

Autor: Prof. RNDr. Alfréd Trnka, PhD.

Recenzenti: Prof. RNDr. Oto Majzlan, PhD.
Doc. Ing. Viera Peterková, PhD.

Obrázky boli spracované z rôznych literárnych a internetových zdrojov, ktoré sú citované v osobitnom zozname. Učebné texty sú nepredajné a obrázky slúžia na vzdelávacie, nie komerčné účely.

Images were compiled from a variety of literary and internet sources, that are quoted in a separate reference list. These texts are unsaleable and images serve for educational, not for commercial uses.

© Prof. RNDr. Alfréd Trnka, PhD., 2020

ISBN 978-80-568-0297-7

Obsah

Predslov.....	4
Definícia, obsah a delenie ekológie.....	5
Prostredie organizmov.....	6
Ekologické faktory a zdroje prostredia.....	8
Žiarenie a organizmy.....	9
Teplo a organizmy.....	12
Vzduch a jeho vlastnosti.....	16
Voda.....	18
Pôda ako abioticko-biotický faktor.....	22
Vnútrodruhové vzťahy.....	26
Medzidruhové vzťahy.....	28
Potrava a potravné (trofické) vzťahy.....	32
Periodické zákonitosti a charakter pôsobenia ekologických faktorov.....	35
Odpovede organizmov na pôsobenie ekologických faktorov.....	36
Limitujúce faktory a zákon minima a tolerancie.....	37
Populácia ako homotypický súbor jedincov.....	39
Spoločenstvá ako heterotypické kolektívy organizmov.....	43
Biocenóza a biotop ako ekologický systém.....	52
Biosféra ako globálny ekosystém.....	59
Použité internetové zdroje.....	60
Ďalšia odporúčaná literatúra.....	66

Predslov

Predkladané vysokoškolské skriptá z ekológie zodpovedajú svojím obsahom a rozsahom predmetu Ekológia a environmentalistika na Pedagogickej fakulte Trnavskej univerzity v rámci akreditovaného študijného programu, konkrétne prvej časti tohto predmetu – ekológii. Nadväzujú pritom na predchádzajúce učebné texty (Trnka a kol. 2006), ktoré však vzhľadom na súčasný stav poznania a možnosti prezentácie poznatkov nezodpovedajú aktuálnym kritériám kladeným na študijné materiály pre študentov daného študijného odboru. Okrem obsahových zmien a štruktúry, osobitná pozornosť v týchto skriptách je venovaná obrazovým prílohám, ktoré sú prevzaté z rôznych literárnych prameňov a internetových zdrojov uvedených v zozname použitých obrázkov na konci skrípt.

Väčší dôraz sa tiež kladie na objasnenie základných ekologických javov a ich aplikáciu v praxi ako na samotný encyklopedický prehľad danej problematiky a terminológiu, ktoré čitateľ môže podrobnejšie nájsť v niektorom z odporúčaných literárnych zdrojov. Keďže ekológia využíva vo významnej miere aj poznatky iných biologických ale i nebiologických vedných disciplín, je potrebné, aby si čitateľ doplnil alebo obnovil aj vedomosti z týchto hraničných vied ekológie.

Verím, že tieto nové učebné texty pomôžu našim študentom nielen zvládnuť, ale i rozšíriť si poznatky z daného vedného odboru.

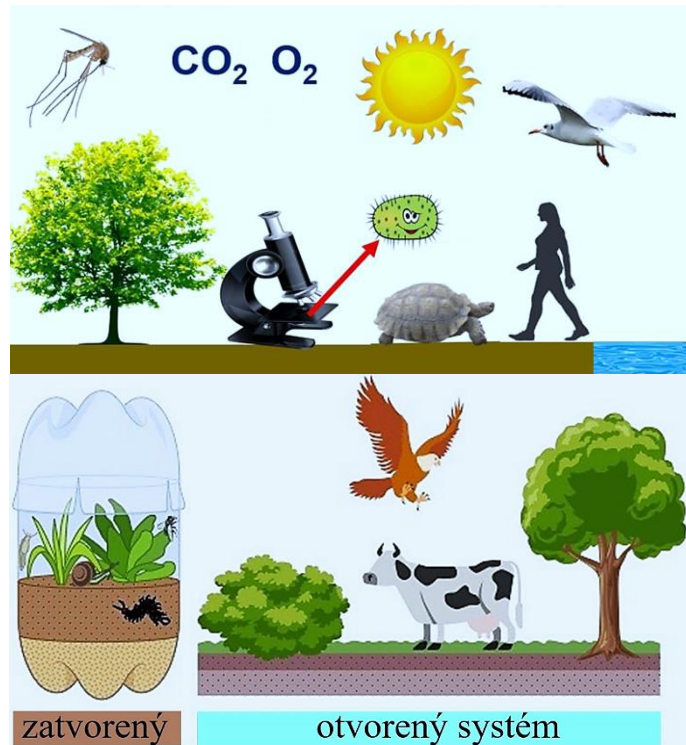
A nakoniec chcem poďakovať recenzentom za starostlivé prečítanie a posúdenie tohto učebného materiálu prof. RNDr. O. Majzlanovi, PhD. a doc. Ing. V. Peterkovej, PhD., čo významne prispelo k zvýšeniu ich celkovej úrovne.

Definícia, obsah a delenie ekológie

Ekológia je exaktná vedná disciplína. Jej názov je odvodený z gréckeho slova *oikos* = dom alebo obydlie, a zo slova *logos* = veda.

Prvú definíciu podal už v roku 1866 Ernst Haeckel a po ňom ďalší, ktorí ekológiu chápu ako vedu o vzťahoch organizmov k prostrediu a medzi organizmami navzájom. Táto definícia však úplne nevystihuje hlavnú podstatu štúdia ekológie, ktorou je pochopenie základných procesov prebiehajúcich v prírode.

Výstižnejšia je preto definícia Eugena Oduma (1977), ktorý ekológiu chápe ako **štúdium štruktúry a funkcie prírody**, t. j. organizácie všetkých živých systémov. Tie spolu s vonkajším prostredím pritom tvoria otvorené systémy, medzi ktorými dochádza k neustálej výmene energie a látok.



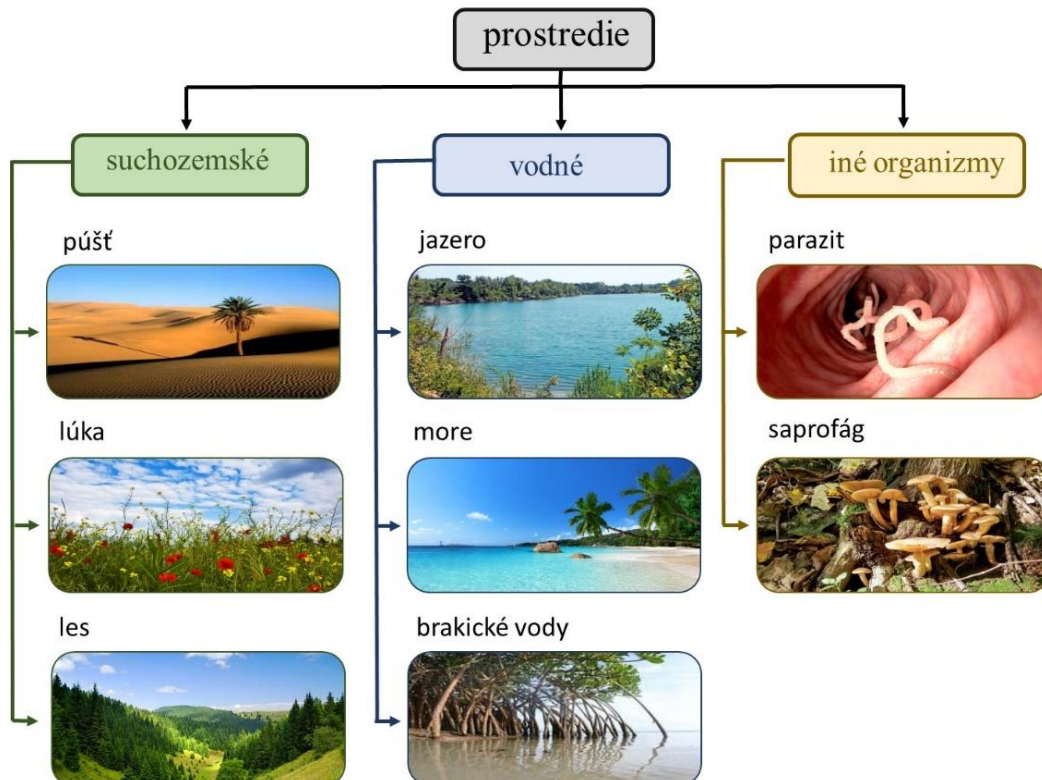
Predmetom štúdia sú pritom objekty rôznej biologickej úrovne, od molekúl cez bunky, organizmy, populácie až po ekosystémy a celú biosféru. Podľa toho môžeme potom ekológiu deliť na čiastkové odbory, ako napr. molekulovú ekológiu, bunkovú ekológiu, ekológiu jednotlivých druhov (tzv. **autekológia**), ich populácií (**demekológia**) či celých spoločenstiev (**synekológia**). Ekológia sa môže ďalej deliť podľa jednotlivých taxonomických skupín na ekológiu mikroorganizmov, húb, rastlín a živočíchov a v rámci týchto skupín sa môže zameriavať ešte na užšie vymedzené skupiny, ako je ekológia hmyzu, rýb, vtákov či cicavcov, ale i samotného človeka.

Podľa toho, či predmetom štúdia sú všeobecné javy alebo životné podmienky organizmov v rôznych typoch prostredia (napr. v sladkých alebo slaných vodách, v púštiach alebo pralesoch a pod.) delíme ekológiu na **všeobecnú** a **špeciálnu**. Osobitne treba spomenúť ešte **aplikovanú** ekológiu, ktorá uplatňuje základné ekologické poznatky v praxi (napr. v lesníctve, rybárstve, urbanistike a pod.).

Ekológia zároveň vzhľadom na rovnaký objekt výskumu vytvára s inými vednými odbormi tzv. medziodborové disciplíny, akými je napríklad behaviorálna ekológia, biogeografia či bioklimatológia, a využíva pojmy a metódy ďalších biologických a nebiologických tzv. hraničných vedných disciplín (napr. molekulárna biológia, genetika, geografia, chémia, fyzika a iné).

Prostredie organizmov

Pod prostredím živých organizmov rozumieme miesto, resp. súbor podmienok, ktoré mu umožňujú žiť, rásť, rozmnožovať sa a vyvíjať. Charakter prostredia závisí od veľkosti a nárokov toho ktorého organizmu. Iné prostredie vyžadujú suchozemské živočíchy a iné vodné živočíchy. Prostredím niektorých organizmov môžu byť dokonca aj telá iných živých alebo uhynutých organizmov (pozri obrázok nižšie).

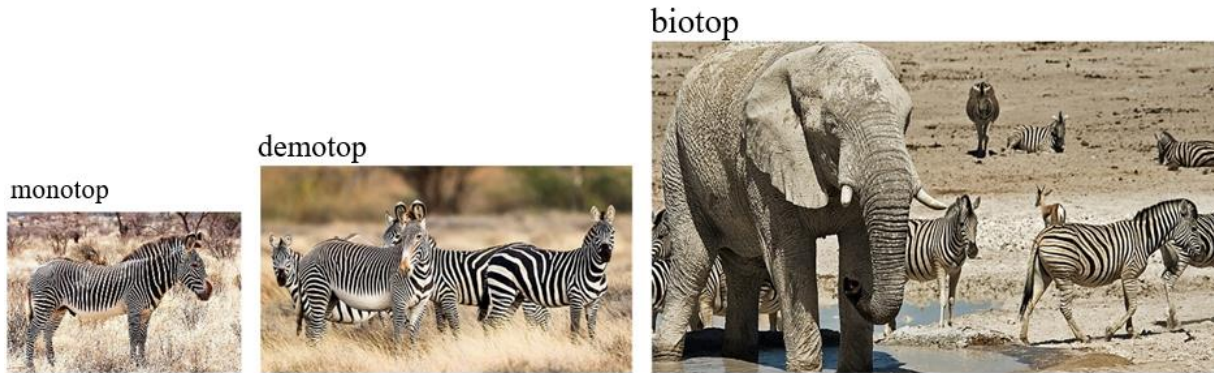


Takéto prostredie nazývame aj **prírodné** alebo prirodzené, resp. pôvodné. Organizmy však často využívajú aj tzv. **umelé** prostredie vytvorené človekom ako sú rôzne budovy, kanalizácie, chovateľské zariadenia a iné. V tejto súvislosti treba osobitne odlišovať životné prostredie človeka, ktoré je ale predmetom štúdia inej vednej disciplíny – environmentalistiky.

Každé prostredie je tvorené dvoma hlavnými zložkami: abiotickou a biotickou. Pod **abiotickou** zložkou prostredia rozumieme všetky fyzikálne a chemické vlastnosti vzduchu, vody a pôdy, **biotickú** zložku predstavujú zas všetky organizmy osídľujúce to isté prostredie. V rámci zložiek prostredia môžeme osobitne vyčleniť aj **antropickú** zložku, ktorú predstavuje človek, resp. celá ľudská spoločnosť, a jeho technické diela.

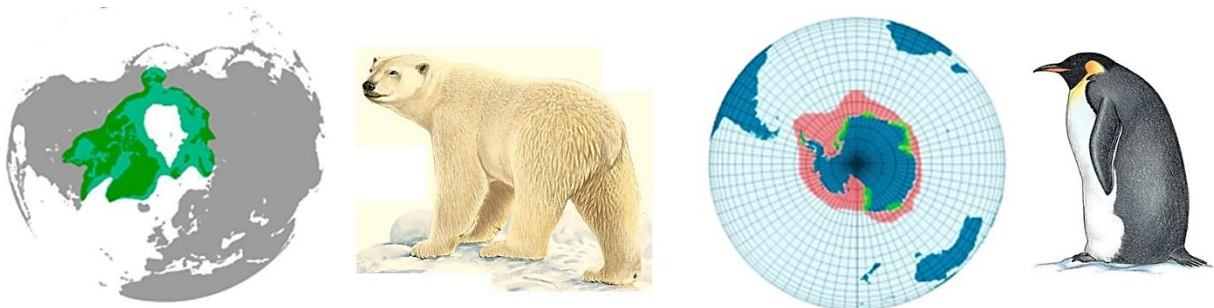
Podľa toho, či dané prostredie obýva konkrétny jedinec, populácia alebo celé spoločenstvo druhov, nazývame ho **monotop**, **demotop** alebo **biotop**. Ak naopak berieme do úvahy len homogénne ekologické podmienky prostredia najmenej topickej priestorovej jednotky, označujeme ho ako **ekotop**.

Prostredie zebry Grévyho (*Equus grevyi*)



V rámci prostredia organizmu, ktorý vyžaduje pre svoj život, však jednotlivé jedince, páry či populácie neosídľujú celé toto prostredie, ale zvyčajne len jeho určitú časť. Takéto konkrétne miesta výskytu, ktoré možno topograficky aj presne vymedziť, sa nazývajú **lokality**. Súhrn všetkých výskytových lokalít určitého druhu zároveň vymedzuje aj jeho zemepisné rozšírenie na zemi, tzv. **areál**. Poznanie areálu rozšírenia toho ktorého druhu je veľmi dôležité, nakoľko dva rôzne druhy môžu žiť v určitom podobnom type prostredia, ale vykazovať úplne odlišný typ rozšírenia, resp. areálu. Príkladom môže byť rozšírenie medveďa ľadového (*Thalarctos maritimus*) v severnej Arktíde a tučniaka cisárskeho (*Aptenodytes forsteri*) v južnej Antarktíde.

Areál rozšírenia medveďa ľadového a tučniaka cisárskeho



Štúdiom takéhoto rozšírenia organizmov v priestore a čase sa zaoberá samostatná veda nazývaná **biogeografia** a jej čiastkové disciplíny zoogeografia a fytogeografia. Vlastná teória biogeografie pritom pramení z práce významného britského prírodovedca A. R. Wallaceho (spolu s Ch. Darwinom sa podieľal i na formulovaní teórie evolúcie prírodným výberom), po ktorom je pomenovaná aj známa Wallaceova línia vymedzujúca faunu a spoločenstvá juhovýchodnej Ázie a Austrálie. Jedným z významných predpokladov rozvoja tejto biologicko-geografickej vednej disciplíny je tiež ekológia.

Ekologické faktory a zdroje prostredia

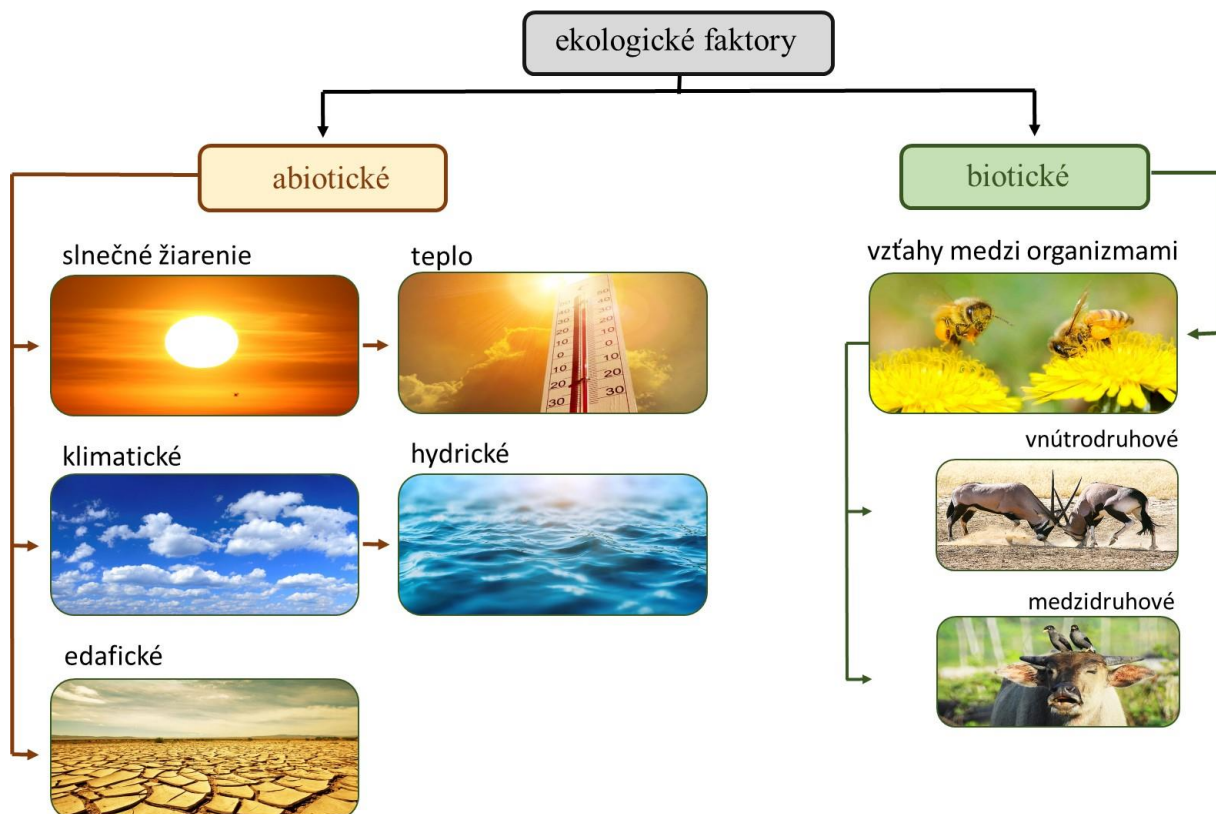
Všetky vlastnosti, ktorými prostredie nejakým spôsobom ovplyvňuje život organizmov a vzťahy medzi nimi nazývame **ekologické faktory**. Tie v podstate vymedzujú podmienky ich existencie v prostredí, pričom svojim pôsobením:

- eliminujú výskyt organizmov v prostredí, čím ovplyvňujú hlavne ich zemepisné rozšírenie,
- vplývajú na ich rozmnožovanie, úmrtnosť a migráciu,
- pôsobia na ich vývojové cykly a tým ovplyvňujú i hustotu ich populácií a
- podporujú vznik a vývoj rôznych adaptácií.

Podľa pôvodu a charakteru delíme ekologické faktory na abiotické a biotické, a podľa samotného využitia organizmami na podmienky a zdroje.

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

Biotické (životné) faktory sa prejavujú zas ako vzájomné vzťahy medzi organizmami.



Hoci mnohé z týchto faktorov organizmy bežne využívajú, ale nespotrebovávajú ich, takže sú dostupné pre všetky organizmy. Patria k nim napríklad teplota alebo svetlo. Takéto faktory nazývame **podmienkami**. Iné ekologické faktory prostredia však organizmy pri svojom využívaní aj spotrebovávajú, a tým sa stávajú pre druhé organizmy nedostupné. Tieto faktory predstavujú pre organizmy **zdroje**. Takým zdrojom môže byť kyslík vo vymedzenom prostredí, napr. vo vode.

Medzi abiotickými a biotickými faktormi ako i podmienkami a zdrojmi prostredia nie je však vždy presne vymedzená hranica. Napríklad humus v pôde predstavuje abiotický faktor, ale súčasne je i potravou pre mnohé pôdne organizmy, takže je aj faktorom biotickým. Podobne viditeľné svetlo (fotosynteticky aktívne žiarenie) je pre rastliny zdrojom ale pre živočíchy podmienkou.

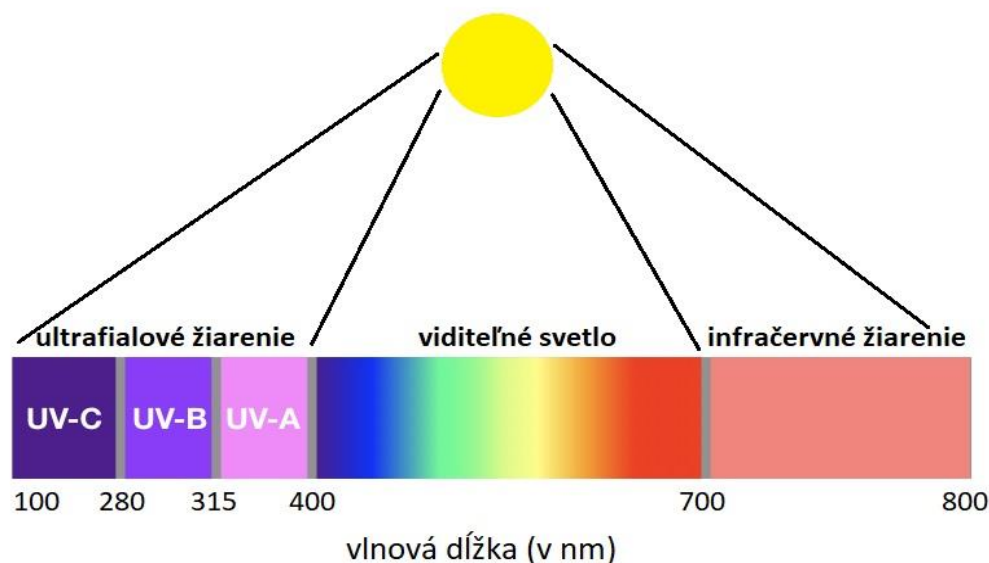
Naopak, k ekologickým faktorom nepatria také vlastnosti prostredia, ako sú nadmorská výška či zemepisná šírka, expozícia alebo sklon lokality a iné fyzicko-geologické zložky, pretože život organizmov neovplyvňujú priamo, ale prostredníctvom vlastných fyzikálnych vlastností vzduchu (napr. teplota, tlak vzduchu a pod.). Tieto pokladáme len za činitele.

Žiarenie a organizmy

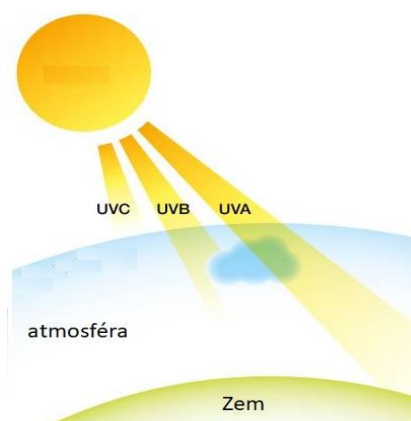
Žiarenie je z fyzikálneho hľadiska vysielanie energie vo forme vln alebo častíc priestorom alebo hmotou. Až 99,98% všetkého žiarenia na našej planéte tvorí **mimozemské** (najmä slnečné) **žiarenie**, zvyšok (0,02%) predstavuje **vlastné žiarenie** Zeme. Hlavným zdrojom mimozemského žiarenia je slnko. Na povrch Zeme dopadá stále (približne rovnaké) množstvo žiarenia, ktoré môžeme vyjadriť **solárnou konštantou**. Tá predstavuje množstvo slnečnej energie dopadajúcej kolmo na plochu 1 m² za 1 sekundu mimo atmosféry Zeme a jej hodnota je približne 1,4 kW/m². 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. Časť žiarenia sa zároveň odrazí a rozptýli v atmosfére, takže intenzita dopadajúceho slnečného žiarenia na povrch Zeme je ešte o niečo menšia, približne 1 kW/m². Napriek tomu je množstvo slnečného žiarenia dopadajúceho na Zem za rok až 20 tisíc krát väčšie, ako je celosvetová spotreba energie. V našich zemepisných šírkach najväčší úhrn slnečného žiarenia je v mesiacoch apríl – september, kedy u nás dopadne až 75% žiarenia. Najmenej slnečného žiarenia (len 13% žiarenia v mesiaci júl) je v decembri.

Slnečné žiarenie dopadá na našu Zem s vlnovou dĺžkou 280 – 5 000 nm, pričom ho možno rozdeliť podľa vlnovej dĺžky na tri základné zložky (typy): ultrafialové žiarenie, viditeľné svetlo a infračervené žiarenie. Z celkového množstva slnečného žiarenia, ktoré dopadá na zemský povrch, 5 % pripadá na ultrafialové žiarenie, 50 % na viditeľné svetlo a 45 % na infračervené žiarenie. Každá z týchto zložiek žiarenia má pritom pre organizmy svoj osobitný význam.

Spektrum slnečného žiarenia

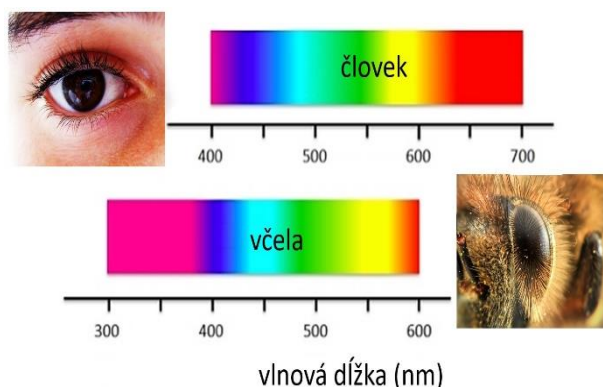


Ultrafialové (UV) žiarenie je žiarenie s vlnovou dĺžkou len 100 – 400 nm. Delí sa na dlhovlnné (UV-A), strednovlnné (UV-B) a krátkovlnné (UV-C). Väčšinu ultrafialového žiarenia (90%) zachytáva atmosféra, účinnosť pohlcovania pritom klesá s jeho klesajúcou vlnovou dĺžkou. UV-C je pohlcované ozónovou vrstvou celé, účinnosť pohlcovania UV-B je 50 – 60% a UV-A 30%. To znamená, že UV spektrum dopadajúce na náš zemský povrch je tvorené z 90 – 99% dlhovlnným UV žiarením a z 1 – 10% strednovlnným žiarením.



Ultrafialové žiarenie má na živé organizmy pozitívny ako aj negatívny vplyv. Významne sa podieľa na tvorbe vitamínu D v koži, ale súčasne negatívne ovplyvňuje rast, ničí organizmy a spôsobuje rôzne mutácie a nádory. Tento negatívny vplyv UV žiarenia sa v súčasnosti zvyšuje stenčovaním ozónovej vrstvy a utváraním alebo zväčšovaním ozónových dier.

Viditeľné svetlo s vlnovou dĺžkou 400 – 700 nm umožňuje organizmom orientovať sa v priestore, ale zároveň je významným zdrojom energie. Ide o tzv. fotosynteticky aktívne svetlo, ktoré rastliny využívajú v procese fotosyntézy. Rozsah spektra viditeľného svetla je u rôznych organizmov pritom rôzny. Kým napríklad človek vníma svetlo s vlnovou dĺžkou 400 – 700 nm, včely od 300 do 600 nm.



Okrem vlastnej vlnovej dĺžky viditeľné svetlo môže ovplyvňovať život organizmov aj svojou intenzitou, smerom a dĺžkou pôsobenia. Príkladom je fotoperiodizmus, kedy organizmy sa prispôbujú meniacej sa dĺžke svetelnej časti dňa (tzv. fotoperióde). Podobne môže viditeľné svetlo inak ovplyvňovať rastliny a inak živočíchy.

K najvýznamnejším vplyvom viditeľného svetla na rastliny patria:

- ✓ zdroj energie (fotosyntéza)
- ✓ stimulácia rastlinných orgánov (kvitnutie, dormancia púčikov)
- ✓ pohyb (fototropizmus, fotonastie, fototaxie)

K najvýznamnejším vplyvom viditeľného svetla na živočíchy patria:

- ✓ orientácia v priestore (zrakom)
- ✓ tvorba pigmentov
- ✓ denná aktivita (denné, súmravné a nočné druhy)
- ✓ stimulácia hormónov (rozmnožovanie, migrácia)

Infračervené žiarenie je hlavným zdrojom tepla na našej Zemi. Podrobnejšie o ňom a jeho vplyve na organizmy pozri nižšie v podkapitole Teplo a organizmy.

Iné druhy žiarenia

Zdrojom viditeľného svetla môžu okrem slnečného žiarenia byť však aj samotné živočíchy. Ide o tzv. svetlo biotického pôvodu a tento jav nazývame **bioluminiscencia**. Túto schopnosť produkovať svetlo u nás majú svetlušky (napr. svetluška svätojánska *Lampyris noctiluca*, obrázok vedľa vľavo a vpravo hore), v tropických moriach zas medúzy a planktón (obrázok vedľa vľavo a vpravo dole), ale aj niektoré hlbinné ryby.

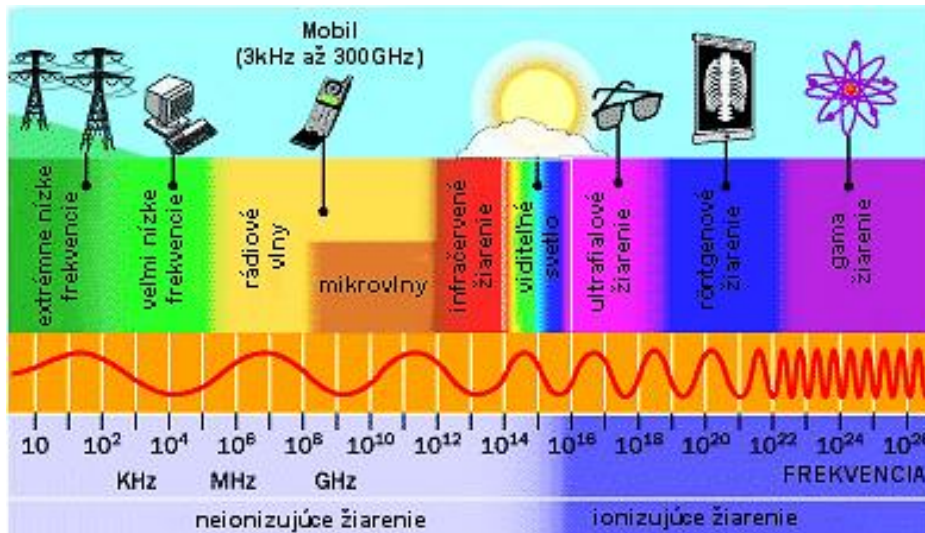


Takéto svetlo vzniká chemickou reakciou. Podieľa sa na nej nízkomolekulová látka (pigment) luciferín (*lucifer* = svetlonos), ktorá reaguje s kyslíkom prostredníctvom enzýmu luciferázy za vzniku oxyluciferínu v energeticky excitovanom stave, čo spôsobuje vyžarovanie svetla. Na rozdiel od klasických osvetľovacích telies, ktorých účinnosť je len 10 – 20%, koeficient účinnosti bioluminiscenčného svetla je 80 – 100%. To znamená, že pri produkcii tohto druhu svetla sa v podstate neuvolňuje žiadna iná energia, konkrétne teplo, a preto takéto svetlo označujeme aj ako studené svetlo.

Ďalším zdrojom žiarenia sú rádioaktívne prvky v litosfére (napr. urán, rádium, rádioizotopy uhlíka, draslíka), inertné rádioaktívne plyny (radón) a kozmické žiarenie (pozitívne nabitá jadrá vodíka, atómové jadrá hélia), ktoré pri prechode zemskou atmosférou ionizuje atómy kyslíka a dusíka. Preto tento druh žiarenia nazývame ionizujúce žiarenie. Okrem týchto prirodzených

zdrojov žiarenia sa na ionizujúcom žiarení umelo podieľa aj človek (napr. priemyslom, jadrovou energetikou a pod.). Neionizujúce elektromagnetické vlnenie (rádiové vlny) spôsobené človekom produkujú zas rozhlas, televízia, mobilný telefón, radar a pod. I toto žiarenie môže mať pre živé organizmy významné negatívne dôsledky. Elektromagnetické vlny ovplyvňujú najviac oči a pohlavné orgány, ale zistený bol aj vplyv na nervovú a cievnu sústavu.

Základné zdroje žiarenia na Zemi



Teplo a organizmy

Najvýznamnejším zdrojom tepla na Zemi je opäť Slnko, a to konkrétne jeho infračervené žiarenie s vlnovou dĺžkou 700 – 5000 nm. Zdrojom infračerveného žiarenia je však aj každý predmet v našom okolí vrátane živých organizmov. Ďalším zdrojom tepla je geotermálne teplo (horúce pramene, sopečná činnosť) a tiež človek svojou činnosťou. Tieto ostatné zdroje tepla však majú pre živé organizmy len obmedzený význam.

Hlavný význam tepla pre organizmy je v tom, že podobne ako svetlo stimuluje rôzne plazmatické, nervové a hormonálne procesy v živých organizmoch, a tým ovplyvňuje rýchlosť mnohých biochemických reakcií (napr. aktivitu enzýmov).

Teplotné optimum pre väčšinu organizmov je pritom 15 – 30 °C, ale život môže existovať až v rozmedzí teplôt od –270 do +150 °C. Niektoré baktérie žijú napr. v horúcich prameňoch pri teplote – 190 až 100 °C, zástupcovia pomaliek (*Tardigrada*) v anabióze prežívajú v teplotách –271 až +100 °C. Podľa vzťahu k teplote poznáme pritom organizmy teplomilné (termofilné), chladnomilné (psychofilné), obývajúce polárne kraje, chladné vody a vysokohorské oblasti a kryofilné (kryobiotné), ktoré žijú priamo na ľade či snehu.

Základné rozpätie biokinetických teplôt, pri ktorých môže ešte organizmus jestvovať, je ale od 0 do 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 zas denaturácia bielkovín a inaktivácia enzýmov.

Vplyv tepla na rastliny

Teploto ovplyvňuje v rastlinách najmä rôzne fyziologické procesy, ako je opadávanie lístia, zrenie plodov, klíčenie semien, jarovizácia a pod. Vyvoláva pritom u nich rôzne adaptácie. Pri zvýšenej teplote je to najmä regulácia pomocou **transpirácie** (prieduchy) alebo odraz žiarenia lesklými listami. Pri nízkej teplote ochrana pomocou **trichómov** alebo znížením obsahu vody premenou škrobu na tuk, prípadne opadom lístia alebo celých výhonkov.

Zmeny v morfológii časti rastlín vplyvom teploty (termomorfózy, zľava doprava): prieduchy, lesklé listy, trichómy



Vplyv tepla na živočíchy

Z hľadiska vzťahu teploty a organizmu rozoznávame dva základne typy živočíchov, a to **studenokrvné** (poikilotermné alebo exotermné) a **teplokrvné** (homoiotermné alebo endotermné). Osobitnú skupinu predstavujú **heterotermné** živočíchy, ktoré za priaznivých teplotných podmienok správajú ako teplokrvné, v nepriaznivých podmienkach upadajú do stavu letargie (pozri zimný a letný spánok nižšie). Osobitne treba spomedzi týchto živočíchov spomenúť druhy s tzv. **reverzibilnou hypotermiou**, ktoré v období chladu upadajú tiež do stavu strnulosti, pričom ich telesná teplota môže poklesnúť až na teplotu vonkajšieho prostredia, ale v prípade vyrušenia alebo náhlejšej zmeny vonkajšej teploty dokážu svoju telesnú teplotu i ostatné fyziologické procesy vrátiť do pôvodného funkčného stavu. K takýmto druhom patria hlavne netopiere.

•

Studenokrvné živočíchy sú závislé od teploty vonkajšieho prostredia. Prevládajúca teplota v priebehu roka preto u nich ovplyvňuje viaceré životné pochody ale i morfológické prispôsobenia, ako je determinácia pohlavia, rýchlosť vývoja a pohlavné dospievanie, spôsob rozmnožovania, počet generácií a potomkov počas roka, sfarbenie (nižšie teploty podporujú vznik tmavých foriem, vyššie teploty vznik svetlých foriem). Všeobecne pritom platí, že vyššie teploty ich aktivitu zvyšujú a nižšie teploty naopak znižujú až môžu viesť do stavu **anabiózy** (strnulosti).

K ich základným adaptáciám najmä na nízkej teplote patrí zmena (zníženie) metabolizmu, tvorba rôznych pokojových štádií, telesných obalov, vyhľadávanie úkrytov a pod. Niektoré ryby žijúce v chladných vodách tvoria v krvnej plazme špecifické bielkoviny, tzv. **kryoproteíny**, ktoré zabraňujú tvorbe ľadových kryštálikov a teda poškodeniu ich buniek a tkanív. Podobnú funkciu napr. u hmyzu má glycerol.

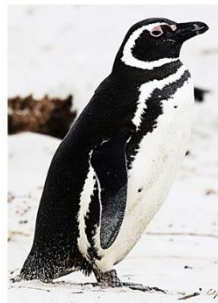
•

Teplokrvné živočíchy si naopak dokážu udržiavať a udržujú stálu telesnú teplotu nezávisle od vonkajšej teploty. Podieľajú sa na tom metabolické procesy produkujúce vlastné teplo, termoregulácia a tepelná izolácia (tuk, perie, srst'). Patria k nim cicavce s telesnou teplotou 36 – 37 °C a vtáky s teplotou 39 – 40 °C. Všeobecne pritom platí, že menšie druhy majú vyššiu telesnú teplotu ako väčšie z dôvodu rýchlosti ich metabolizmu. Na teplotu rôznych hodnôt a jej zmeny sa adaptovali sfarbením, veľkosťou tela ako i správaním (vyhľadávanie úkrytov, migrácie a pod). Vzťah medzi teplotou a ich veľkosťou a sfarbením vyjadrujú štyri základné ekologické pravidlá:

- **Bergmanovo pravidlo**, podľa ktorého teplokrvné živočíchy v chladnejších oblastiach sú väčšie ako ich príbuzné druhy v teplejších oblastiach. Typickým príkladom sú tučniaky (pozri obrázok nižšie).



Druh: **tučniak obrovský**
 Výskyt: Antarktída (-19 °C)
 Veľkosť: 120 cm
 Hmotnosť: 40 kg

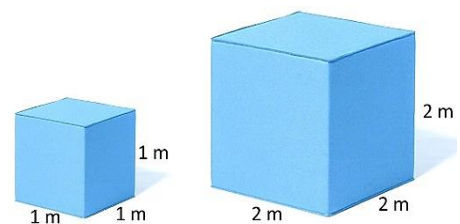


tučniak dvojpásy
 Argentína (+8 °C)
 70 cm
 5 kg



tučniak galapágsky
 Galapágy (+24 °C)
 50 cm
 2 kg

Princípom tohto pravidla je skutočnosť, že väčšie živočíchy majú relatívne menší pomer povrchu tela k ich objemu, a teda i nižší celkový výdaj tepla povrchom tela, vďaka čomu si lepšie udržiujú telesnú teplotu v prostredí s nízkou vonkajšou teplotou (obrázok vpravo).



Povrch:	6 m ²	24 m ²
Objem:	1 m ³	8 m ³
Povrch/objem:	6	3

- **Allenovo pravidlo**, ktoré hovorí, že teplokrvné živočíchy v chladnejších oblastiach majú kratšie telesné výbežky, ako sú napr. končatiny, uši a pod., než živočíchy z teplejších oblastí. Typickým príkladom sú líšky. Ako vidieť i na obrázku nižšie, druhy žijúce v teplých oblastiach (konkrétne fenek berberský *Fennecus zerda*), majú výrazne veľké uši, druhy žijúce v miernom pásme (naša líška hrdzavá *Vulpes vulpes*) majú uši

strednej veľkosti a druhy z chladných oblastí (líška polárna *Alopex lagopus*) majú naopak uši veľmi malé, takmer úplne zanorené do srsti.



fenek berberský

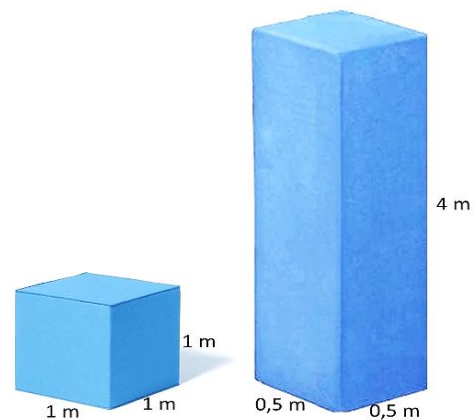


líška hrdzavá



líška polárna

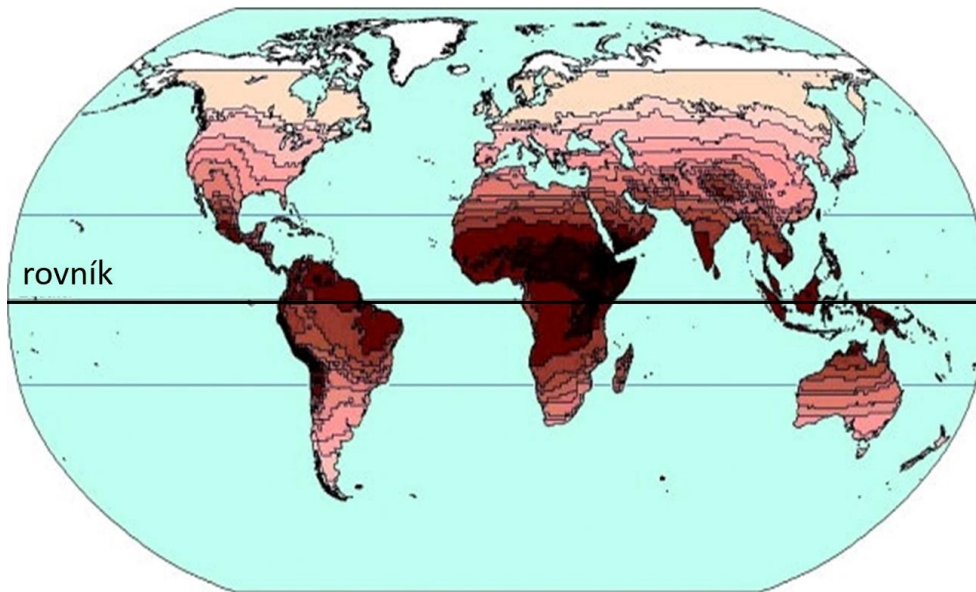
Vysvetlením tohto pravidla je zas to, že živočíchy s rovnakým objemom tela ale dlhšími výbežkami majú relatívne väčší pomer povrchu tela k ich objemu, a teda i vyšší celkový výdaj tepla, čo im pomáha pri ochladzovaní sa pri vysokej teplote prostredia. Dobre to opäť ilustruje obrázok vpravo, kde dlhé výrastky tela nahradzuje kváder. Dlhšie ušnice sú zároveň aj lepšie a bohatšie prekrvené, čo účinnosť ochladzovania sa ešte zvyšuje.



Povrch:	6 m ²	8,5 m ²
Objem:	1 m ³	1 m ³
Povrch/objem:	6	8,5

- Glogerovo pravidlo** sa zas týka sfarbenia teplokrevných živočíchov. Hovorí, že živočíchy žijúce v teplejších a vlhších oblastiach sú zvyčajne tmavšie sfarbené ako ich príbuzné formy žijúce v suchších a chladnejších oblastiach. Avšak platnosť a vysvetlenie tohto pravidla je pomerne zložitá a nejednoznačná. Jeho uplatnenie totiž výrazne obmedzuje selekcia sfarbenia živočíchov za účelom ich maskovania (v teplejších a vlhších oblastiach je aj bohatšia vegetácia poskytujúca tieň a teda tmavšie prostredie) ako aj vplyv pôsobenia UV žiarenia, ktorého intenzita od rovníka k pólom klesá. Tmavšie sfarbenie (pigmentácia) bližšie k rovníku slúži pritom ako dobrá ochrana proti UV. Veľmi dobre to ilustruje geografické rozloženie farby pokožky pôvodného obyvateľstva na Zemi (pozri obrázok nižšie, kde tmavšia farba zodpovedá aj tmavšiemu sfarbeniu pokožky).

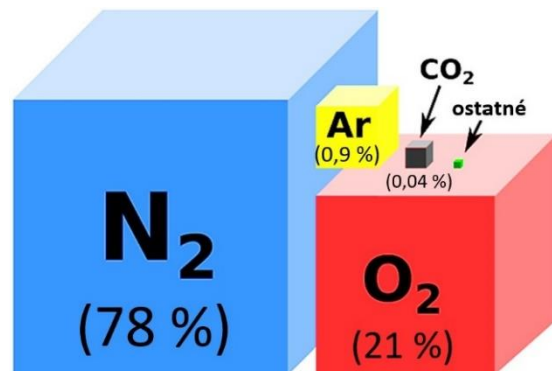
Rozloženie farby pokožky domorodého obyvateľstva na Zemi



Vnútrotnú telesnú teplotu v prípade zmeny teploty vonkajšieho prostredia dokážu teplokrvné živočíchy pritom regulovať (**termoregulácia**), a to zvýšenou produkciou vlastného tepla (**termogenéza**) alebo jeho výdajom (**termolýza**). Extrémne zmeny vonkajších teplôt dokážu prekonávať znížením telesných funkcií a strnulosťou tela. Tento jav nazývame **hibernácia** (tzv. zimný spánok; v prípade chladných podmienok) alebo **estivácia** (letný spánok; v prípade vysokých teplôt). Príkladom tzv. pravých zimných spáčov sú niektoré hmyzožravce (jež) a hlodavce (plch alebo svišť). Pri nepravých zimných spáčoch sa teplota tela výrazne neznižuje, nakoľko si tieto zvieratá udržiavajú základné mechanizmy tvorby tepla. K takýmto patria najmä niektoré mäsožravce ako je medveď alebo jazvec.

Vzduch a jeho vlastnosti

Vzduch je zmes plynov nevyhnutných pre život všetkých organizmov. Jeho chemické zloženie je pritom viac-menej stále s výnimkou vody, ktorej obsah kolíše, a znečistenia. Hlavnými plynnými zložkami sú pritom dusík (N_2) a kyslík (O_2), ktoré tvoria až 99% čistého vzduchu. Z ostatných plynov je najviac zastúpený argón (Ar) a uhlík (CO_2). Ostatné plyny sa vo vzduchu nachádzajú len v stopových množstvách.



Z fyzikálnych vlastností vzduchu okrem jeho teploty a žiarenia (pozri vyššie) treba spomenúť jeho tlak, hustotu, prúdenie a vlhkosť.

- **Tlak vzduchu** je tlak vzduchovej masy v atmosfére podmienený zemskou gravitáciou. Hodnota tlaku je pritom najväčšia na zemskom povrchu pri hladine mora a s nadmorskou výškou postupne klesá. Tlak však môže kolísať aj v konkrétnom bode zemského povrchu. Okrem nadmorskej výšky má naň vplyv aj teplota a prúdenie vzduchu. Za hornú hranicu života a rozšírenia najmä teplokrvných živočíchov pokladáme nadmorskú výšku okolo 6 000 m n. m.

Menším zmenám atmosférického tlaku sa organizmy dokážu pomerne ľahko prispôbiť. Väčšie zmeny, najmä pokles tlaku s nadmorskou výškou, ktorý je spojený aj so znižovaním obsahu kyslíka, však im už robia problémy. S poklesom kyslíka vo vzduchu dochádza až k **hypoxii**, ktorá sa prejavuje napr. u človeka pocitom únavy, ospalosťou, bolesťami hlavy, svalovými kŕčmi a krvácaním z nosa. Na zmeny tlaku sú naopak odolné vtáky, najmä druhy lietajúce vo veľkých výškach, ako sú supy a kondory. Podľa toho organizmy rozdeľujeme na **stenobarné** (steno = úzky, bar = jednotka tlaku), ktoré znášajú iba malé zmeny atmosférického tlaku (patrí sem väčšina vtákov a cicavce) a **eurybarné** (eury = široký), ktoré znášajú široké kolísanie atmosférického tlaku (hmyz, niektoré vtáky).

- **Hustota vzduchu** je v porovnaní s hustotou vody pomerne nízka, pričom závisí aj od jeho tlaku, teploty, vlhkosti a od nadmorskej výšky. So zvyšujúcou sa vlhkosťou a nadmorskou výškou sa jeho hustota znižuje. Suchý vzduch na úrovni mora má pri teplote 20 °C hustotu cca 1,2 kg/m³.

Vzduch v dôsledku svojej nízkej hustoty teda neumožňuje väčším živočíchom žiť v ňom trvale. Vznáša sa v ňom však veľké množstvo drobných organizmov (mikroorganizmy, riasy, rôzne spóry a peľové zrnká), ktoré sú súčasťou vzdušného planktónu, tzv. **aeroplanktónu**. Napriek tomu vzduchové vrstvy využíva na aktívne lietanie až 78% všetkých druhov živočíchov, a to najmä hmyz (98,9%), vtáky (0,98%) a cicavce (0,11%), a mnoho ďalších druhov na pasívne lietanie. V súvislosti s lietaním u nich vznikli aj významné morfológické a fyziologické adaptácie.

- **Prúdenie vzduchu** (vietor) vzniká v dôsledku vyrovnávania tlaku medzi oblasťami s rozdielnym atmosférickým tlakom na určitom mieste, a to z oblasti vyššieho tlaku do oblasti nižšieho tlaku. Niekedy sa môže periodicky opakovať a dosahovať veľkú rýchlosť (víchrice, tornáda, tajfúny). Prúdenie vzduchu ovplyvňuje významne najmä aktivitu a šírenie organizmov, ale aj vznik rôznych adaptácií.

Vplyv prúdenia vzduchu na rastliny

Pozitívny: opelenie (vetroopelivé, **anemofilné** druhy, napr. breza, vrba, lieska), pasívny transport najmä plodov a semien.

Negatívny: vývraty a vysušanie rastlín v dôsledku silného alebo dlhotrvajúceho vetra, vznik mechanomorfóz, tzv. **vlajkových foriem** (napr. smrek *Picea*, na obrázku nižšie vľavo alebo borovica limbová *Pinus cembra*, na obrázku nižšie vpravo) pôsobením dlhodobého jednosmerného prúdenia vzduchu.

Vlajkové formy: smrek a borovica limbová



Vplyv prúdenia vzduchu na živočíchy

Pozitívny: aktívny a pasívny transport, získavanie informácií v priestore (pachová a zvuková orientácia)

Negatívny: zavlečenie do nepriaznivých podmienok, ochladzovanie a vysušenie.

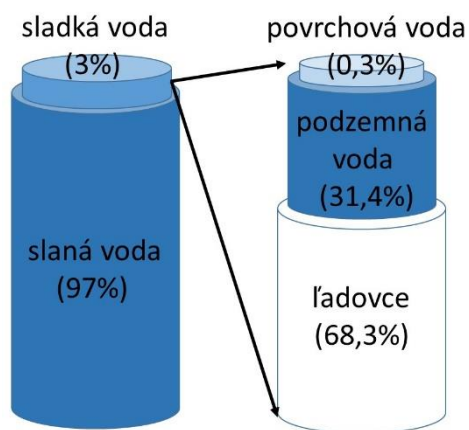
K zaujímavým behaviorálnym a morfológickým adaptáciám živočíchov vo vzťahu k pôsobeniu silného a stáleho vetra patria **anemotaxie** (smerové a polohové reakcie voči vetru) a **apterizmus** (redukcia krídel).

- **Vlhkosť vzduchu** má veľký význam najmä pre suchozemské organizmy, u ktorých môže výrazne limitovať ich rozšírenie a samotnú existenciu. Podľa nárokov na vzdušnú vlhkosť delíme organizmy na vlhkomilné (**hygrofilné**, napr. obojživelníky), mierne vlhkomilné (**mezofilné**, väčšina organizmov) a suchomilné (**xerofilné**, obyvatelia púští a iných aridných oblastí). Medzi nimi však existujú rôzne prechodné formy, ako napr. vážky, ktoré sú rozmnožovaním viazané na vodné prostredie, ale mimo tohto obdobia preferujú suché prostredie.

Vlhkosť vzduchu ovplyvňuje u organizmov hlavne ich aktivitu, príjem potravy, rozmnožovanie, u teplokrvných živočíchov aj termoreguláciu a u rastlín transpiráciu. K typickým adaptáciám na nedostatočnú vlhkosť patrí regulovaný výdaj vody alebo tvorba metabolickej vody, nepriepustný telesný pokryv a ďalšie.

Voda

Voda je chemická zlúčenina dvoch atómov vodíka a jedného atómu kyslíka, ktoré sú pospájané jednoduchou polárnou kovalentnou väzbou. Okrem toho obsahuje aj rôzne iné rozpustené látky (napr. chlorid sodný, sírany, uhličitaný a iné soli) a plyny (dusík, kyslík, kysličník uhličitý a ďalšie). Na Zemi zaberá takmer 2/3 jej povrchu (71%), takže právom sa nazýva modrou planétou. Vyskytuje sa vo všetkých skupenstvách – plynnom (vodná para), kvapalnom (voda) i tuhom (ľad). Rozoznávame vodu slanú (v moriach a oceánoch) a sladkú. V oblasti ústí riek do morí sa nachádza aj tzv. **brakická** voda, čo je vlastne sladká voda s vyšším obsahom solí, ktorý však môže výrazne kolísť od 0,5 do 30 gr. na 1 liter v závislosti od prílivu a odlivu, výdatnosti rieky a pod. Najviac zastúpená je morská voda, veľká časť sladkej vody je viazaná v ľadovcoch (pozri obrázok nižšie).



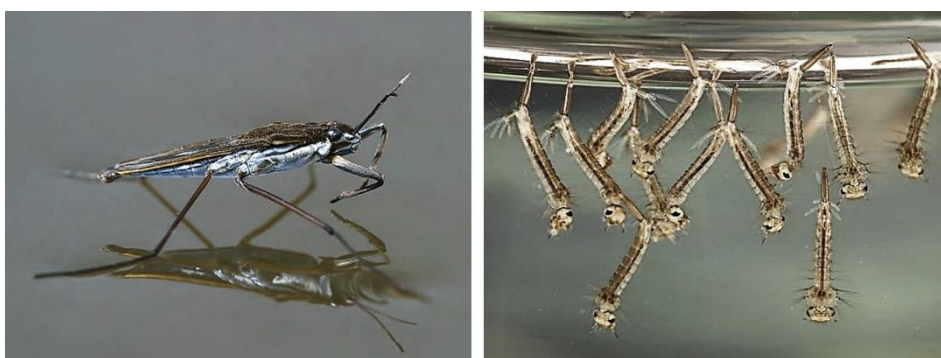
Rozdelenie vody na Zemi

Organizmy vo vode obývajú buď oblasť voľnej vody, tzv. **pelagiál**, v ktorej sa voľne vznášajú alebo aktívne plávajú – takéto druhy označujeme ako **planktón** (drobné organizmy) alebo **nektón** (ryby a iné väčšie živočíchy), alebo obývajú dno, tzv. **bentál**. Takéto druhy potom nazývame **bentosom** (napr. červy, mäkkýše, ale i niektoré ryby).

Okrem teploty, ktorá ako jeden z hlavných limitujúcich faktorov vodného prostredia výrazne ovplyvňuje väčšinu ostatných vlastností vody, k ďalším základným fyzikálno-chemickým vlastnostiam vody patrí jej povrchové napätie, hustota, viskozita, hydrostatický tlak, priepustnosť svetla, salinita a reakcia vody.

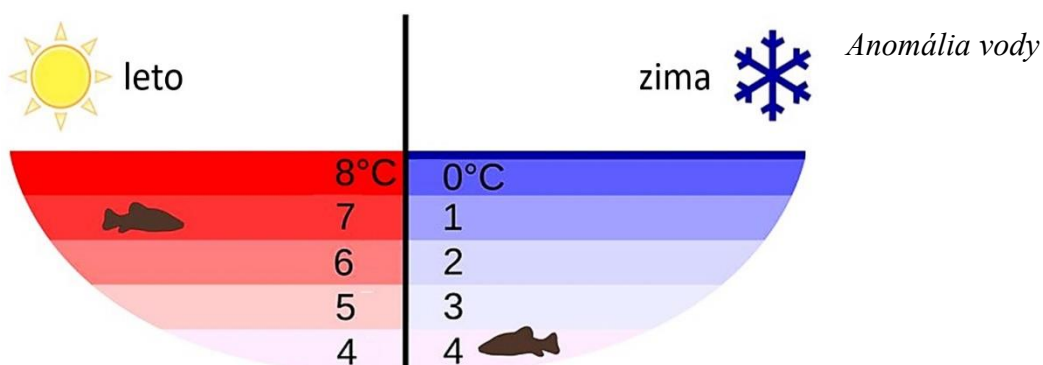
- **Povrchové napätie** vzniká na rozhraní medzi kvapalným a plynným prostredím zvýšenou súdržnosťou molekúl vody, ktorá dáva tejto vrstve istú pevnosť. Na hladine tak vzniká súvislá povrchová „blanka“, ktorá menším organizmom poskytuje oporu na pohyb po vode. Podľa toho, ako využívajú túto povrchovú blanku, rozlišujeme dve skupiny organizmov: **epineustické** druhy, ktoré sa pohybujú na povrchu tejto blanky a **hyponeustické** druhy, ktoré sa o povrchovú blanku opierajú zdola alebo sa na ňu zavesujú.

*Príklad epineustických (korčuliarka obyčajná *Gerris lacustris*, vľavo) a hyponeustických (komár piskľavý *Culex pipiens*, larva, vpravo) druhov*



- **Hustota** (merná hmotnosť) vody je 775-krát vyššia ako hustota vzduchu, čo výrazne ovplyvňuje pohyb organizmov, ale zároveň ich nadľahčuje. To vedie u nich k rôznym morfológickým adaptáciám (hydrodynamický tvar, vývoj plutiev, veľké rozmery a hmotnosť, napr. veľryby, žraloky). Významnou vlastnosťou vody ovplyvnenou hustotou je

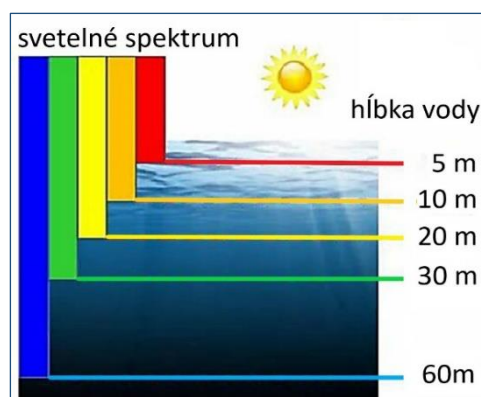
jej **anomália**, kedy pri teplote 4 °C má voda najväčšiu hustotu (pozri obrázok nižšie). Tým, že voda pri dne väčších nádrží má najväčšiu hustotu a teda nikdy nezamrzá, umožňuje vodným organizmom prežívať v zimnom období.



- **Viskozita** alebo vnútorné trenie tekutiny ovplyvňuje odpor tekutiny (vody) proti telesu. Vo vode je 100-krát väčšia ako vo vzduchu, a to v závislosti od teploty. So stúpajúcou teplotou hodnoty viskozity vody klesajú. Pri 0 °C je jej viskozita 2-krát väčšia ako pri 25 °C, takže vo vode teplej 25 °C organizmy klesajú 2-krát rýchlejšie ako pri teplote 0 °C, ale zato sa pohybujú s 2-krát menším výdajom energie.
- **Hydrostatický tlak** vody je tlak spôsobený jej hmotnosťou. Ten rastie s hĺbkou vody (každých 10 m o 1 kilopond), pričom so zvyšujúcim sa tlakom sa zvyšuje aj rozpustnosť CO₂ a tým aj vápnika a vápenatých solí. Preto živočíchy vo väčších hĺbkach majú viac redukovanú kostru.

Všeobecne pritom platí, že odolnejšie voči vysokému tlaku vody sú živočíchy, ktorých priestory v tele nie sú vyplnené vzduchom, pretože so zväčšovaním tlaku sa súčasne znižuje objem plynov v telesných dutinách (Boylv-Mariottov zákon). Naopak, pri náhlom znížení tlaku sa uvoľňujú rozpustné plyny a takto vzniknuté bublinky spôsobujú tzv. plynú embóliu (**Kesónová choroba**). Z hľadiska tolerancie na hydrostatický tlak pritom rozlišujeme druhy **stenobatické** (ryby, cicavce), ktoré sú úzko viazané životom len na určité hĺbky a druhy **eurybatické** (morský planktón a živočíchy, ktoré sa ním živia), ktoré môžu prekonávať veľké rozdiely tlaku vody. Niektoré živočíchy môžu osídliť morské hlbiny až do hĺbky 18 km, napr. v Mariánskej priekope (ostnatokožce, mnohoštetinavce, kôrovce, ryby, poganofory).

- **Priepustnosť svetla** a s tým súvisiaca intenzita svetla sa výrazne znižuje s hĺbkou vody, pričom sa mení aj jeho spektrálne zloženie (pozri obrázok vpravo). Na rôzne spektrálne zloženie svetla sa prispôsobili aj niektoré organizmy, napr. morské riasy a sinice. Ide o tzv. **chromatickú adaptáciu**, t.j. o využitie komplementárnych farieb prevládajúcich spektrálnych zložiek v rôznych vrstvách vody. Zelené riasy prevládajú napr. v plytkých vodách, kde

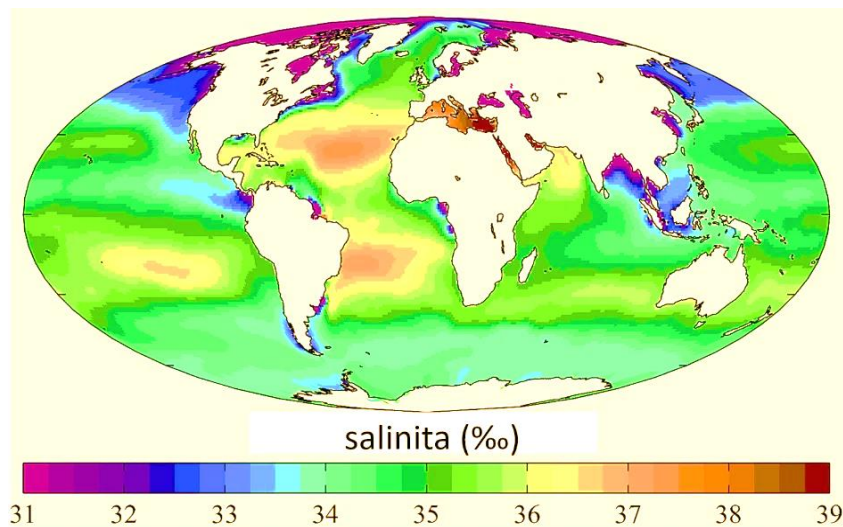


ešte nie je absorbovaná červená zložka spektra, a naopak, červeno sfarbené riasy prenikajú do väčších hĺbok, pretože sú schopné využívať modrozelené svetlo.

Priehľadnosť vody však znižuje aj zákal spôsobený nečistotami či pieskom, ale i planktón, rastliny a živočíchy. Presvetlenú časť vôd, kde ešte fotosyntéza rastlín prevláda nad dýchaním, nazývame **eufotická vrstva**. Môže siahať do hĺbky niekoľko centimetrov až metrov, v otvorených moriach a oceánoch až do 200 m. Zónu, kde dýchanie už prevláda nad fotosyntézou, nazývame zas **afotickou vrstvou**. Tu už nenachádzame fotosyntetizujúce rastliny.

- **Salinitu**, t. j. obsah (koncentráciu) minerálnych látok (solí), najmä chloridov, rozpustených vo vode ovplyvňuje predovšetkým poloha a geologický podklad. V sladkých vodách sa pohybuje okolo 0,05 promile, vo väčšine oceánov a morí dosahuje 35 promile, ale môže výrazne kolísť. Baltské more obsahuje cca 8 promile solí, Mŕtve more až 337 promile. Stredozemné more má salinitu 38 promile.

Slanosť vody ovplyvňuje najmä osmoregulačné procesy v organizmoch. Kým vnútorné prostredie primárnych morských bezstavovcov a nižších rastlín a prostredie vody sú **izotonické** (t. j. ich osmotické tlaky sú rovnaké), sekundárne morské živočíchy a rastliny, ako i sladkovodné organizmy musia regulovať ióny (najmä sodík) vo svojom vnútornom prostredí a neustále prijímať (morské živočíchy) alebo odstraňovať vodu (sladkovodné druhy). Bez týchto osmoregulačných procesov by uvedené organizmy nemohli v danom prostredí žiť.



Rozloženie slanosti oceánov a morí na Zemi

- **Reakcia vody** (pH) je podmienená koncentráciou vodíkových iónov a určovaná rovnovážnymi stavmi medzi kyselinou uhličitou a jej soľami (hydrouhličitanom a uhličitanom vápenatým). Pohybuje sa v rozmedzí od 1 do 14, pričom hodnoty pod 7 (pH < 7) označujú kyslú reakciu a hodnoty nad 7 (pH > 7) zásaditú reakciu. Nízke pH má rašelinisková voda (pH 3), vysoké naopak vápenatá voda (pH 10). Dažďová voda má pH 5,6. Limit pre pitnú vodu je 6,5 – 8. Podľa závislosti organizmov od reakcie vody rozoznávame druhy acidofilné, neutrálne a alkalofilné.

Vyššie uvedené vlastnosti vody sa týkajú najmä vodných organizmov. Voda sama o sebe ovplyvňuje život aj suchozemských organizmov, ktoré sa na jej nedostatok museli nejakým spôsobom adaptovať. Živočíchy prijímajú vodu orálne (pitím), celým povrchom tela, s potravou alebo metabolicky. Unikátnym spôsobom si vodu vytvárajú napr. ťavy, a to metabolicky štiepením tukov, čo im umožňuje prekonávať dlhé obdobia života na púšti. Iné živočíchy si prispôbili svoj metabolizmus zas na nízku spotrebu vody, ako napr. koziare a potemníky, ale i mnohé púštne stavovce ako pieskomily, plazy a pod. Iné živočíchy sú však na vodu viazané výraznejšie, dokonca i ontogenetickým vývinom (obojživelníky, hmyz ako podenky, vážky a pod.).

K typickým prispôbeniam živočíchov vo vlhkom prostredí so zvýšeným množstvom vody patrí zvýšený výdaj vody, nezmáčavý povrch tela (napr. masťná srst' u cicavcov, perie u vtákov) alebo znížená koncentrácia telových tekutín. V suchom prostredí so zníženým množstvom vody sa živočíchom redukujú potné žľazy, sú svetlejšie, majú rôzne nepriepustné povrchy, koncentrované a suché výkaly (tzv. urikotelné živočíchy).

Rastliny prijímajú vodu hlavne koreňovou sústavou a tam, kde je príjem vody koreňovou sústavou obmedzený (napr. v ílovitej, zasolenej alebo zamrzutej pôde), čiastočne i výhonkami a listami. V suchom prostredí mávajú preto dlhšie korene, listy s chlpmi alebo hrubú kutikulu aby zabránili výparu vody, vytvárajú rôzne zásobné orgány na vodu alebo sú u nich redukované listy či upravený metabolizmus na nižšiu spotrebu vody. Podľa vzťahu k vodnému prostrediu môžeme rastliny pritom rozlišovať na vodné, tzv. **hydrofyty**, vlhkomilné – **hygrofyty**, rastliny so stredným nárokom na vodu, tzv. **mezofyty** a suchomilné rastliny – **xerofyty**.

*Rastliny podľa vzťahu k vodnému prostrediu (zľava doprava: stolístok striedavokvetý (*Myriophyllum alterniflorum*) – hydrofyt, záružlie močiarné (*Caltha palustris*) – hygrofyt, králik biely (*Leucanthemum vulgare*) – mezofyt a kavyl' piesočný (*Stipa borysthena*) – xerofyt.*



Pôda ako abioticko-biotický faktor

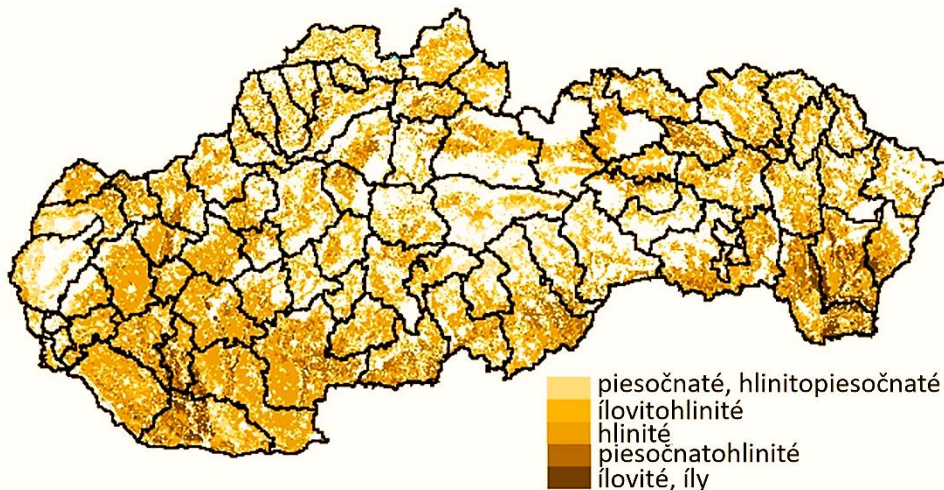
Pôda je najvrchnejšia časť zemskej kôry. Skladá sa z anorganickej zložky – **materskej horniny** a zložky organickej – z **humusu**, t. j. mŕtvej organickej hmoty rastlinného a živočíšneho pôvodu, a pôdneho **edafónu**, ktorý tvoria koreňové systémy rastlín a pôdne organizmy. Tie môžu byť adaptované na trvalý život v pôde (nazývame ich geobionty, napr. dážd'ovky), žiť

v pôde len v určitom vývinovom štádiu života (tzv. geofily, napr. pandravy chrústov) alebo sa v pôde vyskytovať iba náhodne (geoxény). Pôdy podľa ich pôvodu delíme na zvetrané, vznikli zvetrávaním materskej horniny na jej povrchu, a usadené (sedimentované), ktoré vznikli prenesením a usadením zvetranej materskej horniny na inom mieste.

Na rozdiel od ovzdušia a vody, pôda poskytuje pre organizmy omnoho špecifickejšie podmienky. Je hlavným zdrojom minerálnych látok, rastlinám umožňuje uchytanie sa na stanovišti a živočíchom poskytuje úkryty. K najvýznamnejším fyzikálnym vlastnostiam pôdy patrí jej zrnitosť, pórovitosť, pôdna vlhkosť, pôdny vzduch, teplota a svetlo.

- **Zrnitosť** alebo štruktúra pôdy vyjadruje zloženie pôdy. Je to spôsob usporiadania pôdnych agregátov tvorených elementárnymi zrnami rôznej veľkosti (frakcií). Výrazne sa pritom na nej podieľajú pôdne mikroorganizmy, koreňové systémy rastlín a pôdne živočíchy, ale aj klimatické faktory a spôsob obrábania pôdy človekom. Podľa percentuálneho obsahu jednotlivých frakcií sa pôdy triedia na tzv. **pôdne druhy**.

Zastúpenie pôdnych druhov na Slovensku



- **Pórovitosť** je objem všetkých pórov a medzier nachádzajúcich sa medzi pevnými časticami v pôde. 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, ktoré sú viditeľné voľným okom a umožňujú výmenu vzduchu a vody. Čím je vyššia pórovitosť, tým sú pôdy ľahšie a prevzdušnenejšie.
- **Pôdna vlhkosť**. Jej hlavným zdrojom je atmosférická voda (dážď, sneh), ktorá presakuje pôdou v smere zemskej tiaže až na nepriepustnú spodinu. V pôde sa voda môže vyskytovať vo všetkých troch skupenstvách. Podľa vzťahu k vlhkosti pôdy rozlišujeme organizmy na **hygrobiontné**, vyžadujúce veľmi vlhké až zavodnené pôdy (napr. prvoky, vírniky, hlístice), **hygrofilné**, t. j. vlhkomilné, viazané na pôdy s vysokou a trvalou vlhkosťou, pričom dýchajú atmosférický vzduch (trst', záružlie močiarné) a organizmy **xerofilné**, ktoré naopak vyžadujú suché a veľmi suché pôdy (sukulenty, kaktusy).

- **Pôdny vzduch** je vzduch, ktorý vyplňa spolu s vodou pôdne póry. Jeho množstvo teda závisí od štruktúry a pórovitosti pôdy ako aj pôdnej vlhkosti. Najmenej vzduchu je preto v ílovitých pôdach a naopak najviac v pôdnej hrabanke. Na rozdiel od atmosférického vzduchu obsahuje viac oxidu uhličitého, metánu a ďalších plyných splodín metabolizmu organizmov a oveľa menej kyslíka. Nároky pôdnych organizmov na spotrebu kyslíka sú pritom rôzne a jednotlivé druhy sa im aj rôzne prispôbili. Prevažná časť pôdnych živočíchov dýcha celým povrchom tela, ostatné vzdušnicami, pľúcnymi vakmi a menej pľúcami, pričom kožné dýchanie sa zdá byť v pôde najefektívnejšie. V dôsledku hnilobných procesov obsahuje aj viac nebezpečných jedovatých plynov, akými sú sírovodík alebo amoniak.
- **Teplota pôdy** vytvára osobitnú pôdnu mikroklímu. Na rozdiel od vodného prostredia, teplota v pôde kolíše oveľa výraznejšie. Najväčšie kolísanie teplôt je v suchých piesočno-vápenatých pôdach, najmenej teplota kolíše vo vlhkých ílovitých pôdach. S hĺbkou pôdy však kolísanie teploty rýchlo klesá. Na tieto teplotné zmeny mnohé pôdne živočíchy reagujú vertikálnymi migráciami (napr. hlístovce). Osobitným typom pôd vo vzťahu k teplote sú trvale zamrznuté pôdy nazývané aj **permafrost**.
- **Svetlo** je v pôde vzácne a v hĺbke niekoľkých centimetrov je už úplná tma. Preto sa väčšina trvalých obyvateľov pôdy adaptovalo na život v tme. Redukovali alebo stratili sa im oči alebo iné svetločinné orgány a pigmenty a stali sa tak **fotofóbnymi**. Živočíchy žijúce vo vrchných vrstvách pôdy, ktoré sú **fotofilné**, majú naopak zrakové orgány dobre vyvinuté a výraznejšie sfarbenie a ochlpenie.

Adaptácia živočíchov z rôznych taxonomických skupín na život v pôde bez svetla



dážďovka (Lumbricidae)
červy



červoň (Gymnophiona)
obojživelníky

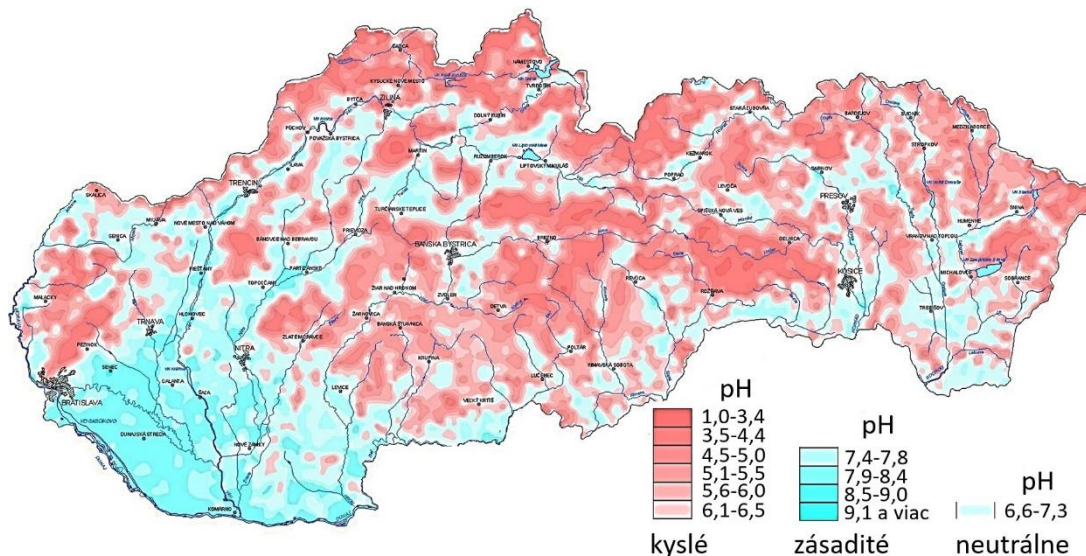


obrúčkavec (Amphisbaenia)
plazy

K chemickým vlastnostiam pôdy patrí jej zloženie, pH a sorpčná schopnosť. Chemické zloženie pôdy ovplyvňuje najmä pôdnu reakciu (pH).

- **Pôdna reakcia** ovplyvňuje rozpustnosť látok v pôde, a teda aj ich využiteľnosť živými organizmami. Zastúpenie pôd podľa ich pH závisí od viacerých faktorov, najmä od zloženia pôdy, ale aj hospodárenia na nej. Všeobecne platí, že vo vyšších polohách prevládajú kyslé pôdy a v nižších zásadité.

Zastúpenie pôd na Slovensku podľa ich pH



Podľa reakcie pôdy pritom delíme organizmy na **acidofilné**, rastúce alebo žijúce na kyslých pôdach (vres a azalky), **neutrofilné**, vyskytujúce sa na neutrálnych pôdach (väčšina organizmov) a **alkalofilné**, ktoré rastú alebo žijú na zásaditých pôdach bohatých najmä na vápnik (poniklec, slimáky).

Okrem toho z hľadiska celkovej zásoby živín v pôde môžu rastliny rásť na pôdach chudobných na minerálne látky (**oligotrofné** druhy, napr. vres), na pôdach so strednou zásobou živín (**mezotrofné** druhy, napr. trávy) alebo na pôdach bohatých na živiny, najmä humus (**eutrofné** druhy, napr. ľalie).

Podľa špeciálnych nárokov konkrétne na určitú živinu poznáme zas druhy **halofilné**, ktoré rastú na pôdach vysokým obsahom solí, najmä chloridov, síranov a uhličitanov (napr. loboda), **kalcifilné**, t. j. vápnomilné či **nitrofilné**, ktoré rastú na pôdach bohatých na dusík, alebo naopak, druhy **kalcifóbne** a **nitrofóbne**, ktoré neznášajú vápnik či dusík v pôde.

Rastliny podľa vzťahu k obsahu vápnika a dusíka v pôde. Zľava doprava: poniklec slovenský (Pulsatilla slavica) – kalcifil, azalka japonská (Azalea japonica) – kalcifób, žihľava dvojdomá (Urtica dioica) – nitrofil a rosička okrúhlolistá (Drosera rotundifolia) – nitrofób



- **Sorpčná schopnosť** pôdy je schopnosť jej častíc viazať na svojom povrchu vodu a ióny. Ovplyvňuje ju viacero faktorov (pH, teplota) ako aj humus.

A práve humus a jeho zloženie predstavuje významný faktor pôdy. Vzniká v procese humifikácie, ktorej priebeh a rýchlosť závisí najmä od teploty a vlhkosti. Humus naopak ovplyvňuje ďalšie vlastnosti pôdy, ako je štruktúra a vlhkosť pôdy a je súčasne zdrojom mnohých chemických prvkov (dusík, fosfor, síra) a živný substrát pre pôdne mikroorganizmy. A na tom všetkom sa podieľa biotická zložka so svojimi vnútrodrohovými a medzidruhovými vzťahmi.

Vnútrodrohové vzťahy

Sú to vzájomné vzťahy medzi jedincami toho istého druhu, resp. populácie. Môžu súvisieť s rozmnožovaním, vtedy ich nazývame **reprodukčné** alebo sexuálne, alebo sú motivované inými faktormi. V tomto prípade ide o vzťahy **nereprodukčné** alebo asexuálne.

V rámci reprodukčných vzťahov rozoznávame nasledovné reprodukčné skupiny:

- **rodičovský pár**, ktorý môžu partneri uzatvárať dočasne po dobu rozmnožovania (väčšina rýb a vtákov), alebo sú tieto páry trvalé, napr. u husí a labutí, alebo orlov a supov.
- **rodina**, ktorú okrem rodičovského páru tvorí aj potomstvo. Rozlišujeme pritom osobitne **rodičovskú** rodinu, kedy sa o mláďatá starajú obaja rodičia (napr. väčšina kŕmivých vtákov), **materskú** rodinu, kde sa o mláďatá stará iba samica (napr. väčšina cicavcov a nekŕmivých vtákov), **otcovskú** rodinu, kedy sa o mláďatá naopak stará iba samec (napr. niektoré ryby) a **viacgeneračnú** rodinu, v ktorej sa o mláďatá okrem rodičov starajú aj mladší súrodenci (napr. chriaštelovité).

Príklady materskej, otcovskej a viacgeneračnej rodiny (zľava doprava)



srna lesná
(*Capreolus capreolus*)



morský koník
(*Hippocampus* spp.)



sliepočka vodná
(*Gallinula chloropus*)

- **súrodenecká skupina** naraz vyliahnutého potomstva, ktorý určitý čas žije spolu. Ich rodičia s nimi nežijú alebo uhynuli hneď po nakladení vajíčok (napr. pavúky a motýle).

- **príbuzenský zväzok**, ktorý pozostáva z viacerých generácií (napr. niektoré hlodavce a dvojitozubce).
- **reprodukčná kolónia** tvorená zhukom jedincov oboch pohlaví (hromadné neresiská rýb), veľkým počtom párov (vtáky) alebo samcami ovládajúcimi háremy samíc (plutvonožce).
- **kolónie sociálne žijúcich druhov**, konkrétne hmyzu, ale aj cicavcov (napr. krtopotkany *Heterocephalus* spp.).

Príklady súrodeneckej skupiny, príbuzenského zväzku, reprodukčnej kolónie a kolónie sociálne žijúceho hmyzu (zľava doprava)



sPRIADAČ americký
(*Hyphantria cunea*)



králik divý
(*Oryctolagus cuniculus*)



čajka smejivá
(*Chroicocephalus ridibundus*)



osa obyčajná
(*Vespula vulgaris*)

K nereprodukčným vzťahom zaradíme nasledovné zoskupenia:

- **kormus**, ktorý tvoria zrastené jedince často veľkého počtu.
- **agregácia**, ktorá vzniká náhodným zoskupením jedincov bez vnútornej motivácie, napr. v dôsledku pôsobenia hydrických alebo klimatických faktorov (vodný prúd, vietor a pod.).
- **konglobácia** je tiež zoskupenie jedincov vplyvom vonkajších faktorov, ale už je čiastočne motivované aj vnútorne, napr. potravne či kvôli vode.

Príklady nereprodukčných zoskupení živočíchov (zľava do prava): kormus (koraly), agregácia (tučniaky vo víchrici), konglobácia (pakone Connochaetes gnou pri napájaní)



- **loviaca skupina**, ktorú tvoria jedince počas spoločného lovu.
- **ťahová** alebo **potulnú skupinu** tvoria spoločne migrujúce jedince.
- **pokojuvú a prezimujúcu skupinu** je tvorená jedincami zoskupenými na určitom mieste za účelom odpočinku alebo prenocovania, resp. prezimovania.

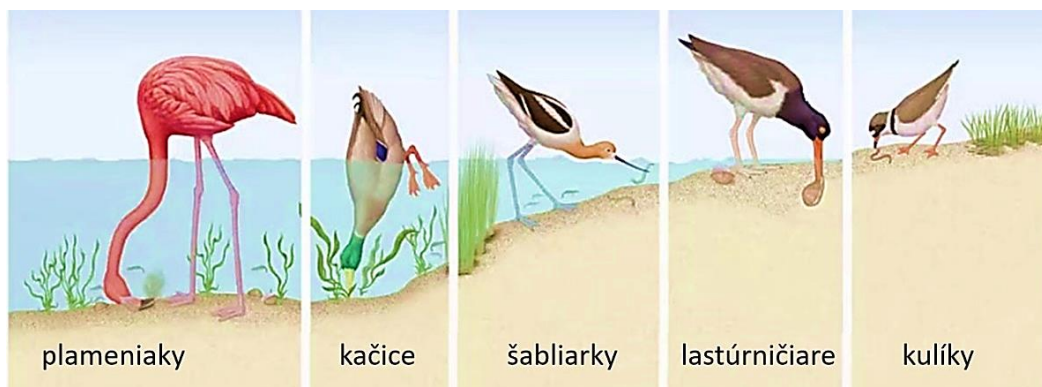
Príklady nereprodukčných zoskupení živočíchov (zľava do prava): loviaca skupina (pelikán ružový *Pelecanus onocrotalus*), ťahová skupina (danaus sťahovavý *Danaus plexippus*) a prezimujúca skupina (netopier obyčajný *Myotis myotis*)



Medzidruhové vzťahy

Sú to vzťahy medzi jedincami rôznych druhov, resp. ich populácií. Každý druh má pritom svoje špecifické nároky na prostredie a zdroje v ňom. Hovoríme o tzv. **ekologickej nike** druhu, pod ktorou rozumieme jeho funkčné a priestorové začlenenie v prostredí, resp. ekosystéme. Ak ide konkrétne o súhrn špecifických nárokov na podmienky prostredia, kde druh žije, označujeme takúto niku **priestorová** či stanovištná. **Trofická** či potravná nika zas zahŕňa všetky trofické nároky druhu. Niky jednotlivých druhov sa môžu v určitom rozsahu prekrývať, pričom platí, že príbuzné druhy majú spravidla podobné ekologické niky, zatiaľ čo rozdielne druhy obsadzujú odlišné niky.

Príklady potravných ekologických ník niektorých vodných vtákov



Interakcie medzi jedincami odlišných druhov môžu byť pritom kladné alebo záporné, t. j. ich rast a rozmnožovanie môžu ovplyvňovať pozitívne alebo negatívne. Iba vzácné sa druhy navzájom neovplyvňujú. Všeobecne pritom platí, že v nových alebo mladších ekosystémoch prevládajú skôr záporné interakcie, ktoré sa však počas ich vývoja postupne vytrácajú a nahrádzajú ich vzťahy skôr pozitívne.

Podľa vyššie uvedeného kritéria medzidruhové vzťahy delíme na:

A. neutrálne, kedy druhy majú síce možnosť vzájomnej interakcie, ale napriek tomu sa neovplyvňujú, nakoľko ich ekologické niky sú výrazne odlišné.

B. kladné (synergistické), keď jeden druh, alebo oba navzájom, môžu na seba pôsobiť pozitívne. Podľa intenzity tohto vzťahu ich ďalej rozdeľujeme na:

- **protokooperáciu**, ktorá predstavuje najvoľnejší typ medzidruhových vzťahov, založenom na dočasnom a nezáväznom združovaní jedincov dvoch alebo viacerých druhov, napr. za účelom lepšej spoločnej obrany alebo potravovo-hygienických dôvodov.
- **alianciu**, ktorá podobne ako protokooperácia predstavuje dočasné ale už vyhľadávané zoskupenie jedincov rôznych druhov za účelom ochrany pred nebezpečenstvom, napr. v blízkosti potravových alebo vodných zdrojov.
- **komenzalizmus**, kedy jeden druh (komezál) má z tohto vzťahu prospech bez toho, aby nejakým zásadným spôsobom ovplyvnil či už kladne alebo záporne druhý druh (hostiteľa). Ak komezál aktívne vyhľadáva blízkosť svojho hostiteľa, hovoríme pritom o **parekii** (napr. bociany hniezdia v obciach na strechách domov aby boli chránené pred dravcami), ak je dokonca trvalo prichytený na jeho povrchu ide o **epekiu** (napr. mäkkýše na pancieroch korytnačiek, epifytycké rastliny na iných rastlinách a pod.) a ak vo vnútri jeho tela hovoríme o **entekii** (napr. niektoré ryby ukrývajúce sa medzi chápadlami morských sasaniek). Niektoré komezály, konkrétne napr. roztoče, žijú v stavbách iných druhov (hniezda vtákov, nory cicavcov). Takýto vzťah nazývame **synekia**. A nakoniec, komezál môže svojho hostiteľa využívať aj ako dopravný prostriedok na transport, ako napr. larvy májkovitých (triunguliny), ktoré sa nechávajú prichytené prenášať včelami do ich hniezd.

*Priklady kladných medzidruhových vzťahov (zľava do prava): protokooperácia (krokodíliar žltobruchý *Pluvianus aegyptius* konzumuje zvyšky potravy medzi zubami krokodílov), aliancia (zoskupenie zebier a antilop okolo slonov za účelom ochrany) a komenzalizmus (supy a hyeny vyhľadávajúce koristi veľkých šeliem)*



- **mutualizmus** alebo symbióza je najtesnejší, trvalý a nevyhnutný pozitívny vzťah medzi dvoma alebo viacerými druhmi organizmov, z ktorého prospech majú všetky zúčastnené strany. Život jedných bez druhých (tzv. symbiontov) je už zväčša nemožný (obligatórny mutualizmus). Mutualizmus sa môže vyskytovať medzi rôznymi druhmi živočíchov, rastlín ale aj medzi rastlinami a živočíchmi.

Príklady mutualizmu (zľava do prava): huby a koreňová sústava drevín, krab pustovník a sasanka, hmyz a kvety rastlín



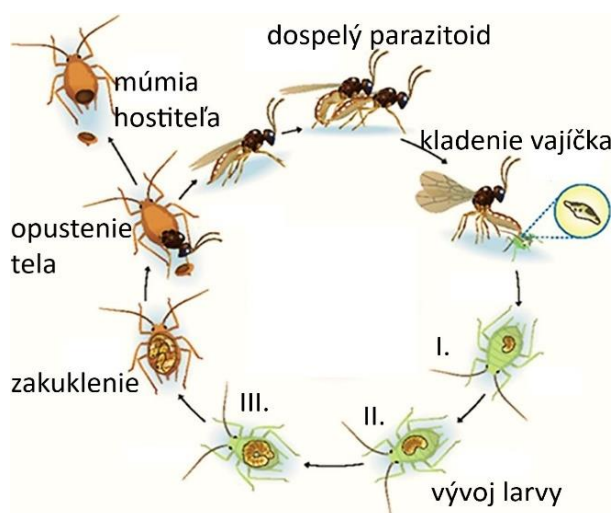
C. negatívne (antagonistické), pri ktorých jeden druh, alebo oba navzájom, pôsobia na seba záporne. Podľa intenzity tohto vzťahu ich ďalej rozdeľujeme na:

- **amenzalizmus**, kedy jeden druh (inhibítor) negatívne ovplyvňuje svojimi metabolitmi iný druh (amenzála), pričom sám nie je týmito metabolitmi ohrozovaný. Známy je napr. pri mikroorganizmoch, baktériách (septický šok), hubách, ale patria sem aj prípady tzv. chemického boja jedného organizmu proti druhému. Niektoré druhy vyšších rastlín, napr. agát biely (*Robinia pseudoacacia*) vylučujú z koreňov látky zvané **fytoncíd**y, ktoré bránia v raste iným druhom rastlín.
- **kompetícia** alebo medzidruhová konkurencia, pri ktorom sa populácie dvoch alebo viacerých druhov (kompetítorov) navzájom ovplyvňujú čerpaním tých istých zdrojov (potrava, voda, úkryty) v tom istom priestore a čase. Intenzita tohto vzťahu závisí hlavne od veľkosti vzájomného prekryvania ekologických ník dotknutých druhov. Výsledkom veľmi silnej konkurencie medzi druhmi môže byť opustenie lokality alebo až vymiznutie jedného z kompetítorov, v lepšom prípade k výraznejšej diferenciacii ich ekologických ník.
- **predátorstvo**, keď jeden organizmus (predátor) spotrebúva iný druh (korisť), pričom populačné hustoty požírača a požíraného sú od seba závislé. Keďže ale „aj vlk chce byť sýty aj ovca celá“, u oboch protagonistov tohto vzťahu sa počas evolúcie vyvinuli rôzne morfológické, fyziologické a etologické adaptácie na jednej strane (napr. dokonale vyvinutý zrak, čuch, sluch, pohyby, utváranie ústnych orgánov, pazúrov a iné) a ochranné opatrenia na strane druhej (napr. ostne, tvrdý povrch tela, zápach, sliz, jedovaté žľazy, krycie sfarbenie a pod.).
- **parazitizmus** predstavuje trvalé (obligatórny parazitizmus) alebo dočasné (fakultatívny parazitizmus) využívanie jedného druhu organizmu (hostiteľa) iným druhom (parazitom) ako zdroj potravy. Za parazitizmus sa však pokladajú aj iné spôsoby zneužívania jedného druhu iným, ako je napríklad **kleptoparazitizmus** (kradnutie potravy, hniezdneho materiálu) a **hniezdny** parazitizmus (zneužívanie rodičovskej starostlivosti).



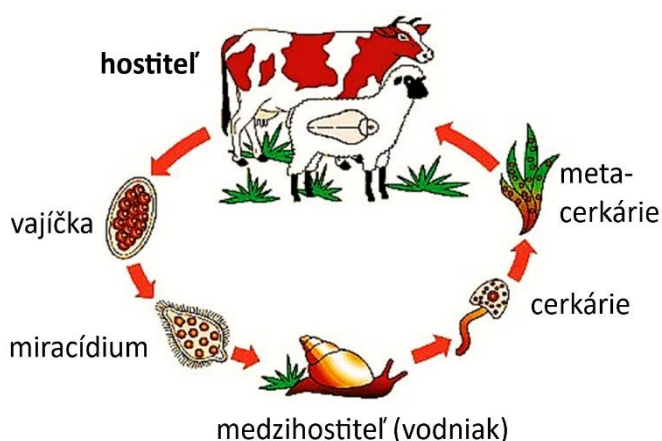
*Priklady kleptoparazitizmu a hniezdneho parazitizmu u vtákov (zľava do prava): pomorník príživný (*Stercorarius parasiticus*) doráža na sulu bielu (*Morus bassanus*) s cieľom získať od nej potravu, trsteniarik bahenný (*Acrocephalus scirpaceus*) kŕmiaci mladú kukučku.*

Na rozdiel od iných druhov organizmov – **parazitoidov**, ktoré svojho hostiteľa potravovo využijú a nakoniec usmrčia (napr. larvy niektorých blanokrídlych), parazit hostiteľa neusmrcuje.



*Vývinový cyklus parazitoidnej osičky druhu *Aphidius colemani*, parazitujúcej na voškách*

Parazity môžeme rozdeliť podľa veľkosti na **mikroparazity**, ktoré sa rozmnožujú priamo v tele hostiteľa a šíria sa buď priamo z hostiteľa na hostiteľa, alebo nepriamo prostredníctvom iného druhu – **vektora**, a **makroparazity**, ktoré sa vo svojom hostiteľovi vyvíjajú, ale rozmnožujú sa formou invázií štádií a do tela nového hostiteľa sa dostávajú prostredníctvom medzihostiteľov.



*Vývojový cyklus motolice pečenej (*Fasciola hepatica*) parazitujúcej v pečeni oviec a iných hospodárskych zvierat*

Parazitizmom si pritom môžu zaobštarávať len časť svojich životných potrieb (napr. imelo, ktoré je napojené na cievné zväzky hostiteľského stromu, ale súčasne normálne fotosyntetizuje ako každá iná rastlina), to sú tzv. **hemiparazity** (poloparazity), alebo žije výlučne paraziticky ako **holoparazit** (z rastlín napr. raflézia Arnoldova *Rafflesia arnoldii*).

Podľa miesta výskytu parazity zas rozdeľujeme na **ektoparazity**, ktoré parazitujú na povrchu tela hostiteľa (napr. kliešte, vši, blchy, komáre, pijavice) a **endoparazity**, parazitujúce vo vnútri tela hostiteľa (pásomnice, motolice). Osobitným prípadom parazitizmu je **hyperparazitizmus**, keď parazita napadne jeho ďalší špecifický parazit.

- **patogénia**, niekedy pokladaná aj za osobitný prípad parazitizmu, je interakcia medzi baktériami a vírusmi ako patogénmi na jednej strane a eukaryotickými organizmami ako hostiteľom na strane druhej.

Potrava a potravné (trofické) vzťahy

Z ekologického hľadiska pod potravou rozumieme všetky organické látky rastlinného alebo živočíšneho pôvodu v živej, neživej alebo odumierajúcej sa forme. Z prijatej potravy však organizmy využívajú aj anorganické látky, a to najmä soli, stopové prvky a vodu. Potrava je zároveň dôležitým zdrojom energie. Keďže jej dostupnosť a zloženie významne ovplyvňuje všetky základné životné deje organizmov vrátane rozmnožovania, možno ju tiež pokladať za biotický faktor.

Na Zemi organizmy získavajú energiu a potravu dvoma základnými spôsobmi:

- **autotroficky**, keď z anorganických látok vytvárajú látky organické. Patria k nim všetky zelené fotosyntetizujúce rastliny ale aj **chemotrofné** baktérie, ktoré energiu na syntézu organických látok získavajú rozkladom niektorých zlúčenín, tzv. chemosyntézou.
- **heterotroficky**. Sem patria organizmy s holozoickou výživou (predovšetkým živočíchy), ktoré nie sú schopné vytvárať organické látky, ale prijímajú ich hotové potravou a ďalej vo svojom tele transformujú.

Niektoré organizmy (napr. bičíkovce) môžu získavať potravu oboma spôsobmi, a to v závislosti od podmienok, v ktorých sa práve nachádzajú. Takéto organizmy nazývame **mixotrofné**.

Heterotrofné organizmy ďalej rozdeľujeme podľa druhu potravy, jej stavu a špecializácie, resp. zloženia.

Podľa druhu prijímanej potravy poznáme organizmy **fytofágne** (bylinožravce), ktoré sa živia rastlinou potravou a organizmy **zoofágne** (mäsožravce), živiace sa živočíchmi. Tie ďalej môžeme deliť podľa ich špecializácie na určitú taxonomickú skupinu (pozri obrázok nižšie).



granivorné (semená)



lignivorné (drevo)



fylofágne (listy)

Príklady potravnjej špecializácie heterotrofných organizmov



insectivorné (hmyz)



piscivorné (ryby)



hemofágne (krv)

Podľa stavu prijímanej potravy sa organizmy delia na **biofágne**, ktoré konzumujú živú potravu. Tú pohlcujú v celku alebo rôznym spôsobom pred prehltnutím upravujú (rozkúskujú, rozomelú a pod.). K nim patria všetky fytofágy a zoofágy. **Nekrofágne** druhy sa živia naopak iba odumretými a rozkladajúcimi sa telami iných organizmov. Delia sa na **zdochlinožravce** (hyena, sup), **rozkladače** (huby, dážďovky) a **koprofágy**, ktoré sa špecializujú na exkrementy iných organizmov alebo dokonca i na vlastné výkaly (autokoprofágia, králik).

Príklady koprofágnych druhov živočíchov



mucha *Physiphora alcae*



skarabeus
(*Scarabeus* spp.)



králik domáci
(*Oryctolagus c. domesticus*)

Mnohé druhy heterotrofných organizmov si pritom vytvorili osobité formy výživy. K tým najznámejším patrí **cecidofágia**, kde ako potrava slúžia pletivá rastlín pozmenené samotným konzumentom. Nazývané ich háľky alebo cecídie. K cecidofágom patria najmä rôzne druhy hmyzu. Z ďalších foriem to je **symbiontofágia**, pri ktorej jeden živočích využíva ako potravu iné nižšie organizmy, ktoré si i sám pestuje (chová). Podobne ako **trofobióza** – požíranie výlučkov iných druhov, najmä vošiek – je a symbiontofágia typická najmä pre zástupcov triedy hmyzu. Nie ojedinelým spôsobom výživy je aj **kanibalizmus**, t. j. konzumácia jedincov vlastného druhu. Tá môže byť úmyselná či cieľená (samice pavúkov alebo modliviek, ktoré požírajú svojich partnerov po spárení – sexuálny kanibalizmus) alebo neúmyselná či náhodná (ryby, obojživelníky, ktoré nie sú schopné rozoznať vlastné potomstvo od cudzieho). Kanibali

môžu pritom konzumovať aj svoje vlastné mláďatá, vtedy hovoríme o **kronizme**, alebo sa medzi sebou môžu požírať dokonca vlastní súrodenci. To nazývame zas **kainizmus** (odvodené od biblického mena Adamovho syna Kaina, ktorý zabil svojho brata Ábela). Motivácia pre kainistické správanie však nemusí byť priamo konzumácia súrodenca, ale riešenie kompetičných vzťahov, napr. u niektorých našich orlov.

Príklady niektorých osobitých foriem výživy heterotrofných organizmov



cecidofágia
háľky hrčiarky listovej
(*Cynips quercusfolii*)



symbiontofágia
mravce rodu *Atta*
pestovanie húb



trofobióza
mravec rodu *Myrmica*
starostlivosť o vošky



sexuálny kanibalizmus
modlivka zelená
(*Mantis religiosa*)

Ako je z vyššie uvedeného vidieť, zloženie potravy (tzv. potravné spektrum) je u heterotrofných organizmov rôzne, a to od druhov vysoko špecializovaných len na jeden druh či typ potravy až po druhy s veľmi širokým potravným spektrom. Na základe toho ich môžeme rozdeliť na nasledovné skupiny:

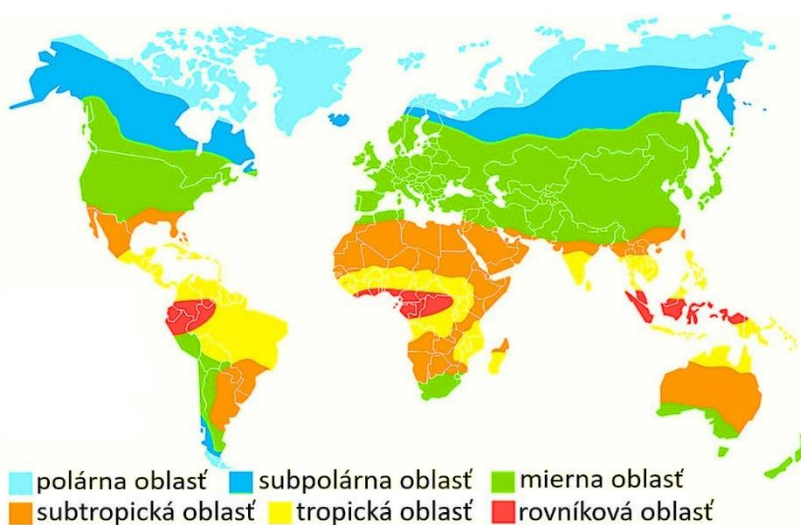
- **monofágy** či univoria s úzkou potravnou špecializáciou len na určitý typ potravy (napr. listožravé húsenice motýľov, háľkotvorný hmyz). Podobne medvedík koala (*Phascolarctos cinereus*) konzumuje výhradne listy eukalyptov.
- **oligofágy**, ktoré už majú širšie potravné spektrum pozostávajúce z viacerých, väčšinou blízko príbuzných druhov rastlín alebo živočíchov. K takým patria napr. mnohé druhy hmyzích škodcov.
- **polyfágy** či multivoria, ktorých potrava je zložená z veľkého počtu rastlín alebo živočíchov. Pavúky sa živia napr. rôznymi druhmi hmyzu, ktoré chytia do pavučiny, mnohé dravce hlodavcami, vtákmi, ale aj hmyzom či uhynutými živočíchmi.
- **pantofágy** alebo omnivoria sú skutoční všežravci, ktorí konzumujú živé i mŕtve rastliny a živočíchov, zvyčajne v závislosti od podmienok prostredia alebo ročného obdobia. Mnohé druhy vtákov sa v zime živia semenami alebo plodmi rastlín, vo vegetačnom období, resp. v období rozmnožovania však svoje mláďatá kŕmia živočíšnou potravou, resp. hmyzom. U niektorých druhov (napr. fúzatke trstovej *Panurus biarmicus* sa v zime prebuduje na rastlinný typ potravy – semená – dokonca aj stena ich žalúdka).

Všeobecne pritom platí, že monofágia a oligofágia je častejšia pri fytofágnych druhoch ako pri druhoch zoofágnych. To ale samozrejme závisí aj od iných faktorov, akými je množstvo a dostupnosť danej potravy, jej stráviteľnosť, výživová hodnota a ďalšie vlastnosti. Významne sa na tom podieľa aj jej periodicita (zmeny počas roka) a adaptačná schopnosť konzumentov.

Periodické zákonitosti a charakter pôsobenia ekologických faktorov

V predchádzajúcich kapitolách sme už naznačili, že intenzita pôsobenia toho ktorého faktora na organizmy sa môže meniť v čase i priestore a dokonca pravidelne kolísať v priebehu roka. Periodicita pôsobenia týchto faktorov je ovplyvnená viacerými javmi. Podľa toho tieto periodicky sa opakujúce faktory rozdeľujeme na:

- **primárne periodické faktory**, ktoré sú vyvolané pohybmi zeme okolo svojej osi (24 hodinová perióda) a okolo slnka (ročná perióda), a pohybom mesiaca (slapové javy, t. j. príliv a odliv). K týmto faktorom patrí predovšetkým svetlo a teplota, ktoré na Zemi vymedzujú klimatické zóny (alebo oblasti), a tým limitujú i rozšírenie organizmov. Slapové javy sú zas významné najmä pre biorytmy morských živočíchov.
- **sekundárne periodické faktory**, ktoré sú v rôznom stupni závislé od primárne periodických faktorov. Patrí sem napr. vlhkosť, ktorá je závislá od teploty, ale aj trofické faktory, pretože vegetačný cyklus rastlín, od na ktoré sú viazaní konzumenti, je tiež závislý od primárne periodických faktorov svetla a teploty. Tieto faktory ovplyvňujú pritom hlavne hustotu populácií ale nie ich veľkosť s hranice rozšírenia.



Hlavné klimatické zóny alebo oblasti na Zemi

Okrem pravidelne sa opakujúcich periodických faktorov však bývajú organizmy vystavené aj náhlým a nečakaným **neperiodickým faktorom**, na ktoré nie sú zväčša adaptované. Patria sem napr. extrémne klimatické faktory ako sú búrky, víchrice, povodne, ale i požiare a vulkanická činnosť. Pri narušení biologickej rovnováhy môžu ako neperiodický faktor pôsobiť aj predátori alebo parazity. K významným neperiodickým faktorom v súčasnosti patria aj antropické faktory (výrub lesov, vysušovanie mokradí a pod.).

Podobne ako sekundárne periodické faktory môžu aj neperiodické faktory negatívne ovplyvniť najmä hustotu populácií a stabilitu celých spoločenstiev. Hranice medzi nimi a periodickými faktormi sú však len relatívne a často veľmi tesné. To čo pre väčšinu organizmov môže predstavovať neperiodický faktor (napr. povodeň či požiar), pre niektoré druhy je z dlhodobého hľadiska faktorom periodickým (rastliny na púšti a v lesostepných oblastiach).

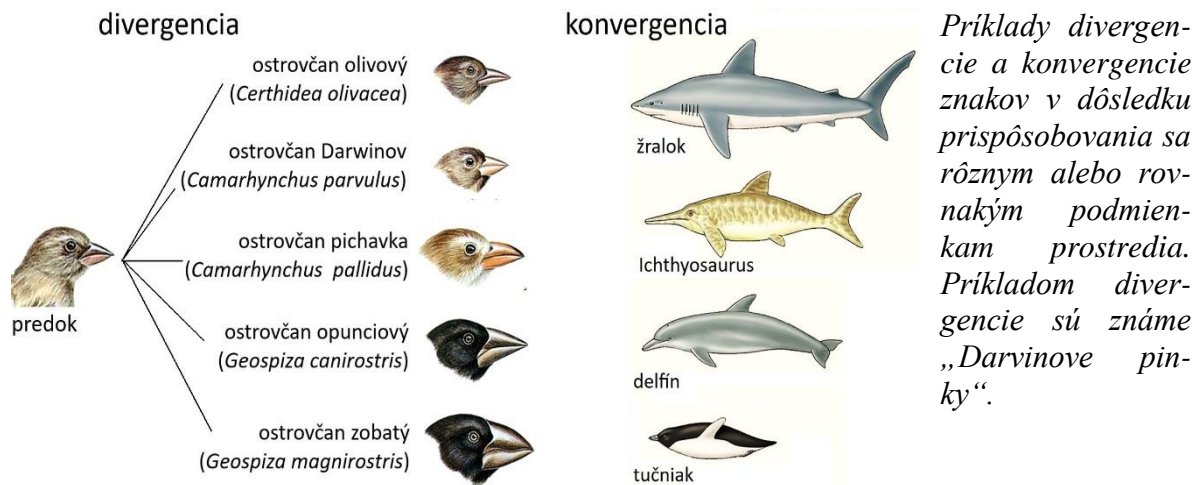
Jednotlivé faktory pritom môžu ovplyvňovať celkovú stavbu tela organizmov, ich fyziológiu alebo správanie. Podľa toho ich rozdeľujeme na faktory:

- **morfoplastické**, ktoré ovplyvňujú stavbu tela organizmov. Príkladom je pôsobenie teploty na veľkosť tela živočíchov a ich telové výbežky (bližšie pozri napr. Bergmanovo a Allenovo pravidlo vyššie). Niektoré faktory, ako napr. potrava, môžu ovplyvniť aj vnútornú stavbu živočíchov. Žubrienky žiab, ktoré sa živia najmä rastlinnou potravou majú k veľkosti tela pomerne dlhšie črevo ako dospelé žaby, ktoré sa živia živočíšnou potravou. Ostatne známe sú aj rozdiely medzi vnútornou stavbou tráviacej sústavy bylinožravcov a mäsožravcov. Z rastlín možno uviesť napr. trst' obyčajnú (*Phragmites australis*), ktorá vo vode dosahuje impozantné rozmery až 4 metrov zatiaľ čo na suchej zemi ledva 1,5 m.
- **fyzioplastické**, ktoré zas ovplyvňujú fyziologické deje v organizmoch. Teplota napr. ovplyvňuje termoreguláciu, množstvo kyslíka v prostredí fyziológiu dýchania (napr. zvýšením počtu erytrocytov).
- **etoplastické**, ktoré majú vplyv na správanie organizmov. Týmito faktormi sa osobitne zaoberá behaviorálna ekológia.

Odpovede organizmov na pôsobenie ekologických faktorov

Aby mohol organizmus žiť v rovnováhe s prostredím, musí na pôsobenie jednotlivých faktorov nejakým spôsobom reagovať. Sú tri základné typy odpovedí organizmu na zmeny ekologických faktorov: reakcia, adaptácia s deformácia.

- **reakcia** je okamžitá a rýchla fyziologická odpoveď organizmu na vonkajší, zvyčajne jednorazový podnet určitej intenzity. Tieto odpovede sú zvyčajne vrodené.
- **adaptácie** sú na rozdiel od reakcií sú dlhodobé výhodné zmeny organizmov vyvolané dlho pôsobiacim alebo opakovaným podnetom. Vyvinuli sa v priebehu fylogenetického vývoja organizmov ako výsledok prírodného výberu. Vyvolané sú zmenami dedičných znakov, a to buď náhodnými mutáciami alebo novou kombináciou génov. Podieľať sa na nich však môžu aj niektoré vonkajšie fyzikálne alebo chemické faktory, tzv. **mutagény**. Podľa typu faktora, ktorý adaptáciu vyvoláva, ich rozdeľujeme na morfológické, fyziologické a etologické. Pri morfológických adaptáciách sa organizmy prispôbujú prostrediu zmenou veľkosti a tvaru tela alebo končatín. Končatiny krta podzemného (*Talpa europaea*) sú napríklad prispôbené na hrabanie pôdy, u netopierov na lietanie, u veľrýb na plávanie. Rôzne podmienky prostredia mohli spôsobiť zmeny znakov i u veľmi blízko príbuzných druhov a viesť dokonca k vzniku nových druhov. Takúto rozbiehavosť znakov potom nazývame **divergencia**. Opačným javom je **konvergencia** (zbiehavosť znakov), keď fylogeneticky často vzdialené druhy žijúce v rovnakom prostredí zdieľajú aj rovnaké znaky (napr. plutvy).



Príklady divergencie a konvergencie znakov v dôsledku prispôsobovania sa rôznym alebo rovnakým podmienkam prostredia. Príkladom divergencie sú známe „Darvinove pin-ky“.

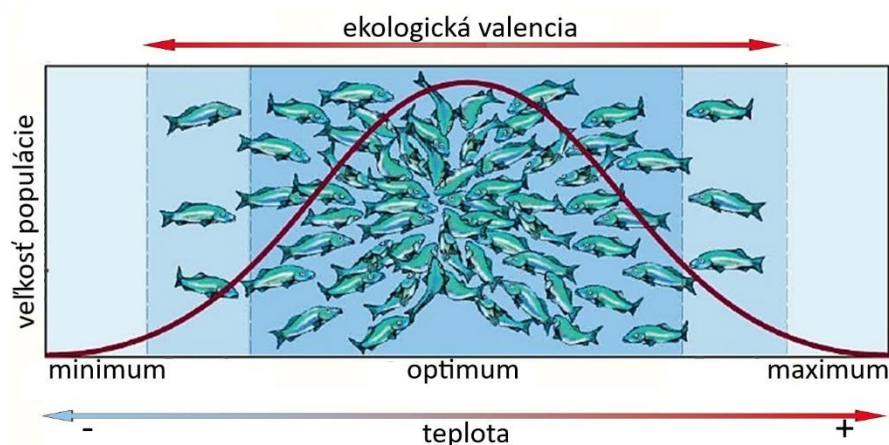
- deformácie sú žiadne alebo biologicky nerelevantné odpovede organizmu na nepriaznivé vplyvy vonkajších faktorov, ktoré vedú k rôznym patologickým zmenám až zániku organizmu či celej populácie.

Osobitne sa novým podmienkam museli prispôbiť **introdukované druhy**, ktoré boli človekom úmyselne alebo neúmyselne zavlečené do nových oblastí. K takým u nás patria napríklad pásavka zemiaková (*Leptinotarsa decemlineata*), bažant obyčajný (*Phasianus colchicus*), ondatra pižmová (*Ondatra zibethica*) či muflón lesný (*Ovis musimon*) a daniel škvrnitý (*Dama dama*). Tento proces postupného prispôsobovania sa komplexu podnetov nového prostredia nazývame **aklimatizácia**. Introdukované druhy pritom môžu v novom prostredí obsadiť voľné niky alebo vytlačiť z nich pôvodné druhy. Niekedy môžu dokonca zmeniť svoj spôsob života a obsadiť úplne iné niky ako vo svojej domovine. Keďže v novej oblasti mávajú zvyčajne málo prirodzených predátorov, stávajú sa často obávanými škodcami.

Limitujúce faktory a zákon minima a tolerancie

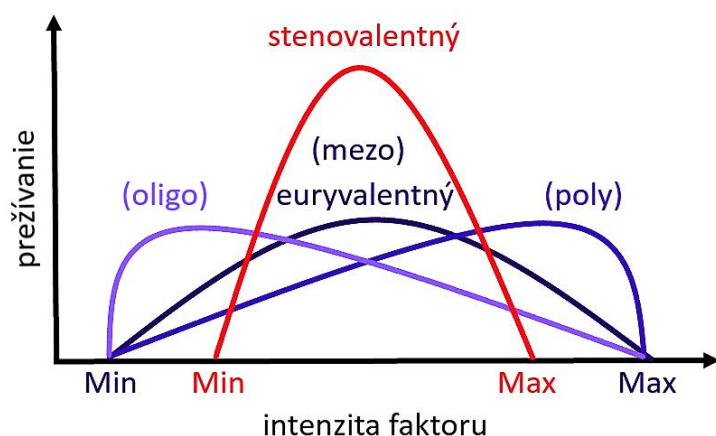
Prežívanie organizmov v prostredí je často limitované tým faktorom, ktorý je v minime. Toto si už v 19. storočí všimol u rastlín nemecký chemik J. Liebig, ktorý v roku 1840 formuloval i tzv. **zákon minima**. Neskôr sa však ukázalo, že pre život organizmov majú význam nielen minimálne, ale aj maximálne koncentrácie alebo intenzita pôsobiacich faktorov. Na tomto princípe sformuloval americký zoológ a ekológ V. E. Shelford v roku 1913 tzv. **zákon tolerancie**, podľa ktorého každý druh toleruje isté rozpätie ľubovoľného faktora, pričom najlepšie prospieva v prostredí, ak v ňom pôsobia vplyvy v rozsahu optimálnych hodnôt. Túto závislosť vyjadruje Gaussova krivka (pozri obrázok nižšie) ohraničená na oboch koncoch minimom a maximom, ktoré predstavujú dolnú a hornú, t. j. hraničnú či letálnu hranicu existencie pre daný druh. Vzdialenosť medzi týmito medznými hodnotami vyjadruje

ekologickú valenciu istého faktora, ktorou je vymedzená aj tolerancia druhu. Medzi minimom a maximom leží optimum, pri ktorom by mali organizmy najlepšie prosperovať.



Príklad závislosti rýb (tolerancie) k teplote vody

Ako vidieť z ďalšieho obrázku nižšie, rozpätie medzi minimálnymi a maximálnymi hodnotami môže byť značne široké, vtedy hovoríme o tzv. **euryvalentných** druhoch, alebo naopak úzke pri **stenovalentných** druhoch. Podľa šírky tolerancie organizmov môžeme potom charakterizovať druhy pre ktorýkoľvek ekologický faktor, napr. v prípade teploty – stenotermné *verzus* eurytermné, obsahu kyslíka – stenoxibiontné *verzus* euryxibiontné, potravy – stenofágne *verzus* euryfágne a pod. Podobne aj optimum akéhokoľvek ekologického faktora môže byť umiestnené na osi intenzity jeho vplyvu rôzne (viac k minimu, v strede alebo bližšie k maximálnym hodnotám). Podľa toho môžeme vytvoriť ďalšie kategórie valencie druhov – oligo (steno alebo eury) valentné, – mezo (steno alebo eury) valentné alebo – poly (steno alebo eury) valentné. Pstruh potočný (*Salmo trutta*) je napríklad oligostenotermný, pretože toleruje iba úzke rozpätie teplôt v chladných vodách, kým koraly sú väčšinou polystenotermné, lebo vyžadujú pre život vysokú teplotu vody.



Grafické znázornenie valencie druhov k intenzite pôsobenia nejakého ekologického faktora

Z vyššie uvedeného ďalej vyplýva, že prežitie jedincov určitého druhu budú významné, resp. kritické práve tie ekologické faktory, ktoré pôsobia v rozsahu ich medzných hodnôt. Takéto faktory nazývame **limitujúce** ale medzné. U stenovalentných druhov to budú najmä tie faktory, ktoré v prostredí výrazne kolíšu. Naopak faktor, ktorý sa veľmi nemení a je viac-menej stály, zvyčajne neovplyvní výskyt euryvalentných druhov. Príkladom môže byť kyslík, ktorého je v

ovzduší dostatok, ale v prostredí s jeho nedostatkom (napr. v pôde, v hlbokých moriach) je limitujúcim faktorom. Poznanie limitujúcich faktorov je preto veľmi dôležité pre zabezpečenie efektívnej ochrany ohrozených druhov rastlín a živočíchov, ako aj v boji proti rôznym škodcom, pri pestovaní poľnohospodárskych rastlín, chove zvierat a iných hospodárskych odvetviach.

Pri posudzovaní limitujúcich faktorov je však potrebné si uvedomiť, že väčšina z nich nepôsobí samostatne, ale v súčinnosti s inými faktormi a organizmy môžu za istých okolností čiastočne nahradiť jeho nedostatok využitím iného faktora (tzv. Lundergardhov **zákon substitúcie** alebo relatívneho pôsobenia faktorov). To je ale samozrejme vecou hlbšieho štúdia u konkrétnych druhov a v konkrétnych podmienkach prostredia.

Populácia ako homotypický súbor jedincov

Pod pojmom **populácia** rozumieme súbor jedincov toho istého druhu žijúcich a rozmnožujúcich sa na tom istom mieste a v tom istom čase. Tento súbor však nepredstavuje len dospelých jedincov daného druhu, ale aj všetkých jeho vývojových štádií, t. j. vajíčka, larvy, kukly a pod. V priestore je populácia ohraničená buď prirodzenými geografickými hranicami (napr. ostrovné populácie) alebo umelo (napr. populácia jelenej zveri v obore). Každá populácia sa vyznačuje určitou hustotou, rozmiestnením jej členov v priestore, štruktúrou a rýchlosťou rastu.

*Populácia suly bielej na skalnatom ostrove (prirodzene ohraničená populácia) a populácia kapra obyčajného *Cyprinus carpio* v chovnom rybníku (umelo ohraničená populácia)*



Hustota alebo denzita populácie vyjadruje počet jedincov danej populácie obývajúcich určitý priestor na jednotku tohto priestoru, t. j. plochu alebo objem. V prípade tzv. hmotnostnej hustoty či **biomasy** prepočítavame namiesto jedincov ich celkovú hmotnosť. Všeobecne pritom platí, že veľkú hustotu majú väčšinou drobné organizmy, ako sú baktérie, prvoky, hlodavce a pod. a malú hustotu naopak veľké organizmy, napr. šelmy.

Hustota populácie závisí od dostupnosti základných zdrojov, ako je potrava, svetlo, priestor. To znamená, že **maximálna hustota** každej populácie je daná nosnou kapacitou prostredia, kým **minimálna hustota** najmenším počtom jedincov daného druhu, ktoré sú schopné sa ešte rozmnožovať alebo získavať zdroje (napr. v prípade kolektívneho lovu). Podľa **Alleho princípu** je pre prežitie populácie pritom dôležitá jej prirodzená hustota zodpovedajúca konkrétnym podmienkam prostredia. Pri veľmi vysokej populačnej hustote sa vyčerpávajú potravinové zdroje a zvyšuje sa nebezpečenstvo šírenia rôznych infekčných chorôb a parazitov a pri príliš nízkej hustote sa zhoršuje zas možnosť stretnutia jedincov oboch pohlaví a ich rozmnožovanie.

Rozmiestnenie alebo disperzia jedincov danej populácie v priestore môže byť **rovnomerné**, keď sú jedince od seba vzdialené v pravidelných rovnakých vzdialenostiach, **náhodné**, najmä v jednotvárnom prostredí kde sa jedinci nemajú možnosť inak zhlukovať a skupinové, ktoré je najčastejšie. Pri ňom jedinci vytvárajú menšie alebo väčšie skupiny, napr. z dôvodu spoločného zimovania a pod.

*Príklady rovnomernej (albatros nemenlivý *Phoebastria immutabilis*), náhodnej (múčiar obyčajný *Tenebrio molitor*) a skupinovej (hraboš poľný *Microtus arvalis*) distribúcie jedincov v priestore*



Štruktúra a rast populácie

Zloženie alebo skladba populácie je rôzna a závisí od zastúpenia jednotlivých skupín jedincov v nej. Pre správny rozvoj a rast každej populácie je dôležité najmä zastúpenie dostatočného počtu dospelých samcov a samíc schopných reprodukcie, ale aj od ich potomstva, t. j. budúcej generácie. Pre správne fungovanie je zároveň nevyhnutné aj ich postavenie v populácii. Z týchto dôvodov je dôležité preto poznať najmä jej pohlavnú, vekovú a sociálnu štruktúru.

Pohlavná štruktúra (sexilita) vyjadruje pomer samcov a samíc v populácii. Ten býva často značne variabilný, pretože závisí od mnohých ďalších faktorov, ako je vek jedincov, úspešnosť rozmnožovania, hustoty populácie ale aj od ročného obdobia. Z tohto hľadiska poznáme tzv. **primárny** alebo teoretický pomer pohlavia, ktorý je geneticky fixovaný v oplodnených vajíčkach. Nie všetky vajíčka a z nich vyvinuté plody alebo embryá sa však z rôznych dôvodov vyliahnú alebo narodia. Preto pomer pohlavia tých jedincov, ktorým sa to podarí, nazývame **sekundárny**. No a nakoniec je tu **terciárny** alebo reálny pomer pohlavia tých jedincov, ktorí dorastú a dožijú sa reprodukčného veku a môžu pristúpiť do procesu rozmnožovania.

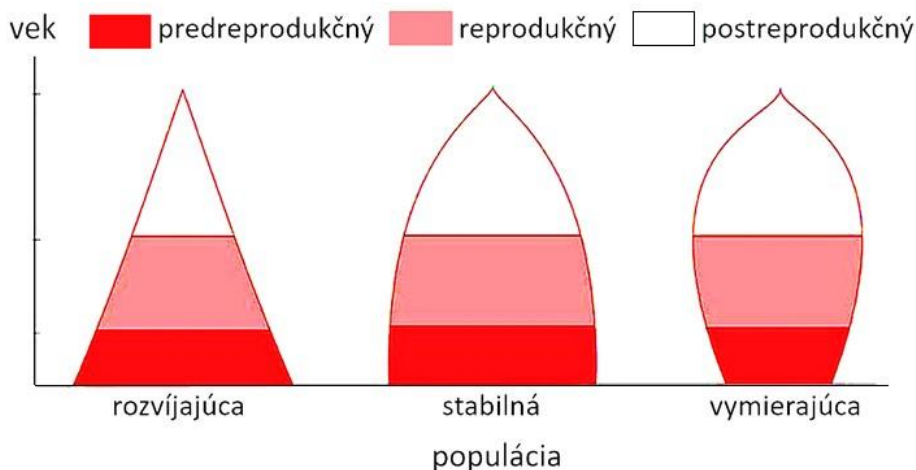
Veková štruktúra je daná zas počtom jedincov prežívajúcich v jednotlivých vekových kategóriách. Pre existenciu každej populácie je samozrejme najdôležitejšie to, koľko jedincov

sa dožije reprodukčného veku. Za normálnych okolností by populácia mala obsahovať najviac mladých jedincov v tzv. predreprodukčnom veku, menej jedincov stredného veku, t. j. v reprodukčnom veku, a najmenej starých jedincov v postreprodukčnom veku. Podľa zastúpenia týchto troch vekových kategórií jedincov môžeme potom predpokladať aj ďalší vývoj populácie.

Poznáme tri základné typy vekovej štruktúry populácie:

- **mladá, rozvíjajúca** sa populácia, v ktorej je najväčší podiel mladých jedincov, úmerný jedincov v reprodukčnom veku a najmenší starých jedincov. Takáto štruktúra má tvar pyramídy (pozri obrázok nižšie),
- **stabilná** populácia s približne rovnakým podielom mladých a dospelých jedincov a pomerne malým podielom starých jedincov. Takéto zloženie populácie má tvar zvona,
- **vymierajúca** populácia s malým podielom mladých a dospelých jedincov a s výrazným podielom starých jedincov. Tvar takejto štruktúry populácie je symbolicky urnovitý.

Typy vekovej štruktúry populácie



Sociálna štruktúra odráža vnútro populačné sociálne vzťahy a väzby medzi jedincami v danej populácii. Základom sociálnej štruktúry je **hierarchia**, t. j. usporiadanie vzťahov medzi dominantnými (nadradenými) a submisívnymi (podriadenými) jedincami. Príkladom hierarchického usporiadania populácie je napr. vlčia svorka, v ktorej najvyššie postavenie má tzv. alfa pár. Iba ten má mláďatá, vedie celú svorku a žerie korisť ako prvý. Pod ním je beta pár a potom ostatní nižšie postavení členovia svorky. Najnižšie postavený je omega jedinec (jedinci), ktoré určí alfa pár.

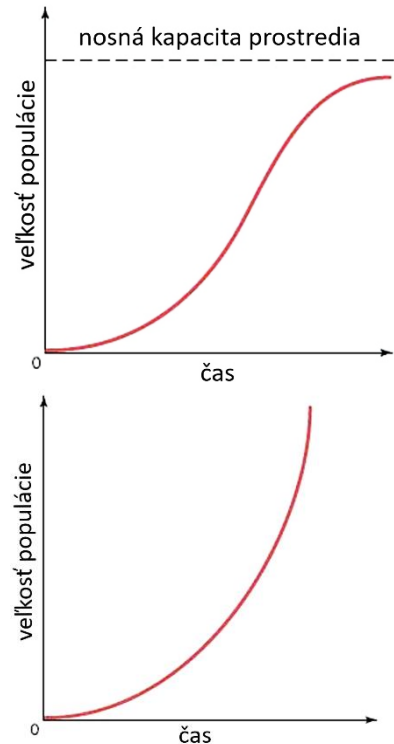
So štruktúrou populácie úzko súvisí aj jej rast, ktorý je daný pomerom množivosti a úmrtnosti.

Množivosť (natalita) znamená počet novonarodených jedincov za určité obdobie. Môže byť **fyziológická** (absolútna alebo maximálna), ktorá je pre každý druh konštantná a predstavuje teoretickú maximálnu produkciu nových jedincov za ideálnych podmienok, a **skutočná** (ekologická). Tá predstavuje skutočnú produkciu nových jedincov za konkrétnych podmienok prostredia.

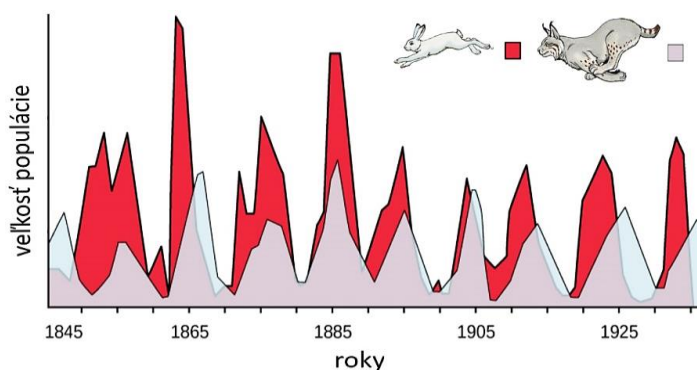
Úmrtnosť (mortalita) je zas vymieranie jedincov v populácii za určité obdobie. Významne sa na nej podieľa aj chorobnosť (morbidita). Podobne ako pri množivosti aj pri úmrtnosti rozlišujeme teoretickú, t. j. minimálnu mortalitu, a realizovanú, t. j. ekologickú mortalitu.

V prípade, že v populácii prevláda množivosť nad úmrtnosťou, populácia bude rásť. Poznáme dve základné typy rastu populácie, ktoré môžeme vyjadriť rastovými krivkami S a J.

- krivka tvaru **S** (sigmoidná) je najčastejším typom. Charakteristická je pre tzv. uzavretý rast populácie. Pri tomto type rastu veľkosť populácie vzrastá najskôr pomaly, potom sa jej rast prudko zrýchli a nakoniec nastáva tretia, tzv. stacionárna fáza, kedy sa jej rast zreteľne spomalí. Vtedy populácia dosahuje vyvážený stav a jej početnosť potom už len kolíše okolo tejto hraničnej hodnoty, t. j. únosnej kapacity prostredia.
- krivka tvaru **J** (exponenciálna) 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. Početnosť populácie potom prudko klesá. Takýto typ populačného rastu je typický napr. pre niektoré druhy hmyzu s jednou generáciou v roku, jednorôčné rastliny, populácie severských lumíkov sibírskych (*Lemmus sibiricus*) a pod.



Rast populácie však nie je väčšinou rovnomerný a pravidelný, ale môžu sa striedať obdobia pomalšieho alebo rýchlejšieho rastu, ktoré spôsobujú zmeny či kolísanie početnosti jej jedincov. Takéto kolísania početnosti populácie môžu prebiehať počas roka, vtedy ich nazývame **oscilácie** (napr. pri hmyze v miernom pásme), alebo v priebehu viacerých rokov. To sú **fluktuácie**. Pri fluktuáciách nastávajú pravidelné niekoľkoročné obdobia silného až katastrofálneho premnoženia (tzv. gradácie), keď početnosť populácie vysoko presiahne únosnú kapacitu prostredia, po ktorých nasleduje zákonitý prudký pokles početnosti až na minimálne hodnoty. Takéto fluktuáčny cykly bývajú zväčša 3, 4- alebo až 10-ročné. Vyskytujú sa napr. u hraboša poľného, lumíkov, zajacov, kurovitých vtákov a pod., ako aj ich hlavných predátorov. Príčiny fluktuácií nie sú úplne známe, ale podieľajú sa na nich vnútorné (populačné) ako aj vonkajšie faktory prostredia (napr. klimatické podmienky).



Závislosť (dynamika) početnosti rysi kanadského (*Lynx canadensis*) od početnosti jeho hlavnej koristi zajaca snežného (*Lepus americanus*)

Spoločenstvá ako heterotypické kolektívy organizmov

Pod spoločenstvom alebo **cenózou** rozumieme súbor populácií rôznych druhov organizmov vyskytujúcich sa na jednom mieste a v rovnakom čase a pospájaných vzájomnými vzťahmi. Štúdiom spoločenstiev sa zaoberá synekológia, konkrétnejšie biocenológia. Jednotlivé spoločenstvá zároveň charakterizujú aj určitý typ prostredia. Spoločenstvá, ktoré sa opakujú v podobných prostrediach nazývame **izocenózy** a druhy, ktoré plnia v rámci porovnateľných izocenóz plnia rovnakú funkciu nazývame ekologické **vikarianty** (ako príklad pozri obrázok nižšie).

*Ekologické vikarianty v rámci spoločenstiev otvorených trávnatých biotopov (zľava do prava): zebra (*Equus spp.*) v africkej savane, bizón americký (*Bison bison*) v prérii a sajga tatárska (*Sajga tatarica*) v ázijskej stepi*



Vzájomné vzťahy medzi členmi spoločenstva označujeme ako **interakcie**. Tie môžu byť **priame** (tzv. korelácie), keď jeden druh ovplyvňuje iný druh priamo, napr. dravec → korisť, alebo **nepriame** (interrelácie), pri ktorých je jeden druh ovplyvňovaný druhým prostredníctvom ďalšieho druhu alebo druhov (sprostredkovateľ'a), napr. ryby → zooplanktón → fytoplanktón. Prostredie spoločenstva nazývame **cenotop**. Napríklad odumierajúci kmeň stromu je cenotopom spoločenstva húb žijúceho na odumierajúcom dreve

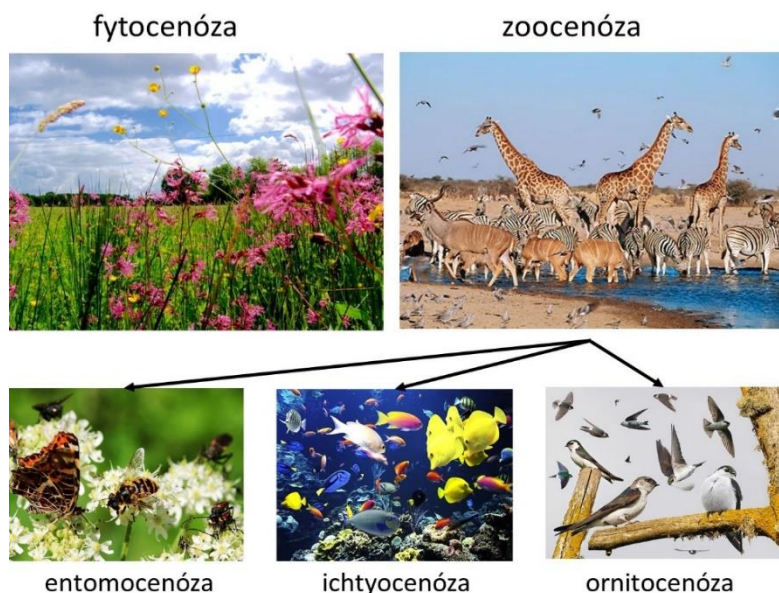
Spoločenstvo všetkých organizmov sa nazýva zas **biocenóza** a jeho prostredie **biotop**. Pojem biocenóza prvý krát definoval už v roku 1877 nemecký zoológ a ekológ K. Mőbius. Pre každú biocenózu je charakteristická stálosť (stabilita), nezávislosť (autarkia) a autoregulácia. Pod biotopom rozumieme abiotické prostredie biocenózy, vyznačujúce sa súborom všetkých miestnych abiotických faktorov. Vzťahy medzi biocenózou a biotopom možno pritom sformulovať do troch základných tzv. biocenotických princípov:

1. **biocenotický princíp** zavedený nemeckým limnológom, zoológom a ekológom A. F. Thienemannom v roku 1918 a 1920 hovorí, že čím rozmanitejšie sú životné podmienky biotopu, tým viac druhov je zastúpených v biocenóze, ale hustota ich populácií je pomerne nízka (napr. dažďový prales)
2. **biocenotický princíp** zavedený opäť Thienemannom v roku 1918 zas hovorí, že čím viac sa životné podmienky biotopu odchyľujú od normálneho stavu, tým je biocenóza druhovo chudobnejšia, pričom populácie týchto niekoľkých málo druhov dosahujú vysokú početnosť (napr. severská tundra).

3. **biocenotický princíp** zaviedol v roku 1952 H. Franz. Podľa tohto princípu je biocenóza tým druhovo bohatšia, vyrovnannejšia a stabilnejšia, čím stálejšie sú životné podmienky v biotope (napr. koralové útesy)

Typy alebo kategórie biocenóz

Jednotlivé spoločenstvá môžeme rozdeliť alebo kategorizovať podľa viacerých kritérií. Z každej biocenózy môžeme napr. vyčleniť menšie heterotypické kolektívy, ktoré predstavujú akési subsystémy celej biocenózy ale s nižšiu autoregulačnou schopnosťou. Takéto spoločenstvá nazývame **čiasťkové**. Prirodzenými čiastkovými spoločenstvami sú napr. spoločenstvá vodného planktónu, ktoré môžeme deliť na litorálne (pobrežné) a pelagiálne (oblasť voľnej vody) alebo epilimnické a hypolimnické (nad alebo pod hornou vrstvou vody v nádržiach). Iný spôsob členenia spoločenstva je umelé, a to podľa príslušnosti jeho zástupcov k určitým taxonomickým skupinám (príklady pozri nižšie).



Príklady čiastkových spoločenstiev na úrovni vyšších a nižších taxonomických kategórií

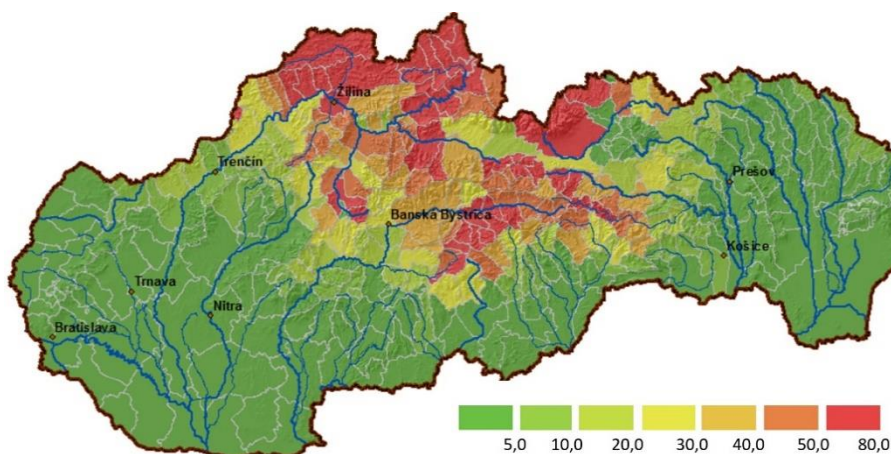
Iným typom biocenóz sú **zmiešané** alebo komplexné spoločenstvá, ktoré vznikajú v dôsledku nerovnakých životných podmienok v rámci ich rozsahu. Môžu mať zonálne alebo pásové usporiadanie, a preto ich osobitne nazývame aj zónačné spoločenstvá alebo jednoducho **zonácie**. Môžu však vznikať aj pri zmenách a rozdieloch životných podmienok v malých úsekoch biotopu, a vtedy ich označujeme ako mozaikovité spoločenstvá alebo **mozaiky**.

Príklady zónačného (vľavo) a mozaikovitého spoločenstva (vpravo)



Podobne osobité sú prechodné spoločenstvá alebo inak **ekotóny** vyskytujúce sa na miestach styku dvoch alebo viacerých samostatných spoločenstiev. Hoci sú ovplyvnené susediacimi spoločenstvami, majú aj vlastné špecifické znaky a zvyčajne sú i druhovo bohatšie, nakoľko okrem druhov, ktoré tu prenikajú zo susediacich spoločenstiev, majú aj vlastné špecifické druhy.

Z hľadiska stupňa pôvodnosti rozoznávame zas spoločenstvá **primárne** a **sekundárne**. Primárne prirodzené biocenózy predstavujú pôvodné spoločenstvá organizmov, ktoré sa do súčasnosti zachovali len na niektorých miestach na Zemi, a to najmä v Antarktíde, čiastočne v Arktíde, centrálnych oblastiach púští, pralesoch a severských lesoch, v hĺbinách oceánu a na niektorých neosídlených ostrovoch. Inde na ich mieste vznikli sekundárne biocenózy, vytvorené a riadené človekom. Preto ich často označujeme aj ako antropogénne biocenózy alebo **antropocenózy**. Príkladom sú smrekové monokultúry vysadené na miestach pôvodných bukových alebo iných listnatých lesov. No i tieto druhotné spoločenstvá sú schopné určitého stupňa autoregulácie a keď ich necháme vlastnému vývoju, môže u nich dôjsť k obnove pôvodného spoločenstva. Súčasný stav lesov na Slovensku však odzrkadľuje aktívnu lesohospodársku činnosť človeka.



Rozdiel medzi prirodzeným a aktuálnym zastúpením smreka v hospodárskych lesoch na Slovensku

A nakoniec, každé spoločenstvo je charakteristické určitým stupňom stálosti. Biocenózy, ktorých druhové zloženie sa ani v priebehu dlhších časových úsekov nemení, nazývame **ustálené**. Ich opakom sú spoločenstvá **premenlivé**, u ktorých prebiehajú cyklicky sa opakujúce (napr. obnova vysekaného lesa) alebo necyklické zmeny (vývoj).

Avšak nielen časové, ale i priestorové kritérium je dôležité pri diferenciacii biocenóz. Z hľadiska vertikálneho členenia (tzv. stratifikácie) spoločenstva rozoznávame v ňom viacero vrstiev (poschodí alebo etáží), ktoré predstavujú samostatné čiastkové spoločenstvá, tzv. **stratocenózy** (pozri obrázok nižšie).



Príklad stratifikácie spoločenstiev opadavého listnatého lesa. Jednotlivé etáže zodpovedajú aj svetelným podmienkam v danom prostredí

Horizontálna stratifikácia spoločenstva sa prejavuje zas rôznou koncentráciou organizmov, pričom miesta s ich väčšou koncentráciou nazývame **biochory** a spoločenstvá druhov, ktoré ich osídľujú **choriocenózy**. Môžu to byť napr. haldy kameňov, rozpadajúce sa kmene padnutých stromov, ale i vtáče hniezda a pod.

Osobitnou zložkou biocenózy sú tzv. **biocenotické konexy** tvoriace spoločenstvá organizmov majúce úzky vzťah k primárnym producentom. Príkladom je dub, ktorý je stanovišťom až 1 000 druhov hmyzu.

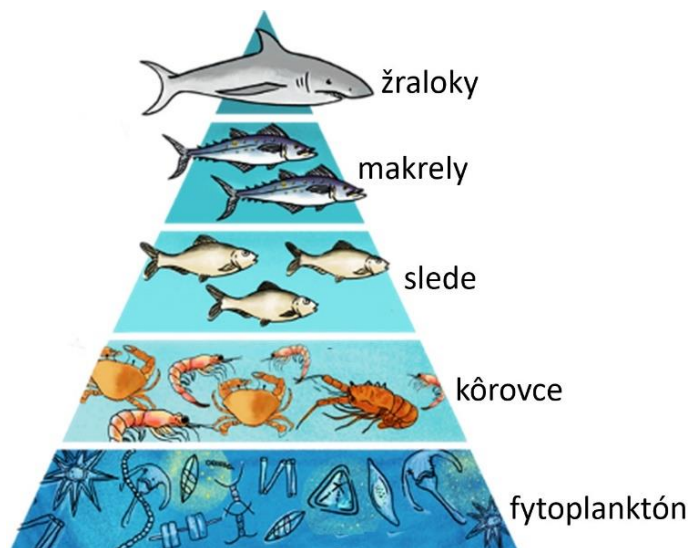
Základné vlastnosti biocenóz

Biocenózy sa okrem vyššie uvedených charakteristík vyznačujú aj svojimi špecifickými znakmi, ktoré nám umožňujú diagnostikovať ich, hodnotiť a vzájomne ich porovnávať. Kým však botanici pri hodnotení vlastností fytoocenóz rozoznávajú väčšinou analytické znaky vzťahujúce sa na určitú plochu (teda akýsi segment fytoocenózy) a znaky syntetické, v zoocenológii sa používa iné hľadisko, hoci niektoré z hodnotiacich znakov boli prebraté aj z fytoocenológie. Pre ľahšie pochopenie zložitosti takéhoto hodnotenia biocenóz bude táto kapitola ale zameraná špeciálne na živočíšne spoločenstvá.

Vlastnosti zoocenóz možno rozdeliť na kvantitatívne, štrukturálne a vzťahové. Ku **kvantitatívnym znakom** patria:

- početnosť alebo **abundancia** druhov je počet druhov prípadne jedincov všetkých druhov v danom spoločenstve bez ohľadu na jednotku plochy. Medzi počtom jedincov a počtom druhov v spoločenstve pritom existuje istý zákonitý vzťah, ktorý možno vyjadriť graficky v tvare hyperboly. Tá naznačuje, že v každom spoločenstve býva zvyčajne niekoľko málo druhov s veľkým počtom jedincov a potom veľký počet druhov s malým až stredným počtom jedincov. Čím je spoločenstvo bohatšie na druhy tým je stálejšie a aj ľahšie odolávajú zmenám vonkajších faktorov.

- hustota alebo **denzita** druhov je tiež počet druhov v danom spoločenstve, ale prepočítaný na jednotku plochy alebo objemu (napr. v prípade vodných spoločenstiev). Tento znak nám potom umožňuje porovnávať jednotlivé spoločenstvá bez ohľadu na ich veľkosť (teda plošné rozloženie).
- **dominancia** vyjadruje zas relatívne (percentuálne) zloženie biocenózy. Dominanciu pre každý druh vypočítame osobitne podľa vzorca D (dominancia) = n (počet jedincov daného druhu) . $100 / S$ (celkový počet jedincov v spoločenstve) a vyjadrujeme v percentách. Podľa percentuálneho zastúpenia daného druhu v spoločenstve ho potom môžeme zatriediť do niektorej z nasledujúcich tried dominancie: eudominantný druh s percentuálnym zastúpením viac ako 10 %, dominantný druh s percentuálnym zastúpením 5 – 10 %, subdominantný druh (2 – 5 %), recedentný druh (1 – 2 %) a subrecedentný druh (menej ako 1 %). Takto môžeme počítať aj tzv. hmotnostnú dominanciu, kedy namiesto počtu jedincov budeme brať do úvahy ich hmotnosť, resp. biomasu. Hodnoty dominancie početnosti a hmotnostnej dominancie sú navzájom nepriamo úmerné (t. j. v každej biocenóze sú najviac zastúpené drobné jedince s nízkou hmotnosťou, resp. biomasou, a najmenej veľké druhy s veľkou hmotnosťou), čo názorne vyjadruje aj tzv. **Eltonova pyramída**.



Eltonova pyramída aplikovaná na morské prostredie

Vyššie uvedený výpočet dominancie nám však nič nepovie o tom, ako je dominancia v spoločenstve rozložená, t. j., či sa v nej nachádza jeden alebo iba niekoľko málo druhov s vysokou hodnotou dominancie (eudominantné druhy), alebo je rozložená na väčší počet druhov. Toto môžeme vypočítať pomocou **Simpsonovho indexu dominancie** $C = \sum (N_i / N)^2$ (hodnota významnosti druhu vyjadrená početnosťou alebo biomasou) / N (súčet hodnôt významnosti))². Pritom platí, že čím je index dominancie vyšší, tým viac sa dominancia sústreďuje iba na niekoľko málo druhov.

Základnými **štruktúrnymi znakmi** biocenóz sú:

- **frekvencia**, ktorá vyjadruje častosť výskytu jednotlivých druhov v sérii vzoriek z jednej a tej istej zoocenózy. Vypočítame ju podľa vzťahu F (frekvencia) = N_i (počet vzoriek, v ktorých sa i -ty druh vyskytol) / S (počet všetkých vzoriek) . 100 (%). Takto vypočítané údaje môžeme potom zostaviť formou frekvenčných tried alebo vyjadriť graficky či v

tabuľke. Frekvencia druhov pritom zvyčajne pozitívne koreluje s ich dominanciou, hustotou a rozptylom (disperziou).

- **konštantnosť** na rozdiel od frekvencie vyjadruje stálosť druhového zloženia spoločenstiev, ale počítame ju vlastne podľa toho istého vzorca. Rozdiel je však vo východiskových údajoch, ktoré získavame iným spôsobom. Na základe vypočítaných hodnôt môžeme potom rozdeliť druhy na veľmi stále (eukonštantné), ak ich konštantnosť dosahuje 75 – 100 %, ďalej stále (konštantné, 50 – 75 %), prídavné (akcesorické, 25 – 50 %) a náhodné (akcidentálne) s výskytom 0 – 25 %.
- **faunistická podobnosť** sa používa na vyjadrenie zhody druhového zloženia dvoch alebo viacerých porovnávaných spoločenstiev. Z viacerých spôsobov výpočtu faunistickej podobnosti sa najčastejšie používa tzv. **Sørensenov index druhej podobnosti** $S_{ij} = 2 \cdot S / (s_1 + s_2)$ (počet spoločných druhov vyskytujúcich sa v oboch porovnávaných zoocenózach) $\cdot 100 / (s_1 + s_2)$ (počet druhov jednej porovnáwanej zoocenózy) + s_2 (počet druhov druhej porovnáwanej zoocenózy). Spoločenstvá, ktorých vypočítaný index dosahuje hodnotu vyššiu ako 80 % môžeme potom pokladať za výrazne podobné až identické, spoločenstvá s hodnotou medzi 60 – 80 % silne podobné, 40 – 60 % podobné a spoločenstvá s hodnotou menšou ako 40 % nepodobné. Ak porovnávame naraz viacej spoločenstiev, výsledky môžeme zhrnúť pre prehľadnosť do tabuľky a potom vyhodnotiť.

	1	2	3	4	5
1		87.85	26.99	28.15	60.87
2			74.39	26.5	75.22
3				42.47	45.83
4					80.5

Porovnanie druhej (faunistickej) podobnosti piatich zoocenóz. Z tabuľky je vidieť, že najviac podobné až identické sú zoocenózy 1 a 2 a zoocenózy 4 a 5, zatiaľ čo zoocenózy 1 a 3, 1 a 4, 2 a 4 nie sú si vôbec podobné

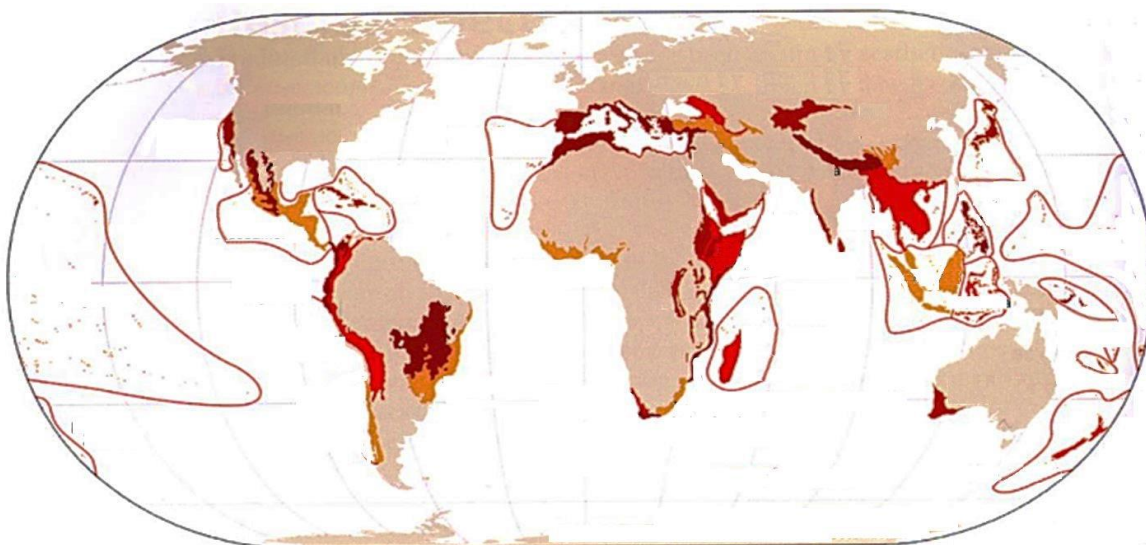
- **druhá diverzita** alebo rozmanitosť je počet druhov a jedincov v danej biocenóze. Tento pomer počtu druhov k počtu ich jedincov vyjadrujeme tzv. **Shannon-Wienerovým indexom druhej diverzity** $H' = - \sum (\log_2 p_i)$, kde p_i (pravdepodobnosť i-teho druhu v spoločenstve) = n_i (počet jedincov i-teho druhu v spoločenstve) / N (celkový počet jedincov v spoločenstve) a $i = 1 - S$ (celkový počet druhov v spoločenstve). Pritom platí, že čím väčší má dané spoločenstvo počet druhov a celkový počet jedincov rozložených na viac druhov, tým väčší je potom aj index diverzity. To znamená, že v prípade, keď všetci jedinci by patrili tomu istému druhu, index diverzity by bol 0.

Index druhej diverzity nám však nič nehovorí o tom, ako sú jednotlivé druhy v danom spoločenstve zastúpené. Ak má napr. spoločenstvo 10 druhov a 100 jedincov, môžu nastať dva extrémne prípady: každý druh môže byť zastúpený rovnakým počtom jedincov, teda 10, alebo 1 druh je zastúpený 91 jedincami a zvyšných 9 druhov len po 1 jedinci. Je zrejmé, že napriek zdanlivo rovnakej vypočítanej druhej diverzite sa tieto dve spoločenstvá pomerným rozdelením (vyrovnanosťou) jedincov výrazne líšia. Preto popri indexu druhej diverzity potrebujeme pre každé spoločenstvo zistiť aj jeho celkovú vyrovnanosť

(**ekvitabilitu**). Tú vypočítame tzv. **Sheldonovým indexom vyrovnanosti** $e = H' / H_{max}$ (index druhovej diverzity) / H_{max} (teoretická maximálna hodnota vyrovnanosti pre daný počet druhov), kde $H_{max} = \log_2 S$ (celkový počet druhov v spoločenstve). V prvom vyššie uvedenom prípade bude mať teda dané spoločenstvo najvyššiu vyrovnanosť ($e = 1$), v druhom prípade najnižšiu ($e = 0$).

Všeobecne pritom platí, že druhová rozmanitosť spoločenstiev a ich vyrovnanosť postupne klesajú od rovníka k pólom, v extrémnych podmienkach (púšte, chladné oblasti) ale aj vplyvom činnosti človeka. Nie je preto prekvapujúce, že tzv. horúce miesta diverzity sa vyskytujú práve v tropických a subtropických oblastiach. Tie sú zároveň aj významnými miestami celkovej **genetickej diverzity** na Zemi.

Horúce miesta diverzity na Zemi (farebne sú odlišené úrovne diverzity)



A nakoniec **vzt'ahové znaky** sú:

- **fidelita** je viazanosť či vernosť druhu ku konkrétnej biocenóze. Rozoznávame viaceré kategórií fidelity. V spoločenstve sú najdôležitejšie tzv. vlastné (**indigénne**) druhy, ktoré ho aj charakterizujú. Tie v danej biocenóze môžu žiť trvale (napr. d'ateľ, srna), to sú potom druhy **homocénne**, alebo sa tu vyskytujú len v určitom období (napr. sťahovavé druhy vtákov). Takéto druhy označujeme potom ako **heterocénne**. Okrem nich do spoločenstva môžu prenikať aj druhy z iných spoločenstiev (tzv. cudzie druhy alebo **hospites**), a to za potravou, pri hľadaní úkrytov a pod. Osobitnú kategóriu tvoria druhy ktoré sa v danej spoločnosti vyskytujú v čase ich migrácie (**permigranti**) a nakoniec náhodne sa vyskytujú zatúlance (**alieni**).
- **koordinácia** alebo cenologická afinita vyjadruje stupeň spoločného výskytu dvoch alebo viacerých druhov danom spoločenstve. Spoločný výskyt takýchto druhov je zvyčajne podmienený potravne (napr. húsenica motýľa a jej živná rastlina). Stupeň koordinácie vypočítame tzv. **Agrellovým indexom** $A_g = a / S$ (počet snímok alebo odobratých vzoriek, v ktorých sa druhy vyskytovali spoločne) . 100 / S (počet všetkých snímok alebo odobratých vzoriek). Čím sú hodnoty indexu koordinácie vyššie, tým tesnejšie sú dva alebo viac druhov

na seba viazané, a naopak, nízky alebo nulový index koordinácie znamená, že druhy sú ma sebe málo závislé alebo úplne nezávislé.

Príklady druhov s vysokým stupňom koordinácie (zľava doprava): hrib smrekový (Boletus edulis) a smrek obyčajný (Picea abies), húsenica pestroňa vlkovcového (Zerynthia polyxena) a vlkovec byčajný (Aristolochia clematitis), koala medvedíkovitá (Phascolarctos cinereus) a eukalyptus (Eucalyptus spp.)



Zloženie biocenóz do významnej miery ovplyvňuje aj migrácia (emigrácia, imigrácia) jedincov niektorých druhov, prípadne ich invázne výskyty či expanzia z biocenózy.

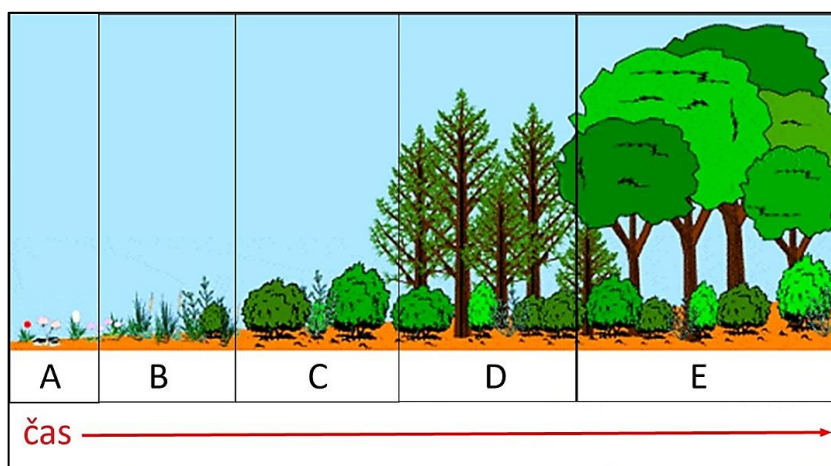
Vývoj spoločenstiev a ich periodicitá

Každé spoločenstvo podlieha zmenám súvisiacim najmä s ich prirodzeným vývojom. **Cyklický vývoj** spoločenstiev môže prebiehať rádovo desiatky až stovky rokov (napr. obnova spoločenstva po víchrici alebo vyrúbaní lesa) alebo v priebehu roka (obnova rybníčaného spoločenstva pri vypustení a opätovnom napustení rybníka). Tieto zmeny sú neperiodické, vznikajú v dôsledku pôsobenia zvyčajne neočakávaných faktorov. Za normálnych okolností však v každom spoločenstve prebiehajú aj dlhodobé neperiodické zmeny ako zákonitý usporiadaný sled zmien, končiaci sa vyváženou biocenózou, ktorá je v rovnovážnom stave so svojím prostredím. Takéto zmeny spoločenstva, resp. jeho vývoj, nazývame **sukcesia**, jej jednotlivé etapy **sukcesné štádiá** a konečné štádium klimaxové alebo jednoducho **klimax**.

Ukážka klimaxového štádia severského ihličnatého lesa a tropického pralesa



Sukcesia môže prebiehať na suchej zemi ako i vo vodnom prostredí. V prvom prípade hovoríme o tzv. **xerosérii**, v druhom prípade o **hydrosérii**. Pre xerosériu sú v našich podmienkach typické nasledujúce sukcesné štádiá (pozri obrázok nižšie):

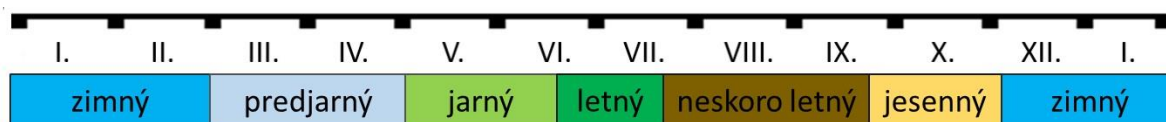


Sukcesia lesa: A - štádium jednoročných rastlín, B - štádium viacročných bylín, C - štádium krovín, D - štádium mäkkých rýchlorastúcich drevín, E - klimaxové štádium

Podľa toho, či takýto vývoj biocenózy prebieha na doteraz neosídlenom území alebo na mieste iného predchádzajúceho spoločenstva, ktoré prirodzene zaniklo, rozlišujeme sukcesiu **primárnu** (napr. vývoj spoločenstva na nových ostrovoch vzniknutých výbuchom podmorských sopiek) a **sekundárnu** (napr. vyrúbaný alebo spálený les). Osobitným typom sukcesie je sukcesia **umelá**, riadená človekom (napr. rekultivácia vyťažených plôch a vysádzanie nového lesa).

Zmeny v biocenózach však nenastávajú len ich prirodzeným či umelo riadeným vývojom, ale aj v dôsledku sezónnosti výskytu mnohých jeho druhov, čo sa prejavuje najmä v oblastiach so striedajúcimi sa ročnými obdobiami. Takouto periodicitou výskytu organizmov v závislosti od ročného obdobia sa zaoberá osobitná vedná disciplína **fenológia**. Typickým príkladom môže byť spoločenstvo vtákov. V lete je charakteristické výskytom mnohých hniezdiacich druhov, ktoré na zimu odlietajú, a v zime naopak druhmi, prilietajúcimi zo severnejších oblastí. Druhy, ktoré sa vyskytujú v danej biocenóze len určité vymedzené obdobie nazývame **stenočasné**, druhy celoročne sa vyskytujúce zas **euryčasné**.

Z hľadiska sezónnosti v našom miernom pásme rozoznávame šesť základných sezónnych období či aspektov:

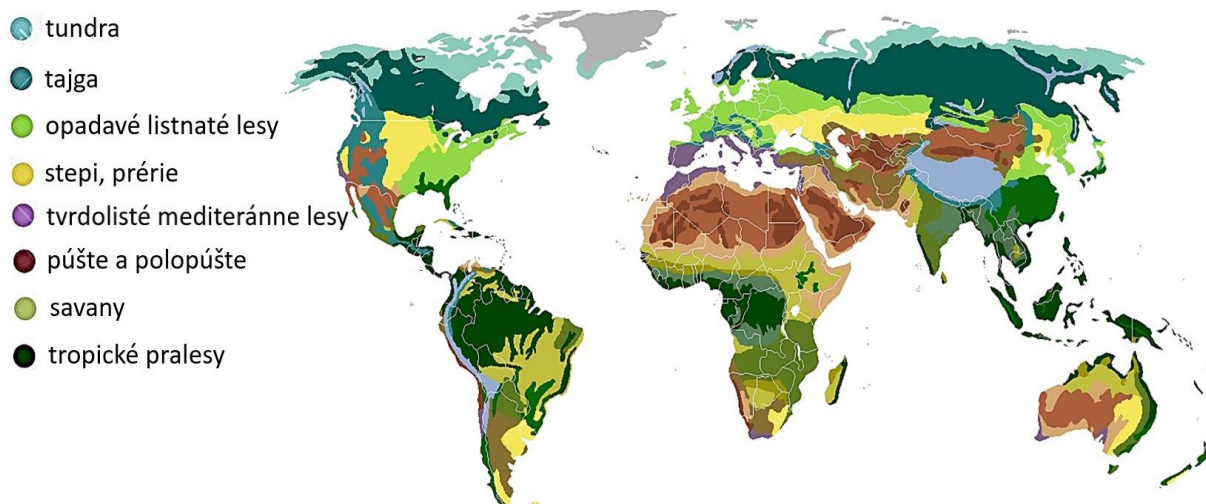


Samozrejme, že takéto vymedzenie jednotlivých období je iba orientačné a môže sa mierne odchyľovať podľa druhu spoločenstva, zemepisnej polohy, nadmorskej výšky, ale aj podľa aktuálneho počasia a podnebia (napr. zmeny v dôsledku globálneho otepľovania).

Biómy a ich usporiadanie

Pod **biómami** rozumieme spoločenstvá veľkých oblastí Zeme, ktoré sa vyznačujú jednotnou fyziognómiou podľa prevládajúcich dominantných druhov. Usporiadané môžu byť v horizontálnom (od rovníka k pólom) alebo vertikálnom smere (od hladiny mora po najvyššie vrcholky hôr). V horizontálnom smere rozlišujeme v rámci biómov tzv. vegetačné **pásma**, vo vertikálnom smere vegetačné **stupne**.

Vybrané vegetačné pásma Zeme



Vegetačné stupne Slovenska

Biocenóza a biotop ako ekologický systém

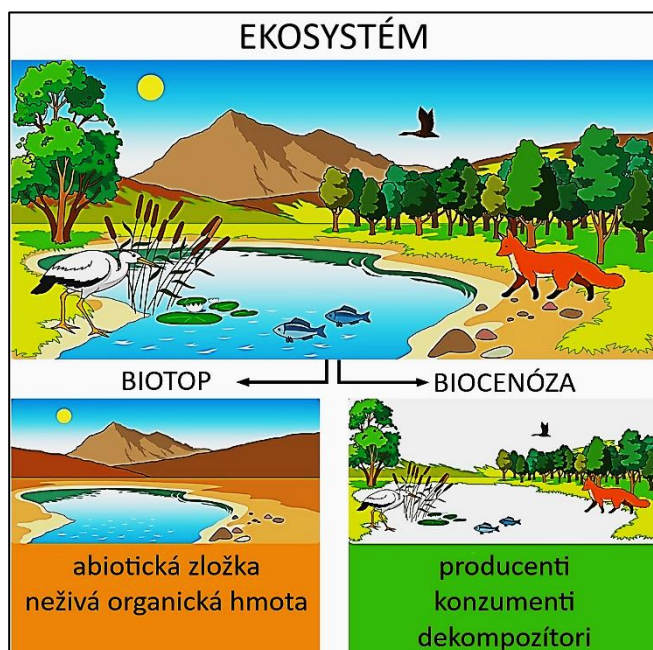
Spoločenstvá organizmov tak ako sme si ich opísali v predchádzajúcej časti nie sú oddelené od okolitého prostredia, v ktorom sa vyskytujú, ale vzájomne s ním interagujú. Tak každá biocenóza (biocenózy) predstavuje spolu s biotopom, v ktorom sa nachádza, ucelený ekologický systém – **ekosystém**. Keďže každý takýto systém je charakteristický svojou

štruktúrou a funkciami, ktoré v ňom prebiehajú, ekosystém môžeme potom definovať presnejšie ako štruktúrálny a funkčný celok biocenózy a jej prostredia.

Významnou vlastnosťou každého ekosystému pritom je, že je **otvoreným** systémom, v ktorom prebieha medzi jeho živou a neživou súčasťou k neustálej výmene hmoty a energie. Ekosystémy teda nemajú presne vymedzené hranice a jediným dobre vymedzeným ekosystémom na našej Zemi je celá biosféra (pozri ďalej). Pre potreby vedy alebo z iného dôvodu si však volíme určité umelé hranice a ekosystémy, napr. lúka, les, ale aj kaluž alebo akvárium. Za hranice týchto ekosystémov možno pokladať miesta s minimálnou výmenou hmoty a energie.

Každý ekosystém sa teda skladá z **biotopu** (t. j. z edafických, hydrických a klimatických zložiek prostredia spolu s neživou organickou hmotou) a biocenózy, tvorenej osobitne producentmi, konzumentmi a dekompozítormi (pozri obrázok nižšie).

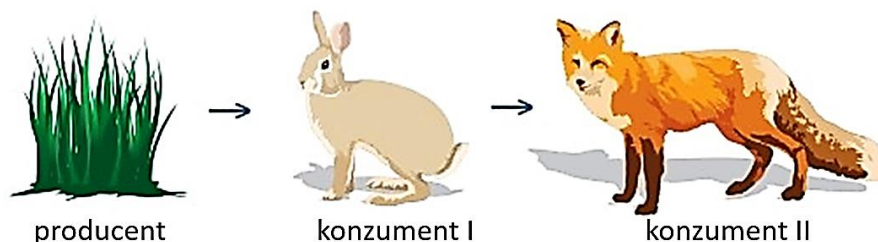
- **Producenti** sú organizmy, ktoré vytvárajú vo svojom tele z anorganických látok látky organické. Inak povedané, produkujú organickú hmotu, ktorá sa potom priamo alebo nepriamo stáva zdrojom potravy pre ostatné organizmy. Patria sem všetky tzv. autotrofné organizmy, ako sú zelené rastliny obsahujúce vo svojich pletivách chlorofyl ako aj chemotrofné baktérie (sírne, nitrifikačné, železité, vodíkové či metánové).
- **Konzumenti** sú naopak heterotrofné organizmy, ktoré konzumujú rastlinnú (tzv. konzumenti 1. radu) alebo živočíšnu organickú hmotu (konzumenti 2. alebo vyšších radov). Tá je pre ne zdrojom látok a energie. Radíme sem živočíchy, ale aj niektoré vyššie nezelené rastliny bez chlorofylu.
- **Dekompozítori** alebo deštruenti sú mikroorganizmy, ktoré rozkladajú komplexné zložky organickej hmoty, konečným výsledkom čoho je uvoľnenie minerálnych živín z organických látok, ktoré môžu opäť využívať producenti. Patria k nim baktérie, plesne a huby.



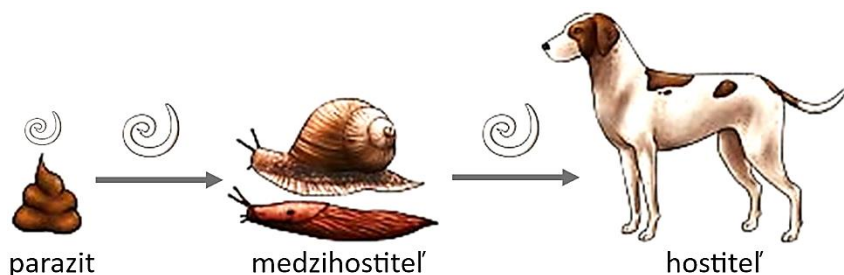
Schematické znázornenie štruktúry ekosystému

Jednotlivé zložky ekosystému predstavujú zároveň potravu pre iné jeho zložky. Takéto série na seba nadväzujúcich potravných (trofických) úrovni konzumujúcich a konzumovaných organizmov nazývame **potravné reťazce**. Práve cez potravné reťazce prebieha v ekosystéme kolobeh látok a tok energie. Rozoznávame tri základné typy potravných reťazcov:

- **pastiersko-koristnícky**, ktorý vedie od rastlinných producentov cez konzumentov 1. radu (bylinožravce) ku konzumentom vyšších radov (predátory), pričom veľkosť tela konzumentov sa v jednotlivých trofických úrovniach zväčšuje ale ich populačná hustota naopak znižuje.



- **Parazitický**, vedie od hostiteľa cez parazita až k hyperparazitu, pričom veľkosť tela konzumentov sa znižuje a ich početnosť zväčšuje. Často tu vystupujú aj medzihostitelia.



- **Dekompozitorský** (detritový). Vedie od odumretej rastlinnej alebo živočíšnej hmoty cez nekrofágov a saprofágov k mikroorganizmom, ktoré mŕtvu organickú hmotu rozkladajú a v konečnej fáze mineralizujú. Veľkosť tela dekompozítorov sa pritom znižuje a ich populačná hustota zväčšuje.

Príklady živočíšnych nekrofágov (vľavo, hrobárík obyčajný *Nicrophorus vespilloides*) a saprofágov (vpravo, dážďovka zemná *Lumbricus terrestris*)



Jednotlivé typy potravných reťazcov sa však v ekosystéme neuplatňujú samostatne, ale navzájom sú všetky pospájané a vytvárajú spolu zložitú **potravnú** (trofickú) **sieť**. To znamená, že zajac (konzument 1. radu), ktorý konzumuje trávu (producenta), sa stáva korisťou

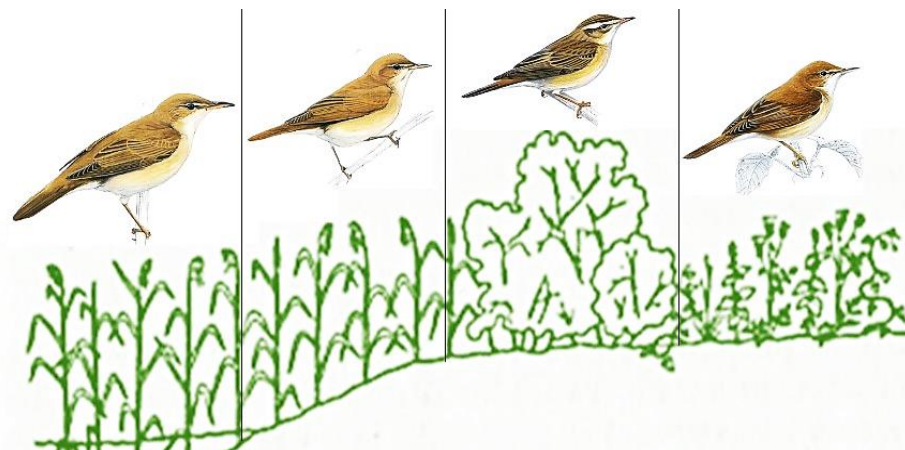
líšky (konzument 2. radu), ale zároveň je hostiteľom viacerých parazitov a jeho neskončené časti predátorom sú súčasťou dekompozitorského potravného reťazca. Od zložitosti trofických sietí závisí aj stabilita ekosystémov.

Každý druh organizmu má pritom v rámci potravnovej siete v danom ekosystéme svoje špecifické postavenie a úlohu. Takéto priestorové a funkčné začlenenie druhu nazývame potravnou (trofickou) ekologickou **nikou** druhu. Názov je odvodený z architektonického výklenku v stene, do ktorého starí Gréci umiestňovali sošku bohyně víťazstva *Niké*.



Výklenok v stene a bohyňa víťazstva Niké

Okrem trofickej niky má každý druh aj svoju priestorovú niku, ktorá predstavuje súhrn všetkých jeho nárokov na podmienky miesta, v ktorom žije. Príbuzné druhy obsadzujú zvyčajne podobné niky, ale aj tie sa dajú ešte špecifickejšie vyhradiť, napr. u vtákov z hľadiska nárokov ich hniezdenia na hniezdne niky. Ekologické niky jednotlivých druhov sa môžu v určitom stupni prekrývať, ale iba v takej miere, ktorá im nebráni v existencii. V jednej nike ani dva príbuzné druhy nemôžu trvalo existovať a zvyčajne jeden druh býva z nej vytlačený druhým druhom. Tento jav nazývame aj **ekologická izolácia**. Príkladom sú priestorové niky našich trsteniarikov.



*Priestorové niky našich trsteniarikov (zľava do prava): trsteniarik veľký (*Acrocephalus arundinaceus*), t. bahenný (*A. scirpaceus*), t. malý (*A. schoenobaenus*) a t. obyčajný (*A. palustris*)*

Hlavné funkcie ekosystému

Každý ekosystém je živý systém, ktorého základnými funkčnými vlastnosťami sú kolobeh látok a jednosmerný tok energie.

Kolobeh látok prebieha v ekosystéme vo viac alebo menej uzavretých cykloch, a to z prostredia do organizmu a naopak. Jeho rýchlosť je rôzna a závisí od typu látok, ktoré sa na ňom podieľajú, rýchlosti dekompozitorského procesu a od samotných ekosystémov. Výsledkom tohto procesu sú jednoduché a rozpustné minerálne látky dostupné pre producentov.

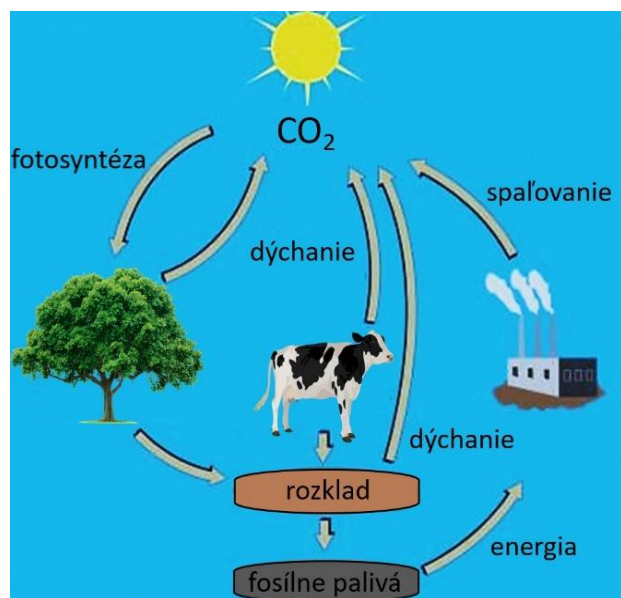
Keďže sa tu uplatňujú rôzne biologické procesy, ako je dýchanie, rozklad či vzájomné požíranie organizmov, nazývame tieto jednotlivé cykly aj **biogeologické** cykly. Rozoznávame dva základné typy cyklov:

- **hydrologický cyklus**, ktorý zahŕňa kolobeh vody a kolobeh zlúčenín. Prebieha buď len nad oceánom alebo nad pevninou, vtedy ho nazývame **malý kolobeh vody**, alebo medzi pevninou a svetovým oceánom – **veľký kolobeh vody**.



Veľký kolobeh vody medzi pevninou a oceánom

- **biogeochemický cyklus** je kolobeh chemických prvkov alebo molekúl, prebiehajúci živým (organizmami) i neživým prostredím Zeme. Ako už zo samotného názvu vyplýva, tento cyklus zahŕňa nielen chemické, ale aj biologické a geologické. Výsledkom takéhoto kolobehu je spravidla recyklácia daného chemického prvku. K najdôležitejším kolobehom chemických prvkov v biosfére patria kolobeh kyslíka, uhlíka, dusíka, fosforu a síry. Biogeochemické cykly prvkov v atmosfére vykazujú veľkú stabilitu v ich distribúcii a množstve.

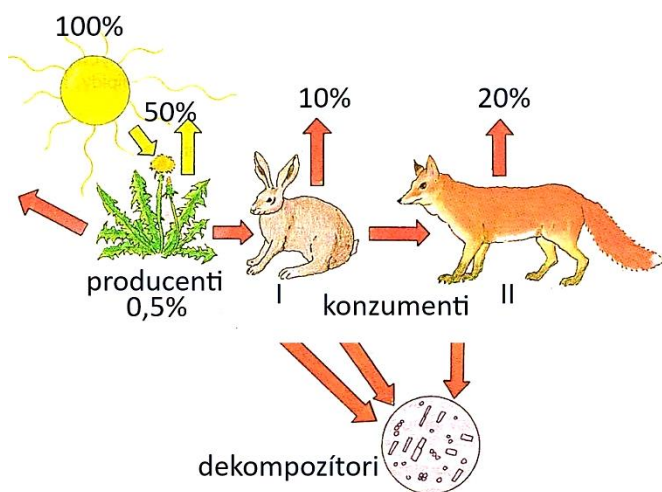


Príklad kolobehu uhlíka

Tok energie v ekosystéme sa riadi tými istými zákonmi termodynamiky ako v prípade neživej prírody. Je to 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. Keďže žiaden organizmus na Zemi nie je schopný

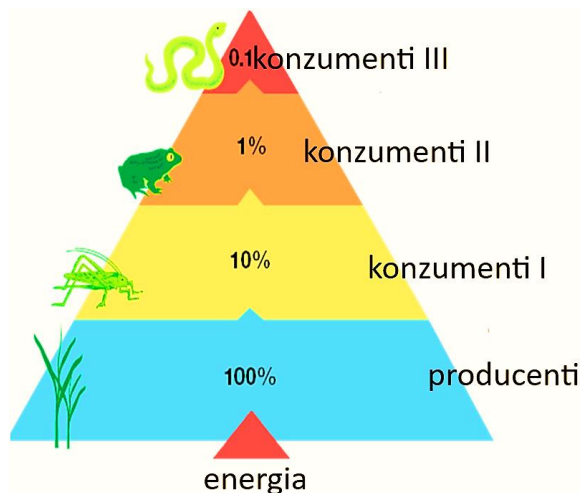
energiu sám vyrábať, všetky živé systémy sú priamo alebo nepriamo závislé od energie slnečného žiarenia. V ekosystéme žiadna energia nevzniká ani nezaniká.

Druhý zákon je zákon o premene (transformácii) energie. Hovorí, že pri každej premene energie z jednej formy do druhej sa časť energie degraduje do neusporiadanej formy, ktorá vystupuje zo systému do chladnejšieho okolia v podobe tepla. Mieru poklesu využiteľnosti tejto energie označujeme ako entropia. Čím vyššia je entropia, tým menej je využiteľná energia. Hoci fotosynteticky aktívne svetlo využiteľné zelenými rastlinami v procese fotosyntézy ako zdroj energie predstavuje asi 45 percent celkového slnečného žiarenia, účinnosť využitia, resp. viazania tejto energie rastlinami je pomerne nízka (iba 1 – 6 percent energie fotosynteticky aktívneho žiarenia). Účinnosť prenosu energie medzi rastlinami a primárnymi konzumentami je už väčšia, asi 10 percent, a pri konzumentoch 2. radu je fixovanej až 20 percent energie prijatej vo forme koristi.



Účinnosť prenosu a fixácie energie v telách živých organizmov

Tok energie potravinovými reťazcami možno vyjadriť aj pomocou tzv. **ekologickej pyramídy energie**, kde sú jednotlivé trofické úrovne vyjadrené množstvom energie na jednotku plochy alebo za jednotku času. Takáto pyramída nám poskytuje najlepšiu predstavu o fungovaní ekosystému. Všeobecne pritom platí, že vo vyvážených (napr. klimaxových) ekosystémoch prebieha tok energie ustálenejšou rýchlosťou a spôsobmi.



Ekologická pyramída energie na príklade mokradového ekosystému

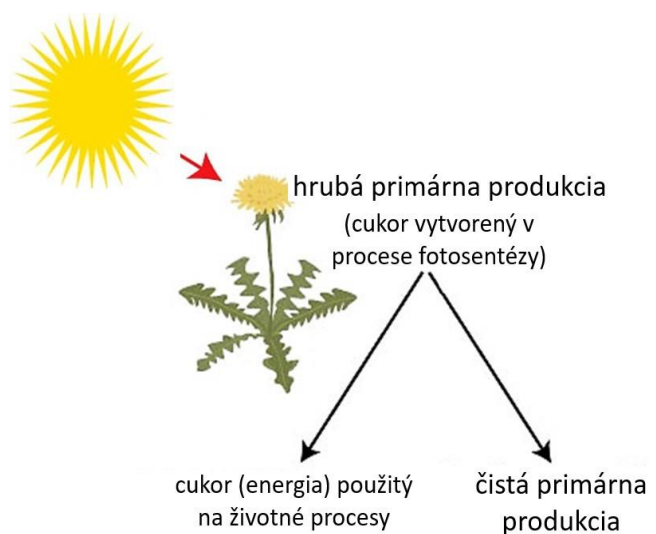
Stabilita a produktivita ekosystémov

So sieťou trofických väzieb veľmi úzko súvisí **stabilita** ekosystému. Pod stabilitou akéhokoľvek ekosystému rozumieme jeho dynamickú rovnováhu, zabezpečenú súborom **spätných väzieb**, ktoré tvoria základ jeho autoregulačných mechanizmov. Pri spätnej väzbe je každý výstup ovplyvňovaný vstupom, pričom pozitívna spätná väzba účinkov spätnej informácie posilňuje a negatívna ho brzdí. Stabilný ekosystém je schopný odolávať narušeniu (**disturbancii**) alebo ak je narušený, vrátiť sa do pôvodného stavu. K typickým príkladom disturbancií patria víchrica, záplavy, požiare, premnoženie alebo antropogénne znečisťovanie, ťažba, poľnohospodárstvo a ďalšie. Túto odolnosť, s akou je ekosystém schopný sa vyrovnáť s diturbanciami nazývame aj **rezistencia** a schopnosť vrátiť sa do pôvodného stavu **reziliencia** (pružnosť). Trvalo stabilné ekosystémy, napr. tropické dažďové lesy, nemajú vyvinuté tieto systémy odolnosti a pružnosti, a preto patria k najzraniteľnejším ekosystémom na Zemi.

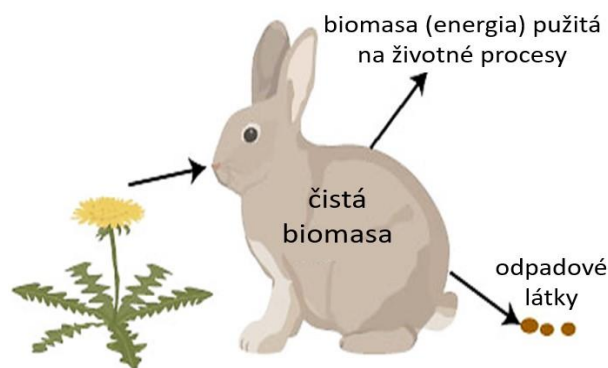
So stabilitou a vzájomnými interakciami biotických a abiotických faktorov v ekosystéme úzko súvisí aj jeho schopnosť produkovať organickú hmotu, v ktorej je viazaná energia. Tá závisí od zas produktivity, t. j. schopnosti, živých organizmov produkovať biologickú hmotu za jednotku času. Môžeme pod ňou rozumieť rýchlosť hromadenia chemickej energie zo svetelnej energie v organickej hmote, t. j. **energoproduktivitu**, alebo rýchlosť tvorby organickej hmoty z anorganických látok a ich spätnú premenu na látky anorganické, t. j. **organoproduktivitu**. Samotná **produkcia** ekosystému je potom množstvo organickej hmoty vytvorenej za jednotku plochy alebo objemu.

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

- **primárna produkcia**, ktorá predstavuje množstvo organickej hmoty alebo energie vytvorenej či viazanej zelenými rastlinami alebo autotrofnými baktériami za jednotku času na jednotku plochy alebo objemu vo forme organickej hmoty. Rozlišujeme pritom **hrubú** primárnu produkciu, ktorá predstavuje všetku organickú hmotu vytvorenú producentmi vrátane tej, ktorá sa spotrebuje na krytie vlastných metabolických procesov za určitý čas na jednotku plochy alebo objemu, a **čistú** primárnu produkciu, ktorá predstavuje hrubú primárnu produkciu zmenšenú o metabolickú potrebu samotných producentov. Táto je potom k dispozícii na krytie potravných potrieb a energie pre ďalšie články potravného reťazca.



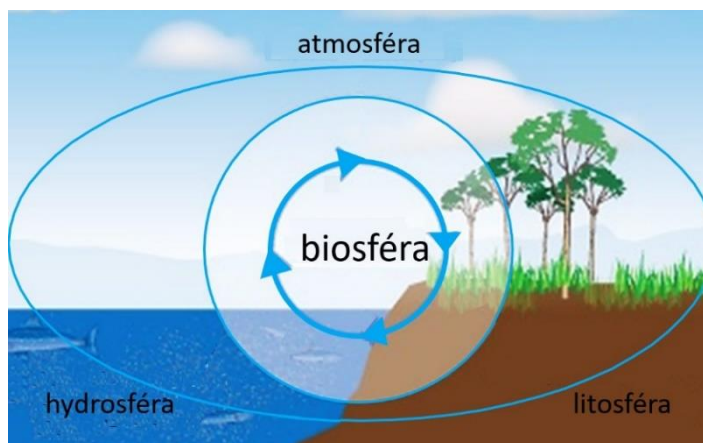
- **sekundárna produkcia** predstavuje zas množstvo organickej hmoty fixovanej v telách konzumentov za jednotku času na jednotku plochy alebo objemu.



Otázkami produkcie a produktivity ekosystémov sa zaoberá osobitná ekologická disciplína – **produkčná ekológia**. Tá sa uplatňuje najmä v poľnohospodárstve, lesníctve, poľovníctve či rybárstve, kde sa však namiesto produkcie používa termín výnos alebo úroda, nakoľko produkcia poľnohospodárskych produktov, drevnej hmoty, poľovnej zveri či rýb predstavuje len časť celkovej produkcie využívaných ekosystémov.

Biosféra ako globálny ekosystém

Ako už bolo uvedené skôr, ekosystémy sú otvorené systémy, ktorých hranice nie sú jasne vymedzené, a tak spoločne utvárajú jeden veľký globálny ekosystém, ktorý nazývame **biosféra**. Ten zahŕňa všetky organizmy a nimi obývané prostredie v rámci celého zemského povrchu. Jej horná hranica pritom siaha asi do 18 km nad zemským povrchom (v polárnych oblastiach cca 8 – 10 km) a do hĺbky 11 km (Mariánska priekopa v Tichom oceáne). Z hľadiska fyzikálno-chemických vlastností biosféra zahŕňa časť litosféry (cca 5 m do hĺbky), časť hydrosféry – slanovodný (marinný) biocyklus a sladkovodný (limnický) biocyklus, a atmosféru (troposféru a časť stratosféry).



Pravidelne a trvale sa však život nevyskytuje v celej biosfére, ale len v jej časti, ktorá siaha v atmosfére do výšky cca 5 – 8 km. Túto časť biosféry nazývame aj **ekosféra**. Antroposférou označujeme zas tú časť zemského povrchu, ktorá je ovplyvnená činnosťou človeka. Práve človek vystupuje v rámci biosféry ako významný ekologický faktor.

Použité internetové zdroje

- Obálka:** https://next3-assets.s3.amazonaws.com/activities/111/backgrounds-1518903156-Food_72_activity01.png
- Obr. 1:** <https://i0.wp.com/marketbusinessnews.com/wp-content/uploads/2018/06/Ecology.jpg?fit=1047%2C950&ssl=1>
- Obr. 2:** https://ib.bioninja.com.au/_Media/open-vs-closed_med.jpeg
- Obr. 3:** <https://www.domimacak.eu/img/picture/222/pust.jpg>
https://www.zelenyjezko.sk/fotky42034/fotos/_b_2483dreamstime_1_40587377.jpg
<https://www.tapetymix.sk/uploads/images/product/tapety-na-stenu-zlavy.jpg.large.jpg>
<https://cloudia.banoviny.sk/r770x433n/a94b3fa47d067c5e6f1817e8c6803a3d>
<https://zlavomat.sgcdn.cz/images/t/2000/42/65/4265846-4573ea.jpg>
<https://www.sciencenewsforstudents.org/wp-content/uploads/2019/11/860-header-parasite.gif>
https://www.zahrada.sk/wp-content/uploads/2018/01/00_Pizl_uvodne-foto-768x432.jpg
- Obr. 4:** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/74/Grevy%27s_Zebra_Stallion.jpg
<https://www.naturepl.com/cache/pcache2/00584670.jpg>
<https://www.casopis.ochranaprirody.cz/res/archive/080/009491.jpg?seek=1593094898>
- Obr. 5:** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/2/24/Polar_bear_range_map.png/220px-Polar_bear_range_map.png
<https://cdn.britannica.com/73/100373-050-3A65D9CD/Polar-bear-animal-mammal.jpg>
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/c/c1/Manchot_empereur_carte_reparation.png/220px-Manchot_empereur_carte_reparation.png
<https://paintingvalley.com/sketches/emperor-penguin-sketch-26.jpg>
- Obr. 6:**
https://lh3.googleusercontent.com/proxy/ZIwJXTrJu5NOKEygQhuMY0G47KwZlBXYCGHCZmShSovL_atyCvdFh31rhvcDxrCJQNqK7rccMaSsF23eCCMxL8u57YyT4vCf7B8u90OsHO9PNKWdwoCyeDFLzA
https://www.24hod.sk/obrazky_clankov/2020-06-21xml/teplomer-horucavy-676x451-1557259.jpg
<https://muskoka411.com/start/wp-content/uploads/2016/03/air-quality-696x341.jpg>
<https://axolotsolutions.com/wp-content/uploads/2018/03/water-strategy.jpg>
<https://pravdavlaskes.sk/wp-content/uploads/2017/10/dry-earth02-300x190.jpg>
<https://luizavickers.files.wordpress.com/2019/04/bee.jpg>
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a3/Symbiotic_mutualism_between_Bubalus_bubalis_and_Acridothores_javanicus.jpg
- Obr. 7:** <https://www.optikafontana.sk/files/spektrum%20svetla.001.jpeg>
- Obr. 8:** <https://www.styleoptikoros.sk/wp-content/uploads/2017/07/ultra-uv-sun-1-480x558.jpg>
- Obr. 9:** https://howcleverarebees.weebly.com/uploads/3/8/1/5/38150657/9256785_orig.jpg
<https://cdn.zmescience.com/wp-content/uploads/2012/10/human-eye-evolution.jpg>
https://live.staticflickr.com/4651/40351813011_0e0982ed0c_b.jpg
- Obr. 10:** https://www.papaleng-amazing-animals.com/wp-content/cache/thumb/30/d2159b9dfc1f530_700x0.jpg
<https://i.pinimg.com/originals/f0/65/ed/f065ed18dd8242a6fd5f53615df47684.jpg>
https://imagesvc.meredithcorp.io/v3/mm/image?url=https%3A%2F%2Fimg1.coastalliving.timeinc.net%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2Fstyles%2F4_3_horizontal_

- [_1200x900%2Fpublic%2Fimage%2F2019%2F01%2Fmain%2Fbioluminescence-590485956.jpg%3Fitok%3DuADwBk_1](https://www.hakaimagazine.com/wp-content/uploads/facebook-bioluminescence_0.jpg)
<https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn%3AANd9GcSnCxgke-pyCu-8kRYskSSFH4sl0c8V6x0zCg&usqp=CAU>
- Obr. 11:** <https://stuleja.org/vscience/material/interferencia/ElmagSpektrum.gif>
- Obr. 12:** https://plantstomata.files.wordpress.com/2015/10/stomata_under_sem_by_onychophoran.jpg
<https://s3-us-west-1.amazonaws.com/contentlab.studiod/Getty/37f9d7ed706f4f5b851d8d56b19630de.jpg>
https://ar.thpanorama.com/img/images_2/tricomas-caractersticas-clasificacin-y-funciones.jpg
- Obr. 13:**
https://www.tiplingprints.com/pimage/424/5180491/5180491_450_450_81393_0_fill_0_6cc01861a2660caf571b698530ec1677.jpg
<https://cdn.download.ams.birds.cornell.edu/api/v1/asset/116085001/1200>
https://a-z-animals.com/media/animals/images/original/galapagos_penguin.jpg
- Obr. 15:** <https://i.pinimg.com/originals/c5/39/28/c53928d210199dc0134615117a858f2a.jpg>
<https://i.pinimg.com/originals/27/5e/c1/275ec116da790c3a02b90eca20be26a3.jpg>
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/fa/Fjellrev_-_Arctic_fox_%2824490250823%29.jpg
- Obr. 17:** https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/prif/ps13/biogeogr_2/web/pages/book/skincol.jpg
- Obr. 18:** <https://earthhow.com/wp-content/uploads/2018/12/Earth-Atmosphere-Composition-0.png>
- Obr. 19:** <https://i.pinimg.com/originals/d1/ff/d3/d1ffd34cf59be935fc7b8d91859bc5d9.jpg>
<https://www.cs.utexas.edu/users/novak/rmnp/picsdir/d221b.jpg>
- Obr. 21:** <https://www.biolib.cz/IMG/GAL/15124.jpg>
<https://www.cdc.gov/mosquitoes/images/about/Culex-sp-mosquito-larvae.jpg>
- Obr. 22:**
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/32/Anomalous_expansion_of_water_Summer_Winter.svg/1280px-Anomalous_expansion_of_water_Summer_Winter.svg.png
- Obr. 23:**
https://www.researchgate.net/profile/Wan_Yusof/publication/282852647/figure/fig1/AS:284531304222727@1444848957306/Absorption-of-light-by-water.png
- Obr. 24:** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/3e/Wiki_plot_04.png
- Obr. 25:** <https://botany.cz/foto/myriophalterherb1.jpg>
<https://www.stromo.sk/gallery/products/middle/3561.jpg>
https://mojerastliny.sk/wp-content/uploads/2019/06/IMG_7019-1022x1024.jpg
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/d/d9/Stipa_borysthenica_kz.jpg/1200px-Stipa_borysthenica_kz.jpg
- Obr. 26:**
https://lh3.googleusercontent.com/proxy/9XWquerNdFOgjdMkQl4OhCVNH6d9mLTpmVj2DwaWeZBZpZg-_im6gGBKYJmLzGsBwHWIdpUuIkXsUFR093-SjN8wiSO7nlWkqWXILadsBSi_STU
- Obr. 27:** https://pdf.truni.sk/e-ucebnice/chzp/data/media/CHaZP/1/L1_IOC1_1.jpg
<https://zenodo.org/record/223533/files/figure.png>
https://bioone.org/ContentImages/Journals/sajh/9/1/SAJH-D-14-00004.1/graphic/f02_62.jpg
- Obr. 28:** http://www.podnemapy.sk/portal/prave_menu/atlas_pod_sr/Mapy/Mapa%206.jpg

- Obr. 29:** <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn%3AANd9GcSnMdDMBxrKMCUZD6dyWUwUdGco4ZI9WtKIdA&usqp=CAU>
https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn%3AANd9GcRZXNdHxC2n1-ftSLuNw2PIHRjHGIXsUH5p_g&usqp=CAU
https://calphotos.berkeley.edu/imgs/512x768/0000_0000/0209/1261.jpeg
<https://www.naturfoto.cz/fotografie/krasensky/rosicka-okruhlolista-0221.jpg>
- Obr. 30:** <https://horou.sk/wp-content/uploads/2018/05/srnec-lesny-horou-3.jpg>
<https://i.redd.it/xg4a3g8u3xv21.jpg>
<https://media.istockphoto.com/photos/common-moorhen-family-picture-id499566493>
- Obr. 31:** http://www.skodcoviadrevin.sk/web_data/atlas/324/324.jpg
<https://thevariedwren.files.wordpress.com/2019/01/anumbersgame.jpg>
https://zoologie.uni-greifswald.de/storages/uni-greifswald/_processed_/0/7/csm_IMG_2204_b350dd4330.jpg
<https://www.galerie-insecte.org/galerie/image/dos194/big/guepes.JPG>
- Obr. 32:** <https://oceanfdn.org/wp-content/uploads/2019/05/coral-copy.png>
<https://ychef.files.bbci.co.uk/624x351/p0370r67.jpg>
https://lh3.googleusercontent.com/proxy/qBZMfNJssO4xV9qAcMsmlyTCJ2minDRtIMuSKDyNtnc--jRVqIj_WjxqTE3B31M-_LUtFPgppJoHDH9MNgcIg-krb5bdk6eJ5-hm2OW4gPYB1tAh0YTl9tOOm2IPHbpxbxBbHLg
- Obr. 33:** https://birdingingujarat.files.wordpress.com/2015/01/dpp_4750.jpg
https://www.sciencemag.org/sites/default/files/styles/article_main_large/public/butterfly_thumbnail_16x9.jpg?itok=JoK0QT-S
https://www.biomonitoring.sk/foto/MonitoringRecord/3045/9934/big_TML_M2_059_20140201_001.JPG
- Obr. 34:** <https://slideplayer.com/slide/7274026/24/images/9/Feeding+niches+for+Wading+Birds.jpg>
- Obr. 35:** https://concept-stories.s3.ap-south-1.amazonaws.com/test/Stories%20-%20Images_story_48216/image_2019-06-06%2012%3A45%3A30.363176%2B00%3A00
<https://images.fineartamerica.com/images/artworkimages/mediumlarge/2/african-elephant-drinks-water-in-etosha-national-park-surrounded-by-zebras-miroslav-liska.jpg>
<https://o.quizlet.com/eisjZyaO2wQcZ46d.1rwKg.jpg>
- Obr. 36:** <https://www.apartmanymojtin.sk/images/djmediatools/11-hubarcenie/chata-mojtin-hubarcenie-9.jpg>
https://i1.wp.com/21stoleti.cz/wp-content/uploads/2018/07/Calliactis_and_Dardanus_001-500x368.jpg?resize=500%2C368
<https://biologydictionary.net/wp-content/uploads/2017/09/European-honey-bee-extracts-nectar.jpg>
- Obr. 37:** https://www.shetlandnature.net/wp-content/uploads/2015/06/DSC5180_Bonxie-mobbin-gannet-w1024.jpg
<https://i.pinimg.com/originals/8d/f2/16/8df216862f396f0191c5758237c1fa76.jpg>
- Obr. 38:** https://edu-mikulas6.webnode.sk/_files/200007017-9e671a05af/motolica%20pe%C4%8De%C5%88ov%C3%A1%20cyklus.jpg
- Obr. 39:**
https://www.researchgate.net/profile/Kevin_Tougeron/publication/321159157/figure/fig4/AS:614096164626465@1523423343796/Biological-cycle-of-an-hymenopteran-aphid-parasitoid-Modified-after-Chaubet-INRA.png
- Obr. 40:**
https://www.thesprucepets.com/thmb/OPQRmXPuDgtOpHj9DEASrE2G8FQ=/400x300/filters:no_upsc

- ale():max_bytes(150000):strip_icc()/GettyImages-180706803-7f8aa429d57a4f2a8a121812897c1b29.jpg
- <https://i.ytimg.com/vi/UbSnuXxkWdY/maxresdefault.jpg>
- https://lh3.googleusercontent.com/proxy/QbyExOh45xBheUmUZ432gTT46KJvpJgST4A4O_C7-LYNCDbYflpg8HvnfHwYZs7igCLN7IRDCE5HZQYwuPUsoMDK_oUKU4B_aZbiQdNTN072zQWOhaiTamy8wTYbkPife1uu0JvS-OjKS5fqw
- <https://i.pinimg.com/originals/87/dc/e9/87dce92d1c859e03ea998bb114cc05c7.jpg>
- https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/c/c8/Snake_and_Fish.jpg/1200px-Snake_and_Fish.jpg
- https://live.staticflickr.com/65535/43021433710_baf522ae92_b.jpg
- Obr. 41:** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/c/c1/Physiphora_alceae_female.jpg/1200px-Physiphora_alceae_female.jpg
- <https://www.naturephoto-cz.com/photos/mraz/scarabeus-sp.-05a26002.jpg>
- <https://i.ytimg.com/vi/q4jjNh0GnR4/maxresdefault.jpg>
- Obr. 42:** <https://conservationdigest.com/wp-content/uploads/2018/11/3226067.jpg>
- https://d1ymz67w5raq8g.cloudfront.net/Pictures/2000x2000fit/3/0/2/141302_GettyImages-588978139.jpg
- <https://www.macrophotography.cz/photos/none-359.jpg>
- https://www.australiangeographic.com.au/wp-content/uploads/2018/06/mantisphoto_Image-1.jpg
- Obr. 43:** <https://cdn2.vectorstock.com/i/1000x1000/92/41/world-climate-zones-map-geographic-vector-29179241.jpg>
- Obr. 44:** https://images.slideplayer.com/26/8481513/slides/slide_18.jpg
- <https://i.pinimg.com/originals/1a/a1/e0/1aa1e05eee6a0b17edfc8bd61ce4d4fc.jpg>
- Obr. 45:** https://sciencewithmrsb.weebly.com/uploads/2/4/8/8/24887701/1022533_orig.jpg
- Obr. 46:** <https://prints.paimages.co.uk/p/142/birds-nest-bempton-cliffs-11085808.jpg>
- https://www.thepondguy.com/images/learning_center/learning-center-pl-article-what-to-feed-your-fish-image1.jpg
- Obr. 47:** https://st.hzcdn.com/simgs/91717bee0af1ee67_4-0082/home-design.jpg
- <https://www.naturfoto.cz/fotografie/ostatni/larvy-potemnika-moucneho-132933.jpg>
- https://live.staticflickr.com/7409/26542066850_a29a3ce766_b.jpg
- Obr. 48:**
- <https://slideplayer.cz/slide/2766996/10/images/8/Typy+populac%C3%AD+podle+v%C4%9Bkov%C3%A9+struktury.jpg>
- Obr. 49:** <https://qph.fs.quoracdn.net/main-qimg-0a71ef66128aca828f1c8bbab6d58c14-c>
- Obr. 50:** <https://qph.fs.quoracdn.net/main-qimg-0a71ef66128aca828f1c8bbab6d58c14-c>
- Obr. 51:** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/16/Figure_45_06_01.jpg
- <https://cdn.britannica.com/43/6543-050-8BE4B4C2/population-density-fluctuations-snowshoe-hare-predator-effect.jpg>
- Obr. 52:** https://c.pxhere.com/photos/b1/c3/zebra_wild_tanzania_africa_safari-803375.jpg!d
- <https://bloximages.chicago2.vip.townnews.com/presspubs.com/content/tncms/assets/v3/editorial/a/98/a9884f3c-ce9c-11e9-938d-abab3b7049d8/5d6eedad90180.image.jpg>
- <https://www.nationalgeographic.com/content/dam/animals/2018/08/poaching-saiga-antelope/01-og-poaching-saigaf0heb6-2.jpg>
- Obr. 53:** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/f/fd/XN_Meadow_wet_00.jpg/1200px-XN_Meadow_wet_00.jpg

- <https://i.pinimg.com/originals/79/2c/90/792c900605873f50d9c57e7f57c883e8.jpg>
- https://c.pxhere.com/photos/62/cf/wasp_house_feldwespe_polistes_dominulus_butterfly_european_map_araschnia_levana_european_map_butterfly_foraging-607853.jpg!d
- <https://imagineyouraquarium.com/wp-content/uploads/2019/06/73104174.jpg>
- https://ornithology.com/wp-content/uploads/2015/01/Violet-green_Swallow_From_The_Crossley_ID_Guide_Eastern_Birds.jpg
- Obr. 54:** <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/4/41/Szalka19.JPG/1200px-Szalka19.JPG>
<https://www.starostove-nezavisli.cz/data/kraje/KVK/images/ra%C5%A1elini%C5%A1t%C4%9B.jpg>
- Obr. 55:** <https://kf.tuzvo.sk/sites/default/files/drevinovezlozenie.pdf>
- Obr. 56:** <https://i.pinimg.com/originals/31/3a/b8/313ab8142997d18b240c5c1dcb1a4e76.png>
- Obr. 57:** <https://s3.amazonaws.com/user-media.venngage.com/289527-c375224447d31889f46a9c3d6d42a3a8.png>
- Obr. 58:** <https://www.davidzeleny.net/anadat-r/lib/exe/fetch.php/obrazky:eucl-dist-matrix-danube-data.jpg>
- Obr. 59:** <http://pece.zf.jcu.cz/docs/prednasky/Ekologie-II-759ccc6dc9.pdf>
- Obr. 60:** <https://verinkavera.estranky.sk/img/mid/14/smrekacik-hribacik.jpg>
<https://www.naturepl.com/cache/pcache2/01581485.jpg>
<https://www.savethekoala.com/sites/savethekoala.com/files/uploads/images/koaladiet2.jpg>
- Obr. 61:** <https://i.pinimg.com/originals/e7/d5/50/e7d55053003166d4ab650744e8cc9439.jpg>
<https://i.pinimg.com/originals/c5/16/99/c51699072d8bf9f9dbd272dd28eca316.jpg>
- Obr. 62:** https://i.pinimg.com/originals/0X/0/2010-06-14-11796/World_biomes_map.png
- Obr. 63:** https://www.gifex.com/images/0X0/2010-06-14-11796/World_biomes_map.png
- Obr. 64:** <https://image.slideserve.com/1056961/sch-ma-vegeta-n-ch-stup-ov-1.jpg>
- Obr. 65:** <https://static.epodreczniki.pl/portal/f/res-minimized/R1M4v3YTIRfpU/3/9fvXIm9Eqvt4y4UDI2DqEdTuvmiWmd6c.png>
- Obr. 66:**
https://static.wixstatic.com/media/788fcb_9d8ac673a3284eea8530f07e2656adaa~mv2.jpg/v1/fill/w_550,h_189,al_c,q_90/788fcb_9d8ac673a3284eea8530f07e2656adaa~mv2.jpg
- Obr. 67:** <https://vedanadosah.cvtisr.sk/img/uploads/xlmh61kB.jpg>
- Obr. 68:**
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/0/00/Nicrophorus_vespilloides_in_dead_rodent.jpg/340px-Nicrophorus_vespilloides_in_dead_rodent.jpg
https://www.wur.nl/upload/79d9fbf3-a8aa-4568-aa68-8ba54f8dfd63_shutterstock_42595216_regenworm_worm_aarde_LR.jpg
- Obr. 69:** <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/e/ea/VarsaviaSanMartinoNicchia.jpg/220px-VarsaviaSanMartinoNicchia.jpg>
<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/f/f5/0026MAN-Nike.jpg/220px-0026MAN-Nike.jpg>
- Obr. 70:**
<https://slideplayer.cz/slide/6853551/21/images/5/Ekologick%C3%A1+nika+Jedinec+a+prost%C5%99ed%C3%AD+R%C3%A1kosn%C3%ADk%3A+4+druhy.jpg>
<https://www.enature.qa/wp-content/uploads/2015/08/image-bird-acrocephalus-arundinaceus.jpg>
<https://www.enature.qa/wp-content/uploads/2015/08/image-bird-acrocephalus-scripaceus.jpg>
https://www.rspb.org.uk/globalassets/images/birds-and-wildlife/bird-species-illustrations/sedge-warbler_1200x675.jpg?preset=largelandscape_mobile

https://www.rspb.org.uk/globalassets/images/birds-and-wildlife/bird-species-illustrations/marsh-warbler_1200x675.jpg?preset=largelandscape_mobile

Obr. 71: <https://alkhadraasy.com/wp-content/uploads/2019/05/117.jpg>

Obr. 72: https://thumbnails-4.fotky-foto.cz/400/01/97/19/FotkyFoto_kolobeh-uhliku_19719767.jpg

<https://origins.nu/wp-content/uploads/Tree-png-voor-website.png>

Obr. 73: <https://cdn.komensky.sk/thumb.php?server=svk&id=157120&type=4&thumb=7>

Obr. 74: <https://i.pining.com/originals/a1/14/f8/a114f828e3e690d19afcc5174a7eb9a1.png>

Obr. 75: https://www.jonesscience.com/uploads/4/2/5/4/42547021/395891677_orig.jpg

Obr. 76: https://lh3.googleusercontent.com/proxy/5KS02Nw3cP8hB6mnoE_i7-bZbAdyAHP6g6P_cfD6buDzi4T2L97mSWYzPizs6uE8BJwZPD0-yZ-hyZpc_VhOypAQIpHMwJOccf4rlft5NGjX

Obr. 77: <https://briangrimmerblog.files.wordpress.com/2014/07/image.jpg>

Ďalšia odporúčaná literatúra

- Begon, M., Harper, J.L., Townsend, C.R., 1997: Ekologie jedinci, populace, společenstva. Univerzita Palackého, Olomouc, 949 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, 572 pp.
- Franz, V., Malina, R., 2006: Základy ekologie a vybrané kapitoly zo zoogeografie a zoochorológie. Univerzita Mateja Bela, Banská Bystrica, 115 pp.
- Hendrych, R., 1983: Fytogeografie. SPN Praha, 220 pp.
- Kováč, V., 2008: Ekológia. Univerzita Komenského, Bratislava, 74 pp.
- Losos, B., Gulička, J., Lellák, J., Pelikán, J., 1984: Ekologie živočichů. SPN, Praha, 316 pp.
- Majzlan, O., Drobný, I., Flašík, F., Glváč, M., 1997: Ekológia. Donar, Oikos Bratislava, 128 pp.
- Moldan, B. 1983: Koloběh hmoty v přírodě. Academia, Praha, 171 pp.
- Odum, E. P. 1977: Základy ekologie. Academia, Praha, 733 pp.
- Rajchard, J., Balounová, Z., Vysloužil, D. 2002: Ekologie I. Kopp, České Budějovice, 121 pp.
- Rajchard, J., Kindlmann, P., Balounová, Z. 2002: Ekologie II. Kopp. České Budějovice, 119 pp.
- Rajchard, J., Balounová, Z., Květ, J., Šantrůčková, H., Vysloužil, D. 2002: Ekologie III. Kopp, České Budějovice, 198 pp.
- Slavíková, J. 1986: Ekologie rostlin. SPN, Praha, 366 pp.
- Storch, D., Mihulka, S. 2000: Úvod do současné ekologie. Portál, Praha, 156 p.
- Terek, J., Vostal, Z. 1998: Základy ekologie a vybrané kapitoly environmentalistiky. Prešovská univerzita, Prešov, 150 pp.
- Zlatník, A., Pelikán, J., Stolina, M. 1973: Základy ekologie. SZN, Praha, 281 pp.