minimálne sa pôdny vzduch preto vyskytuje v ílovitých pôdach, najviac v lesnej hrabanke. Zloženie pôdneho vzduchu sa podstatne líši od zloženia vzduchu v ovzduší, a to predovšetkým pomerom obsahu oxidu uhličitého a kyslíka. Keďže v pôde nie sú rastliny, ktoré by zabezpečovali fotosyntézu, ale zväčša len organizmy a koreňové systavy rastlín, dýchaním sa v nej spotrebuje množstvo kyslíka a naopak produkuje sa CO₂. Preto pôdny vzduch obsahuje až 20 percent objemu kyslíka a 0,25 percenta objemu CO₂. To znamená, že pôdny vzduch obsahuje viac CO₂ a menej kyslíka ako ovzdušie.

Nároky pôdnych organizmov, teda aj živočíchov, na spotrebu kyslíka sú rôzne. Prevažná časť pôdnych živočíchov dýcha celým povrchom tela, ostatné vzdušnicami, pľúcnymi vakmi a menej pľúcami. Zdá sa, že kožné dýchanie je v pôde najefektívnejšie. Okrem kyslíka a CO₂ v blízkosti hnijúcich látok pôdny vzduch obsahuje aj sírovodík a amoniak, ktoré sú pre edafón jedovaté.

Teplota pôdy

Teplota pôdy, ako aj ďalšie abiotické faktory, patrí k základným podmienkam existencie pôdnych organizmov. Utvára tzv. osobitnú pôdnu mikroklímu. Každý pôdny typ sa vyznačuje istou pôdnou mikroklímou, ktorá ovplyvňuje zloženie a dynamiku edafónu. Teplota pôdy kolíše výraznejšie než vo vodnom prostredí, najväčšie kolísanie je v suchých piesočno-vápenatých pôdach, najmenej teplota kolíše vo vlhkých, dobre zarastených a ílovitých pôdach. S hĺbkou pôdy však kolísanie teploty rýchlo klesá. Pôdne živočíchy reagujú na tieto teplotné zmeny napr. vertikálnymi migráciami. Typickým príkladom sú

hlístovce (*Nematoda*), ktoré sa v pôde pohybujú v závislosti od jej teploty a iných faktorov (vlhkosť). So zvyšujúcou sa teplotou pôdy sa početnosť hlístovca (*Pratylenchus jordanensis*) znižovala, pričom zvyšujúca sa vlhkosť spôsobovala opak. Vo vzťahu k teplote osobitné postavenie majú trvale zamrznuté pôdy, tzv. permafrost, vyskytujú sa v oblastiach s výrazným kontinentálnym podnebí, s malou pokrývkou snehu, so suchom, s priehľadnosťou ovzdušia (severná a východná Ázia, Severná Amerika). V okolí Jakutska (Rusko) pôda premŕza niekedy až do hĺbky 118 m.

Svetlo

Svetlo do pôdy preniká len nepatrne a s výnimkou vrchnej vrstvy do hĺbky niekoľko cm je už v pôde tma. Právě geobionty a čiastočne geofily sa v priebehu vývoja významne adaptovali na život v tme. Rredukovali alebo stratili sa svetločinné orgány a pigmenty, preto väčšina pôdnych živočíchov je fotofóbna. Naopak, živočíchy žijúce vo vrchných vrstvách pôdy sú fotofilné; prejavuje sa to najmä výraznejším sfarbením a ochlpením, vyvinutými zrakovými orgánmi, vyvinutými telovými prívieskami, ako sú tykadlá, končatiny a pod., a zväčša sú aj dlhšie.

Chemické zloženie pôdy

Chemické zloženie pôdy ovplyvňujú zväčša rastliny, o priamom vplyve chemických vlastností materskej horniny na zoedafón neexistujú doteraz jednoznačné závery. Chemické zloženie ovplyvňuje najmä pôdnu reakciu (pH), na základe čoho rastliny delíme:

1. podľa celkovej zásoby živín v pôde na:
 - oligotrofné, t. j. také, čo rastú na pôdach chudobných na minerálne látky (vres),
 - mezotrofné, rastú na pôdach so strednou zásobou živín (trávy),
 - eutrofné, rastú na pôdach, ktoré sú bohaté na živiny (ľalia);
2. podľa reakcie pôdy na:
 - acidofilné, t. j. rastliny rastúce na kyslých pôdach (vres a azalky),
 - neutrofilné, ku ktorým patrí väčšina organizmov,
 - alkalifilné, žijúce na zásaditých pôdach bohatých na vápnik (poniklec, slimáky);
3. podľa špeciálnych nárokov na určitú živinu na:
 - halofilné organizmy, osídľujú pôdy s vysokým obsahom soli, najmä chloridov, síranov a uhličitanov (loboda),
 - kalcifilné, t. j. vápnomilné (poniklec),
 - kalcifóbne, t. j. organizmy ktoré neznášajú vápnik v pôde (azalka),

- nitrofilné, organizmy, ktoré rastú na pôdach bohatých na dusík (žihľava, ostružina),
- nitrofóbne, ktoré rastú na pôdach s nedostatkom dusíka (rosička okrúhlohlístá).

Z toho vyplýva, že pôda a jej vlastnosti sú veľmi dôležité pre výskyt rôznych druhov organizmov a naopak, organizmy, t. j. pôdny edafón, sú veľmi dôležité pre kvalitu pôdy. Mŕtva hmota živých organizmov v pôde tvorí humus, opadnuté časti vegetácie, t. j. listy alebo ihličie, sa dostávajú do pôdy a tvoria tam humus. Hmotnosť tohto opadu je rôzna, v smrekovom lese predstavuje 3,7 – 5 t za rok, v borovicovom lese 3,2 – 3,4 t a v dubovom lese 4 t na ha za rok. Oveľa väčšie množstvo opadu je v dažďových pralesoch, kde napr. na brehoch Konga dosahuje až 14 t na ha a rok. Toto obrovské množstvo mŕtvej hmoty dodáva do pôdy aj veľké množstvo minerálnych živín, napr. opad smrekového lesa s hmotnosťou 3 t poskytuje až 138 kg minerálnych látok a pod. K tomu, samozrejme, pristupujú ešte aj organické látky a odumreté korene rastlín, metabolity a exkrementy živočíchov, odumreté telá a všetky organické látky obsiahnuté v hnojivách, ktoré človek dodáva do pôdy.

2.2.2. Biotické faktory

2.2.2.1. Populácia

Populácia je súbor jedincov toho istého druhu, ktoré žijú a rozmnožujú sa na tom istom mieste a v určitom čase. Predstavujú teda homotypický súbor, do ktorého zaraďujeme nielen všetky dospelé jedince, ale aj vývojové štádiá, napr. populácia niektorých bezchordátov – motýľov v zimnom období vo forme vajíčok, lariev či kukiel. Každá populácia predstavuje otvorený živý systém schopný autoregulácie. V priestore je ohraničená buď prirodzenými hranicami, alebo je definovaná viac-menej umelo – napr. prirodzenou hranicou pre jednotlivé populácie rýb sú izolované vodné nádrže. Pre umelo definované populácie je to napr. jelenia alebo diviacia zver v ohraničenom revíre alebo územnom celku. Populácia viazaná na isté miesto sa nazýva lokálna populácia. Územie obývané všetkými populáciami istého druhu nazývame areálom rozšírenia druhu. Medzi základné znaky, resp. charakteristiky populácie patrí hustota, rozmiestnenie jedincov v populácii, štruktúra a rast populácie.

Hustota populácie

Hustota (denzita) populácie predstavuje počet jedincov danej populácie obývajúcich istý priestor na jednotku tohto priestoru, na jednotku plochy alebo objemu. Vyjadruje sa počtom jedincov na určitú plochu alebo priestor, prípadne hmotnosťou organizmov na určitú

jednotku plochy, v tomto prípade hovoríme o tzv. hmotnostnej biomase. Všeobecne platí, že veľkú hustotu majú väčšinou drobné organizmy, ako sú baktérie, prvoky, hlodavce a pod. Naopak, malú hustotu majú zväčša veľké organizmy, napr. šelmy. Maximálna hustota populácie je daná nosnou kapacitou prostredia, t. j. dostupnosťou priestoru, potravy, svetla. Minimálna hustota je daná najmenším počtom jedincov populácie potrebných na rozmnožovanie alebo získavanie potravy (lov), to znamená, že na prežitie populácie je dôležitá jej prirodzená hustota zodpovedajúca daným podmienkam prostredia, ktoré sú danej populácii k dispozícii. Ide o tzv. Alleeho princíp. Nepriaznivá je pritom tak neúmerne vysoká populačná hustota, ako aj príliš nízka hustota. Pri vysokej populačnej hustote sa vyčerpávajú potravinové zdroje a zvyšuje sa nebezpečenstvo rozšírenia rôznych parazitóz a infekčných chorôb. Pri príliš nízkej hustote sa zhoršuje stretnutie jedincov oboch pohlaví a rozmnožovanie. Zistilo sa napríklad, že rastliny z fragmentovaných habitatov, kde je celková denzita kvetov nízka, menej často navštevuje opel'ujúci hmyz a ich reprodukčný úspech je nižší v porovnaní s populáciami s vysokou denzitou kvitnúcich rastlín.

Hustota populácie sa určuje viacerými spôsobmi.

1. Zisťovanie celkového počtu jedincov (cenzus). Tento spôsob možno aplikovať len pri rastlinách alebo živočíchoch, ktoré sa dajú ľahko pozorovať. Používa sa v stepiach a savanách (sčítavanie alebo snímkovanie z lietadiel), u vtákov koncentrovaných v kolóniách atď.
2. Vzorkovanie populácie spočíva v pravidelnom odoberaní reprezentatívnej vzorky jedincov populácie. Obvykle sa robí na určitej jednotke plochy alebo objemu. Platí pritom všeobecná zásada, že väčší počet malých vzoriek poskytuje hodnovernejší obraz o populácii ako malý počet veľkých vzoriek.
3. Opakovaný odchyt značkovaných jedincov sa používa pri mobilných živočíchoch, napr. vtákoch, cicavcoch, rybách a hmyze. Touto metódou sa zisťuje podiel označených jedincov v úlovku a z tohto pomeru sa vypočítava veľkosť populácie na konkrétnom území.
4. Určovanie relatívnej početnosti pomocou indexov sa používa najmä pri orientačných odhadoch veľkosti populácie. Príkladom môže byť počet chytených hrabošov na 100 exponovaných pascí; počet migrujúcich vtákov za jednotku času, počet zajacov pozorovaných z auta na 1 km cesty atď.

Rozmiestnenie

Rozmiestnenie jedincov populácie (rozptyl, disperzia) v priestore je rôzne, veľmi vzácný je prípad tzv. rovnomerného rozmiestnenia, keď sú jedince od seba vzdialené

v pravidelných rovnakých vzdialenostiach. Tento typ rozmiestnenia je typický najmä pri rastlinách žijúcich v zhoršených podmienkach, ako sú napr. rôzne púštne kry so svojimi rozrastenými koreňovými systémami, ktoré udržujú v rovnomerných rozstupoch vplyvom kompetície o vodu. Iný typ rovnomerného rozmiestnenia jedincov populácií, resp. ich vývojových štádií, t. j. hniezd, nachádzame pri mnohých koloniálnych druhoch vtákov, ako sú napr. suly a mnohé živočíchy žijúce v mori prisadnuto, sesilne.

Druhým typom rozdelenia organizmov v priestore je náhodné rozdelenie. Tento rozptyl je v prírode tiež vzácny a vyskytuje sa len tam, kde je prostredie veľmi uniformné a jedinci tu nemajú možnosť zhlukovať sa; príkladom môžu byť rôzne druhy hmyzích škodcov, ako sú larvy potemníkov v múke, zrnokazy atď.

Najčastejším typom rozdelenia jedincov v populácii je skupinová disperzia, pri nej jedinci vytvárajú menšie alebo väčšie skupiny. Organizmy sa zoskupujú z rozličných príčin a časté je zoskupovanie aj pri samotárskych druhoch, a to aspoň v niektorej fáze ich životného cyklu. Príkladom môžu byť hraboše poľné. Na zimu sa zhlukujú do spoločných zimných hniezd, v ktorých si môžu zvýšiť teplotu vzduchu až o 20 °C na rozdiel od podmienok nad zemou so snehom. Toto zhlukovanie (agregácia) jedincov je jedným zo základných znakov populácie. Má aj mimoriadny význam pri zisťovaní populačnej hustoty.

Štruktúra populácie

Štruktúra, resp. zloženie populácie je pomerne ľahko vyhodnotiteľným atribútom populácie. Štruktúru populácie vyhodnocujeme z viacerých hľadísk, a to:

1. pomer pohlavia,
2. veková štruktúra,
3. sociálna štruktúra.

1. Pomer pohlavia

Podiel samcov a samíc v populácii je variabilný a závisí od veku jedincov, rozmnožovania, populačnej hustoty a často aj od ročného obdobia. Poznáme primárny, sekundárny a terciárny pomer pohlavia.

Ako primárny pomer pohlavia označujeme geneticky fixovaný podiel jedincov oboch pohlaví v oplodnených vajíčkach. Vieme, že tento pomer pohlavia je určovaný prítomnosťou chromozómov x a y v zygotе. Pomer pohlavia narodených jedincov označujeme ako sekundárny a pomer pohlavia dospelých jedincov, ktoré pristupujú už do procesu rozmnožovania, ako terciárny. Pomer pohlavia v populáciách rôznych druhov je rôzny. Dokonca v populáciách, ktoré sa rozmnožujú partenogeneticky, môžu samce úplne chýbať

alebo sú vzácné, napr. perloočky, sága stepná atď. Problematika pomeru pohlaví je veľmi zaujímavá aj z eko-etologického hľadiska, pretože môže ovplyvňovať správanie oboch pohlaví. Samce našej bzdochy cifruše bezkrídlej (*Pyrrhocoris apterus*) kopulujú dlhšie, ak v populácii prevažujú samce a samíc je menej. Jednou z príčin takéhoto správania, ktoré sa zistilo aj pri mnohých ďalších taxónoch, je ochrana samičky pred cudzími rivalmi alebo investovanie do väčšieho množstva spermií, ktoré majú kopulujúcemu samčekovi zabezpečiť reprodukčný úspech. V populácii najviac rozhoduje podiel samíc, pretože od nich závisí ďalší vývoj populácie.

2. Veková štruktúra

V dôsledku vymierania jedincov populácie počas ich ontogenetického vývoja sa množstvo prežívajúcich jedincov v jednotlivých vekových triedach postupne znižuje. Za normálnych okolností by populácia mala obsahovať najviac mladých jedincov, menej jedincov stredného veku a najmenej starých jedincov. Rozloženie vekovej štruktúry v populácii nám dáva aj obraz o jej kvalite a životaschopnosti. Pre existenciu každej populácie je rozhodujúce najmä to, koľko jedincov sa v nej dožije reprodukčného veku. Z tohto hľadiska preto v štruktúre rozlišujeme najmä jedince predreprodukčného veku (mladé jedince, ktoré ešte nedosiahli pohlavnú dospelosť). Ďalej sú to jedince v reprodukčnom veku (t. j. jedince schopné sa rozmnožovať) a nakoniec jedince v postreprodukčnom veku (staré jedince neschopné rozmnožovania). Podľa množstva mladých, dospelých a starých jedincov môžeme ďalej predpokladať, aký bude ďalší vývoj tejto populácie. Poznáme tri základné vekové štruktúry populácie. Veková štruktúra mladej rozvíjajúcej sa populácie, kde podiel mladej zložky je najväčší, dospelých jedincov v reprodukčnom veku úmerný a starých jedincov najmenší, má tvar pyramídy. Stabilná populácia s približne rovnakým podielom mladých a dospelých jedincov a pomerne malým podielom starých jedincov má zvonovitý tvar a naopak, stará populácia s malým podielom mladých a dospelých jedincov a s výrazným podielom starých jedincov má symbolicky urnovitý tvar – ide o vymierajúcu populáciu. Pri takýchto populáciách sa dá očakávať, že postupne vymrú.

Populácie rôznych druhov organizmov sa od seba líšia aj dĺžkou jednotlivých vekových období, napr. pri hmyzích populáciách je prereproduktívna obdoba veľmi dlhá a reproduktívna obdoba krátka a takmer žiadna postreproduktívna obdoba, t. j. majú dlhé larválne štádium, veľmi krátke štádium jedincov schopných sa rozmnožovať (napr. podenky) a takmer žiadne štádium starnúcich jedincov.

3. Sociálna štruktúra populácie

Je odrazom vnútro populačných sociálnych vzťahov a väzieb medzi jedincami v populácii (hierarchia). Táto problematika však presahuje rámec ekológie a je jednou z hlavných náplní vednej disciplíny etológia.

Rast populácie

Charakteristickou vlastnosťou každej populácie je jej zväčšovanie s rastúcim počtom jedincov. Rast populácie závisí od štruktúry populácie a od vzájomného pomeru medzi množivosťou a úmrtnosťou jedincov v populácii.

Množivosť (natalita) populácie je základným predpokladom jej existencie a rastu a znamená počet novonarodených jedincov za určité obdobie. Rozlišujeme fyziologickú (maximálnu, absolútnu) natalitu, ktorá je pre každý druh konštantná a predstavuje teoretickú maximálnu produkciu nových jedincov za ideálnych podmienok a skutočnú (ekologickú, realizovanú) natalitu, ktorá je dosť premenlivá a predstavuje skutočnú produkciu nových jedincov za konkrétnych podmienok prostredia.

Úmrtnosť (mortalita) je prirodzeným protikladom natality a predstavuje úbytok, resp. vymieranie jedincov v populácii za určité obdobie. Podobne ako pri množivosti aj pri úmrtnosti rozlišujeme teoretickú, t. j. minimálnu mortalitu a realizovanú, t. j. ekologickú mortalitu. Minimálna mortalita je teoretická úmrtnosť jedincov za ideálnych podmienok; ekologická je daná skutočnými podmienkami v prostredí a je vždy vyššia ako minimálna úmrtnosť – z nej vyplýva aj ekologická dĺžka života jedincov, t. j. celková dĺžka takého života, akého sa jedince za daných podmienok môžu dožiť. Priemerná dĺžka života jedincov v určitej populácii sa vypočítava z aritmetického priemeru súčtov dĺžok života všetkých jedincov populácie, u ktorých sme túto dĺžku zisťovali. Forma rastu populácie je druhovo špecifická a rastové krivky populácií sú veľmi podobné rastovým krivkám jedincov. Poznáme dva základné typy rastových kriviek:

- a) krivka tvaru S (sigmoidná), ktorá je najčastejším typom; charakteristická je pre tzv. uzavretý rast. Pri tomto type rastu hustota populácie vzrastá najskôr pomaly, po ďalšom prudkom raste nastáva tretia, tzv. stacionárna fáza, keď sa rast populácie opäť zreteľne spomalí, v konečnej fáze sa nakoniec dosiahne vyvážený stav a hustota populácie potom zväčša kolíše okolo tejto hraničnej hodnoty (únosná kapacita prostredia);
- b) krivka tvaru J (exponenciálna krivka) je typická pre otvorený rast populácie a je menej častá. Po začiatkovej fáze pozvoľného rastu nastáva fáza prudkého exponenciálneho rastu, nakoniec sa rast náhle zastaví, ak populácia prekročí svoje potravinové a priestorové možnosti, skončí sa obdobie rozmnožovania, nastúpia iné sezónne ekologické faktory a

pod. Hustota populácie v danom prípade prudko klesá do nízkych hodnôt. Takáto forma populačného rastu je typická najmä pre niektoré druhy hmyzu, ktoré majú jednu generáciu v roku, napr. pre populácie severských lumíkov, jednoročné rastliny, sinice, riasy a pod.

S rastom populácie úzko súvisí aj kolísanie početnosti populácie, ktoré pokladáme za vrodenu vlastnosť každej populácie. Rozoznávame dva základné typy kolísania početnosti:

1. oscilácia – kolísanie populácie v priebehu jedného roka. Tento typ kolísania početnosti je typický pre mnohé živočíchy a rastliny s výrazným sezónnym rozmnožovaním, ktoré je časovo synchronizované s vegetačným obdobím. Straky čiernozobé (*Pica pica*) si začínajú stavať hniezda v závislosti od priemernej februárovej teploty. Teplá zima signalizuje rýchlejší výskyt hmyzu, ktorým straky krmia svoje mladé, preto začínajú hniezdiť skôr. Tuhé mrazy majú na začiatok hniezdenia opačný vplyv.
2. fluktuácia – kolísanie početnosti v priebehu viacerých rokov; takéto kolísanie populačnej hustoty je výsledkom rozdielu medzi natalitou a mortalitou v jednotlivých rokoch. Fluktuáciu možno zobrazit' ako krivku s vlnitým priebehom, na ktorej sa striedajú maximá a minimá populačnej hustoty. Pri niektorých druhoch, napr. hraboš poľný (*Microtus arvalis*), lumík nórsky (*Lemmus sibiricus*) v priebehu viacerých rokov nastávajú pravidelné niekoľkoročné obdobia silného až katastrofálneho premnoženia (gradácie), keď krivka početnosti populácie vysoko presiahne únosnú kapacitu prostredia, množstvo jedincov v takto premnoženej populácii čoskoro vyčerpá svoje potravinové zdroje a nasleduje zákonitý prudký pokles početnosti až na minimálne hodnoty. Príčiny kolísania populačnej hustoty niektorých druhov nie sú úplne známe, ale podieľajú sa na nich jednak vnútorné (populačné) a jednak vonkajšie faktory prostredia. Vonkajšie faktory sú nezávislé od hustoty, patria tam napr. klimatické podmienky. Vnútorné sú závislé od hustoty populácie a predstavujú tzv. spätné väzby (stresové javy, nervová záťaž atď.). Fluktučné cykly bývajú zväčša 3- až 4-ročné alebo 10-ročné.

Rast populácie ovplyvňujú aj ďalšie faktory, ako je rozptyľovanie, šírenie a migrácia organizmov. Priestorová aktivita (migrácia) organizmov je druhovo podmienená pohyblivosťou (vagilitou alebo mobilitou) jedincov a iných vonkajších faktorov. Rastliny a prisadnuté živočíchy obmedzujú svoj pohyb a šírenie sa iba na juvenilné štádiá. Pohyb jedincov v priestore svojej populácie nazývame rozptyľovanie alebo vnútorná migrácia.

Pod migráciou rozumieme aj presuny so spätným návratom.

Ak sa jedince pohybujú mimo územia populácie, hovoríme o vyst'ahovaní, resp. emigrácii. Naopak, ak tento pohyb prebieha z okolia na územie populácie, hovoríme o prisťahovaní (imigrácii). Tieto typy pohybu sú jednosmerné – zvyšujú, resp. znižujú

početnosť konkrétnej populácie. Osobitným typom emigrácie je irupcia, t. j. masové vysťahovanie jedincov, ktoré sa vyskytuje najmä v dôsledku nadmerného premnoženia, keď populačná hustota presiahne únosnú kapacitu prostredia. Už spomenuté priestorové aktivity jedincov populácie vedú k šíreniu populácie a rozširovaniu jej areálu; takéto šírenie sa môže uskutočňovať zväčša aktívne pri menších živočíchoch, rastlinách a mikroorganizmoch, prebieha však skôr pasívne, napr. vetrom (anemochoria), vodnými prúdmi (hydrochoria), inými živočíchmi (zoochoria) alebo aj človekom (antropochoria). Anemochórne sa rozširujú napr. spóry húb alebo semená rastlín so špecializovanými orgánmi na semenách (napr. púpava lekárska). Tento spôsob šírenia umožňuje rastlinám prekonávať často obrovské vzdialenosti. Hydrochória je typická pre semená vodných rastlín, napr. kosatce. Iné druhy rastlín, ako napr. semená aj celé rastliny lipkavcov (*Rubiaceae*), sa zachytávajú na telá živočíchov, napr. na srst' cicavcov (zoochoria) alebo oblečenie človeka (antropochoria). Niektoré druhy rastlín živočíchmi priamo konzumujú a až po strávení dužiny sa defekáciou dostávajú von z tela a klíčia (napr. bazu čiernu konzumujú rôzne vtáky). Ak takéto rozširovanie populácie postupuje do územia ešte neobývaného touto populáciou, resp. druhom, hovoríme o rozširovaní (expanzii) areálu druhu, opakom je regresia. Expanzia môže byť jednosmerná, ako to bolo v prípade hrdličky záhradnej, pôvodne sa vyskytujúcej od Malej Ázie po Indiu. Začiatkom 18 storočia sa začala šíriť severozápadným smerom a okolo roku 1900 osídlila časť Balkánu. Druhá vlna šírenia nastala okolo roku 1930 a už v roku 1940 siahla areál hrdličky po Anglicko a južnú Škandináviu. Iným spôsobom šírenia druhu je lúčovitá expanzia (na všetky strany), ktorej príkladom je ondatra pižmová. Pôvodne bola importovaná zo Severnej Ameriky a vysadená v roku 1905 v Dobříši pri Prahe. Malá populácia, tvorená iba niekoľkými jedincami, sa počas 20 rokov rozšírila na juh k Alpám a o ďalších 30 rokov na územie od Baltského mora až po bývalú severnú Juhosláviu a od pobrežia severného Francúzska po Karpaty.

Osobitným typom sťahovania sa organizmov je migrácia; je to sťahovanie so spätným návratom, napr. vtáky, cicavce a pod. Faktory, ktoré podmieňujú tieto migrácie, sú:

1. potrava (napr. presuny kopytníkov v Afrike),
2. rozmnožovanie (napr. ryby s anadrómnou a katadrómnou migráciou),
3. klimatické zmeny (ročné obdobia, zima, obdobie dažďov a pod.).

Pri migrácii, šírení alebo rozptyľovaní sa organizmov veľmi dôležitú úlohu zohrávajú tzv. ekologické bariéry (horské hrebene, more, púšť), ktoré tvoria prirodzenú zábranu pri týchto presunoch.

Migračná schopnosť, t. j. pohyblivosť jedincov, je významným faktorom pri vzniku druhov, ovplyvňuje výmenu genetických informácií medzi rôznymi populáciami alebo ich časťami.

2.2.2.2. Vnútrodruhové vzťahy

Vnútrodruhové (intrašpecifické, homotypické) vzťahy sú vzťahy medzi jedincami toho istého druhu, lepšie povedané medzi jedincami populácie. Rozlišujeme dva základné typy vnútrodruhových vzťahov, a to:

1. reprodukčné (sexuálne),
3. nereprodukčné (asexuálne).

Reprodukčné vzťahy vznikajú v súvislosti s rozmnožovaním organizmov a jeho pôsobením vznikajú reprodukčné skupiny nasledujúcich typov:

- a) rodičovský pár,
- b) rodina,
- c) súrodenecká skupina,
- d) príbuzenský zväzok,
- e) reprodukčná kolónia,
- f) kolónie sociálne žijúceho hmyzu.

Rodičovské páry môžu byť dočasné, v čase rozmnožovania (ryby, vtáky), alebo trvalé, kde sú známe aj niekoľkoročné páry, najmä v rade *Anseriformes*, napr. husi a labute, alebo u dravcov (orly a supy).

Rodinu tvoria rodičia a potomstvo. Podľa toho, ktorý z rodičov sa stará o potomstvo, rozlišujeme:

- rodičovskú rodinu – samica aj samec sa starajú o mláďatá (kŕmivé vtáky, z cicavcov vlk, z nekŕmivých vtákov jarabica);
- materskú rodinu – o mláďatá sa stará len samica (väčšina cicavcov, nekŕmivých vtákov, niektoré druhy rýb, starostlivosť o vajcia u niektorých plazov – krokodíly);
- otcovskú rodinu – o mláďatá sa stará len otec (niektoré ryby, z vtákov pštrosy, u cicavcov je tento typ z fyziologických dôvodov vylúčený (nevyhnutnosť dojčenia));
- viacgeneračnú rodinu - okrem rodičov sa o potomstvo starajú aj starší súrodenci (lyska čierna a iné);

- súrodeneckú skupinu – vzniká súčasným vyliahnutím potomstva, ktoré istý čas žije pohromade – rodičia s ním zväčša už nežijú – alebo hynú po naklادنí vajíčok, typická je najmä pri niektorých druhoch hmyzu (niektoré druhy pavúkov, motýľov, chrobákov atď.);
- príbuzenský zväzok – je to prípad, keď v skupine žije viac generácií (u niektorých hlodavcov, dvojitozubcov (králik divý *Oryctolagus cuniculus*), bezstavovcov –pavúky a pod.);
- reprodukčnú (hniezdnu) kolóniu – tvorí ju veľký počet jedincov, ktoré sa vyskytujú na jednom mieste na účely rozmnožovania; môžu ju tvoriť jednotlivé páry vtákov alebo samce, ktoré ovládajú háremy samíc (plutvonožce), alebo zhluk jedincov obidvoch pohlaví (hromadné neresiská rýb);
- kolónie sociálne žijúceho hmyzu – sú najzložitejším príkladom reprodukčnej skupiny (včely, osy, mravce, čmele a termity). Okrem sociálnych druhov hmyzu môžu takéto kolónie vytvárať aj cicavce, napr. africké druhy hlodavcov rodu *Heterocephalus* – krtopotkany.

Nereprodukčné skupiny sú motivované inými faktormi, zaraďujeme k nim tieto typy:

- a) kormus,
- b) agregácia,
- c) konglobácia,
- d) loviaca skupina,
- e) ťahová alebo potulná skupina,
- f) pokojová skupina,
- g) prezimujúca skupina.

Kormus je súbor jedincov, ktoré sú zraštené a tvoria často veľké kolónie. Typickým príkladom sú koraly, tvoriace rozsiahle koralové útesy a atoly.

Agregácia vzniká náhodným zoskupením jedincov a nie je motivovaná vnútorne, sú to rôzne skupiny jedincov, ktoré sa zhromažďujú napr. v dôsledku vodného prúdu, vetra a inými vplyvmi.

Konglobácia je nahromadenie jedincov vplyvom vonkajších činiteľov, ale už sú čiastočne motivované aj vnútornými faktormi, napr. je to zoskupovanie jedincov pri zdroji vody, potravy a pod. (motýle, vtáky pri napájadle).

Loviaca skupina spoločne vyhľadáva a získava potravu, napr. svorka vlkov a pod. Z vtákov v skupinách lovia zástupcovia veslonožcov – kormorány a pelikány, z rýb niektoré ostrieže a zubáče.

Ťahová alebo potulná skupina je skupina migrujúcich jedincov. Typické sú migrujúce vtáky, ktoré odlietajú každoročne z hniezdisk a späť, migrujúce stáda cicavcov (sob), hmyzu

(danaus sťahovavý). Koník sťahovavý vytvára dve formy sedentárnu (usadnutú) a sťahovavú, ktorá pri premnožení spôsobuje v krajinách s teplejšou klímou veľké škody požieraním zelene (známa je ako jedna z biblických egyptských rán).

Pokojová skupina vzniká z jedincov, ktoré sa zoskupujú na určitom mieste, aby si odpočinuli alebo prenocovali. Známe sú napr. nocoviská vtákov – škorce a lastovičky v trstinách, denné zhromaždiská nočných druhov motýľov alebo iného hmyzu s nočnou aktivitou.

Prezimujúcu skupinu tvoria jedince, ktoré spoločne prezimujú. Príkladom sú zimné kolónie netopierov, sysľov, svišťov, hromadné zimoviská obojživelníkov a mnohých druhov hmyzu (lienky, cifruše bezkrídle, zlatoočky a iné).

Schopnosť jedincov tej istej populácie združovať sa je daná genetickými predpokladmi. Toto združovanie (sociabilitu) vyvolávajú vnútorné vplyvy a je druhovo charakteristické. Základným predpokladom vzniku takýchto skupín je sociálna atrakcia (schopnosť vzájomnej znášanlivosti), sociálna stimulácia a sociálna imitácia (schopnosť napodobňovať činnosť ostatných jedincov a robiť spoločné aktivity).

Osobitným typom vnútrodruhových vzťahov je vnútrodruhová konkurencia (vnútrodruhová kompetícia). Prítomnosť a činnosť jedincov v populácii zväčša obmedzuje zdroje potravy, vody a priestoru pre ostatných členov populácie. Vzniká konkurencia, keď každý jedinec je ovplyvnený kvalitou zdroja, ktorý zostáva po ostatných jedincoch, ktorí tento zdroj využili. Vnútrodruhová konkurencia vplýva na rýchlosť úmrtnosti a množivosti populácie, ale aj na iné vlastnosti jedincov populácie, napr. aj na veľkosť rastlín. Stupeň konkurencie jedincov v populácii závisí od:

- hustoty populácie,
- množstva a dostupnosti zdrojov.

Vzájomná konkurencia jedincov v populácii vyúsťuje do teritoriality, ktorá súvisí najmä s rozmiestnením populácií v danom priestore; predstavuje aktívne rozmiestnenie populácie. Teritórium je pritom akčný priestor jedinca dôsledne bránený pred inými jedincami príslušného druhu. Teritória môžu byť trvalé (permanentné) alebo dočasné, napr. na obdobie rozmnožovania. Medzi jednotlivými teritóriami býva zväčša zachovaný priestor na voľný pohyb. Živočíchy obhajujú hranice svojho teritória tromi základnými spôsobmi:

- a) akusticky (zvukovo), napr. vtáky, niektoré cicavce (lev, opice), žaby a hmyz (stridulácia u rovnokrídlovcov);
- b) optickým obhajovaním teritória – zanechávaním opticky výrazných značiek v teréne, napr. medvede olupujú kôru stromov, rôzne imponujúce postoje;

c) chemickým označením teritórií – pachové prostredníctvom pachových žliaz (jeleň má pachové žľazy v kútiku očí), močom (pes, vlk) či trusom (hroch).

Niektoré živočíchy kombinujú tieto typy obhajovania teritória (lev sa ohlasuje revom, ale súčasne zanecháva pachové stopy).

V súvislosti s teritorialitou platí dôležitá zásada – výhody, ktoré plynú z teritoriálneho správania organizmov, musia prevýšiť výdaj energie na ňu vynaloženej. Teritorialita má teda významný stimulačný vplyv na hustotu a rozptyl populácie.

S teritorialitou, resp. obhajovaním teritória, súvisí teritoriálne správanie, ktoré je súčasťou vedného odboru etológia.

2.2.2.3. Medzidruhové vzťahy

Medzidruhové (interšpecifické, heterotypické) vzťahy sú veľmi významné ekologické faktory. Jednotlivé druhy, resp. ich populácie, nežijú izolovane, ale tvoria spoločenstvá v ktorých sú populácie týchto druhov pospájané rôznymi vzájomnými vzťahmi. Každý druh má svoju ekologickú niku. Ekologickou nikou rozumieme funkčné a priestorové začlenenie druhu v ekosystéme. Je to teda súbor podmienok a zdrojov nevyhnutných na existenciu určitého druhu, ale aj súčasť podmienok pre ďalšie druhy, ktoré sú s týmto druhom vo vzájomnej interakcii. Poznáme tzv. čiastkové niky, ako je napr. priestorová (stanovištná) nika, čo je súhrn špecifických nárokov na podmienky miesta, kde druh žije, ďalej trofická (potravná) nika, ktorá predstavuje súbor všetkých trofických nárokov. V rámci stanovištnej niky existujú rôzne podmienky, ku ktorým patria nároky druhu a jeho postavenie v rôznych rozpätiach teplôt, vlhkosti, svetla, pH a pod. Príbuzné druhy organizmov obsadzujú podobné ekologické niky, ale dva rôzne druhy nemôžu obsadiť tú istú niku; vtedy spravidla jeden druh vytlačí druhý. Niky dvoch alebo viacerých druhov sa môžu prekrývať, ale iba v takom rozsahu, ktorý nebráni ich existencii. Prekrývanie sa ník je prejavom medzidruhového vzťahu - konkurencie.

Rast či prežívanie populácie môžu byť ovplyvnené kladne alebo záporne. Vo veľmi vzácných prípadoch tieto vzťahy populácie neovplyvňujú. Pre kladné a záporné interakcie platia dve základné zásady:

1. počas vývoja ekosystému sa záporné interakcie postupne vytrácajú;
2. v nových ekosystémoch skôr vznikajú silne záporné interakcie ako v starších ekosystémoch.

Základné medzidruhové vzťahy delíme na:

a) neutrálne:

– *neutralizmus* znamená absenciu akéhokoľvek vzťahu, pri ktorom populácie rôznych druhov majú síce možnosť vzájomnej interakcie, ale na seba nepôsobia. Ich ekologické niky sa diametrálne odlišujú.

b) kladné (synergistické):

- protokooperácia,
- aliancia,
- komenzalizmus,
- parekia,
- epekia,
- entekia,
- forézia,
- synekia,
- mutualizmus.

c) záporné (antagonistické):

- amenzalizmus,
- kompetícia,
- predátorstvo,
- parazitizmus,
- patogénia. Odstrániť čiaru

Protokooperácia je najvoľnejší typ vzájomných vzťahov, keď spoločné združovanie jedincov dvoch alebo viacerých druhov je pre všetkých jedincov populácií prospešné. Takéto združovanie je voľné, dočasné, nezáväzná a kedykoľvek môže zaniknúť. Príkladom môže byť hniezdenie dvoch alebo viacerých druhov vtákov na jednom mieste na úspešnejšiu obranu pred nepriateľom.

Aliancia predstavuje tesnejší typ vzťahov, príležitostného a dočasného združovania jedincov rôznych druhov, ktorý im poskytuje lepšiu ochranu pred nebezpečenstvom, napr. združovanie pštrosov so zebami, žirafami a slonmi na afrických stepiach.

Komenzalizmus je interakcia dvoch alebo viacerých druhov, z ktorých jeden (komezál) má zo vzájomného spolužitia potravinový prospech bez toho, aby druhý druh (hostiteľa) kladne alebo záporne ovplyvnil – napr. združovanie hyen, šakalov alebo supov s veľkými šelmami.

Parekia znamená aktívne vyhľadávanie jedného druhu iným, ktorý slúži ako obrana pred predátormi, napr. bociany hniezdia na budovách, aby boli bezpečnejšie pred dravcami.

Epekia je trvalé neparazitické bývanie na povrchu iných organizmov, rastliny - epifyty, živočichy - epizoá, napr. mnohé mäkkýše a ulitníky sa usádzajú na pancieroch korytnačiek.

Entekia je trvalé neparazitické usídlenie komezála vnútri iných organizmov, napr. ryby rodu *Amphiprion* sa ukývajú medzi chápadlami morských sasaniek a pod.

Forézia je typ vzťahu, keď jeden druh živočicha aktívne vyhľadáva iný druh na transport. Ide o aktívne vyhľadávanie – napr. larvy májkovitých (triungulíny), sa prichytávajú na včely, ktoré ich prenášajú do svojich hniezd. Odstrániť čiaru

Pasívny prenos je zochória (pozri predchádzajúcu kapitolu).

Synekia je spolužitie živočíchov v hniezdach a stavbách iných druhov, najznámejším príkladom je spolužitie roztočov v hniezdach vtákov alebo norách cicavcov.

Mutualizmus (symbiôza) je trvalá a nevyhnutná väzba medzi dvoma alebo viacerými druhmi organizmov. Základným príkladom mutualizmu je vzťah medzi opelivými rastlinami a ich opel'ovačmi, rozširovanie semien opel'ovačmi, spolužitie morskej sasanky na ulite, ktorú obýva rak pustovník, a pod. Až 90 percent rastlín žije v symbiôze s hubami (tzv. mykorízna symbiôza). Huby získavajú z rastlín organické látky, a naopak, poskytujú rastlinám minerály, zvyšujú ich rezistenciu na hubové patogény, toleranciu na výkyvy vlhkosti, teplôt atď. Veľmi špecifickou formou symbiôzy je spolužitie húb (tzv. mykobionty) s riasami alebo so sinicami (tzv. fotobionty) v lišajníkoch. Riasa fotosyntetizuje (premena oxidu uhličitého a vodnej pary na cukry), huba pohlcuje produkty fotosyntézy a premieňa ich na iné druhy cukru. Riasa niekedy dodáva hube vitamíny, a tak stimuluje rast lišajníkov. Huba zase prijíma vodnú paru, čím urýchľuje fotosyntézu v riase a poskytuje ochranu pred slnečným úpalom. Prispôsobenie sa húb symbiotickému spôsobu života je už také silné, že väčšina z nich už bez fotobionta nie je schopná žiť voľne v prírode.

Amenzalizmus je taký typ interakcií, pri ktorom jeden druh (inhibitor) pôsobí svojimi metabolitmi na iný druh (amenzála) negatívne, brzdí jeho rast, rozmnožovanie alebo pôsobí letálne, pričom inhibitor týmto vzťahom nie je ovplyvnený. Amenzalizmus je známy najmä pri mikroorganizmoch, baktériách, hubách, patria sem však aj početné prípady tzv. chemického boja jedného organizmu proti druhému. Niektoré druhy vyšších rastlín vylučujú z koreňov látky zvané fytoncidy, ktoré bránia v raste iným druhom rastlín.

Kompetícia (medzidruhová konkurencia) je vzťah, keď populácie dvoch alebo viacerých druhov sa navzájom ovplyvňujú čerpaním tých istých životných potrieb v tom istom priestore, napr. potravy, úkrytu a iné. V kompetičných vzťahoch má zásadný význam veľkosť prekryvania ekologických ník daných druhov. Kritický prejav kompetície nastáva,

keď jeden druh pod tlakom konkurencie iného druhu zo stanovišťa vymizne alebo ho dočasne opustí. Kompetícia v danom prípade môže viesť k presunom jedincov na stanovištiach a osídleniu aj málo vhodných lokalít. Istým prispôsobením sa konkurenčnému tlaku, ktorý umožňuje prežiť daným organizmom v prostredí, je diferenciácia ník, jej podstatou je rozdelenie využívania zdrojov z daného stanovišťa, ku ktorému môže dôjsť nasledujúcim spôsobom:

- a) špecializáciou na určitý typ zdroja,
- b) priestorovým oddelením využívaných zdrojov, napr. v rôznej výške stromového poschodia, rôznej hĺbke vody (potápavé a nepotápavé kačice),
- c) časovým oddelením využívania zdrojov, napr. v rámci denného cyklu, sezóny a pod. (časová nika), napr. hmyzožravce, netopiere, vtáky.

Predátorstvo je vzťah požiarača a požieraného, t. j. dravca a koristi, keď jeden organizmus spotrebáva iný, pričom korisť je živá (pri napadnutí). Predačný tlak na populáciu koristi obmedzuje vnútrodruhovú konkurenciu v populácii koristi a čiastočne aj medzidruhovú konkurenciu. Populačné hustoty predátora a jeho koristi sú od seba závislé. V rámci týchto vzťahov sa počas evolúcie vyvinuli v organizmoch rôzne adaptácie, u predátorov sú to morfológické, fyziologické, etologické adaptácie na ulovenie koristi, ako je napr. dokonale vyvinutý zrak, čuch, sluch, pohyby, utváranie ústnych orgánov, pazúrov a iné. Pri koristi sa naopak vyvinuli ochranné opatrenia, akými sú napr. veľká plodnosť, mechanická ochrana, napr. ostne, tvrdý povrch tela, chemická ochrana, napr. zápach, sliz, jedovaté žľazy, krycie sfarbenie a tvar tela. Osobitným typom ochrany koristi sú mimikry, keď sfarbením a tvarom tela organizmus napodobňuje iného živočicha alebo iný nebezpečný druh, ďalej ochranný postoj, keď sa organizmus stáva „mŕtvym“, akinéza, tanatóza, ukryvanie, útek alebo aktívna ochrana proti nepriateľovi.

Parazitizmus je trvalé alebo dočasné využívanie jedného druhu organizmu (hostiteľa) iným druhom (parazitom), ktorý hostiteľa využíva ako zdroj potravy. Odstrániť čiaru

Treba odlišovať parazita od parazitoida, ktorý svojho hostiteľa potravovo využije a nakoniec usmrtí, napr. larvy niektorých blanokřídlych, ktoré konzumujú tkanivá napadnutých húseníc a pod.

Parazit konzumuje isté časti upravenej potravy hostiteľa, napr. tkanivá hostiteľa, ale samého hostiteľa neusmrcuje. Rozlišujeme dve kategórie parazitov, a to:

1. mikroparazity,
2. makroparazity.

Mikroparazity sa rozmnožujú priamo v tele hostiteľa, šíria sa buď priamo z hostiteľa na hostiteľa, alebo nepriamo prostredníctvom iného druhu – vektorom. Makroparazity vo svojom hostiteľovi rastú, ale rozmnožujú sa vytváraním tzv. invázných štádií, ktoré sa uvoľňujú z tela hostiteľa a dostávajú sa do nového hostiteľa, alebo prostredníctvom medzihostiteľa. Napríklad hostiteľom motolice pečenevej (*Fasciola hepatica*) je dobytok, ovce a vzácne i človek. V týchto hostiteľoch žije motolica v žľčových kanálikoch pečene. Dospelé motolice po kopulácii produkujú vajíčka (jedna samička ich môže vyprodukovať až 20 000), ktoré sa stolicou dostávajú von z tela hostiteľa. Z vajíčok, ktoré sa vyvíjajú vo vode na vlhkých lúkach, sa liahne larva (miráciium), ktorá sa vyvíja v hepatopankrease alebo hermafrodickej žľaze vodného slimáka vodniaka bahenného (*Galba truncatula*). Larva sa mení na tzv. sporocystu, ktorá sa nepohlavne rozmnožuje a rozpadá sa na zárodky novej generácie lariev (rédie I. a II. generácie). Z nich vznikajú ďalšie zárodky, tzv. cercárie, ktoré húfne opúšťajú telo slimáka, zachytávajú sa na ponorených častiach rastlín a encystujú sa (adoleskárie). Cyklus sa opakuje po skonzumovaní rastlín hostiteľom (ovce, dobytok), v ktorom motolice dospievajú.

Parazity sídlia buď na povrchu tela hostiteľa – ektoparazitizmus, alebo vnútri tela hostiteľa – endoparazitizmus. Častými endoparazitmi spevavcov sú kokcídie. Patria k intracelulárnym endoparazitom vyskytujúcim sa v tráviacom systéme, kde odčerpávajú dôležité látky z prijatej potravy. U stehlíka (*Carduelis tristis*) sa napríklad zistilo, že vtáky infikované kokcídiami konzumujú síce viac potravy ako zdravé jedince, sú však aj napriek tomu ľahšie a menej výrazne sfarbené. Známymi ektoparazitmi sú článkonožce cicajúce krv (hematofágne), napr. kliešte alebo rôzne dvojkrídlavce. Náš bežný kliešť obyčajný má trojročný vývinový cyklus, v ktorom je závislý od hostiteľov, z ktorých cicia krv. Obvykle sú to rôzne suchozemské cicavce, ale aj obojživelníky, plazy a vtáky. Samička sa pred párením musí nacicať krvi hostiteľa, pričom sa jej objem môže až 100-násobne zväčšiť. Vývin vajíčok a vývinových štádií kliešťov (larvy a nymfy) však na rozdiel od endoparazitov prebieha na vegetácii, t. j. úplne nezávisle od tela hostiteľa.

Osobitným prípadom parazitizmu je hyperparazitizmus, keď parazita napadne jeho ďalší špecifický parazit. Pri rastlinách existujú dve skupiny makroparazitov, a to:

– hemiparazity, pri ktorých si organizmus parazitizmom zaobstaráva len časť svojich životných potrieb, napr. imelo, ktoré je napojené na cievne zväzky hostiteľského stromu, ale súčasne normálne fotosyntetizuje ako každá iná rastlina;

– holoparazity, t. j. výlučné parazity, napr. parazitická rastlina (*Rafflesia arnoldi*), ktorá prebýva v sieti pletív vnútri hostiteľskej rastliny.

Výraz parazitizmus sa niekedy používa aj pri iných medzidruhových vzťahoch, ktoré majú podobu parazitizmu. Je to potravinový parazitizmus, keď jeden druh aktívne odoberá potravu (korisť) inému druhu, napr. pomorník príživný a čajky, a hniezdny parazitizmus, keď jeden druh využíva na odchov svojich mláďat iný druh, napr. kukučka, medozvestka, ale aj kačice.

Patogénia je v pravom zmysle slova interakcia medzi eukaryotickým organizmom, t. j. rastlinou, živočíchom, prípadne hubou ako hostiteľom, a prokaryotickým organizmom – baktériou a vírusmi na druhej strane ako patogénom.

Niektorí autori patogéniu pokladajú za osobitný prípad parazitizmu.

2.2.2.4. Potrava

Potrava patrí medzi základné biotické faktory. Tvoria ju rôzne látky, ktoré organizmy prijímajú zo svojho prostredia na zabezpečenie základných životných dejov (metabolizmus, rast, stavba tela, reprodukcia). Z ekologického hľadiska chápeme potravu ako všetky organické látky rastlinného alebo živočíšneho pôvodu v živej, neživej alebo odumierajúcej, rozkladajúcej sa forme. Tieto látky označujeme ako potravinové (trofické) faktory. Z prijatej potravy organizmy využívajú najmä sacharidy, tuky, bielkoviny a rôzne iné špecificky účinné látky, napr. vitamíny. Z anorganických látok sú to soli vrátane zlúčenín stopových prvkov a vody. Potrava je dôležitým zdrojom energie, jej prísun je jedným z nevyhnutných predpokladov existencie a reprodukcie života.

Poznáme dva základné spôsoby získavania potravy a typy organizmov:

1. Autotrofné organizmy, ktoré sú schopné vytvárať organické látky z látok anorganických. Najdôležitejším typom autotrofných organizmov sú zelené fotosyntetizujúce rastliny, ktoré na syntézu organických látok využívajú energiu istej časti svetelného spektra slnečného žiarenia (žiarenie vlnovej dĺžky 400 – 720 nm) za pomoci asimilačného farbiva (chlorofylu) prostredníctvom procesu, ktorý nazývame fotosyntéza. K autotrofným organizmom zaraďujeme aj chemotrofné baktérie, ktoré energiu na syntézu organických látok získavajú rozkladom niektorých zlúčenín, tzv. chemosyntézou.
2. Heterotrofné organizmy (organizmy s holozoickou výživou) nie sú schopné vytvárať organické látky, ale musia ich hotové prijímať potravou a ďalej vo svojom tele transformovať.

Osobitný spôsob získavania potravy majú mixotrofné organizmy (bičíkovce), ktoré sa za istých podmienok živia autotrofne a za istých heterotrofne, t. j. kombinujú oba spôsoby výživy, a to podľa podmienok, v ktorých sa nachádzajú.

Podľa toho, akou potravou sa heterotrofné organizmy živia, ich delíme na:

- a) fytofágne,
- b) zoofágne.

Fytofágne organizmy sa živia rastlinnou potravou. Zaraďujeme k nim bylinožravce (herbivorné organizmy), ktoré požívajú celé rastliny alebo ich časti, a rastlinné parazity (fytoparazity), ktoré žijú vnútri pletív živých rastlín. Herbivorné živočíchy môžeme ďalej rozlišovať podľa taxonomickej skupiny rastlín, ktorými sa živia, na živočíchy algofágne (živia sa riasami), lichenofágne (lišajníkmi), briofágne (machmi), graminivorné (trávami) a pod., prípadne podľa toho, ktorú časť rastliny požívajú – granivorné (živia sa semenami), lignivorné (xylofágne, živia sa drevom), fylofágne (živia sa listami) a pod.

Zoofágne živočíchy sa živia inými živočíchmi. Patria k nim dravce, mäsožravce s typickým predáčnym vzťahom k organizmom nižšej trofickej úrovne, a zooparazity s medzidruhovým vzťahom hostiteľ – parazit. Podľa špecializácie na tú-ktorú taxonomickú skupinu ich môžeme ďalej deliť na entomofágy, t. j. živiace sa hmyzom, ichtyofágy – rybami a pod. Z hľadiska zamerania sa na určitú časť tela živočícha poznáme napr. hemofágy živiace sa krvou (netopiere – vampírovité, komáre).

Podľa toho, v akom stave živočíchy prijímajú potravu, rozoznávame ďalej dve skupiny, a to:

1. biofágne organizmy, ktoré sa živia potravou výhradne v živom stave a pohlcujú ju vcelku alebo po častiach; k nim patria tak fytofágy, ako aj zoofágy, spomínané v predchádzajúcej časti;
2. nekrofágy, ktoré sa živia už mŕtvou hmotou, t. j. uhynutými a rozkladajúcimi sa telami rastlín a živočíchov, alebo požívajú rôzne exkrementy živočíchov. Príkladom nekrofágnych živočíchov sú hyeny, šakal či iné psovité šelmy, z vtákov supy, kondory a ďalšie. Do tejto skupiny živočíchov patria živočíchy saprofágne, t. j. také, ktoré sa živia rozkladajúcimi sa telami iných organizmov a živočíchy koprofágne, ktoré sa špecializujú na požívanie trusu iných živočíchov (koprofágne chrobáky a pod.). Modifikáciou koprofágie je autokoprofágia, keď živočích požíra vlastný trus – príkladom je králik divý.

Okrem týchto základných spôsobov výživy organizmov poznáme ešte ďalšie zvláštne formy heterotrofnej výživy. Patria k nim cecidofágia, symbiontofágia, trofobióza a kanibalizmus.

Pri cecidofágii ako potrava slúžia pozmenené pletivá rastlín, tvoriace napr. háľky (cecidie), pričom tieto zmeny nastávajú priamo pôsobením konzumenta. Konzumentom môžu byť rôzne živočíchy, najmä rôzni zástupcovia hmyzu. Príčinou vzniku hálok (zdurenín na pletivách rastlín často ľudovo označovaných ako „rakovina“) sú látky ovplyvňujúce vývin pletív zo samičiek kladúcich vajíčka, z vajíčok alebo liahnucich sa lariev. Háľky môžu na rastlinu pôsobiť negatívne, ich výskyt je však časovo obmedzený.

Symbiontofágia je taký spôsob získavania potravy, keď živočích ako potravu využíva nižšie organizmy, ktoré si často aj úmyselne pestuje. Napríklad známe tropické mravce rodu *Atta* si pestujú špecifické druhy húb a ich plodnicami sa živia. Huby pestujú aj mnohé drevokazné chrobáky, a to v chodbičkách v dreve, a potom sa podhubím živia ich larvy. Takéto živočíchy označujeme aj ako ektosymbionty. Odlišné potravné pomery majú endosymbionty, ktoré pomáhajú pri rozklade ťažko stráviteľnej potravy bohatej na celulózu. Vyskytujú sa najmä u prežúvavcov a drevožravých druhov hmyzu, ďalej u živočíchov so špeciálnou keratínovou potravou, napr. vošky požierajúce šupinky kože a peria.

Trofobióza je špecifická forma výživy mnohých druhov mravcov, ale aj iného hmyzu; podstatou je požieranie výlučkov vošiek a iného hmyzu.

Kanibalizmus je požieranie jedincov vlastného druhu. Vyskytuje sa buď cielene pri niektorých druhoch pavúkov či hmyzu (modlivka, samica po párení), alebo neúmyselne, napr. u rýb, ktoré nie sú schopné rozoznať drobný plôdik vlastného druhu od iného a pod. Ak živočíchy požierajú vlastné mláďatá, hovoríme o kronizme. Požieranie vlastných súrodencov alebo jedincov navzájom, nazývame kainizmus, odvodené od bratov Kaina a Ábela. Príkladom kainizmu je požieranie mláďat orlov v hniezde.

Samo zloženie potravy (potravové spektrum) je pritom pri heterotrofných organizmoch veľmi rôzne. Druhy s úzkou potravnou špecializáciou nazývame stenofágne, naopak, živočíchy so širokým potravným spektrom euryfágne. Z hľadiska potravného špecializácie môžeme jednotlivé druhy rozdeliť do niekoľkých skupín, a to:

1. monofágy (univoria) predstavujú veľmi úzku potravnú špecializáciu, keď živočích konzumuje len istý druh potravy (listožravé húsenice väčšiny druhov motýľov, halkotvorný hmyz, medvedík koala listy eukalyptu, panda listy bambusu a pod.);

2. oligofágy sa vyznačujú širším potravným spektrom; potravu živočicha tvorí viacero často príbuzných druhov živočíchov a rastlín (obaľovač dubový (*Aleimma loeflingiana*) žije na rôznych duboch rodu *Quercus* pod.);
3. polyfágy (multivoria) sú živočíchy, ktorých potrava je zložená z veľkého počtu rastlín alebo živočíchov, napr. pavúk križiak sa živí rôznymi druhmi hmyzu, ktoré sa zachytia v sieti, myšiak lesný (*Buteo buteo*) loví nielen malé hraboše, myši a iné hlodavce, ale aj malé vtáky, jašterice, žaby, dokonca i hmyz a zdochliny;
4. pantofágy (omnivoria) predstavujú skupinu všežravcov, ktoré požívajú živé i mŕtve substancie rastlinného alebo živočíšneho pôvodu. Všežravcom môže byť napr. jazvec lesný, mnohé druhy mravcov alebo vtákov, ako je napr. kačica divá (*Anas platyrhynchos*), havran poľný (*Corvus frugilegus*), vrabec domový (*Paser domesticus*) atď. Potrava týchto druhov sa môže meniť v závislosti od faktorov prostredia, napr. vrabce živia svoje mladé prevažne bezstavovcami, avšak v zime, keď je táto potrava nedostupná, konzumujú prevažne semená kultúrnych plodín.

Treba zdôrazniť, že monofágia a oligofágia je oveľa hojnejšia pri fytofágnych druhoch živočíchov. Zloženie potravy sa však výrazne odlišuje aj pri tom istom druhu počas roka (sezónne zmeny potravy), v priebehu životného cyklu, vplyvom rôznych mimoriadnych, tzv. neperiodických faktorov, ako je obdobie dlhého sucha, dažďov a pod. (napr. Volavky popolavé (*Ardea cinerea*) v suchých rokoch lovia hraboše na poliach), ale aj vplyvom antropogénnych faktorov, patrí k nim napr. zavádzanie monokultúr rôznych významných poľnohospodárskych plodín a úžitkových rastlín, zavlečenie niektorých nových druhov rastlín a živočíchov a pod. Známym príkladom je prechod fytofágneho papagája nestora kea (*Nestor notabilis*) z Nového Zélandu na živočíšnu potravu v dôsledku zavedenia chovu oviec.

Množstvo potravy, ktoré spotrebujú živočíchy, závisí od mnohých okolností. Je to predovšetkým typ výživy, resp. potravné spektrum, individuálna kondícia, momentálna aktivita, sezónne vplyvy prostredia, ontogenetický vývin organizmu a pod. Dôležitá je i sama výživná hodnota potravy – čím je vyššia, tým menšia je spotreba. Pri nadmernom dostatku potravy si niektoré živočíchy vytvárajú dočasné alebo trvalé zásoby potravy, hromadia si ju buď priamo vo svojich telách, alebo na vhodných miestach vo svojom prostredí, (píjavica lekárska (*Hirundo medicinalis*), myšiak lesný (*Buteo buteo*), škrečok poľný (*Cricetus cricetus*) a pod.). Veverica obyčajná (*Sciurus vulgaris*), si podobne ako iné druhy veveríc robí zásoby potravy v dierach stromov a mení veľkosť svojho teritória vzhľadom na potravnú ponuku. V chudobných biotopoch s nedostatkom potravy sú teritória veveríc väčšie ako v biotopoch bohatých na potravu. Úspešné zimovanie hryzcov vodných (*Arvicola terrestris*)

priamo závisí od množstva nahromadených zásob v norách aj od ich hmotnosti pred zimovaním. So zvyšujúcimi sa zásobami pravdepodobnosť úspešného prezimovania stúpa. Samičky hryzcov si hromadia menej zásob ako samce, ale ich úmrtnosť je zároveň vyššia.

Kvantitatívne i kvalitatívne zloženie potravy významne ovplyvňuje živočíchy a vedie k utváraniu rôznych adaptácií na potravu. Vzhľadom na obmedzený rozsah týchto učebných textov na hlbšie štúdium danej problematiky odporúčame čitateľovi štúdium niektorej z publikácií uvedených v zozname literatúry.

2.2.3. Periodicita pôsobenia faktorov

Vo väčšine typov prostredí sa pôsobenie uvedených ekologických faktorov mení v čase a priestore. Niektoré z týchto faktorov pôsobia náhle, iné pravidelne kolíšu v priebehu roka a tak sa podieľajú na životných dejoch organizmov, ako je rozmnožovanie, migrácia, hibernácia a pod. Podľa stupňa periodicity pôsobenia faktorov a na ne nadväzujúcich biologických rytmov organizmov tieto faktory delíme na:

- **primárne periodické faktory** vyvolané planetárnymi pohybmi. Väčšina biorytmov organizmov nadväzujúcich na primárne periodické faktory je stálych a dedičných, hovoríme o tzv. endogénnych biorytmoch. Do tejto skupiny patrí napr. slnečné žiarenie a jeho pôsobenie počas 24-hodinovej periódy, ako aj v priebehu roka, ďalej teplota, slapové javy (t. j. príliv a odliv). Tento typ faktorov sa významne uplatňuje vo všetkých prostrediach s výnimkou tzv. afotických, t. j. v prostrediach, kde chýba svetlo a ostatné faktory sú stále (napr. hlbiny oceánov, podzemné jaskyne, ale aj vnútorné prostredie tela hostiteľov pri endoparazitoch). Svetlo a teplota tak vymedzujú na zemskom povrchu klimatické zóny (vertikálne i horizontálne), ktoré limitujú rozšírenie druhov na Zemi. Slapové javy majú zas veľký význam pre biorytmy morských živočíchov.
- **sekundárne periodické faktory** sú v rôznom stupni závislé od primárne periodických faktorov. Čím je táto závislosť tesnejšia, tým výraznejšia a pravidelnejšia je cyklickosť sekundárnych faktorov. Príkladom sekundárne periodických faktorov je vlhkosť, ktorá je závislá od teploty, t. j. primárne periodického faktora, a výraznejšie osciluje v prostredí s kolísajúcou teplotou. Ďalej sem môžeme zaradiť aj biotické faktory, najmä trofické, pretože s tým súvisí vegetačný cyklus rastlín, závislý od svetla a teploty, od ktorého sú zase závislí konzumenti. Patria sem aj sezónne zmeny vzťahov medzi dravcom a korisťou, hostiteľom a parazitom. Takéto faktory zväčša ovplyvňujú hustotu populácií, ale neovplyvňujú hranice areálu a veľkosť samotnej populácie.

– **neperiodické faktory** sú také, ktoré pôsobia náhle a neočakávane. Organizmy na ne nie sú adaptované. Patria sem napríklad extrémne klimatické faktory, ako je víchrica, silné búrky, povodne, požiare, či vulkanická činnosť. Z biotických faktorov sem patrí napr. činnosť predátorov pri narušení biologickej rovnováhy a pod. Pre výrazný vplyv na neadaptované organizmy ich nazývame aj katastrofickými. Podobne ako sekundárne periodické faktory pôsobia negatívne najmä na hustotu populácií a spôsobujú narušenie celých spoločenstiev. Hranice medzi periodickými a neperiodickými faktormi sú veľmi tesné a príslušnosť určitého faktora k niektorej zo skupín faktorov je často relatívna. Príkladom môže byť povodeň, ktorá pre veľké množstvo organizmov je neperiodickým, katastrofickým faktorom, pre iné z dlhodobého hľadiska však faktorom periodickým. Podobne k neperiodickým faktorom patria aj požiare, ktoré však v niektorých stepných a lesostepných ekosystémoch môžeme pokladať za prirodzený, či dokonca viac-menej periodický faktor (niektoré druhy rastlín na vyklíčenie semien potrebujú požiar). Priame a pozitívne ovplyvnenie organizmu požiarom sa týka napríklad niektorých mäsožravých rastlín rosičiek (*Drosera spp.*) vyskytujúcich sa v Austrálii. Kvitnú zásadne až po skončení požiarov, ktoré sa v ich prostredí pravidelne vyskytujú. V umelých podmienkach im dokonca nestačí prídanie popola do pôdy, ale pestovatelia musia v ich blízkosti zapáliť chumáč trávy, ktorého oheň stimuluje vývin kvetov. Oheň a povodne môžu pozitívne pôsobiť na organizmy aj nepriamo, ako sa to zistilo pri sekvojach (*Sequoia sempervirens*). Kôra týchto gigantických stromov dobre odoláva ohňu a samotné stromy nie sú ohrozené ani povodňami. V prehnanej snahe ochraňovať prírodu sa v Kalifornských lesoch odstránili požiare aj povodne, čo zapríčinilo silný rozmach konkurenčných ihličnanov, napr. Duglasky tisolistej (*Pseudotsuga mensiesi*), ktoré začali sekvoje ohrozovať. Manažéri kalifornských lesov v súčasnosti ponechávajú lesy napospas prirodzeným požiarom aj povodňam vždy, keď je to možné. Osobitným typom neperiodických faktorov sú faktory antropické (t. j. činnosť človeka). Patrí k nim napr. vyrúbanie lesa, zoranie lúky, rekultivácie, meliorácie, vypustenie rybníka. Takáto činnosť má na organizmy viazané na daný typ prostredia katastrofické následky.

2.2.4. Charakter pôsobenia faktorov na organizmy

Podľa toho, ako jednotlivé ekologické faktory pôsobia na fylogénzu a ontogénzu organizmov, rozdeľujeme ich na tri základné kategórie:

- a) **Morfoplastické faktory** sú také, ktoré ovplyvňujú stavbu tela organizmu. Príkladom je veľkosť ušných lalokov psovitých šeliem, ktoré žijú v prostredí s rôznou teplotou.

Polárna líška (*Alopex lagopus*) má ušnice takmer ukryté v hustej srsti. Púštna líška fenek (*Feneneccus zerda*) má nápadne dlhé ušnice, ktoré slúžia ako termoregulátor. Naša líška hrdzavá (*Vulpes vulpes*), žijúca v miernom pásme, má ušnice, ktoré tvoria prechod medzi uvedenými druhmi (ide o tzv. Allenovo ekologické pravidlo). V rámci ontogenézy sa morfolplastický vplyv prejavuje napr. aj rozdielnou dĺžkou tráviacej trubice u žubrienok žiab, ktoré sa živia prevažne rastlinnou potravou (majú dlhšie črevo), a u dospelých jedincov živiacich sa živočíšnou potravou (kratšie črevo). Rastlinným príkladom je trst' obyčajná (*Phragmites australis*), ktorej jedince rastúce vo vlhšom prostredí sú morfologicky odlišné (väčšie a silnejšie) ako jedince rastúce v suchšom prostredí.

- b) **Fyzioplastické faktory** sú také, ktoré ovplyvňujú fyziologické deje organizmu. Napríklad teplo ovplyvňuje termoreguláciu ako reakciu na jeho zmeny, kyslík a jeho množstvo v rôznych prostrediach zas ovplyvňuje fyziológiu dýchania. Vo vyšších nadmorských výškach je koncentrácia kyslíka nižšia, čo sa u ľudí žijúcich v takomto prostredí prejavuje vyššou koncentráciou erytrocytov. Prudká zmena prostredia však môže vyvolávať napr. aj reverzibilné zmeny na spermiách samcov, ako sa to experimentálne zistilo u oviec, králikov či potkanov, u ktorých vo vyšších nadmorských výškach klesla potencia.
- c) **Etoplastické faktory** majú vplyv na správanie živočíchov, a to opäť na fylogenetickú i ontogenetickú úroveň. Príkladom je dážd', ktorý ako etoplastický faktor pôsobí na organizmy tak, že reagujú vyhľadávaním úkrytov alebo iným správaním.

2.3. Prispôbenie organizmov prostrediu

Na vplyvy vonkajších faktorov, resp. na ich zmeny v prostredí, organizmus reaguje s cieľom žiť s prostredím v rovnováhe. Poznáme tri základné typy odpovedí organizmu na zmeny ekologických faktorov:

1. reakcia,
2. adaptácia,
3. deformácia.

Reakcia je rýchla fyziologická zmena prebiehajúca zvyčajne v sekundovom alebo minútovom rozpätí. Jej podstatou sú biochemické zmeny enzymatického aparátu buniek. Reakcia nastáva najmä na jednorazový podnet, ktorý musí mať istú intenzitu.

2.3.1. Adaptácia

Adaptáciu zvyčajne vyvoláva dlhodobý alebo opakovaný podnet. Predstavuje teda biologicky výhodné fyziologické zmeny organizmov nevyhnutné na zachovanie homeostatickej rovnováhy za spolupôsobenia kvalitatívne odlišných ekologických faktorov. Adaptácie sa vyvinuli v priebehu dlhodobého fylogenetického vývoja organizmov a sú vlastne výsledkom prírodného výberu. Vyvolali ich zmeny dedičných znakov, spôsobené náhodne mutáciami alebo novou kombináciou génov. Podieľať sa na nich však môžu aj niektoré fyzikálne alebo chemické faktory, ktoré označujeme ako mutagény. Adaptácie (najmä u živočíchov) delíme na morfológické, fyziologické a etologické. Morfológické adaptácie sa prejavujú v prispôbení sa tvarom tela. Napríklad končatiny krta podzemného (*Talpa europaea*) sú prispôbené na hrabanie pôdy, u netopierov na lietanie, u veľrýb na plávanie. Fyziologické adaptácie sa týkajú fyziologických procesov a ich mechanizmov, napr. prispôbenie sa živočíchov zmenám salinity vody, zmeny metabolizmu súvisiace s výživou a iné). Etologické adaptácie sa prejavujú v prispôbení správania. Napríklad mechanizmy orientácie v priestore, vyhľadávanie alebo získavanie potravy, stavba hniezd, ochrana pred predátormi a iné. Súčasťou adaptačných zmien je habituácia (návyk). Ide o zníženú citlivosť zmyslových orgánov, prípadne centrálnej nervovej sústavy na pôsobenie zmien vonkajších faktorov. Habituácie sú často prípravou na nástup vlastných adaptačných zmien. Napríklad nezmar (*Hydra* spp.) po presunutí zo stojatej do mierne tečúcej vody reaguje spočiatku ako na podráždenie, t. j. prudkým zmrštením. Ak by však takéto správanie pretrvávalo, stiahnuté ramená by mu neumožňovali loviť potravu a onedlho by zahynul. Schopnosť habituácie na takúto zmenu mu však umožňuje správať sa ako v pôvodnom prostredí. Deformácie sú biologicky nevýhodné a sú odrazom neschopnosti organizmu kompenzovať nepriaznivé vplyvy vonkajších faktorov. Odpoveď v tomto prípade nemá biologicky pozitívny význam a nastávajú rôzne patologické zmeny spôsobujúce až zánik organizmu, prípadne populácie či spoločenstva.

2.3.2. Divergencia a konvergencia

Divergencia je jav, keď pri veľmi blízko príbuzných druhoch, ktoré vznikli zo spoločného predka, nastalo počas evolúcie rozbiehanie niektorých znakov, a tým vznikla aj tvarová rozmanitosť. Príkladom je 14 druhov piniek z čeľade *Geospizidae*, ktoré žijú na Galapágskych ostrovoch. Tieto pinky vznikli z jedného spoločného kontinentálneho predka, ktorý sa širil po ostrovoch, a to v závislosti od ponuky potravy. Keď nastala rovnováha medzi

množstvom potravy a hustotou populácie daného druhu, začali sa vyvíjať nové druhy, ktoré sa prispôbovali novej potrave a prostrediu. Rozdiely sa prejavili najskôr v stavbe zobáka prispôsobeného na zber istého druhu potravy, ale aj v celkovom zovňajšku, vo sfarbení a v správaní.

Konvergencia (zbiehavosť znakov) je naopak jav, keď rovnaké prostredie pri fylogeneticky často veľmi vzdialených druhoch malo význam pri vývoji podobných znakov. Napríklad rybovitý až torpédovitý tvar tela žraloka, rýb, delfína, tučniaka, podobný tvar lariev hmyzu mínujúcich v pletivách vyšších rastlín a pod.

2.3.3. Alopatria a sympatria

Prostredie, ako významný evolučný faktor, sa podieľa aj na tvorbe, resp. vzniku tzv. alopatrických a sympatrických druhov. Podľa Mayera (1969) termín alopatrický znamená rozšírenie druhu bez územného prekrývania. To znamená, že jedince pôvodne jedného druhu sa od seba oddelia nejakou bariérou (hovoríme o geografickej izolácii), takže sa už nemôžu vzájomne voľne krížiť. Predpokladá sa, že nové druhy na Zemi sa vyvíjali najskôr tzv. alopatrickou speciáciou, ktorá tkvie v tom, že dve časti voľne sa krížiacej populácie východiskového druhu sa od seba priestorovo odlúčia a počas geografickej izolácie sa v nich nahromadí toľko odlišných znakov, že sa už medzi sebou nemôžu krížiť. Aj keď sa dostanú do kontaktu, potom už existujú ako dva samostatné druhy v rôznych nikách. Zdá sa, že podobne sa vyvinuli aj jednotlivé druhy z čeľade *Geospizidae* na Galapágoch (pozri predchádzajúcu kapitolu).

Opakom alopatrických druhov sú druhy sympatrické. Sympatria znamená prekrývanie oblastí dvoch druhov, alebo ide o také druhy, ktorých populácie síce osídľujú spoločnú oblasť, ale sú už ekologicky alebo etologicky od seba izolované.

2.3.4. Introdukcia, aklimatizácia a domestikácia

Introdukcia je cieľavedomé alebo neúmyselné zavlečenie nepôvodných druhov do nových oblastí človekom (napr. pásavka zemiaková, daniel škvrnitý, bažant poľovný atď.). Introdukované druhy sa museli postupne prispôbiť novým podmienkam prostredia. Tieto zmeny, ktoré v nich vyvolal komplex podnetov nového prostredia, označujeme ako aklimatizácia. Prosperita introdukovaných druhov v novom prostredí je rôzna. Nové introdukované druhy môžu obsadiť rôzne niky, ktoré sú v prostredí voľné alebo vytláčajú

slabšie druhy. Inokedy v novom prostredí obsadia celkom inú niku a zmenia spôsob svojho života, potravu a pod. v porovnaní s pôvodnými biotopmi. Napríklad zajac belák (*Lepus timidus*), dovezený z Nórska na Faerské ostrovy, vytvoril vo svojom novom prostredí nový poddruh (*L. timidus seclusus*), ktorý sa od pôvodnej populácie líši menším vzrastom, zmeneným chrupom a stálym sfarbením počas celého roka.

Úplne inou formou prispôsobenia je domestikácia, ktorá predstavuje cieľavedomé šľachtenie druhov umelým výberom na potreby človeka. Domestikácia pritom prebieha často za umelých podmienok a môže mať genetickú i ekologickú povahu. Domestikované druhy sú zväčša úplne závislé od človeka, a preto hovoríme o veľmi úzkom vzťahu – mutualizme. Introdukcia nových druhov aj domestikácia organizmov môžu mať pre prírodné prostredie nedozerné následky. Typickým príkladom je introdukcia pásavky zemiakovej (*Leptinotarsa decemlineata*). Krátko po tom, ako sa v roku 1925 pásavka spolu so zemiakmi dostala z USA do francúzskeho prístavu Bordeaux, rozšírila sa do celej Európy, kde je dodnes obávaným škodcom zemiakov.

2.4. Zákon minima a tolerancie

2.4.1. Zákon minima

Zákon minima po prvý raz v roku 1840 definoval J. Liebig, podľa ktorého je rast rastlín limitovaný tým prvkom, ktorý je v minime. Napríklad mnohé rastliny rástli slabo, keď sa v pôde vyčerpal bór, ale nerástli dobre ani vtedy, keď sa im v nadmernom množstve ako náhrada pridávali iné živiny. Platnosť tohto zákona je preto prísne obmedzená na rovnovážny stav, to znamená podmienky, keď vstup látok a energie sa rovná ich výstupu, a pre situácie, keď na rast rastlín pôsobia rôzne činitele. Neskôr bol zákon minima interpretovaný aj v ekológii, kde okrem živín sa experimentálne overovali aj ekologické faktory, ako je svetlo, teplota, vlhkosť, potrava a ďalšie. Množstvo laboratórnych pozorovaní, ale i pozorovaní v prírode, potvrdilo, že význam pre život všetkých organizmov majú nielen minimálne, ale aj maximálne koncentrácie alebo intenzita pôsobiacich faktorov. Na tomto princípe bol sformulovaný ďalší, tzv. Shelfordov (1913) zákon tolerancie, podľa ktorého každý druh toleruje isté rozpätie ľubovoľného faktora a najlepšie prospieva v prostredí, ak v ňom pôsobia vplyvy v rozsahu optimálnych hodnôt. Organizmy pritom znášajú isté kolísanie ekologických faktorov a najcitlivejšie na ne reagujú v období rozmnožovania.

2.4.2. Tolerancia a ekologická valencia

Pod toleranciou rozumieme schopnosť organizmov znášať isté rozpätie ľubovoľného faktora. Túto závislosť vyjadruje Gaussova krivka. Ohraničená je na oboch koncoch pesimálnymi bodmi – minimom a maximom, ktoré predstavujú dolnú a hornú, hraničnú alebo letálnu hranicu existencie pre daný druh. Vzdialenosť medzi minimom a maximom vyjadruje ekologickú valenciu istého faktora a je ňou vymedzená tolerancia druhu. Medzi minimom a maximom leží optimum, pri ktorom živočíchy normálne vykonávajú všetky svoje funkcie, a teda aj rozmnožovanie. Stanovenie optimálnych podmienok pre určitý druh je však v praxi veľmi obťažné, preto sa namiesto toho zisťuje pôsobenie podmienok na niektoré vybrané vlastnosti (rýchlosť rastu, rozmnožovanie, dýchanie a pod.). Pred dosiahnutím pesimálnych bodov, t. j. minima a maxima, nastáva zníženie životných prejavov a funkcií a tieto úseky Gaussovej krivky nazývame pejus. Sama tolerancia organizmov je značne variabilná. Pri niektorých druhoch je úzka (hovoríme o stenoekii), pri iných široká (euryekia). Podľa toho rozoznávame druhy stenovalentné a euryvalentné. Potom podľa tolerancie živočíchov môžeme ktorémukoľvek ekologickému faktoru stanoviť dvojicu názvov. Napríklad k teplote (stenotermné alebo eurytermné), k potrave (stenofágne alebo euryfágne), ku kyslíku (stenoxibiontné alebo euryoxibiontné), k slanosti (stenoahalínne alebo euryahalínne) a pod. Keďže optimum ekologického faktora môže mať na osi intenzity vplyvu rôznu polohu, môžeme podľa toho vytvoriť ďalšie kategórie valentných druhov. Oligostenovalentné alebo oligoeuryvalentné druhy, ak je poloha optima dolná, mezostenovalentné alebo mezoeuryvalentné druhy, ak je poloha optima stredná a polystenovalentné alebo polyeuryvalentné druhy, ak je poloha optima horná. Napríklad pstruhy sú k teplote oligostenotermné, pretože sa vyskytujú v studenej vode. Naopak, koraly sú väčšinou polystenotermné, pretože sa vyskytujú v teplých tropických moriach.

Rozsah tolerancie jedincov istého druhu sa môže meniť, a to v závislosti od vývoja veku, pohlavia, fyziologického stavu alebo celkovej kondície. Tolerancia druhu môže byť pozmenená aj interakciou iných ekologických faktorov.

Tolerancia môže byť vyjadrená aj ako schopnosť živočícha osídľovať istý typ prostredia. Ak sú druhy viazané iba na jediné prostredie, označujeme ich ako stenoekné. Naopak, ak sa druhy vyskytujú v rôznych typoch prostredia, sú euryekné. Podľa stanovišťa môžeme druhy rozdeliť na stenotopné a eurytopné. Stenotopné druhy žijú iba na jednom alebo niekoľkých málo stanovištiach a sú pomerne málo rozšírené. Eurytopné druhy osídľujú rôzne stanovišťa a sú hojne rozšírené.

2.4.3. Limitujúce faktory

Ekologické faktory, ktoré pôsobia v rozsahu medzných hodnôt, sú pre prežitie jedincov určitého druhu kritické a nazývame ich medzné alebo limitujúce faktory. Výskyt stenovalentných druhov limituje najmä taký faktor, ktorý v prostredí veľmi kolíše. Naopak faktor, ktorý sa veľmi nemení a je viac-menej stály, nikdy nemôže limitovať výskyt euryvalentných druhov. Príkladom môže byť význam kyslíka v rôznom prostredí. Za normálnych okolností je ho v ovzduší dostatok, limituje však výskyt organizmov v prostredí, kde je ho nedostatok, napr. vplyvom znečistenia, rozkladných procesov, vulkanickej činnosti atď.

Poznanie limitujúcich faktorov prostredia má veľký význam i pre ostatné odbory aplikovanej biológie, ako aj v praxi (napr. chov hospodárskych zvierat, pestovanie poľnohospodárskych plodín, chov exotických zvierat a pod.). Účelne to možno využiť v boji proti škodcom hospodárskych plodín.

3. Ekológia spoločenstiev

Ako spoločenstvo (cenózu) označujeme heterotypické kolektívy zložené z populácií rôznych druhov organizmov vzájomne pospájaných zložitými vzťahmi. Štúdiom spoločenstiev sa všeobecne zaoberá synekológia, konkrétnejšie biocenológia (podľa zamerania to môže byť fytoocenológia, ktorá študuje rastlinné spoločenstvá, a zoocenológia, ktorá študuje spoločenstvá živočíchov). Každé spoločenstvo je charakteristické pre určitý druh prostredia. V prostrediach podobného typu sa opakujú podobné cenózy, ktoré nazývame izocenózy. Podľa zemepisnej šírky a dĺžky sa môže druhové zloženie spoločenstiev líšiť, ale isté druhy, ktoré vykonávajú v štruktúre porovnateľných izocenóz rovnakú funkciu, patria k tým životným formám, ktoré zaberajú približne rovnakú ekologickú niku. Takéto druhy nazývame ekologické vikarianty, napr. v zoocenózach stepí majú rovnakú funkciu veľké bylinožravce, zebry a antilopy v Afrike, bizóny a vidlorohy v Severnej Amerike, sajgy, divé osly v Strednej Ázii, veľké druhy klokanov v Austrálii. Vzájomné vzťahy medzi členmi spoločenstva označujeme ako interakcie alebo koakcie, ktoré môžu byť priame (korelácie), keď jeden druh priamo ovplyvňuje iný druh, napr. dravec – korisť, cudzopasník – hosťiteľ, alebo nepriame (interrelácie), keď jeden druh ovplyvňuje iný prostredníctvom tretieho alebo

niekoľkých ďalších druhov, napr. ryby môžu nepriamo ovplyvniť rozvoj fytoplanktónu požíraním niektorých druhov zooplanktónu, ktorý sa fytoplanktónom živí.

Každé spoločenstvo je viazané na istý priestor, presnejšie na isté prostredie, ktoré všeobecne označujeme ako cenotop. Cenotopom spoločenstva húb žijúceho na odumierajúcom dreve je napríklad odumierajúci kmeň stromu; pre prvoky alebo baktérie rozkladajúce celulózu je cenotopom tráviaci aparát prežúvavcov atď.

3.1. Biocenóza a biotop

Najstarším jasne definovaným pojmom na označenie heterotypických kolektívov organizmu je spoločenstvo typu biocenóza. Tento pojem do biológie uviedol Möbius v roku 1877. K charakteristickým znakom každej biocenózy patrí jej stálosť (stabilita), nezávislosť (autarkia) a autoregulácia. Predpokladom stability každej biocenózy sú homeostatické mechanizmy, ktoré vyrovnávajú rušivé vplyvy z prostredia. Významným vplyvom autoregulácie je pritom princíp spätnej väzby.

Pod biotopom rozumieme prostredie, v ktorom sa biocenóza vyvinula a s ktorým je toto spoločenstvo vo veľmi tesných vzájomných vzťahoch. Existuje pritom mnoho definícií biotopu, ale väčšina autorov sa zhodne na tom, že biotop je vlastne abiotické prostredie biocenózy, ktoré sa vyznačuje súborom abiotických podmienok. Biotop sa vyznačuje špecifickými topografickými, klimatickými, edafickými a hydrickými faktormi, t. j. určitým súborom všetkých miestnych abiotických faktorov. Preto ich niekedy označujeme ako abiocén.

3.2. Biocenotické princípy

Vzťahy medzi biotopom a biocenózou boli sformulované do troch základných biocenotických princípov. Prvý biocenotický princíp zaviedol Thienemann v roku 1918 a 1920. Hovorí, že čím rozmanitejšie sú životné podmienky biotopu, tým viac druhov je v biocenóze zastúpených, pričom hustota druhových populácií je pomerne nízka (napr. v entomocenózach tropického dažďového pralesa možno ľahšie nazbierať sto jedincov rôznych druhov, než sto jedincov toho istého druhu, pričom na hektári tropického dažďového pralesa sa nachádza viac druhov rastlín a hmyzu než v celej európskej flóre). Druhý biocenotický princíp zaviedol opäť Thienemann v roku 1918, čím viac sa životné podmienky biotopu odchyľujú od normálneho, optimálneho stavu, tým je biocenóza druhovo chudobnejšia, pričom populácie niekoľkých málo druhov dosahujú vysokú početnosť (napr.

biocenózy tundry, znečistených vôd, vysokohorských polôh a pod.). Tretí biocenotický princíp zaviedol Franz v roku 1952; hovorí, že čím stálejšie sú životné podmienky v biotope, tým je biocenóza druhovo bohatšia, vyrovnanejšia a stabilnejšia (korálové útesy, tropické dažďové pralesy a pod.)

3.3. Štruktúra a stabilita spoločenstiev

Štruktúru spoločenstva môžeme hodnotiť najmä podľa vzájomného zastúpenia a charakteru príslušníkov jednotlivých trofických úrovní. Každý druh má pritom v spoločenstve určitú úlohu, niektoré druhy sú však pre existenciu charakteristických znakov daného spoločenstva natoľko významné, že ich odstránenie by viedlo k zániku spoločenstva alebo zásadnej zmene jeho charakteru. Takéto druhy sú buď dominantné, alebo patria medzi kľúčové druhy. Extrémnym príkladom takéhoto kľúčového druhu sú tzv. ekosystémoví stavitelia, napr. bobor, ktorý stavbou hrádze buduje lokálny mokraďový ekosystém, z rastlín to môže byť agát, ktorý koreňmi produkuje látky inhibujúce rast dvojkličných rastlín, a tak chemicky mení štruktúru fytocenózy.

Stabilita spoločenstiev úzko súvisí so stabilitou podmienok prostredia, pričom všeobecne platí, že čím je organizmus menší a krátkovekejší, tým väčší význam majú preň zmeny podmienok prostredia. Uplatňuje sa tu už uvedený princíp spätnej väzby. Stabilný stav, ktorý v spoločenstve nastáva, je pritom dynamickou rovnováhou oscilujúcou okolo teoretického rovnovážneho stavu.

3.4. Kategorizácia spoločenstiev

3.4.1. Čiastkové spoločenstvá

Z každej biocenózy môžeme vyčleniť menšie heterotypické kolektívy, ktoré pokladáme za čiastkové spoločenstvá. Tie sú pritom závislé od celej biocenózy a nie sú samostatné, majú nižšiu autoregulačnú schopnosť, predstavujú akési subsystemy biocenózy, ktoré majú základnú štruktúru hlavnej biocenózy. Takýmto prirodzeným spôsobom môžeme deliť akúkoľvek biocenózu, napr. planktón nádrže sa delí na litorálny a pelegiálny alebo na epilimnický a hypolimnický. Druhý spôsob delenia biocenóz je umelý – čiastkové spoločenstvá v tomto prípade delíme podľa ich príslušnosti k určitým taxonomickým skupinám, ktoré označujeme aj ako asociácie (tento termín používajú najmä fytocenológovia).

Takto môžeme každú biocenózu rozdeliť na fytoocenózu, t. j. spoločenstvo rastlín, a zoocenózu, spoločenstvo živočíchov. Z hľadiska nižších taxonomických kategórií môžeme fytoocenózu alebo zoocenózu deliť ďalej na nižšie taxocenózy, t. j. spoločenstvá istej taxonomickej jednotky. Príkladom je spoločenstvo hmyzu (entomocenóza), spoločenstvo vtákov (ornitocenóza), rýb (ichtyocenóza) a pod.

3.4.2. Zmiešané spoločenstvá

Keďže biotopy zväčša nie sú v celom rozsahu rovnaké vo všetkých svojich znakoch a vlastnostiach a životné podmienky sa od miesta k miestu výrazne menia, vznikajú tzv. zmiešané alebo komplexné spoločenstvá. Majú zónové alebo pásové usporiadanie, a preto ich označujeme ako zónačné spoločenstvo alebo komplex, v krátkosti zonácia. Typické sú napr. v horizontálnom smere (brehy riek, morí v tvare priamej línie alebo kruhového usporiadania, brehy jazier, rybníkov, ostrova alebo močiara). Iné druhy spoločenstiev vznikajú pri zmenách a rozdieloch životných podmienok v malých úsekoch biotopu. Vznikajú tzv. mozaikovitité spoločenstvá alebo komplexy, ktoré označujeme ako mozaiky. Príkladom sú rašeliniská alebo parkové lesy s rozptýlenými skupinkami drevín striedajúcich sa s trávnatými plochami.

3.4.3. Prechodné spoločenstvá

Prechodné spoločenstvá (ekotóny) vznikajú na styku rôznych spoločenstiev a predstavujú prechod medzi spoločenstvami rôzneho radu a vytvárajú sa v nich celkom nové zvláštne okrajové životné podmienky. Funkčne a štruktúrne sú ovplyvnené oboma susediacimi spoločenstvami, majú však aj vlastné špecifické znaky (napr. prechodné spoločenstvo medzi lesom a lúkou). Každý ekotón má svoju šírku, ktorá závisí od susediacich spoločenstiev a plošného rozsahu meniacich sa klimatických podmienok (teploty, zrážok, vlhkosti). Všeobecne platí, že prechodné spoločenstvá sú zväčša bohatšie na druhy organizmov ako susediace cenózy, a to preto, lebo do ekotónu prenikajú nielen druhy susediacich spoločenstiev, ale každý ekotón sa vyznačuje aj istým počtom špecifických druhov, napr. na okraji lesa nájdeme väčší počet vtákov ako v susediacich biocenózach lesa a lúky.

Z časového hľadiska za prechodné spoločenstvá môžeme pokladať aj sukcesné štádiá vo vývoji a zmenách cenóz. Tieto vývojové fázy však nemožno ostro od seba oddeliť, pretože

plynulo prechádzajú do seba a často sa v prechodnom štádiu vyskytujú druhy oboch fáz, napr. vrchovisko môže vzniknúť cez prechodné rašelinisko.

3.4.4. Primárne a sekundárne biocenózy

Primárne prirodzené biocenózy predstavujú pôvodné spoločenstvá organizmov; v súčasnosti ich čoraz viac narúša človek. V osídlenej kultúrnej krajine sa primárne biocenózy stávajú stále zriedkavejšími. V rámci biosféry sa zachovali najmä v Antarktíde, čiastočne v Arktíde, centrálnych oblastiach púští, lesoch rôzneho typu, hĺbinách oceánu a na niektorých neosídlených ostrovoch. Na ich mieste vznikajú druhotné, tzv. sekundárne biocenózy, ktoré umelo riadi a zachováva človek, preto ich často označujeme aj ako antropogénne biocenózy alebo antropocenózy. Medzi primárnymi a sekundárnymi biocenózami často existuje sled prechodov a nemožno ich od seba odlíšiť, napr. zmiešané lesy, zakladané a v ďalšom raste ovplyvňované človekom, sa môžu udržať aj bez prípadného ďalšieho zasahovania človeka, a to len vtedy, ak svojim druhovým zložením zodpovedajú pomerom stanovišťa. Hoci sekundárne antropogénne spoločenstvá sa udržiavajú pomocou ľudských zásahov, neznamená to, že by nemali v sebe prvky autoregulácie, ktorými možno dosiahnuť stabilitu spoločenstva. Ak napr. agrocenózu, t. j. poľné porasty, ponecháme samu na seba, začne sa v nej uplatňovať autoregulačný mechanizmus a jej ďalší vývoj smeruje k obnove pôvodného spoločenstva. Typickým antropogénnym spoločenstvom sú napr. smrekové monokultúry vysádzané a udržiavané človekom už od minulého, resp. predminulého storočia v nižších polohách zeme namiesto bukových alebo iných listnatých lesov.

Najvyšším stupňom ovplyvnenia človekom sa vyznačujú tzv. synantropné spoločenstvá, t. j. spoločenstvá, ktoré vznikajú v tesnej blízkosti človeka, pri ľudských sídlach, príbytkoch a pod. Príkladom sú spoločenstvá vtákov hniezdiace v mestách – belorítka (*Delichon spp.*), pipíška (*Galerida spp.*), žltouchvost domový (*Phoenicurus ochruros*), vrabec domový (*Paser domesticus*), dážďovník (*Apus spp.*) a ďalšie.

3.4.5. Ustálené a premenlivé spoločenstvá

Ustálené spoločenstvá sú také, v ktorých sa druhové zloženie nemení ani v dlhších časových úsekoch. Môžu byť nezávislé alebo závislé. Nezávislé ustálené spoločenstvo je okrem abiotických faktorov ovplyvnené aj vnútornými procesmi. Závislé spoločenstvo svojim

zložením väčšmi reaguje na podmienky prostredia, a to tak prirodzené, ako aj podmienené človekom.

Premenlivé spoločenstvá sú také, v ktorých prebiehajú zmeny v druhovom zložení vrátane vzájomného zastúpenia druhov. Zmeny prebiehajú buď cyklicky (napr. obnova vysekaného lesa, v tomto prípade hovoríme o cyklobiocenózach), alebo zákonitým postupným vývojom, ktorý nazývame sukcesia (o cyklických spoločenstvách a sukcesii budeme hovoriť v nasledujúcich kapitolách).

3.5. Stratifikácia biocenózy a biotopu

Každú biocenózu s jej biotopom môžeme podľa priestorového usporiadania rozdeliť vertikálne a horizontálne. Z hľadiska vertikálnej stratifikácie jednotlivé vrstvy nazývame poschodiami (etážami alebo biostratami) a čiastkové spoločenstvá, ktoré tieto poschodia osídľujú, sú stratocenózy. Napríklad v lese rozoznávame korunové, kmeňové, krovinové, bylinné, machové či hrabankové stratocenózy. Horizontálne členenie vyjadruje zase skutočnosť, že biocenóza nemá na všetkých miestach rovnaké zloženie, štruktúru a funkciu. Na niektorých miestach sa organizmy spoločenstva koncentrujú viac a inde menej. Miesta s väčšou koncentráciou organizmov označujeme ako koncentračné alebo akčné miesta alebo aj biochory (choriotopy). Predstavujú horizontálnu stratifikáciu biotopu, ktorý má iné vlastnosti na svojom okraji ako uprostred. Spoločenstvá organizmov, ktoré osídľujú tieto biochory, označujeme ako choriocenózy; sú to napr. spoločenstvá hromady kameňov, vtáčieho hniezda, padnutých a rozpadajúcich sa kmeňov a pod. Aj sám strom môžeme rozdeliť na korene, vetvy, kmene, lístie či kvety a plody. Takéto časti biotopu označujeme ako merotopy a ich spoločenstvá merocenózy (napr. spoločenstvá osídľujúce kvety, dutiny stromov, priestory pod kameňmi atď.). Ďalšou dôležitou zložkou biocenózy sú biocenotické konexy. Sú to heterogénne spoločenstvá organizmov, ktoré majú úzky vzťah k primárnym producentom (strom dub je stanovišťom obrovského počtu živočíchov, až 1 000 druhov hmyzu).

3.6. Vlastnosti biocenóz

Spoločenstvá podobne ako druhy a ich populácie sa vyznačujú špecifickými diagnostickými znakmi, ktoré ich presne charakterizujú. Podľa nich môžeme jednotlivé biocenózy hodnotiť a vzájomne ich porovnávať. Osobitne pritom možno hodnotiť vlastnosti

fytocenóz a zoocenóz. Kým fytoecenológovia väčšinou rozoznávajú znaky analytické vzťahujúce sa na jednu floristickú plochu (segmentu fytoecenózy, napr. frekvencia, denzita, homogenita, konštitúcia) a syntetické (prezencia, konštancia, fidelita, význačná druhová kombinácia), v zoocenológii sa väčšinou používa iné hľadisko na triedenie vlastností spoločenstiev, na dôvažok niektoré zo znakov fytoecenológie boli prevzaté a aplikované na zoocenózy. Na pochopenie a znázornenie zložitosti hodnotenia biocenóz preto v tejto časti učebných skrípt podávame hodnotenie vlastností spoločenstiev so zameraním na zoocenózy. Zaujímavcov o podrobnejší fytoeceneologický výskum odkazujeme na literatúru uvedenú na konci skrípt.

Vlastnosti živočíšnych spoločenstiev možno rozdeliť na tri skupiny:

- a) kvantitatívne znaky,
- b) štrukturálne znaky,
- c) vzťahové znaky.

3.6.1. Kvantitatívne znaky zoocenóz

Ku kvantitatívnym znakom zoocenóz patrí hustota druhov, početnosť, dominancia a produkcia.

Hustota druhov (denzita)

Hustota druhov vyjadruje počet druhov živočíchov v zoocenóze na jednotku plochy alebo objemu. Podľa Tischlera (1949) rozoznávame spoločenstvá druhovo veľmi chudobné, chudobné, bohaté a veľmi bohaté. Druhové zloženie spoločenstva označujeme ako druhové spektrum. Ide o jednoduchý rozstavený súpis všetkých druhov v spoločenstve. Hlbší pohľad na druhovú štruktúru zoocenózy poskytuje tzv. ekologické spektrum druhov, ktoré zostavíme podľa percentuálneho zastúpenia hlavných skupín ekologicky podobných druhov. Označujeme ich aj ako gildy (napr. podľa potravných vzťahov – potravné gildy, podľa hniezdneho stanovišťa – hniezdne gildy vtákov a pod.). Keďže nemôžeme sledovať osídlenie celého biotopu, musíme sa zamerať iba na obmedzenú časť biotopu, ktorú nazývame minimálna plocha alebo areál. Jej veľkosť zistíme tak, že zo série štvorcových alebo kubických, resp. kvadraticky sa zväčšujúcich plôch alebo objemu, v ktorých spočítame všetky vyskytujúce sa druhy, vynesieme v lineárnej mierke zistené počty druhov v závislosti od veľkosti sledovanej plochy. Takto získame krivku druhovej početnosti, ktorá je spočiatku strmá, potom sa ohýba a nakoniec prebieha rovnobežne s vodorovnou osou. Bod na krivke,

ktorej prírastok druhov je už nepatrný, resp. nulový, nám udáva veľkosť minimálnej plochy či objemu, ktorú budeme sledovať. Čím väčší je počet druhov v spoločenstve, tým väčšiu plochu minimálneho areálu budeme sledovať.

Poznáme tri základné krivky druhovej početnosti, ktoré vyjadrujú počet druhov v závislosti od veľkosti sledovaného areálu.

1. Arrheniusova krivka je vlastne parabola. Táto krivka je typická pre druhovo veľmi početné spoločenstvá veľkého rozsahu, zmiešané komplexy, spoločenstvá prechodných zón alebo spoločenstvá žijúce na menších plochách, s rôznorodým zložením druhov a so značnou diferenciaciou stanovištných podmienok v prostredí.
2. Romellova krivka, ktorá zobrazuje pomery zoocenóz v málo diferencovaných a druhovo viac-menej rovnocenných prostrediach.
3. Kylinova krivka je vždy silno zakrivená na rozdiel od predchádzajúcich dvoch typov kriviek. Kylinova krivka je typická pre zoocenózy s rovnomerným typom prostredia, v ktorom sa stanovištné podmienky výrazne nemenia. Možno ju použiť aj ako ukazovateľ druhovej chudobnosti spoločenstva.

Abundancia

Pod abundanciou rozumieme počet všetkých jedincov bez ohľadu na druhovú príslušnosť, a to na jednotku plochy alebo objemu. Keďže zväčša nemôžeme sledovať celú zoocenózu, v praxi abundanciu vypočítavame tak, že odoberieme istý počet náhodne umiestnených vzoriek a z nich zistíme priemernú abundanciu jednotlivých populácií. Ich súčet nám tak dáva približnú predstavu o hustote spoločenstva. Abundanciu spoločenstva vyjadrujeme v absolútnych alebo relatívnych hodnotách podobne ako denzitu populácií.

Medzi počtom jedincov a počtom druhov v spoločenstve existuje istý zákonitý vzťah, ktorý možno graficky vyjadriť v tvare hyperboly. Krivka dokazuje, že v každom spoločenstve je niekoľko málo druhov s veľkým počtom jedincov a naopak veľký počet druhov s malým až stredným počtom jedincov. Druhovo bohaté spoločenstvá sú pritom stále a ľahšie odolávajú zmenám vonkajších faktorov, kým spoločenstvá chudobné na druhy sú veľmi nestále.

Biomasa

Osobitným kvantitatívnym ukazovateľom biocenóz je biomasa. Tá udáva hmotnosť všetkých organizmov prítomných v zoocenóze v danom čase. Vyjadrujeme ju podobne ako hustotu na jednotku plochy alebo objemu. Niekedy možno biomasu vyjadriť aj v jednotkách energie (bioenergia), napr. pri štúdiu potravných vzťahov v spoločenstve.

Dominancia

Dominancia vyjadruje percentuálne zloženie zoocenózy bez ohľadu na veľkosť skúmanej plochy alebo objemu. Je významným relatívnym kvantitatívnym znakom každej zoocenózy. Pri rastlinách namiesto dominancie používame pojem pokryvnosť. Dominanciu vypočítame podľa vzorca

$$D = \frac{n \cdot 100}{S} \quad (\%),$$

pričom n je počet jedincov istého druhu a S je celkový počet jedincov zoocenózy. Dominanciu vyjadrujeme v stupňoch alebo triedach, ktoré zodpovedajú určitým percentuálnym rozsahom. V súčasnosti používame päť základných tried dominancie:

- eudominantný druh (viac než 10 %),
- dominantný druh (5 – 10 %),
- subdominantný druh (2 – 5 %)
- recedentný druh (1 – 2 %),
- subrecedentný druh (menej než 1 %).

Osobitne možno vypočítať i tzv. hmotnostnú dominanciu, ktorá vyjadruje percentuálny podiel biomás druhových populácií alebo ekologicky podobných druhov či taxonomických skupín na celkovej biomase zoocenózy. Vypočítava sa podobne ako predchádzajúca dominancia, kde

$$D = \frac{W_1 \cdot 100}{W_2} .$$

W_1 označuje biomasu všetkých jedincov daného druhu a W_2 biomasu celej zoocenózy. Hodnoty dominancie početnosti a dominancie biomasy sú viac-menej navzájom nepriamo úmerné. To znamená, že v každej biocenóze sú najviac zastúpené drobné jedince a najmenej veľké druhy. Tento vzťah je vyjadrený tzv. Eltonovou pyramídou. Naopak, biomasa rastie opačne, väčšie druhy majú väčšiu biomasu než menšie druhy.

Pri rôznych ekologických (napr. produkčných) štúdiách môžeme počítať aj tzv. skupinovú dominanciu; je to vhodné pri analýze potravných reťazcov, kde jednotlivé druhy môžeme zaradiť do potravných skupín (fytofágy, zoofágy, nekrofágy) alebo do hniezdnych skupín (dutinové hniezdiče vtákov, krovinové hniezdiče, zemné hniezdiče a pod.). Takéto skupiny označujeme aj ako gildy.

Aby sme zistili, či dominancia v zoocenóze je rozložená na väčší počet druhov, alebo zväčša na jeden druh, môžeme vypočítať tzv. stupeň dominancie prostredníctvom Simpsonovho indexu dominancie. Vypočítava sa zo vzťahu:

$$C = \sum \left(\frac{N_i}{N} \right)^2,$$

kde N_i je hodnota významnosti druhu vyjadrená početnosťou, biomasou alebo produkciou a N je súčet hodnôt významnosti. Čím nižší je index dominancie, tým väčší počet druhov má dominancia, naopak index dominancie sa zvyšuje, keď sa dominancia sústreďuje iba na niekoľko málo druhov.

Produkcia

Produkciu zoocenózy vypočítavame sčítaním produkcie zistenej v jednotlivých populáciách nachádzajúcich sa, resp. tvoriacich zoocenózu.

3. 6. 2. Štrukturálne znaky zoocenóz

Medzi hlavné štrukturálne znaky patrí frekvencia, konštancia, druhová podobnosť a diverzita.

Frekvencia

Frekvencia vyjadruje častosť výskytu jednotlivých druhov v sérii vzoriek z jednej a tej istej zoocenózy. Vyjadruje, ako často sa tieto druhy podieľajú na druhovej štruktúre celého spoločenstva. Frekvenciu vypočítame podľa vzťahu:

$$F = \frac{N_i}{S} \cdot 100 \quad (\%),$$

pričom N_i znamená počet vzoriek, v ktorých sa i -ty druh vyskytuje, a S počet všetkých vzoriek. Získané údaje v percentách zostavíme do piatich alebo desiatich frekvenčných tried, a to s intervalom po 10 alebo 20, alebo ich vyjadríme graficky či v tabuľke. Je zřejmé, že dominantné druhy v spoločenstve budú vykazovať najvyššiu frekvenciu a dostanú sa do vyšších frekvenčných tried. Z rozloženia frekvencií môžeme posudzovať aj hustotu jednotlivých populácií v spoločenstve. Čím vyššiu frekvenciu bude mať, tým vyššiu bude mať

aj denzitu. Frekvenciu druhu výrazne ovplyvňuje aj disperzia. Pri rovnomernej disperzii jedincov, ktorú poskytujú malé vzorky, je vysoký stupeň frekvencie, naopak pri nerovnomernej až ostrovkovej disperzii je stupeň frekvencie nízky.

Konštatncia

Konštatncia na rozdiel od frekvencie vyjadruje stálosť druhového zloženia istého typu zoocenózy, a to buď regionálne, alebo v závislosti od času. Podobne ako frekvenciu aj konštatnciu zisťujeme tak, že z istej zoocenózy odoberieme väčší počet vzoriek v rôznom období alebo tieto vzorky odoberieme z rovnakého typu zoocenózy v regionálnom meradle a zistíme, akú stálosť majú jednotlivé druhy tejto zoocenózy na rôznych miestach rozšírenia. Konštatnciu vypočítavame podľa vzorca:

$$K = \frac{N_i}{S} \cdot 100,$$

kde N_i je počet vzoriek, v ktorých sa druh i vyskytol, a S je počet všetkých odobratých vzoriek. Z toho vyplýva, že konštatnciu počítame podobne ako frekvenciu, rozdiel je len vo východiskových údajoch získavaných iným spôsobom zberu. Aj konštatnciu vyjadrujeme v triedach, ktoré označujeme rímskymi číslicami 1 – 5. Pri konštatncii:

- 0 – 20 % – druh vzácny (I),
- 20 – 40 % – druh riedko sa vyskytujúci (II),
- 40 – 60 % – druh často sa vyskytujúci (III),,
- 60 – 80 % – druh prevažne sa vyskytujúci (IV),,
- 80 – 100 % – druh takmer vždy prítomný (V),.

Na základe vypočítaných hodnôt konštatncie môžeme podľa Tischlera (1947) rozdeliť druhy aj na náhodné (akcidentálne) s výskytom 0 – 25 %, prídavné (akcesorické) 25 – 50 %, stále (konštantné) 50 – 75 % a veľmi stále (eukonštantné) 75 – 100 %.

Faunistická podobnosť

Faunistická podobnosť (identita) vyjadruje zhodu druhového zloženia dvoch alebo viacerých porovnávaných zoocenóz. Možno ju vyjadriť viacerými spôsobmi. Najčastejšie sa na vyjadrenie podobnosti používa Jackardovo číslo, resp. index podobnosti, Sørensenov index podobnosti, Kulčinského index podobnosti a Renkonnenovo číslo.

Jackardov index podobnosti vypočítame podľa vzorca:

$$J_A = \frac{s}{(s_1 + s_2) - 100},$$

pričom s_1 je počet druhov jednej porovnáwanej zoocenózy, s_2 počet druhov druhej porovnáwanej zoocenózy a s je počet spoločných druhov vyskytujúcich sa v oboch porovnávaných zoocenózach. Úpravou tejto rovnice môžeme dostať Kulčinského index podobnosti:

$$K_u = \frac{\frac{s}{s_1} + \frac{s}{s_2}}{s} \cdot 100$$

alebo Sørensenov index podobnosti:

$$S_\sigma = \frac{2s \cdot 100}{s_1 + s_2}.$$

V súčasnosti najmä v ornitológii sa najčastejšie používa Sørensenov index podobnosti. Tieto indexy sú vlastne indexmi podobnosti druhov. Vieme, že v zoocenóze nie je dôležité len to, či sa tieto dve alebo viaceré spoločenstvá podobajú druhovým zložením, ale podstatné je, či sú podobné aj zastúpením jednotlivých druhov, t. j. ich dominanciou. Takúto podobnosť dominancie môžeme vypočítať na základe Renkonnenovho čísla podobnosti. Ten vypočítame zo vzťahu:

$$R_e = d_1 + d_2 + \dots + d_n,$$

kde d_1, d_2 až d_n sú dominancie jednotlivých druhov, ktoré sa vyskytujú spoločne v porovnávaných zoocenózach.

Ak do vzorca na výpočet Renkonnenovho čísla podobnosti namiesto dominancií dosadíme hodnoty konštancie, dostaneme tzv. podobnosť stálosti zloženia zoocenózy, ktorú označujeme ako Kulčinského číslo. Vypočítame ho podľa vzťahu:

$$Q_{ku} = \frac{k_1 + k_2 + \dots + k_n}{d_1 + d_2 + \dots + d_n},$$

kde k_1, k_2 až k_n sú konštancie alebo hodnoty stupňov konštancie spoločných druhov a d_1, d_2 až d_n sú rozdiely vždy medzi dvoma stupňami konštancie spoločných druhov. Čím vyššia je hodnota Kulčinského čísla, tým vyššia je podobnosť konštancie porovnávaných zoocenóz.

Diverzita a ekvitabilita

Druhov diverzita (rozmanitosť) je štruktúrne kvantitatívna vlastnosť spoločenstva a znamená pomer počtu druhov k počtu jedincov v spoločenstve. Tento pomer vyjadrujeme indexom diverzity. Index diverzity vypoitame podľa Shanonna a Weavera (1963) zo vzorca:

$$h' = - \sum_{i=1}^s (\log_2 p_i),$$

kde p_i je pravdepodobnosť i -teho druhu v zoocenóze a vypoitava sa zo vzorca:

$$p_i = \frac{n_i}{n} .$$

Je to pravdepodobnosť, že jeden jedinec prislúcha práve k druhu i . m vyšší je index diverzity, tm väčší počet druhov m zoocenza a tm väčší je celkov počet jedincov rozložených na viac druhov. To znamená, že ak sú všetky jedince príslušníkmi toho istého druhu, index diverzity je najnižší a dosahuje 0. Naopak, ak kady jedinec patr k inému druhu index diverzity je najvy.

Index diverzity nm však nič nehovorí o pomernom rozdelen všetkých jedincov v zoocenóze na prtorne druhy. Porovnane zoocenózy môžu mať totiž rovnak počet druhov a jedincov, napr. 10 druhov a 100 jedincov. Zatiaľ čo druhov pestrosť je rovnak, zastúpenie týchto druhov je rozdielne. V prvej zoocenóze môže byť 10 druhov rozdelených na 91 jedincov jedného druhu a po 1 jedincovi ostatných druhov alebo kady druh môže byť zastpeny 10 jedincami. Aby sme mohli takto pomern rozdelenie jedincov v zoocenóze zistiť, používame tzv. index vyrovanosti (rovnomernosti, ekvitability) podľa Sheldona (1969). Index ekvitability vypoitame zo vzťahu:

$$e = \frac{h'}{h_{\max}},$$

kde $h_{\max} = \log_2 s$, prchom s j celkov počet druhov.

Ak vypoitame index ekvitability dvoch uvedených zoocenóz, zistíme, že v prvom prípade má zoocenza najmenu vyrovanosť a v druhom prípade najvu.

Príčiny druhovej diverzity spoločenstiev sú rôzne. Môžu byť spsobene topograficky, geografickou polohou (druhov pestrosť zoocenóz rastie od plu k rovníkom), dalej vekom spoločenstva (starie spoločenstvá sú druhoo bohatie než mladie), vplyvom limitujúcich faktorov (spoločenstvá v extrémnych podmienkach majú mal diverzitu). Hodnoty diverzity

ovplyvňujú aj členitosť prostredia, medzidruhovú vzťahy, produktivita a v neposlednom rade i človek.

3.6.3. Vzťahové znaky zoocenóz

Medzi základné vzťahové znaky zoocenózy patrí fidelita a konštancia.

Fidelita

Fidelita vyjadruje stupeň viazanosti alebo vernosti druhu k istej zoocenóze. Spoločenstvo pritom tvoria najmä vlastné druhy (indigénne), ktoré ho aj charakterizujú. Tieto druhy môžu byť homocénne, t. j. ak žijú v zoocenóze trvale, napr. líška, medveď a pod., alebo heterocénne, ak sa vyskytujú v zoocenóze len v istom období (sťahovavé druhy vtákov). K vlastným druhom sa ešte pridružujú aj spriaznené druhy, ktoré sa vyskytujú aj v iných spoločenstvách. Do zoocenózy môžu preniknúť aj cudzie druhy (hospites), ktoré vlastne v tomto biotope hľadajú potravu, miesto na úkryt, prezimovanie a pod. (lastovičky v trstinách na rybníkoch). Ďalšiu zložku zoocenózy tvoria druhy migrujúce (permigrantes), v rôznom ročnom období aj tzv. zatúlanec (alieny). Rozoznávame nasledujúce kategórie fidelity:

1. eucénne (charakteristické druhy), t. j. vlastné, ktoré sú v zoocenóze najviac zastúpené, charakterizujú zoocenózu; delíme ich na:
 - a) cenobiontné – predstavujú špecifické druhy s výraznými adaptáciami a úzkou valenciou na ten-ktorý typ prostredia,
 - b) cenofilné – predstavujú menej špecializované druhy, ktoré môžu žiť aj v iných spoločenstvách, ale preferujú len jedinú zoocenózu;
2. tichocénne druhy predstavujú zväčša euryekné alebo eurytopné druhy bez úzkeho vzťahu k zoocenóze, stávajú sa členmi rôznych spoločenstiev;
3. acénne druhy, nenáročné druhy, ktoré nazývame ubikvistami, všade sa vyskytujúce druhy;
4. xenocénne druhy – druhy cudzie, ktoré sa v zoocenóze vyskytujú náhodne, a teda vzácne.

Koordinácia

Koordinácia (cenologická afinita) udáva stupeň spoločného výskytu dvoch alebo viacerých druhov v zoocenóze, a to z dôvodov medzidruhových vzťahov, najmä potravinových (dravec je viazaný na korisť, parazit na hostiteľa), a preto sa budú vyskytovať v zoocenóze spoločne. Takéto druhy, ktoré sa vyskytujú v zoocenóze spoločne, označujeme ako korelačné

alebo koordinačné skupiny (asociačné skupiny). Stupeň koordinácie vypočítame Agrellovým indexom zo vzťahu:

$$A_g = \frac{a \cdot 100}{s},$$

kde a znamená počet odobratých vzoriek, v ktorých sa druhy spoločne vyskytujú, a s znamená počet odobratých vzoriek. Čím tesnejšie sú dva alebo viac druhov na seba viazané, tým vyšší majú aj index koordinácie. Málo závislé alebo od seba nezávislé druhy majú nižší alebo nulový index koordinácie.

3.7. Vývoj spoločenstiev

3.7.1. Cyklické spoločenstvá

Každé spoločenstvo podlieha zmenám súvisiacim najmä s ich prirodzeným vývojom. Tieto zmeny môžu prebiehať aj cyklicky. Príkladom cyklického vývoja spoločenstva je obnova cyklického spoločenstva po víchrici alebo vyrúbaní lesa. Pri umelých spoločenstvách to môže byť obnova rybníčného spoločenstva bezchordátov pri každom vypustení alebo napustení rybníka. Cyklický vývoj spoločenstiev môže prebiehať rádovo desiatky až stovky rokov v prvom prípade alebo v priebehu roka v druhom prípade.

3.7.2. Sukcesia

Pod pojmom sukcesia rozumieme dlhodobé neperiodické zmeny spoločenstva. Tento zákonitý proces vývoja spoločenstva, ktorý predstavuje zákonitý usporiadaný sled zmien vyvolaný makroklimatickými zmenami pôdných, vodných a biotických faktorov, sa končí stavom konečnej vyváženej biocenózy, ktorá je v rovnovážnom stave so svojím prostredím. Tento vývoj prebieha niekoľkými sukcesnými štádiami a postupne smeruje do pôvodného stavu biocenózy, ktorému hovoríme klimax (klimaxové štádium). Každá biocenóza v klimaxovom štádiu sa prejavuje najväčšou diverzitou, najväčším počtom medzidruhových vzťahov a predstavuje samostatný homeostatický systém. Jednotlivé sukcesné štádiá vývoja spoločenstva môžu byť úplné a prebiehajú až do klimaxového štádia (napr. lesné spoločenstvá) alebo čiastočné, pri ktorých sa vývoj spoločenstva zastaví vplyvom rôznych

podmienok už v istom štádiu a nedôjde k štádiu klimaxu, napr. sutinové lesy na kamenitom podklade.

Ak sukcesia prebieha v suchozemskom prostredí (terestrickom), hovoríme o xerosérii, ak prebieha vo vodnom prostredí (napr. zazemňovanie močiara), hovoríme o hydrosérii. Pre xerosériu sú v našich podmienkach typické nasledujúce sukcesné štádiá:

- štádium jednoročných rastlín, ktoré nasleduje ako prvé po úplnom zániku predchádzajúceho spoločenstva; rastliny majú malú konkurenčnú schopnosť a ide zväčša o také druhy, ktoré sa vo fytoocenózach s viacročnými rastlinami uplatňujú len obmedzene alebo vôbec;
- štádium viacročných bylín, ktoré postupne a plynulo nadväzuje na predchádzajúci stupeň;
- štádium drevín – začína sa náletom semien z blízkych zdrojov a postupne vyúsťuje až do klimaxového spoločenstva lesného typu.

Pri hydrosérii zdrojom vodných organizmov je atmosféra (spóry rias, siníc, semená vyšších rastlín, ale aj vajíčka niektorých bezstavovcov, ktoré sa prenášajú vzduchom). Osídlenie obojživelníkmi prebieha prirodzenou cestou, podobne imága vodného hmyzu, napr. komáre, pakomáre, vážky, podenky, prelietavajú na novovzniknuté plochy a kladú vajíčka zo vzdialenejších vodných biotopov, postupne tieto biotopy kolonizujú vodné vtáky a cicavce. Ryby sa do vodných plôch dostávajú v štádiu oplodnených ikier, väčšinou prenesených na behákok alebo perí vodných vtákov (najmä ikry fytofilných, t. j. na rastliny sa vytierajúcich rýb, ktorých ikry sú lepkavé).

Je zrejmé, že sukcesia či už terestrických, alebo hydrických prostredí prebieha tak pri rastlinných, ako aj živočíšnych spoločenstvách. Je však známe aj to, že vývoj rastlinných spoločenstiev predchádza, resp. predbieha sukcesiu živočíšnych spoločenstiev, pretože živočíchy sú zväčša viazané na rastliny, a to v rôznom smere (napr. húsenice motýľov sú potravne viazané iba na určitý druh alebo na niekoľko druhov rastlín). Preto zväčša sukcesia živočíšnych spoločenstiev nasleduje s určitým oneskorením za sukcesiou rastlinných spoločenstiev. Výnimočne dochádza aj k opačnému sledu, keď nástup živočíšnych spoločenstiev vyvoláva sukcesiu rastlinných spoločenstiev a môže jej teda predchádzať, napr. osídľovanie celkom nového opusteného ostrova vtákmi.

Preto podľa toho, či vývoj spoločenstva prebieha na doteraz neosídlenom území alebo na mieste iného spoločenstva, ktoré prirodzene zaniklo, rozlišujeme primárnu a sekundárnu sukcesiu. Primárna sukcesia prebieha na neživom a doteraz neosídlenom podklade (napr. vznik spoločenstva na ostrovoch vzniknutých výbuchom podmorských sopiek, na novoobnažených skalách a morénach po ústupe ľadovcov a pod.) . Primárna sukcesia je dnes na Zemi pomerne vzácna. Sekundárna sukcesia spoločenstva prebieha na stanovištiach, na

ktorých bolo spoločenstvo odstránené, alebo iným spôsobom zaniklo, napr. vyrúbaný a spálený les, opustené pole, sady alebo vinice. Kým pre primárne sukcesie je charakteristický vzostupný alebo progresívny smer vývoja spoločenstva, to znamená, že spejú k istému vyššiemu spoločenstvu, pre sekundárne sukcesie sú charakteristické spätné alebo regresívne tendencie, pretože vznikajú porušením alebo zničením konečného stavu alebo niektorého iného stavu série.

Osobitným vývojom spoločenstva je sukcesia umelá. O takejto sukcesii hovoríme, keď ľudská činnosť vývoj spoločenstva uľahčuje alebo ho urýchľuje. Príkladom môže byť vysádzanie lesa, rekultivácia vyt'ažených plôch a pod.

3.7.3. Teória ostrovov

Na ostrovoch, ktoré sú výrazne izolované od iných lokalít s podobnými podmienkami prostredia, nastávajú špecifické podmienky vzniku a vývoja spoločenstiev.

Pod termínom ostrov nerozumieme len určitú plochu pevniny, ktorá je obklopená vodou. Aj izolované vodné nádrže sú v podstate ostrovy vody uprostred pevniny, vrcholky hôr sú ostrovmi prostredia charakterizovaného podmienkami vyššej nadmorskej výšky atď. Podobne existujú aj ostrovy charakterizované odlišnými vlastnosťami geologického podložia uprostred oblastí s odlišnými geologickými podmienkami, napr. naše rašeliniská sú ostrovmi tundry v oblasti lesov mierneho pásma. Teória ostrovov preto platí aj v týchto prípadoch.

Zákonitosti osídľovania ostrovov a samy procesy vzniku ich spoločenstiev podrobne študuje vedná oblasť, ktorú nazývame ostrovná biogeografia. Teória ostrovnej biogeografie je pritom založená na predpoklade náhodného osídľovania a náhodného vymierania druhu v spoločenstvách ostrovov. Vývoj spoločenstva na ostrovoch ovplyvňujú vonkajšie a vnútorné faktory. Z vonkajších vplyvov sú dôležité priestorové faktory, ako je veľkosť ostrova a jeho vzdialenosť od pevniny. Všeobecne platí, že čím je ostrov plošne väčší a bližšie k pevnine, tým druhovo bohatším spoločenstvom je osídlený. Z vnútorných faktorov už existujúceho spoločenstva treba uviesť štruktúru tohto spoločenstva. Čím vyššia je druhová diverzita spoločenstva, tým menšia je pravdepodobnosť, že doň budú prenikať ďalšie druhy, t. j. že sa tam budú vyskytovať neobsadené ekologické niky. Pre ostrovné spoločenstvá je charakteristické, že sú výrazne odlišné od pevniny a prežívajú tu druhy, ktoré by v druhovo bohatých spoločenstvách pevnín neobstáli. Príkladom môžu byť nelietajúce vtáky, kormorány na Galapágoch a pod. Preto náhodný alebo aj cielený prienik druhov so širšou ekologickou valenciou, sprostredkovaný najmä človekom, môže mať pri vývoji alebo existencii ostrovného spoločenstva katastrofálne následky.

3.8. Periodicita spoločenstiev

Keďže druhy v biocenózach majú odlišnú cirkadiálnu aktivitu a vyskytujú sa v rôznych ročných obdobiach, spoločenstvá najmä v zemepisných šírkach so striedajúcimi sa ročnými obdobiami sa výrazne menia. Ekologický smer, ktorý sa zaoberá štúdiom periodicity životných prejavov organizmov v závislosti od ročného obdobia, sa nazýva fenológia. V každom ročnom období je napr. spoločenstvo vtákov, čo do zloženia iné. V lete sa u nás zdržujú hniezdiace druhy, z ktorých veľa odlieta na jeseň a na zimu do svojich zimovísk a sú nahradené tzv. severskými druhmi, ktoré u nás prezimujú. To znamená, že tú istú ekologickú niku obsadzujú v rôznom ročnom období rôzne druhy, tie si navzájom nekonkurujú. Hovoríme o tzv. sezónnej izolácii pre odlišnú časovú niku.

Podľa sezónneho výskytu organizmov v spoločenstve rozoznávame druhy stenochrónne a eurychrónne. Stenochrónne druhy sa v spoločenstve vyskytujú len v určitom období, eurychrónne celoročne. Tento fenologický aspekt spoločenstva podmieňuje najmä fenofáza rastlín, ako je obdobie pučania, olistenia, zrenia semien alebo plodov.

Z uvedeného vyplýva, že sezónna periodicita biocenóz je vyvolaná sezónnou premenlivosťou abiotických faktorov alebo druhotne i faktorov biotických (napr. potravné faktory u vtákov). K základným príkladom fenologických dejov v rastlinách patrí už uvedené obdobie olistenia, tvorba pukov, kvitnutia, zrenia plodov, jesenný opad lístia či odumieranie nadzemnej hmoty alebo celej rastliny. U živočíchov sú to najmä prejavy spojené s rozmnožovaním, ruja, hniezdenie, pravidelné sezónne migrácie, výmena srsti či peria. Deje, ktoré nesúvisia so sezónnymi zmenami, napr. príjem potravy nepatrí medzi fenologické javy.

V našom miernom pásme rozoznávame podľa Tischlera (1955) šesť základných sezónnych aspektov:

1. zimný (hienálny) – november až marec,
2. predjarný (prevernálny) – marec až apríl,
3. jarný (vernálny) – máj až polovica júna,
4. letný (estiválny) – polovica júna až polovica júla,
5. neskoro letný (serotinálny) – polovica júla až polovica septembra,
6. jesenný (autumnálny) – polovica septembra až október.

Toto časové vymedzenie jednotlivých aspektov je však len orientačné, pretože ďalej závisí od druhu spoločenstva, zemepisnej polohy, nadmorskej výšky, ale i podľa charakteru aktuálneho počasia i podnebia.

3.9. Biómy

Biómami nazývame spoločenstvá veľkých oblastí Zeme, ktoré spolu so substrátom a s makroklimou tvoria rozsiahle ekologické systémy. Predstavujú teda súbory biocenóz, ktoré sa vyznačujú jednotnou fyziognómiou, a to podľa prevládajúcich dominantných druhov (napr. charakteristickou vegetáciou trávnatého biómu sú trávy, opadavého listnatého lesa opadavé listnaté stromy a pod.). konkrétny životný priestor biómu voláme bioregión.

Podľa teplotných a vlhkosťných pomerov môžeme v horizontálnom smere (od rovníka k pólom) rozlíšiť nasledujúce typy biómov (vegetačné pásma):

a) tropické dažďové pralesy – rovníkové oblasti, vyrovnaná klíma, vysoká vzdušná vlhkosť, priemerná teplota 25 °C, zrážky hojné a rovnomerne rozdelené po celý rok (priemerne 2 000 – 8 000 mm.rok⁻¹). Druhovo veľmi rozmanité (dreveniny, epifyty, liany, paprade, kolibríky, opice, hmyz);

b) tropické opadavé a poloopadavé lesy – Indomalajzijská oblasť, severná časť Južnej Ameriky. Striedajú sa chladnejšie (15 – 20 °C) a teplejšie (25 – 30 °C) obdobia, zrážky sú nepravidelne rozdelené v roku (1 500 – 2 500 mm.rok⁻¹). Stromy opadávajú v období sucha len v horných poschodiach. Zo živočíchov tu žijú poloopice, opice, tapíry, hmyzožravce, letúne a pod.;

c) savany – sú iba na južnej pologuli. Striedanie chladných a teplých období, veľké rozdiely v teplotách dňa a noci, nerovnomerné zrážky – obdobie sucha a dažďov (400 – 1 000 mm.rok⁻¹). Prevládajú trávy, stromy a kríky ojedinele (baobab). Zo živočíchov napr. kopytníky (antilopy, zebry...), šelmy (levy...);

d) tropické púšte a polopúšte – napr. Sahara. Veľké teplotné rozdiely medzi dňom a nocou (aj viac ako 40 °C), zrážky sú veľmi slabé (11 mesiacov bez zrážok), aridná oblasť; vegetácia netvorí súvislú pokrývku, typické sú efeméry a sukulentky, zo živočíchov plazy, tarbíky...;

e) tvrdolisté lesy a ich náhradné spoločenstvá – oblasť Stredozemného mora a Kalifornie; teplé suché letá, maximum zrážok v zimnom období, priemerná teplota 15 – 20 °C, zrážky okolo 1 000 mm; pôvodná vegetácia – pínie, cédre, korkový dub, v súčasnom období sú nahrádzané kríkmi; zo živočíchov tu žijú kozy, ovce atď.;

f) opadavé listnaté lesy – oblasti mierneho pásu severnej pologule ovplyvňované oceánskou klímou – napr. Európa; pravidelné striedanie ročných období, priemerná teplota 10 °C, zrážky 500 – 1 500 mm; vegetáciu tvoria listnaté lesy s kríkovým poschodím (dúbravy, bučiny...); zvieratá sú zastúpené napr. hľodavcami, drobnými šelmami (kuna, líška) atď.;

g) stepi – prémie, pampy – Stredná Ázia, Severná Amerika, Južná Amerika, Ukrajina; veľké teplotné rozdiely medzi zimou a letom (zima $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, leto $25\text{ }^{\circ}\text{C}$), menej zrážok ($250 - 600\text{ mm.rok}^{-1}$); v porastoch prevládajú suchomilné trávy (kavyľ), zo živočíchov tu žijú hlodavce (syseľ), veľké kopytníky (bizóny, kone);

h) lesy s vlhkou a stredne teplou klímou – Čína, Japonsko, Kanárske ostrovy; priemerná teplota $16\text{ }^{\circ}\text{C}$, zrážky $1\ 000 - 2\ 800\text{ mm}$; rastú tu listnaté stromy (dub, javor, magnólia), žijú pandy, cibetky atď.;

i) boreálne ihličnaté lesy – tajga – iba na severnej pologuli; veľké teplotné rozdiely medzi letom a zimou ($30 - 50\text{ }^{\circ}\text{C}$), zrážky $450 - 600\text{ mm}$; typickými rastlinami sú ihličnany a zo živočíchov medveď a los;

j) tundra – severná pologuľa, dlhá zima (9 – 11 mesiacov), nízke teploty, zrážky $150 - 300\text{ mm.rok}^{-1}$ (dostatočné vzhľadom na nízky výpar); vegetáciu tvoria zakrpatené dreviny (vřba, breza), kričky, trávy, machy, lišajníky, typická je polárna fauna (sob, líška polárna, sova snežná, medveď ľadový, zajac snežný, tuleň...).

Okrem horizontálneho usporiadania biómov v závislosti od zemepisnej šírky a s ňou súvisiacich zmien makroklimy rozlišujeme usporiadanie spoločenstiev aj vo vertikálnom smere, t. j. podľa nadmorskej výšky, pričom zmeny vegetácie v rozpätí $3\ 000\text{ km}$ od rovníka k pólom zodpovedajú u nás približne zmenám porovnateľným v rozpätí do $1\ 500\text{ m}$ od hladiny mora. Vertikálne usporiadanie ekosystémov označujeme ako vertikálne, resp. vegetačné stupne:

a) nížinný – planárny stupeň – do 200 m n. m. , priemerná teplota $10\text{ }^{\circ}\text{C}$, charakteristické sú lužné lesy;

b) pahorkatinný – kolínny stupeň – $200 - 250\text{ m n. m.}$, priemerná teplota $7\text{ }^{\circ}\text{C}$, prirodzenými spoločenstvami sú dúbavy;

c) podhorský – submontánny stupeň – $500 - 100\text{ m n. m.}$, priemerná teplota $4 - 7\text{ }^{\circ}\text{C}$, prirodzenými spoločenstvami sú bučiny;

d) horský – montánny stupeň – $100 - 1\ 400\text{ m n. m.}$, priemerná teplota $1 - 4\text{ }^{\circ}\text{C}$, prirodzené spoločenstvá – horské bučiny, smrečiny;

e) kosodrevinový subalpínsky stupeň – $1\ 200 - 1\ 600\text{ m n. m.}$, priemerná teplota $0 - 2\text{ }^{\circ}\text{C}$; je to stupeň nad hornou hranicou lesa, charakteristický krovinovými porastmi; v SR je to najvyšší súvislý vegetačný stupeň;

f) alpínsky stupeň – nad $1\ 800\text{ m n. m.}$, priemerná teplota $-4 - 0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Charakterizujú ho horské lúky a skaly.

Okrem uvedeného horizontálneho usporiadania biómov makroklima ovplyvnila vznik a vývoj jednotlivých vegetačných formácií aj vo vertikálnom smere. Hovoríme o tzv. vegetačných stupňoch s odlišnými fyto- a zoocenózami od úpätia až po najvyššie stupne večného snehu a ľadu v horách.

4. Ekosystém

4.1. Vymedzenie pojmu a charakteristika ekosystému

Pod pojmom ekosystém (ekologický systém) rozumieme štrukturálny a funkčný celok biocenózy a jeho prostredia, biotopu. Príkladom takého prostredia je les, vresovisko, skalnatá step, ale aj rieka, rybník, jazero či more. Vymedzenie konkrétneho ekosystému je však dosť obťažné. Spoločenstvá v ekosystémoch nie sú totiž oddelené jednotky. Preto jediným dobre vymedzeným ekosystémom je celá biosféra.

Každý ekosystém je otvoreným systémom a medzi živou a neživou súčasťou prebieha trvalá výmena hmoty a energie. Keďže ekosystém je otvoreným systémom, nemá prirodzené hranice, tie volíme podľa účelu. S tým potom súvisí aj sama veľkosť ekosystému. Ekosystémy môžu byť i malé, napr. kaluž, peň, akvárium, väčšie, ako je les, lúka, rieka, mesto, alebo veľké, napr. celá biosféra. Za základné hranice týchto ekosystémov možno pokladať miesta, kde výmena hmoty a energie je minimálna.

4.2. Štruktúra ekosystému

Každý ekosystém sa skladá zo štyroch základných zložiek.

1. Biotop

Je to súhrn všetkých neživých súčastí prírody, ktoré predstavujú prostredie pre biotické zložky, v našom prípade pre biocenózu. Zaraďujeme sem geologický podklad, minerálnu zložku pôdy, vodný a klimatický režim určitého miesta. K abiotickej zložke ekosystému však patria aj všetky neživé organické látky, ako je odumretá organická hmota, humusové a iné látky, ktoré spájajú neživé látky so živými. Zjednodušene potom biotop môžeme charakterizovať ako ekotop rozšírený o biotické faktory.

Ekotop je súhrn edafických, hydrických a klimatických zložiek prostredia.

2. Producenti

Producenti sú organizmy, ktoré vytvárajú vo svojom tele z anorganických látok látky organické, a teda produkujú organickú hmotu. Tá sa priamo alebo nepriamo stáva zdrojom potravy ostatných heterotrofných organizmov. K producentom patria všetky autotrofné organizmy, t. j. zelené rastliny, ktorých pletivá obsahujú chlorofyl, a chemotrofné organizmy, t. j. baktérie (sírne, nitrifikačné, železité, vodíkové či metánové).

3. Konzumenti

Sú to heterotrofné organizmy, ktoré konzumujú rastlinnú alebo živočíšnu organickú hmotu. Tá je pre ne zdrojom látok a energie. Patria sem živočchy, ako aj vyššie nezelené rastliny bez chlorofylu.

4. Dekompozítory (deštruenty)

Sú to heterotrofné mikroorganizmy (saprotrofy), ktoré rozkladajú komplexné zložky organickej hmoty, niektoré z týchto produktov vstrebávajú ako zdroj látok a energie, iné produkty zostávajú ako zdroj potravy pre ďalšie dekompozítory. Výsledkom je uvoľnenie minerálnych živín z organických látok, ktoré môžu opäť využívať producenti. K dekompozítorm patria baktérie, plesne a huby.

Súčasná štruktúra ekosystému je výsledkom vývoja. Pôvodnou formou živých organizmov na Zemi boli totiž anaeróbne reducenty. Živili sa rozkladom energeticky bohatých organických zlúčenín, ktoré vznikli fyzikálnymi alebo chemickými dejmi v bezkyslíkatom prostredí. Producenti sa z nich vyvinuli až so vznikom procesu fotosyntézy, a tak sa stali nezávislými od náhodného vzniku organických zlúčenín.

4.2.1. Potravné reťazce

Potravné reťazce predstavujú sled na seba nadväzujúcich potravných trofických úrovní. Takúto sériu konzumujúcich a konzumovaných organizmov nazývame potravný reťazec. Cez potravný reťazec prebieha v ekosystéme kolobeh hmoty a tok energie. Rozlišujeme tri základné typy potravných reťazcov.

1. Pastiersko-koristnícky

Vedie od rastlinných producentov cez fytofágnych konzumentov, k zoofágny predátorom, napr. kultúrne plodiny (pšenica) – hraboš poľný – myšiak hôrny alebo riasy – perloočky – fytofágne ryby – zoofágne ryby – človek. V pastiersko-koristníckom potravnom reťazci platí, že veľkosť tela živočíchov v jednotlivých trofických úrovniach sa zväčšuje a ich populačná hustota naopak znižuje.

2. Parazitický

Vedie od hostiteľa cez parazita až k hyperparazitom, pričom veľkosť tela konzumentov sa znižuje a zväčšuje sa ich početnosť (pozri vyššie).

3. Dekompozitorský (detritový)

Vedie od odumretej rastlinnej alebo živočíšnej hmoty cez nekrofágy a saprofágy k mikroorganizmom, ktoré mŕtvu organickú hmotu rozkladajú a v konečnej fáze mineralizujú. Pri tomto potravinovom reťazci platí, že veľkosť tela dekompozítorov sa znižuje a ich populačná hustota naopak zväčšuje.

Potravinové reťazce sú navzájom pospájané a vytvárajú spolu zložitú potravinovú (trofickú) sieť celého spoločenstva.

4.2.2. Ekologická nika

Každý organizmus v ekosystéme má vlastnú funkciu, ktorá je preň špecifická a charakteristická. Takéto súhrnné priestorové a funkčné začlenenie druhu v ekosystéme nazývame ekologickou nikou druhu. Podľa príslušnosti druhu k istej ekologickej úrovni a potravinovým nárokom označujeme tento súbor nárokov ako potravinovú (trofickú) niku.

Nika je architektonický výraz, ktorý znamená výklenok v stene. Do tohto výklenku starí Gréci stavali sošku bohyne Niké.

Okrem trofickej potravinovej niky má každý druh i priestorovú niku, ktorá predstavuje súhrn všetkých špecifických nárokov druhu na podmienky daného miesta, na ktorom žije. Príbuzné druhy obsadzujú podobné niky, no ani dva druhy nemôžu trvalo existovať v jednej nike. V takomto prípade jeden v nej zostáva a druhý je vytlačený. Ekologické niky jednotlivých druhov sa môžu v určitom stupni prekrývať, ale iba v takej miere, ktorá im nebráni v existencii. Napríklad križiak druhu *Araneus mamoreus* si robí siete vysoko vo vegetácii, kde loví prevažne opeľujúci hmyz. Naopak, križiak pásavý (*Argiope bruennichi*), ktorý sa vyskytuje v rovnakých biotopoch, si robí siete nízko nad zemou, kde loví prevažne rovnokrídlovce. Okrem priestorovej distribúcie sa pri oboch druhoch zistili aj rozdiely v loveckých stratégiách, potvrdzujúce, že každý druh je preadaptovaný na lovenie inej koristi. Križiak pásavý je úspešnejší pri love nebezpečnej koristi (napr. včely, kobylky), ktorú si vďaka dlhým končatinám môže „držať od tela“. Naopak, na korisť vyskytujúcu sa vyššie vo vegetácii (t. j. potenciálna korisť *Araneus*), ako sú dvojkridlovce alebo motýle, sú loveckými stratégiami špecializované pavúky z rodu *Araneus*.

4.3. Funkcie ekosystému

Ako sme už naznačili, základnou funkčnou vlastnosťou každého ekosystému je kolobeh látok a jednosmerný tok energie.

4.3.1. Kolobeh látok

Kolobeh látok predstavuje ich neustálu premenu, ktorá prebieha vo viac alebo menej uzavretých kruhoch v ekosystéme. Rýchlosť týchto kolobehov je rôzna a závisí od typu látok a ekosystémov. Kolobehy látok nazývame biogeologické cykly. Tie prebiehajú v ekosystéme i v celej biosfére charakteristickými cestami: z prostredia do organizmu a naopak. Zúčastňujú sa na ňom rôzne procesy, ako je dýchanie, rozklad, vzájomné požívanie organizmov a pod. V ekosystéme anorganické látky vstupujú do kolobehu činnosti producentov, t. j. zelených rastlín, v menšej miere chemotrofných baktérií. Menšia časť takto vyprodukovanej rastlinnej fytohmoty (5 – 20 %) sa dostáva ďalej do činnosti herbivorov do pastiersko-koristníckeho reťazca, zvyšných (85 – 90 %) smeruje do dekompozitorského procesu. Pre rýchlosť kolobehu látok, ale i toku energie v ekosystéme, je rozhodujúca rýchlosť dekompozitorského procesu. Výsledkom tohto procesu je rozloženie jednoduchých a rozpustných minerálnych látok, ktoré sú dostupné pre zelené rastliny.

Kolobeh látok sa realizuje tromi základnými typmi cyklov. Prvý z nich je hydrologický cyklus. Zahŕňa kolobeh vody a kolobeh zlúčenín. Kolobeh chemických prvkov spojený s biologickými procesmi a geologickým prostredím predstavuje biogeochemický cyklus. Tu hlavným zdrojom prvkov môže byť atmosféra alebo litosféra (sedimentárny typ cyklu), z ktorej sa prvky uvoľňujú zvetrávaním hornín. Sedimentárne cykly sa týkajú hlavne fosforu, síry a jódu, sú menej stabilné a majú tendenciu stagnácie, zapríčinenú úbytkom prvku v kolobehu, a to v dôsledku strát sedimentáciou. Naopak, biogeochemické cykly prvkov atmosféry vykazujú veľkú stabilitu v distribúcii a množstve prvkov. K najdôležitejším kolobehom chemických prvkov v biosfére patria kolobeh kyslíka, uhlíka, dusíka, fosforu a síry. Na podrobnejšie štúdium tejto problematiky odporúčame čitateľa na niektoré z literárnych prameňov uvedených v zozname literatúry.

4.3.2. Tok energie

Pre energetickú bilanciu celého ekosystému alebo jeho zložiek (individuí, populácií, spoločenstiev) platia rovnaké zákony termodynamiky ako pre neživú hmotu. Je to prvý zákon

o zachovaní energie, ktorý hovorí, že množstvo energie vstupujúcej do systému je rovnaké ako množstvo energie, ktorá zo systému vystupuje. To znamená, že energia slnečného žiarenia, ktorá dopadá na zemský povrch, je v rovnováhe s energiou, ktorá opúšťa zemský povrch vo forme tepla. Žiadny živý systém nie je schopný energiu vyrábať, takže je priamo alebo nepriamo závislý od energie slnečného žiarenia. Hoci energia v živých systémoch mení svoju formu, množstvo vstupujúcej a vystupujúcej energie je rovnaké. To znamená, že v ekosystéme energia nevzniká ani nezaniká.

Druhým termodynamickým zákonom je zákon o premene energie (transformácii energie). Hovorí, že pri každej premene energie z jednej formy do druhej sa časť energie degraduje do neusporiadanej formy, ktorá vystupuje zo systému v podobe tepla do chladnejšieho okolia. Základným zdrojom energie na Zemi je slnečné žiarenie. Viditeľné svetlo vlnovej dĺžky 400 – 750 nm predstavuje asi 45 percent celkového slnečného žiarenia, ide o svetlo využiteľné zelenými rastlinami v procese fotosyntézy a označujeme ho ako fotosynteticky aktívna časť slnečného svetla. Účinnosť využitia tejto energie živými organizmami je však pomerne nízka. Z celkového množstva energie, ktoré dopadá na našu Zem, t. j. zo 100 percent globálneho žiarenia pohltia rastliny 50 percent, ale vo forme primárnej produkcie fixujú len 1 percento do čistej primárnej produkcie ukladajú len 0,5 percenta žiarenia. Táto energia, uložená v čistej primárnej produkcii, je dostupná pre heterotrofné organizmy. Výsledné množstvo potom kolíše v rozsahu 0,3 – 0,5 percenta, čo predstavuje 1 – 6 percent fotosynteticky aktívneho žiarenia. Túto hodnotu označujeme aj ako koeficient využitia alebo účinnosti prenosu slnečného žiarenia.

Účinnosť prenosu energie medzi rastlinami a fytofágmi je už väčšia, primárni konzumenti dokážu fixovať vo svojich telách asi 10 percent energie viazanej rastlinami. Pri zoofágoch je táto účinnosť prenosu energie ešte vyššia, fixujú vo svojich telách až 20 percent energie prijatej vo forme koristi.

Tok energie, podobne ako kolobeh látok, prebieha vo vyvážených (napr. klimaxových) ekosystémoch ustálenou rýchlosťou a stálymi spôsobmi. Prechod energie potravnými reťazcami možno vyjadriť graficky pomocou ekologickej pyramídy energie, trofické úrovne sú vyjadrené množstvom energie na jednotku plochy alebo za jednotku času, napr. jeden rok. Pyramída je orientovaná hrotom nahor a poskytuje nám najlepšiu predstavu o fungovaní ekosystému. Veľmi dôležitým faktorom je tu čas.

4.4. Dynamika a stabilita ekosystému

Dynamickú rovnováhu každého ekosystému, t. j. stabilitu, nastoľuje súbor spätných väzieb predstavujúcich jadro autoregulačných mechanizmov. Spätaná väzba je pritom mechanizmus, kde výstup je spätne ovplyvňovaný vstupom. Pozitívna spätaná väzba účink spätnej informácie posilňuje a negatívna ho brzdí. Ekosystém možno pokladať za stabilný aj vtedy, keď vznikajú pravidelné oscilácie. V dôsledku negatívnej spätnej väzby nastávajú malé výchylky zo stabilného stavu, spôsobené vonkajším zásahom, a návrat do pôvodného stavu. Väčšia výchylka však môže vyvolať reťazec ďalších zmien, ktoré definitívne vyvedú ekosystém z rovnováhy, čo môže viesť k vytvoreniu iného stabilného stavu. Schopnosť ekosystému odolávať narušeniu alebo vrátiť sa do pôvodného stavu označujeme ako stabilita, naopak, narušenie stabilného stavu označujeme ako disturbancia. Môžu ju spôsobiť prírodné faktory, napr. víchrica, záplavy, premnoženie alebo antropogénne znečisťovanie, ťažba, poľnohospodárstvo a pod. Ekosystémy, resp. spoločenstvá majú odlišnú schopnosť vyrovnávať sa s narušením; táto odolnosť spoločenstva sa nazýva rezistencia. Jeho schopnosť rýchlo sa vrátiť do pôvodného stavu označujeme ako pružnosť, reziliencia. Niektoré trvalo stabilné ekosystémy, napr. tropické dažďové lesy, nemajú vyvinuté tieto systémy odolnosti a pružnosti, a preto patria k najzraniteľnejším ekosystémom na Zemi. Obnova takéhoto lesa napr. po veľkoplošnej ťažbe alebo požiari nie je možná.

Stabilita ekosystému je vo veľmi úzkom vzťahu so sieťou trofických väzieb, tie totiž predstavujú jeden z hlavných regulačných mechanizmov spätnej väzby ekosystému. Čím bohatšia a rozmanitejšia je sieť trofických väzieb, tým stabilnejší je aj ekosystém. Rozmanitosť siete potravových väzieb, pochopiteľne, súvisí s druhovou pestrosťou biocenózy. Takýto vzťah preto nazývame aj princípom závislosti medzi druhovou diverzitou a stabilitou ekosystému.

4.5. Produktivita a produkcia ekosystému

Výsledkom zložitých interakcií biotických a abiotických faktorov v ekosystéme je produkcia organickej hmoty, v ktorej je viazaná energia. Otázkami produkcie na úrovni ekosystému sa zaoberá moderná vedná disciplína – produkčná ekológia. Pod pojmom produktivita (biologická produktivita) rozumieme schopnosť živých organizmov produkovať biologickú hmotu za jednotku času. Môžeme ju chápať ako energoproduktivitu, t. j. potenciálnu rýchlosť produkcie a hromadenia chemickej energie v organickej hmote zo svetelnej energie, alebo ako organoproduktivitu, t. j. potenciálnu rýchlosť tvorby organickej hmoty z anorganických látok a ich spätnú premenu na látky anorganické.

Na rozdiel od produktivity produkcia je množstvo organickej hmoty vytvorenej na jednotku plochy alebo objemu v suchozemskom či vo vodnom ekosystéme. Opäť ju môžeme chápať ako energoprodukciiu, t. j. množstvo potenciálnej energie a jej následného uvoľnenia, alebo ako tvorbu organickej hmoty a jej postupnú mineralizáciu – organoprodukciiu.

V poľnohospodárstve, rybárstve či lesníctve namiesto pojmu produkcia na vyjadrenie istej časti produkcie, ktorú človek môže z ekosystému počas určitého obdobia získať, používame skôr výraz výnos alebo úroda, pretože ide len o malú časť produkcie využívaného ekosystému.

Z hľadiska potravinových úrovní a hlavných článkov produkčného reťazca ekosystému rozoznávame dva základné stupne produkcie a produktivity:

1. Primárna (prvotná biomasa) produkcia je množstvo organickej hmoty alebo energie vytvorenej či viazanej zelenými rastlinami, prípadne autotrofnými baktériami za jednotku času na jednotku plochy alebo biotopu vo forme organickej hmoty, protoplazmy a tiel producentov. Primárnu produkciu rozlišujeme hrubú, ktorá predstavuje všetku organickú hmotu vytvorenú producentmi vrátane organických látok spotrebovaných na krytie metabolických procesov za určitý čas na jednotku plochy alebo objemu, a čistú, ktorá predstavuje hrubú primárnu produkciu zmenšenú o metabolickú potrebu vlastných producentov. Ide o skutočný prínos primárnej produkcie do ekosystému, pretože svojou biomasou je k dispozícii na krytie potravinových potrieb pre ďalšie články potravinového reťazca.
2. Sekundárna (druhotná biomasa) produkcia je množstvo organickej hmoty fixovanej v telách konzumentov, to znamená v telách heterotrofných organizmov za jednotku času, na jednotku plochy alebo objemu daného biotopu.

5. Biosféra

Biosféra je globálny ekologický systém, ktorý zahŕňa všetky organizmy a nimi obývaný priestor, obmedzený na istú časť zemského povrchu. Horná hranica biosféry je asi 18 km nad zemským povrchom, a to v trópech, v polárnych oblastiach je to 8 – 10 km. V oceánoch siaha až na dno najhlbších miest, konkrétne do Mariánskej priekopy v Tichom oceáne v hĺbke asi 11 km. Z hľadiska fyzikálno-chemických vlastností biosféru delíme na:

1. litosféru, ktorá predstavuje oblasť pevného zemského obalu a pôdy (do hĺbky 5 m),
2. hydrosféru, oblasť vôd, v ktorých rozoznávame:
 - a) slanovodný (marinný) biocyklus – oceány a moria,
 - b) sladkovodný (limnický) biocyklus – kontinentálne vody;

3. atmosféru, t. j. ovzdušie, ktoré tvoria štyri vrstvy:

- a) troposféra – najspodnejšia vrstva siahajúca do výšky asi 12 km, uskutočňujú sa tu javy počasia,
- b) stratosféra – 12 – 80 km, ktorá má zvýšený obsah ozónu (nachádza sa v nej ozónosféra),
- c) ionosféra – 80 – 800 km – elektricky vodivé vrstvy s rôznou koncentráciou elektrónov a so značnou závislosťou od slnečného žiarenia,
- d) exosféra – vrstva nad hranicou 800 km – je ionizovaná a plynule prechádza do medziplanetárneho priestoru.

Z uvedeného vyplýva, že vlastná biosféra preniká do časti atmosféry, litosféry a hydrosféry.

Užším pojmom je ekosféra. Predstavuje tú časť našej planéty, kde sa život pravidelne a zákonite vyskytuje. Ekosféra v atmosfére siaha do nižších výšok –5 – 8 km, pričom nižšie hodnoty sa týkajú chladnejších oblastí a vyššie tropických a subtropických oblastí Zeme. Pod povrchom Zeme sa hranica ekosféry v podstate kryje s hranicou biosféry a celkom sa tieto hranice prekrývajú v morských hĺbinách. Tú časť zemského povrchu, ktorá je osídlená človekom, nazývame noosféra. Pojmom technosféra či antroposféra označujeme tú časť zemského povrchu, ktorá je poznačená technickou činnosťou človeka. Je zrejmé, že človek v súčasnosti výrazne ovplyvňuje biosféru a v tomto zmysle vystupuje ako významný ekologický faktor. Problematikou vzťahu človeka a prostredia a aktuálnymi celosvetovými ekologickými problémami sa zaoberá environmentalistika a environmentálna výchova.

6. Odporúčaná literatúra

- Andren, H., Lemnell, P.A., 1992: Population fluctuations and habitat selection in the Eurasian red squirrel *Sciurus vulgaris*. *Ecography*, 15: 303-307.
- Begon, M., Harper, J.L., Townsend, C.R., 1997: Ekologie jedinci, populace, spoločenstva. UP Olomouc, 949 pp.
- Birkhead, T.R., 1991: The ecology and behaviour of Black – billed and Yellow – billed Magpies. T.& A.D. Poyser, Londýn, 270 pp.
- Buchar, J., 1983: Zoogeografia. SPN Praha, 199 pp.
- Duvigneaud, P., 1988: Ekologická syntéza. Academia Praha, 414 pp.
- Dykyjová, D., 1989: Metody studia ekosystému. Academia Praha, 692 pp.
- Forman, R.R., Gordon, M., 1993: Krajinná ekologie. Academia Praha
- Hendrych, R., 1983: Fytogeografie. SPN Praha
- Holzer, B., Jacot A., Brinkhof, M.W.G., 2003: Condition-dependent signaling affects male sexual attractiveness in field crickets, *Gryllus campestris*. *Behavioral Ecology*, 14: 353-359
- Janský, L., 1979: Fysiologie adaptací, Academia Praha
- Kilgore, B.M., 1972: Fire's role in a sequoia forest. *Naturalist*, 23: 26 – 27.
- Knight, T.M., 2003: Floral density, pollen limitation, and reproductive success in *Trillium grandiflorum*. *Oecologia* 137: 557-563.
- Leeson S., Lewis P.D., 2004: Changes in light intensity during the rearing period can influence egg production in domestic fowl. *British Poultry Science*, 45: 316 – 319.
- Lindström, K.M., Fofopoulos, J., Pärn, H., 2004: Immunological investments reflect parasite abundance in Island populations of Darwin's finches. *Proceeding of the Royal Society of London, Ser. B., Biology Letters*, 271: 1513-1519.
- Losos, B., Gulička, J., Lellák, J., Pelikán, J., 1984: Ekologie živočichů. SPN Praha, 316 pp.
- Lurz P.W.W., Garson PJ, Wauters LA., 2000: Effects of temporal and spatial variations in food supply on the space and habitat use of red squirrels (*Sciurus vulgaris* L.). *Journal of Zoology*, 251: 167-178.
- Majzlan, O., Drobný, I., Flašík, F., Glváč, M., 1997: Ekológia. Donar, Oikos Bratislava, 128 pp.
- Mani, A., 1999: Survival of the root-lesion nematode *Pratylenchus jordanensis* Hashim in a fallow field after harvest of alfalfa. *Nematology*, 1: 79-84.

- McGraw, K. J., Hill, G. E.: *Differential effects of endoparasitism on the expression of carotenoid- and melanin-based ornamental coloration*. Proceeding of the Royal Society of London, Ser. B., 267, 2000, p. 1 525 – 1 531.
- Moldan, B.: *Koloběh hmoty v přírodě*. Praha,: Academia 1983.
- Nyffeler, M., Breene, R. G.: *Impact of predation upon honey – bees (Hymenoptera, Apidae), by orb – weaving spiders (Araneae, Araneidae and Tetragnathidae) in grassland ecosystems*. Journal of Applied Entomology, 111, 1991, p. 179 – 189.
- Odum, E. P.: *Základy ekologie*. Praha, Academia 1977, 733 p.
- Olive, C. W.: *Foraging Specialization in Orb-weaving Spiders*. Ecology, 61, 1980, p. 1 133 – 1 144.
- Pasquet A., Leborgne R.: *Behavioural Tactics for Prey Capture and Prey Ingestion in Two Sympatric Spiders*. Netherland Journal of Zoology, 48, 1998, p. 39 – 52.
- Pivnička, K.: *Aplikovaná ekologie*. Praha, Karolinum 2002, 185 p.
- Potapov M. A., Rogov V. G., Ovchinnikova L. E., Muzyka V. Y., Potapova O. F., Bragin A. V., Evsikov V. I.: *The Effect of Winter Food Stores on Body Mass and Winter Survival of Water voles, Arvicola terrestris, in Western Siberia: the Implications for Population Dynamics*. Folia Zoologica, 53, 2004, p. 37 – 46.
- Rajchard, J., Balounová, Z., Vysloužil, D.: *Ekologie I*. České Budějovice, Kopp 2002, 121 p.
- Rajchard, J., Kindlmann, P., Balounová, Z.: *Ekologie II*. České Budějovice, Kopp 2002, 119 p.
- Rajchard, J., Balounová, Z., Květ, J., Šantrůčková, H., Vysloužil, D.: *Ekologie III*. České Budějovice, Kopp 2002, 198 p.
- Reichholf, J.: *Žít a přežít v přírodě, ekologické souvislosti*. Praha, IKAR 1999.
- Reichholf, J., Janke, K., Kremer, B. P.: *Moře a pobřeží, ekologie mořských životních prostředí Evropy* Praha, IKAR 1999.
- Schöfl, G., Taborsky, M.: *Prolonged Tandem Formation in Firegugs (Pyrrhocoris apterus) Serves Mate-guarding*. Behavioral Ecology and Sociobiology, 52, 2002, p. 426 – 433.
- Slavíková, J.: *Ekologie rostlin*. Praha, SPN 1986.
- Sonnenshine, D. E.: *Biology of Ticks*. Oxford, Oxford University Press 1991.
- Storch, D., Mihulka, S.: *Úvod do současné ekologie*. Praha, Portál 2000, 156 p.
- Terek, J., Vostal, Z.: *Základy ekológie a vybrané kapitoly environmentalistiky*. PU Prešov 1998, 150 p.
- Zlatník, A., Pelikán, J., Stolina, M.: *Základy ekologie*. Praha, SZN 1973, 281 p.

Doc. RNDr. Alfréd Trnka, PhD.

Ing. Viera Peterková, PhD.

PaedDr. Pavol Prokop, PhD.

Ekológia pre pedagogické fakulty

Vydala: Trnavská univerzita v Trnave

Rozsah: 81 strán, 1. vydanie, náklad 200, formát A/4, ISBN 80-8082-002-3