



ERUDITIO
MORES
FUTURUM

Univerzita Mateja Bela v Banskej Bystrici
Fakulta prírodných vied



VALERIÁN FRANC, RADOVAN MALINA & MARTINA ŠKODOVÁ

ZÁKLADY BIOGEOGRAFIE A EKOLÓGIE

 ELIANUM

BANSKÁ BYSTRICA
2015

Predhovor

Cieľom učebnice «Základy biogeografie a ekológie» je poskytnúť orientáciu v množstve rôznorodých, v publikovaných prácach roztratených (a občas i nejednotných) poznatkov o rozšírení rastlín a živočíchov na Zemi, ako i v ekologických zákonitostiach ich vzťahov k prostrediu i medzi sebou. Táto publikácia je učebná pre študentov biologických a geografických študijných odborov na Fakulte prírodných vied UMB, ale aj pre všetkých vážnejších záujemcov o dianie v prírode.

Poznámky k stratifikácii bioty a z toho vyplývajúcej neštandardnej štruktúry tejto učebnice

Rozšírenie jednotlivých rastlinných a živočíšnych druhov, ako i celých spoločenstiev na Zemi nie je náhodné, je výsledkom zložitého vývoja, ktorý trval milióny rokov. Rozmiestnenie živej hmoty v biosfére prejavuje viac-menej zreteľné znaky priestorovej – geografickej, ale i hypsometrickej stratifikácie, ktorá súvisí s nadmorskou výškou. Práve táto stratifikácia bioty a jej «dualita» (v ďalšom texte podrobnejšie analyzovaná) dovoľuje interpretovať problematiku rozšírenia a ekológie rastlín a živočíchov ako integrovaný, čiastočne sa prelínajúci a komplementárny systém poznatkov. Táto stratifikácia sa prejavuje na niekoľkých úrovniach, u ktorých pozorujeme aj určité znaky hierarchického usporiadania (tabuľka 1):

Tab. 1. Základný prehľad štyroch úrovní stratifikácie bioty

I	Megaúroveň stratifikácie	odráža primárne rozčlenenie bioty do troch (štyroch) hlavných životných médií – biocyklov , ktorými sú morský, terestrický, limnický, a s nimi sa prelínajúci parazitický biocyklus
II	Makroúroveň stratifikácie	odráža rozčlenenie rastlinných a živočíšnych spoločenstiev do základných veľkých územných jednotiek – biogeografických oblastí a hlavných, prírodný charakter krajiny určujúcich ekologických celkov, alebo «komplexov príbuzných ekosystémov» – geobiómov
III	Mezoúroveň stratifikácie	odráža rozčlenenie rastlinných a živočíšnych spoločenstiev do « lokálnych, čiastkových ekosystémov » v rámci určitého geobiómu a konkrétnej biogeografickej oblasti
IV	Mikroúroveň stratifikácie	odráža vnútornú (časopriestorovú) štruktúru jednotlivých ekosystémov – v tejto súvislosti hovoríme o synúziách a merocenózach

Samozrejme, že tieto pojmy budú v ďalšom texte podrobnejšie analyzované. Vo vertikálnom smere bude problematika v tejto učebnici štruktúrovaná do dvoch veľkých tematických okruhov: **Biogeografia** a **Ekológia**. Osobitným problémom, o ktorom sa na Slovensku v posledných rokoch písalo, je slovenské zoologické názvoslovie (podstatne menšie problémy sú so slovenskými názvami rastlín). V celom texte učebnice sme sa usilovali používať správne moderné slovenské názvy. Výnimku alebo odklon od niektorých ortodoxne presadzovaných zásad sme si dovoľili len zriedka, v zásade ide o dva prípady:

1. Striktná požiadavka dvojslovnosti aj u slovenských názvov. U organizmov ako smrek, buk, trnka, vlk, medveď, kamzík, jazvec a hlucháň je každému zainteresovanému v strednej Európe jasné, o aký druh ide (navyše ak nasleduje vedecké pomenovanie v zátvorke). Presne ten istý prípad predstavujú viaceré exoty – zástupcovia monotypických rodov: gaviál (*Gavialis gangeticus*), pštros (*Struthio camelus*), emu (*Dromaeus novae-hollandiae*), koala (*Phascolarctos cinereus*), žirafa (*Giraffa camelopardalis*), hroch (*Hippopotamus amphibius*) a mnohé iné.
2. Názvy extraspecifických taxónov nemusia byť za každú cenu jednoslovné. Trieda pijavíc je u nás zastúpená tromi radmi s už zaužívanými názvami: hltanové, čelústnaté a chobotnaté pijavice. Povinná jednoslovnosť z nich ale urobila hltanovky, čelústnatky a chobotnatky. Čo sa vybaví bežnému človeku pri „predpisovom“ názve chobotnatky? Nejaké živočích s chobotom. Ale chobot majú aj ďalšie živočíšne skupiny: pásnice, chobotohlavce, chobotníčky, a dokonca i slony. A ako je to s čelústami a čelústnatkami? Úplne podobne, navyše „čelústnatých“ živočíchov je podstatne viac! V tomto prípade situáciu ešte komplikuje fakt, že názov čelústnatka sa používa aj pre pavúky z čeľade Tetragnathidae (Franc, 2001a).

I. ZÁKLADY BIOGEOGRAFIE

I. 1 Biogeografia ako vedná disciplína

Systém fyzickogeografickej sféry Zeme zahŕňa navzájom súvisiace, ale do určitej miery aj samostatné geosystémy planetárnych rozmerov, ktoré sú označované ako sféry. Sú to litosféra s reliéfom, atmosféra, hydrosféra, kryosféra, pedosféra a biosféra, ktoré predstavujú objekty štúdia viacerých prírodných vied, ako sú geológia, fyzická geografia, pedológia, biológia, ako i dynamicky sa rozvíjajúce hraničné disciplíny týchto vied. Študujú ich z hľadiska zákonitostí ich priestorovej diferenciácie, ich vývoja a zmien v čase, ako aj z hľadiska ich funkcie a vzájomných vzťahov v komplexe – v systéme (Horník et al., 1986).

Jednou z čiastkových (analytických) hraničných vedných disciplín, ktorá nachádza bohaté uplatnenie tak vo fyzickej geografii ako i v biológii a ekológii, je aj biogeografia. **Študuje biosféru ako jednu z čiastkových zložiek fyzickogeografickej sféry vo vzťahu s jej ostatnými čiastkovými sférami.**

Možno teda povedať, že predmetom štúdia biogeografie je fyzickogeografická sféra so zvláštnym zameraním na biosféru. Biogeografia tak pristupuje k štúdiu fyzickogeografickej sféry biocentricky, to znamená, že sa zameriava predovšetkým na biosféru. Študuje všetky zložky fyzickogeografickej sféry, medzi ktorými existujú vzájomné vzťahy a skúma, ako vplývajú ostatné zložky na biosféru, resp. ako vplýva biosféra na tieto zložky. Pravdu povediac, s takýmto širokým vymedzením objektu výskumu sa stretne málokedy – prevažná väčšina z málo početných publikácií a vedeckých prác takejto orientácie sa zaoberá buď rastlinnou (fytogeografia), alebo živočíšnou zložkou biosféry (zoogeografia).

Na základe uvedených skutočností možno biogeografiu definovať ako **vednú disciplínu, ktorá sa zaoberá štúdiom areálov rastlín a živočíchov, rastlinných a živočíšnych spoločenstiev (fytocenóz, zoocenóz) ako aj štúdiom zákonitostí priestorovej diferenciácie biosféry t. j. biogeografickou regionalizáciou** (Horník et al., 1986).

Rozšírenie jednotlivých druhov a celých spoločenstiev živých organizmov na Zemi nie je náhodné – je výsledkom súhry veľkého množstva faktorov a procesov, ktoré prebiehali mnoho miliónov rokov dozadu, a niektoré, presnejšie väčšina z nich, prebiehajú i v súčasnosti. Moderná biogeografia sa snaží pochopiť všetky zákonitosti geografickej variácie v prírode od genézy spoločenstiev a ekosystémov (elementov biologickej diverzity), ich zmien v závislosti od plochy, izolácie, geografickej šírky, hĺbky vody a nadmorskej výšky. Takúto definíciu biogeografie môžeme použiť i v prípade samostatnej definície fytogeografie a zoogeografie (Barabas & Labunová, 2009). Najčastejšie otázky, ktorými sa biogeografia zaoberá sú:

- Prečo žije určitý taxón (druh, čeľaď, rad, rod) tam, kde ho nachádzame, a nie inde?
- Čo je v pozadí príslušného rozšírenia? Klíma? Topografia? Interakcie s inými organizmami?
- Platia pre rozšírenie jednotlivých skupín rastlín a živočíchov na Zemi nejaké pravidlá?
- Ako ovplyvnili rozšírenie jednotlivých druhov historické zmeny klímy, paleogeografia, alebo pôsobenie človeka?
- Čím sa líši biota rôznych kontinentov a rôznych oblastí?
- Má niečo spoločného biota rôznych ostrovov? Ako došlo k ich osídleniu?
- Nahrádza druh, v miestach kde nežije, niečo iné?...

Biogeografia sa teda zaoberá analýzou a objasňovaním rozšírenia druhov, ktoré sa udialo v minulosti a ktoré sa deje i v súčasnosti. Objasňuje aj skutočnosti – ako je organizmus adaptovaný na podmienky danej oblasti a ktoré faktory vytvárajú bariéry jeho ďalšieho rozšírenia (Háberová, 1998). Biogeografia kladie dôraz na vzťahy rastlinstva a živočíšstva k ostatným krajinným zložkám, najmä ku klíme a pôde, ale aj k reliéfu a vodstvu a napokon aj k činnosti človeka (Plesník, 2004). Z tohto pohľadu má živá zložka v krajine významnú funkciu citlivého indikátora kvality vlastností nielen jednotlivých geografických javov, ale aj celých komplexov, takže umožňuje získať syntetický obraz ich charakteristických vlastností (Vanková et al., 2008).

I. 1. 1 Objekt a predmet biogeografie

Systém poznatkov, ktorý má ambíciu nazývať sa vedou, musí mať svoj objekt, predmet, metódy štúdia i vlastnú terminológiu. Obsah objektu nezávisí na pozorovacom subjekte – **objektom biogeografie** ako vedy je teda **biosféra, časť krajinej sféry Zeme, kde žijú organizmy**. Biogeografia sa podľa objektu skúmania člení na fytogeografiu (objektom skúmania sú rastliny a ich rozšírenie) a zoogeografiu (objektom skúmania sú živočíchy a ich rozšírenie).

Rastlinstvo a živočíšstvo je objektom výskumu biologických vied. Skúmajú rastliny a živočíchy ako osobitné objekty, ich morfológické a fyziologické vlastnosti, anatomickú stavbu, životné procesy a pod. Objektom ich výskumu je aj zoskupovanie organizmov do určitých zákonito zoskupených celkov – spoločenstiev. Vzájomné spolužitie rastlín a živočíchov závisí od ekologických vlastností jednotlivých druhov a prostredia, v ktorom žijú, teda vlastností príslušnej krajiny. A tu sa stretávajú až prekrývajú polia geografie a biológie (Plesník, 2004). Najmä skúmanie spoločenstiev a ich ekologických vzťahov s daným abiotickým prostredím je ich spoločným záujmom. Biogeografia teda čerpá fundované poznatky z biológie (botaniky, zoológie) a tieto transformuje do geografickej podoby. Biogeografia pri štúdiu krajiny – objekte výskumu fyzickej geografie, využíva poznatky z nasledujúcich disciplín:

- **botaniky** – veda o rastlinách,
- **zoológie** – veda o živočíchoch,
- **ekológie** – štúdium vzťahov organizmov a ich spoločenstiev s ich prostredím,
- **biocenológie** – štúdium spoločenstiev organizmov z hľadiska ich organizácie, taxonomického zloženia, dynamiky a ich geografického rozšírenia;
- **chorológie** – štúdium areálov taxonomických jednotiek (druhov, rodov, čeľadí), ich pôvodu, zmien ako aj zloženia jednotlivých floristických a faunistických oblastí.

V mnohých prípadoch je však k vysvetleniu príčin rozšírenia bioty nevyhnutný historický prístup. Preto biogeografia čerpá aj z poznatkov ďalších vedných disciplín:

- **paleogeografie** – zameriava sa na priestorové vzťahy fosílnych faun a flór, na migráciu organizmov v jednotlivých geologických obdobiach, napr. v súvislosti s rozmiestnením pevnín a morí a ich zmenami v priebehu geologického vývoja zemskej kôry a klimatickými zmenami,
- **palynológia** – na základe štúdia peľu a spór poskytuje veľmi presné podklady o charaktere a zmenách vegetačného krytu posledných fáz najmladšej geologickej éry – holocénu,
- **paleontológia** – na základe fosílií skúma vývoj flóry a fauny v dávnej minulosti,
- **fylogeografie** – zisťuje pomocou tzv. molekulárnych markerov príbuznosť medzi študovanými jedincami na určitom území. Využíva, skutočnosť, že živé organizmy si nesú v DNA stopy svojej minulosti, čo vo výsledku pomáha odhaliť históriu druhu v geografickom kontexte;
- **paleoklimatológia** – zaoberá sa genézou a rekonštrukciou klímy.

Pod **predmetom** (aspektom, hľadiskom) vedy rozumieme zákonitosti stavby, vývoja a fungovania objektu jej skúmania. Predmetom biogeografie sú vzťahy rastlinstva a živočíšstva, najmä ich spoločenstiev k ostatným krajinným prvkom; rastlinstvo a živočíšstvo sú chápané ako zložky krajiny (Plesník & Zatkálík, 1996). Obsah predmetu štúdia sa určuje pozorovacím subjektom a často ho ovplyvňujú požiadavky praxe. Jeden a ten istý objekt (napr. biosféru) môžu tak študovať viaceré vedy (biogeografia, botanika, zoológia, ekológia), z ktorých každá má svoj vlastný predmet (Mičian & Zatkálík, 1984).

Na základe predmetu rozlišujeme nasledovné biogeografické disciplíny:

- **regionálna biogeografia** – študuje geografickú premenlivosť globálnej a lokálnej fauny a flóry,
- **areálová biogeografia (chorológia)** – študuje geografickú premenlivosť rozšírenia organizmov (areálov),
- **ekologická biogeografia** – interpretuje biogeografické javy na základe vlastností prostredia (patrí sem aj ostrovná biogeografia: zaoberá sa pomerne úzkou problematikou osídľovania ostrovov),
- **historická biogeografia** – interpretuje a rekonštruje rozšírenie organizmov na základe historických udalostí (patrí sem aj paleobiogeografia: zaoberá sa geografickou variabilitou a divergenciou druhov na historickej úrovni),
- **antropogénna biogeografia** – zaoberá sa vplyvom človeka na rozšírenie bioty.

Biogeografia, ako veda o živých organizmoch v krajine, umožňuje hodnotiť krajinnú štruktúru a prispieť k regionalizácii pohľadu na jednotlivé územia, ako základného podkladu pre plánovanú činnosť človeka z hľadiska optimálnej tvorby krajiny a zachovania prírodných hodnôt v nej. Štúdiom vzťahov organickej zložky krajiny k ostatným krajinným elementom, teda štúdiom ekologických vzťahov od globálnych rozmerov až k detailom v jednotlivých typoch krajín, sa biogeografia stáva aj dôležitou pomocnou disciplínou environmentálnych vied.

I. 1. 2 Metódy biogeografického výskumu

Vedecká metóda je aparátom každej vednej disciplíny a bez nej nie je možné získať pravdivé, presné, vzájomne súvislé poznanie skutočnosti. Pojem vedecká metóda je všeobecný a relatívne obsažný. Chápe sa najčastejšie ako (Bendíková & Gažáková, 2009):

- súhrn pravidiel, ktorými sa treba riadiť v procese poznania,
- súbor pravidiel, vyjadrujúci účelný a objektívne zvolený spôsob ako skúmať jav a dosiahnuť vedecké poznanie,
- spôsob, ktorým sa získavajú, klasifikujú a vysvetľujú nové vedecké poznatky,
- zámerný a cieľavedomý, uvedený postup pri práci alebo v konaní.

Metódy biogeografického výskumu predstavujú postupy skúmania zákonitostí priestorového usporiadania rastlínstva a živočíšstva na Zemi, objasňovania a hodnotenia vzťahov organizmov k jednotlivým zložkám krajiny. V biogeografii sa používa množstvo metód výskumu, z ktorých len časť vznikla priamo v rámci tejto vednej disciplíny. Biogeografický charakter výskumu často predstavuje kombináciu čiastkových metód utvorených v rámci jednotlivých analytických geografických a biologických vied. Biogeografický výskum má tri úrovne:

- popisnú (deskriptívnu) úroveň – objekty popisu sú:
 - rozšírenie organizmov (taxónový, chorologický prístup),
 - faunistika a floristika územia (regionálny, topografický prístup),
- porovnávajúcu úroveň – objekty porovnávania sú:
 - areály (taxónový, chorologický prístup),
 - biota (fauna, flóra, spoločenstvá) oblastí (regionálny, topografický prístup),
- interpretačnú úroveň – formulácia hypotéz (biogeografických scenárov), ich testovanie a porovnanie s výstupmi iných disciplín (historická geológia, fyzická geografia, klimatológia a i.).

V biogeografii sa často využíva tzv. chorologický, topografický a regionálny prístup. **Chorologický prístup** predstavuje súbornú analýzu miest výskytu – stanovenie areálu daného taxónu. Výsledkom sú areálové systémy (napr. faunistické prvky). **Topografický prístup** sa zameriava na tvorbu zoznamu taxónov na jednotlivých lokalitách a sleduje ich zastúpenie. Výsledkom je biogeografická regionalizácia skúmaného územia. **Regionálny prístup** predstavuje štúdium biogeografického charakteru jednotlivých oblastí – regiónov. Metódy výskumu môžeme rozdeliť do dvoch skupín – analytických a syntetických. Analýzu a syntézu môžeme označiť za protichodne orientované metódy využívané pri výskume určitého problému (analýza od celku k časti, syntéza od časti k celku):

- **analytické metódy** – proces myšlienkového rozčleňovania skúmaného problému na jednotlivé časti, prvky, znaky, protiklady a ich skúmanie s cieľom odhaliť ich podstatu. Teda úlohou analýzy je vyčleniť z celej masy faktov a súvislostí tie hlavné, podstatné, nutné, ktoré môžu osvetliť príčiny vzniku a priebehu skúmanej udalosti, jej podstatu. Príkladom použitia tejto metódy je výskum hornej hranice lesa v závislosti od ekologických faktorov prostredia (dĺžka vegetačného obdobia, nadmorská výška);
- **syntetické metódy** – myšlienkové zjednocovanie, sumarizácia vlastností alebo vzťahov v rámci biogeografických javov tak, aby vznikol celkový obraz o priestorovom usporiadaní rastlínstva a živočíšstva v krajine v zákonitom spojení s ostatnými krajinnými zložkami, vrátane človeka. Základnú zložku biosféry tvoria biocenózy – spoločenstvá. Ich zoskupovaním na základe príbuzenských ekologických vzťahov sa diferencuje vegetačná pokrývka na priestorové vegetačné útvary, celky, ktoré sa vzťahujú na obdobnom princípe ako biocenózy do vyšších jednotiek, až napokon vznikne celkový obraz určitej časti biosféry.

V biogeografii je často využívaná i **komparatívna metóda** – metóda porovnávania, ktorou sa zisťuje podobnosť a odlišnosť medzi viacerými spoločenstvami alebo biogeografickými javmi. Metóda porovnávania má veľký význam pri objasňovaní procesov zmien, dynamiky spoločenstiev, odhalení tendencií a zákonitostí ich vývoja.

Jedno z rozlíšení metód biogeografického výskumu je podľa miesta a spôsobu ich realizácie. Na základe toho je možné rozlišovať:

- **Terénny biogeografický výskum** (zber a syntetické spracovanie informácií o rastlinstve, živočíšstve a ich abiotickom prostredí priamo v teréne), ktoré možno ďalej rozdeliť na:
 - jednorazový terénny výskum (zisťovanie komplexu charakteristík, ktoré sa dlhodobo nemenia – napr. pôdne, reliéfové, litologické či základné vegetačné charakteristiky v ich vzájomných väzbách),
 - polostacionárny terénny výskum (opakované, ale nie kontinuálne meranie dynamických charakteristík krajiny – napr. sledovanie procesov sukcesie, dynamiky rastlinných a živočíšnych spoločenstiev),
 - stacionárny terénny výskum (kontinuálne sledovanie mimoriadne dynamických prvkov a systémov krajiny – napr. pohybu a transformácie vody, vzduchu, živín, rôznych typov energie a pod. v celom prírodnom komplexe).

V rámci výskumnej plochy (jednorázovej, semitrvalej, trvalej) sa môžeme zamerať na vybrané vlastnosti spoločenstiev, procesy a závislosti medzi nimi alebo sa snažíme o čo najkomplexnejšiu charakteristiku biocenózy či celých ekosystémov. Na výskumnej ploche môžeme napríklad určiť okrem vlastností abiotického prostredia aj charakter rastlinného a živočíšneho spoločenstva – jeho druhové zloženie, štruktúru; vlastnosti druhov ako napr. pokryvnosť, dominancia, frekvencia, konštancia, sociabilita, ekologické nároky, zdravotný stav druhov, alebo závislosť charakteru rastlinného spoločenstva od ekologických faktorov prostredia. Terénny výskum vyžaduje schopnosť práce s rôznymi kľúčmi pre určovanie jednotlivých druhov bioty, zvládnutie špecifických metódik poznávania a techník zberu vzoriek a dát, prácu s topografickými mapami, schopnosť mapovania a pod.

- **Dištančný biogeografický výskum** (využíva metódy diaľkového prieskumu Zeme – DPZ na zber údajov o prírodných a prírodno – technických geosystémoch). Možno ho opäť rozdeliť na:
 - jednorazový dištančný výskum (zachytenie stavu krajiny v jednom časovom momente), ktorý slúži najmä na zachytenie priestorovej štruktúry vegetácie (prírodzenej, druhotnej),
 - dištančný monitoring (zachytenie stavu vegetácie v niekoľkých za sebou nasledujúcich obdobiach), ktorý umožňuje sledovať dynamiku a vývoj vegetácie, sukcesie a celkovo zmien krajiny štruktúry.

Najpoužívanjšie a najdostupnejšie sú čierno-biele letecké snímky (prevažne pre menšie územia s požadovanou väčšou podrobnosťou informácií). Predstavujú dostatočne presné informácie o hraniciach fyziognomicky významných spoločenstiev, ich štruktúre a pod. V ostatnom období sa čoraz častejšie využívajú ortofotomapy, ktoré sú ideálne aj pre prácu v prostredí geografických informačných systémov (GIS). Prácu s leteckými a družicovými snímkami je však potrebné kombinovať s priamym terénnym výskumom, na základe ktorého sa vypracováva kľúč na čítanie snímky (Vanková et al., 2008). K širšiemu využitiu informácií zachytených na meračskej snímke sa pri analýze lesných spoločenstiev najnovšie využívajú aj metódy fotogrametrie. Automatizovaná klasifikácia drevinového zloženia sa pritom vykonáva najčastejšie na infračervených ortofotosnímkach (CIR) alebo ortofotosnímkach v pravých farbách (RGB) (Kardoš et al., 2013).

- **Kabinetný a laboratórny biogeografický výskum** na rozdiel od oboch predošlých neskúma objekt výskumu (časť biosféry) priamo, ale rôznymi spôsobmi spracováva výsledky terénneho a dištančného výskumu v pracovniach a laboratóriách. Keďže najčastejším výstupom tejto činnosti je utvorenie určitého syntetického modelu časti biosféry, reprezentuje kabinetný výskum najmä biogeografické modelovanie v širokom slova zmysle. Spadajú sem najmä:
 - **štúdium literárnych a kartografických zdrojov** – informácie v knihách, publikáciách, mapách, atlasoch. Z najhodnotnejších diel možno spomenúť deväť zväzkov Flóry Slovenska (rôzni autori,

1966 – 1997), Geobotanickú mapu ČSSR (Michalko et al., 1986), ktorá znázorňuje potenciálnu prirodzenú vegetáciu na mapových listoch v mierke 1 : 200 000 pre celé územie Slovenska a Mapu potenciálnej prirodzenej vegetácie Slovenska (Maglocký, 2002) v mierke 1 : 500 000 v Atlase krajiny Slovenska. J. Futák publikoval v Atlase SSR (1980) Fytogeografické členenie Slovenska, podobne ako J. Plesník (2002) v Atlase krajiny Slovenska. Posledné zoogeografické členenie Slovenska spracovali Jedlička a Kalivodová (2002) v mape mierky 1 : 2 000 000 v Atlase krajiny Slovenska. Informácie o lesných spoločenstvách na území Slovenska predstavujú lesné hospodárske plány (LHP) obsahujúce aj mapy v mierke 1 : 25 000 a 1 : 10 000 a rozsiahle databázy údajov, mapy rozšírenia hlavných lesných drevín, mapy súčasnej hornej hranice lesa, mapy vegetačnej pokrývky ovplyvnenej priemyselnými exhalátmi, ako i ďalšie mapy vplyvov rozličných stresorov na lesy a pod. Príručka k mapovaniu a katalóg biotopov (Ružičková et al., 1996) obsahuje prehľad a charakteristiku jednotlivých spoločenstiev na území Slovenska, podobne ako Katalóg biotopov Slovenska (Stanová, Valachovič et al., 2002). Zdrojom informácií môže byť aj mapa CORINE Land Cover v mierke 1 : 50 000 spracovaná Slovenskou agentúrou životného prostredia. Informácie o rozšírení jednotlivých živočíšnych druhov v Európe nájde záujemca na webovej stránke «faunaeur.org»;

- **tvorba databanky** druhových a ekologických dát získaných najmä terénnym výskumom (Turbo Win – vegetačná databáza, Informačný systém biotopov Slovenska – údaje o niektorých skupinách živočíchov, najmä bezstavovcov a i.);
- **laboratórne analýzy** materiálu (datovanie, chemické, fyzikálne a biologické rozbor);
- **tvorba informačného systému (GIS)** v ktorom sa ukladajú a spracovávajú informácie získané z existujúcich podkladov, ale najmä terénnym a dištančným výskumom, pričom sa aj generujú nové informácie;
- **metódy matematickej štatistiky** (korelačná analýza, gradientová analýza, analýzy časových radov, testovanie štatistických hypotéz a i.), metódy matematickej analýzy a lineárnej algebry (diferenciálny počet, extrapolácia, maticový počet) či metódy operačnej analýzy pomáhajú pri kvantitatívnom hodnotení skúmaných javov;
- **kabinetné etapy** biogeografického mapovania, v ktorých sa spracovávajú existujúce podklady z iných vedných disciplín, ale aj výsledky terénneho a dištančného biogeografického výskumu a utvára sa finálna podoba napr. vegetačnej mapy (vyhotovenie biogeografickej mapy obsahujúcej komplexné biocenózy, zahrňujúce rastlinnú a živočíšnu zložku je komplikované v dôsledku obrovského množstva živočíšnych druhov, ktoré nemôže jeden pracovník obsiahnuť na určitej lokalite);
- **utváranie biogeografických koncepcií a teórií** predstavuje syntézu všeobecného i regionálneho komplexného biogeografického poznania na základe všetkých vyššie uvedených typov metód výskumu a s využitím metód pomocných vedných disciplín (paleogeografie, molekulárnej fylogenetiky, fylogeografie a i.)

Všetky uvedené metódy sú vzájomne previazané, a tiež sa čiastočne prekrývajú. Biogeografia má významnú úlohu pri analýze a syntéze hodnôt krajiny z aspektu biotického i komplexného. Možnosti využitia biogeografických poznatkov pri komplexnom fyzickogeografickom výskume krajiny, či aktuálnom výskume geosynergických vzťahov v krajinnom komplexe sú veľmi široké. Analytickou polohou fyzickogeografického výskumu možno zavŕšiť vegetačnú geografickú syntézu, ktorá v sebe spája ostatné väzby a procesy. V syntetickej polohe možno využiť biogeografické podklady k vymedzeniu homogénnych a heterogénnych priestorových štruktúr (Horník, 1997). Nutnosť syntézy poznatkov o organizmoch a ich prostredí pre potreby fyzickogeografickej či krajinnej syntézy vedie k výraznému rozvoju aj v rovine praktickej aplikácie výsledkov z oblasti biogeografie (Vanková et al., 2008).

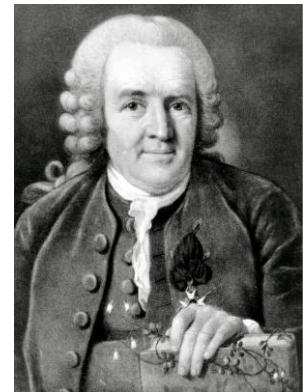
I. 1. 3 Historický vývoj biogeografie

Biogeografické informácie patria k najstarším regionálnym poznatkom. Prvé, veľmi skromné písomne zachytené poznatky o charaktere bioty prinášali najmä záznamy o vojenských, či neskôr cestovateľských výpravách. Vývoj biogeografie, respektíve základných princípov biogeografie ako vedy, môžeme položiť do obdobia 611 – 549 pr. n. l. a formuloval ho **Anaximandros**. Spis s názvom „O prírode“ hovorí o podmienkach vzniku Zeme, ale i podmienkach vzniku bioty. Tento spis anticipoval modernú vývojovú teóriu definovanú oveľa neskôr Darwinom (Barabas & Labunová, 2009). Významným medzníkom boli

práce **Aristotela** (384 pr. n. l.), v ktorého zoologických dielach sa objavujú už určité biogeografické prístupy. K tomu mu dopomohol **Alexander Veľký Macedónsky** (336 – 323 pr. n. l.), ktorý mu posielal prírodniny, s ktorými na svojich vojenských expedíciách prišiel do kontaktu. Prvé pokusy o spracovanie fyto geografických poznatkov môžeme sledovať v prácach **Theoprastosa** (371 – 286 pr. n. l.) z Efezu, ktorý rozprávajúc o vojenských výpravách Alexandra Veľkého a i. členil vegetáciu podľa tvaru listov. Opísal rozdiely vegetácie Stredomoria, lýbijských polopúští, juhoázijských indických trópov, pontických lesov a stepí, mangrovových porastov Perzského zálivu a poriečnej vegetácie Nílu (Bretzl, 1903 in Plesník, 2004). Už starí Rimania rozlišovali príbuzné divoko rastúce druhy od pestovaných.

Po stredoveku, v ktorom bol rozvoj prírodovedných poznatkov potlačený dominujúcim náboženským pohľadom na svet, nastupuje po prekonaní názoru na slnečnú sústavu Koperníkom (1473 – 1543) a jeho nasledovníkmi rozvoj prírodovedy a v rámci nej aj skúmania zákonitostí bioty v krajine (Plesník, 2004). Postupne od filozofického základu cez empirické poznanie sa vytvárali predpoklady pre formulovanie základných téz biogeografie ako medznej disciplíny medzi geografiou a biológiou. Činnosť človeka vždy úzko súvisela s rastlinnou pokrývkou a živočíštvom, preto boli biogeografické javy vždy v centre pozornosti a biogeografia patrí k najstarším odvetviám prírodovedného skúmania. Ďalší vývoj biogeografie je spojený so zberom a porovnávaním druhov a spoločenstiev v jednotlivých častiach Zeme. Predpokladom pre zber materiálu boli objavné cesty v období 15. a 16. storočia, ktoré neskôr boli zamerané nielen komerčne, ale aj účelovo na výskum. Poukázalo sa na vplyv geografickej šírky a nadmorskej výšky na rozšírenie a charakter spoločenstiev. Zürišský lekár, prírodovedec a filológ **Konrad von Gessner** (1516 – 1565) tak pozoroval v Alpách zmeny vegetácie vzhľadom k nadmorskej výške, na základe čoho vyčlenil klimatické výškové stupne. Anglický prírodovedec **John Ray** (1624 – 1705) tiež poukázal na vplyv geografickej šírky a nadmorskej výšky, pokúsil sa o prvé zaradenie rastlín a živočíchov do systému, zaviedol biologickú kategóriu druh a veľryby zaradil medzi cicavce.

Počiatok formulovania základných téz biogeografie môžeme umiestniť do 18. storočia. Predpokladom pre rozvoj biogeografie bol rozvoj vedných odborov ako evolučná biológia a ekológia. Rozvoj týchto vedných disciplín vyvolal nové poznatky v astronómii a geológii, ktoré priniesli nový pohľad resp. vedci nadviazali na myšlienky starých Grékov. Švédsky prírodovedec **Carl von Liné** (1707 – 1778) je zakladateľom botanickej a zoologickej systematiky. Od jeho práce „*Systema naturae*“ (1758) sa začal vlastný regionálny výskum bioty. Náleziská druhov označoval výrazmi ako lesy, močiare, lúky alebo rastlinné porasty. Stanovištné rozdiely videl v závislosti od nadmorskej výšky, klímy a pôdy. Lokality označoval podľa rastlinných formácií. Používal pojmy, ktorými aj dnes označujeme rastlinné spoločenstvá (*Salicetum*, *Pinetum* a i.). Za centrum šírenia druhov považoval Eden (prales na juhu) resp. Ararat podľa stvorených predispozícií.



Obr. 1. Carl von Linné

Na rozdiel od neho **Georges Louis Leclerc de Buffon** (1707 – 1788) pripúšťal možnosť viacerých stvorení (creatio) na rôznych kontinentoch (oblastiach) nezávisle alebo možnosť prispôsobenia sa miestnym podmienkam. Dával do súvislosti zmeny v rozmiestnení kontinentov s vývojom rozšírenia živočíšstva na základe príbuzenských vzťahov. Známy je tzv. „Buffonov zákon“ – vzdialené krajiny s podobnou vegetáciou majú odlišnú faunu. Za pôvodnú vlasť druhov považuje severnú Európu v blízkosti polárneho kruhu. Jeho teória o šírení druhov sa stala kľúčom pre modernú teóriu biogeografie. Nie iba Zem, ale i dynamika klímy a izolácia sa začali považovať za diferencujúce podmienky. Výsledkom bol vznik novších foriem, ktoré sa rozširovali, prípadne jedna z foriem mohla degenerovať. Tento proces neskôr A. R. Wallace a Ch. Darwin nazvali prírodným výberom. Tento princíp poznáme ako prvý princíp biogeografie alebo tzv. Buffonov zákon. Francúzsky prírodovedec **Giraud Soulavie** (1752 – 1813) na základe klimatických nárokov rastlín rozdelil južné Francúzsko na oblasť klímy pomarančovej, olivovej, révovej a alpských rastlín. Ďalší krok k definovaniu biogeografie ako vedy urobil nemecký prírodovedec, zemepisec a cestovateľ **Alexander von Humboldt** (1769 – 1859), ktorý je považovaný za otca fyto geografie. Generalizoval

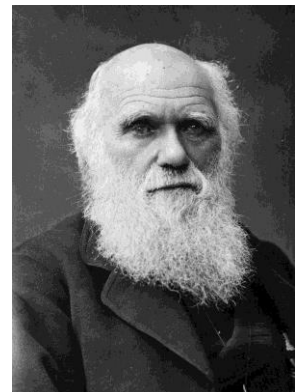


Obr. 2. Alexander von Humboldt

poznatky Buffona a doplnil ich o poznatky vlastné, ktoré získal štúdiom flóry v rôznych častiach Zeme. Výsledkom jeho práce boli merania a hodnotenia diferenciácie vegetačného krytu v závislosti od geografickej šírky, gradientu výšky a klimatických pomerov. Pre rastlinné spoločenstvo zaviedol pojem asociácia, definoval a rozlišoval pojmy flóra a vegetácia. Popísal viac ako 3 500 druhov rastlín.

Súčasníkom Humboldta bol švédsky lekár a botanik **Göran Wahlenberg** (1780 – 1851). Zaoberal vegetačnými stupňami, pričom ich chápal komplexne ako typy geosystémové. Zistil, že o polárnej a alpínskej hranici lesa nerozhoduje priemerná ročná teplota, ale rozdelenie teplôt v ročných obdobiach. V roku 1813 pôsobil aj vo Veľkej Fatre a vyčlenil na Slovensku 5 vegetačných stupňov: ❶ úrodnú a ovocie donášajúcu poľnú krajinu, ❷ horskú krajinu alebo krajinu buka, ❸ subalpínsku krajinu, do ktorej zahrňuje aj smrekový stupeň, ❹ dolnú alpínsku krajinu a ❺ hornú alpínsku krajinu. Za zakladateľa zoogeografie sa považuje **August Wilhelm von Zimmermann** (1743 – 1815), ktorý v r. 1777 sformuloval predmet výskumu zoogeografie.

V 19. storočí možno pozorovať rýchly nárast biogeografických poznatkov v súlade s celkovým rozvojom prírodných vied. Autori mnohých prác čerpali poznatky z ciest po svete, ale aj v z miestnych území. Ich cesty im umožnili formulovať princípy diverzifikácie bioty, ako aj definovanie areálov ich pôvodu. Poznanie rozšírenia druhov sa stalo základom pre poznanie zákonitosti prírody. Lyelliho základy geológie a Darwinove poznatky o diferenciácii bioty položili základy evolučnej teórie. Tieto práce prispeli tiež k vytvoreniu hypotézy o dynamike rozšírenia kozmopolitných druhov a disjunkcií. Boli vyslovené myšlienky, že druhy sa šírili vďaka existencii pevninského mostu. Významným prínosom pre biogeografiu bola aj práca **Augusta Grisebacha** (1814 – 1879), ktorý vytvoril prehľad vegetácie celej planéty. Použil pojem „rastlinná formácia“ (les, step, savana, púšť a i.). Anglický prírodovedec **Charles Robert Darwin** (1809 – 1882) mohol vytvoriť svoju vývojovú teóriu aj vďaka štúdiu ekologických vzťahov živočíšstva v rozmanitých krajinných oblastiach. Zaoberal sa aj štúdiom geológie a paleontológie. Je autorom viacerých štúdií, no najznámejšie je jeho dielo „O pôvode druhov“ (1859), ktoré dokazovalo, že evolúcia zo spoločného predka je základným vedeckým vysvetlením pestrosti prírody. Rátal s predpokladom, že všetky jedince každého druhu sa prirodzene líšia a ďalej sa domýšľal, že v rámci každého druhu sa odohráva súťaživý zápas o prežitie, ktorý slabšie jedince eliminuje a silnejšie (alebo lepšie prispôsobené) necháva rozmnožovať sa a odovzdávať svoje prospešné adaptácie ďalšej generácii. Svoju teóriu nazval „prírodný výber“.



Obr. 3. Charles R. Darwin

V druhej polovici 19. storočia sa objavujú viaceré členenia Zeme na zoogeografické oblasti, z ktorých waleský prírodovedec a cestovateľ **Alfred Russel Wallace** (1823 – 1913) v roku 1876 spracoval základ pre členenie suchozemskej fauny a spolu s Darwinom publikovali dielo „Zemepisné rozšírenie živočíchov“. Zoogeografický prístup použil aj kanadský prírodovedec a spisovateľ **Charles Grant Allen** (1848 – 1899) pri zovšeobecňovaní zonálneho charakteru usporiadania stanovišť živočíchov. Všimol si aj dĺžku telových výbežkov (ušníc, chvostov, končatín) vybraných druhov vo vzťahu s geografickou šírkou. Z významných biogeografov na prelome 19. a 20. storočia je potrebné spomenúť nemeckého geografa **Josefa Schmithüsen**a (1909 – 1984), tvorca modernej vegetačnej geografie a ruského geografa **Vasilija Vasilijeviča Alechina** (1884 – 1946). K významným fytogeografom patrili Nemec **Carl Troll** (1899 – 1975), ktorý v roku 1939 založil základy krajinskej ekológie a **Josias Braun-Blanquet** (1884 – 1980), ktorého učebnica „Pflanzensoziologie“ (1928) prispela k usmerňovaniu rastlinnej sociológie aj u nás. Výškovou a šírkovou zonalitou živočíšstva sa zaoberal Američan **Hart Merriam** (1855 – 1942) „life zones“ a rastlinstva Nemec **Adolf Endler** (1844 – 1930). Americký entomológ a evolučný biológ **Philip J. Darlington** (1904 – 1983) spracoval dva veľmi známe tituly z oblasti zoogeografie: „Geografické rozdelenie zvierat“ (1957) a „Biogeografia na južnom konci sveta“ (1965). Nemecký evolučný biológ **Ernst W. Mayr** (1904 – 2004) sa venoval biologickej koncepcii druhu a allopatrickej speciácii (ako produktu geografickej izolácie). Druhá polovica 20. storočia priniesla nové koncepty v biogeografii. Robert Mac Arthur a Edward O. Wilson (1967, reed. 2001) spracovali prácu „Teória ostrovnej biogeografie“. Nové pohľady na evolúciu (panbiogeografia – alternatíva neodarwinistického obrazu evolúcie) priniesol aj Talian **Léon C. M. Croizat** (1894 – 1982). Druhá polovica 20. storočia predstavovala rýchly posun v technických a metodických predpokladoch biogeografie. S rozvojom využívania počítačovej techniky

bola umožnená rutinná aplikácia kvantitatívnych postupov, exploračnej štatistiky, stochastických metód a modelovania. Ďalšie možnosti priniesli geografické informačné systémy (GIS). V súčasnosti sú využívané kombinácie rôznych prístupov s výrazným podielom molekulárnej fylogenetiky a fylogeografie.

Na území Slovenska pôsobilo viacero odborníkov venujúcich sa okrem iného aj biogeografickému výskumu. Z významných botanikov, ktorí pôsobili aj na našom území spomenieme mená ako **Giovanni Antonio Scopoli** (1723 – 1788), **Štefan Lumnitzer** (1749 – 1806), ktorý spracoval lokálnu flóru Uhorska, **Dioníza Štúra** (1827 – 1893) v oblasti paleobotaniky, **Aloisa Zlatníka** (1902 – 1979) v oblasti lesníckej fytoecológie. Ďalším významným predstaviteľom je **Jaroslav Raušer** (1911 – 1978), ktorý v spolupráci so Zlatníkom vytvoril biogeografickú mapu pre národný atlas republiky. **Josef Dostál** (1903 – 1999) bol český botanik, ktorý vypracoval systematiku vegetácie pre celé územie ČSR a spracoval aj fytoecografické členenie Slovenska. Z ďalších mien významných pre fytoecografiu je potrebné spomenúť mená **Ján Futák** (1914 – 1980), **Radovan Hendrych** (1926 – 2004), **Ján Michalko** (1921 – 1999), **Eduard Krippel** (1929 – 1992), **Pavol Plesník** (1920 – 2009), ktorý sa zaoberal otázkou vegetačných stupňov, hornou hranicou lesa, vzťahmi vegetačnej pokrývky k zložkám krajiny a pod., **František Zatkalík**, **Lucian Seko**, **Dezider Magic**, **Štefan Maglocký**, **Anton Jurko**, **Eva Križová** a ďalší.

V oblasti zoogeografie na území Slovenska, príp. ČSR pracovali **János Grossinger** (1728 – 1803), **Kornel Chyzer** (1836 – 1909), **Miklos Udvardy** (1919 – 1998), ktorý zaviedol dynamický prístup pri chápaní zmeny fauny počas štvrtohôr. Zoogeografické členenie Československa spracoval **Jan Maňan** (1958), upravil ho **Jan Buchar** (1983). Vychádzal z reálneho rozšírenia živočíšnych druhov. Podobnú mapu publikovali v Atlase krajiny Slovenska (2002) **Ladislav Jedlička** a **Eva Kalivodová**. J. Buchar (1983) vypracoval prvú ucelenú učebnicu zoogeografie. **Vojen Ložek** (1973) spracoval štvrtohornú faunu, venoval sa najmä malakofaune. Ďalší autori ako **Karol Brančík** (1842 – 1915), **Oskár Ferianec** (1905 – 1987), **František J. Turček**, **Ján Gulička**, **Ján Čepelák**, **Ladislav Korběl**, **Zora Feriancová-Masárová** a iní sa venovali či venujú štúdiám menších skupín živočíchov vo vzťahu k zložkám krajiny (Vanková et al., 2008). Na Slovensku sa okrajovo biogeografii venujú mnohé pracoviská geografického, biologického, ekologického a environmentálneho charakteru (Ivan Ružek, Vladimír Falt'an, Il'ja Krno, Vladimír Kováč, Karol Mičeta, Valerián Franc, Mirko Bohuš, Dušan Barabas, Martina Škodová a ďalší).

Kontrolné otázky:

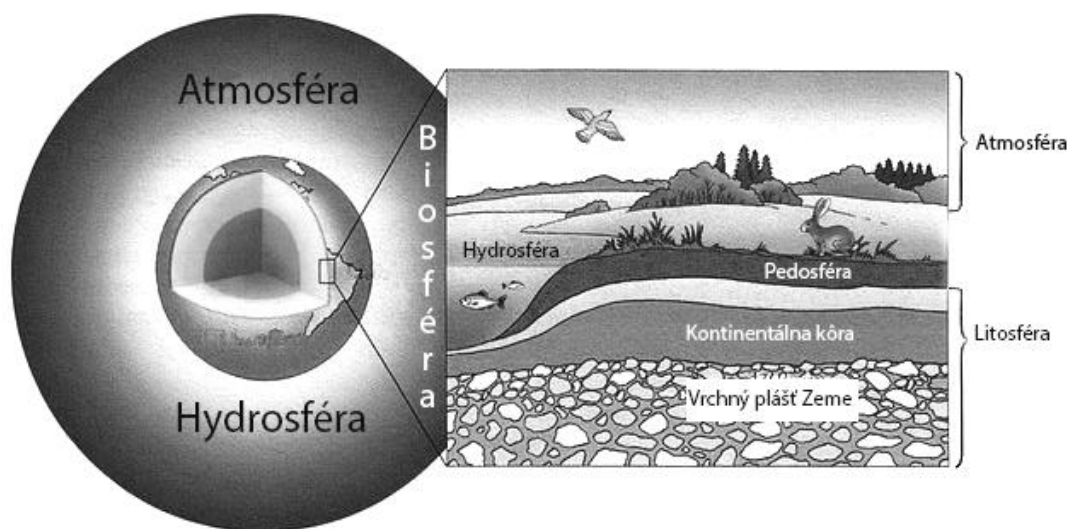
1. Biogeografia sa zaoberá analýzou a objasňovaním rozšírenia druhov ako aj tým, ako je organizmus adaptovaný na podmienky danej oblasti a ktoré faktory vytvárajú bariéry jeho ďalšieho rozšírenia. Čo predstavuje objekt a predmet biogeografie?
2. Biogeografia čerpá fundované poznatky aj z ďalších vedných disciplín a tieto transformuje do geografickej podoby. Ktoré vedné disciplíny to sú?
3. Jedno z rozlíšení metód biogeografického výskumu je podľa miesta a spôsobu ich realizácie. Aké metódy môžeme na základe týchto kritérií rozlíšiť? Aké sú ich špecifiká v biogeografickom výskume?
4. V ktorom období došlo k formulovaniu základných téz biogeografie a ktorí predstavitelia charakterizujú toto obdobie?
5. V čom je základný rozdiel medzi evolúciou a prírodným výberom?

I. 2 Biosféra ako súčasť krajinej sféry Zeme

Termínom **biosféra** nazývame tú časť fyzickogeografickej sféry, ktorá je osídlená organizmami. Vyznačuje sa činnosťou živých organizmov: rastlín, živočíchov, húb a mikroorganizmov, ktoré súhrnne označujeme termínom **biota**. Rozmiestnenie živých organizmov na Zemi je výsledkom zložitého, milióny rokov trvajúceho vývoja (biosféra vznikla pred 3,5 – 4 miliardami rokov). Rozmiestnenie živých organizmov je najviac ovplyvnené faktormi, medzi ktoré patrí geografická šírka, nadmorská výška a dostupnosť vody ako základnej látky, bez ktorej život nie je možný. Biosféra sa vyznačuje aj samoreguláciou, samobnovovaním, obehom látok a tokom energie.

Množstvo živých organizmov – organickej hmoty, vyjadrené kvantitatívne v jednotkách plochy, váhy alebo objemu nazývame **biomasa** (latinsky *massa* = hmota). Tvoria ju producenti (autotrofné organizmy, najmä zelené organizmy, ktoré vytvárajú živiny z anorganických látok), konzumenti (heterotrofné orga-

nizmy, najmä živočíchy, ktoré sa živia inými organizmami) a reducenti (najmä mikroorganizmy, ktoré rozkladajú a mineralizujú zvyšky odumretých tiel organizmov). V biosfére autotrofné (najmä fotosyntetické) organizmy prevládajú nad živočíchmi a ostatnými heterotrofnými organizmami. Na živočíšnu zložku v biosfére pripadá len asi 10 % biomasy. Množstvo biomasy Zeme sa odhaduje na $1,15 \cdot 10^{13}$ t, respektíve na $36 \cdot 10^{10}$ t. Ak by sa táto hmota rovnomerne rozložila po ploche celej Zeme, dosahovala by hrúbku necelých 5 mm. Živá hmota Zeme plní dôležité biogeochemické funkcie: zúčastňuje sa na výmene plynov a ich premene, živé organizmy v sebe hromadia chemické prvky z vonkajšieho prostredia, majú podiel na chemickej premene látok (kolobeh látok na Zemi). Súčasná štruktúra biosféry je produktom dlhého vývoja mnohých rôzne zložitých systémov, vrátane vplyvu človeka.



Obr. 4. Biosféra v rámci fyzicko geografickej sféry Zeme (upravené podľa Līga Sausiņa, 2010)
<<http://www.welp.sk/e-ucebnice/biologia8naWelp/biosfra.html>>

Podľa Oduma (1977) biosféra zahŕňa všetky živé organizmy, ktoré sú v takej interakcii s fyzikálnym prostredím Zeme, že tento systém sa udržiava v rovnovážnom stave. Systémom prechádza energia od svojho vstupu ako energia slnečná, až po jej uvoľnenie do vesmírneho priestoru v podobe energie tepelnej. V takomto chápaní môžeme biosféru stotožniť s globálnym ekosystémom. **Biosféra predstavuje biosystém najvyššieho rádu.**

I. 2. 1 Hranice biosféry

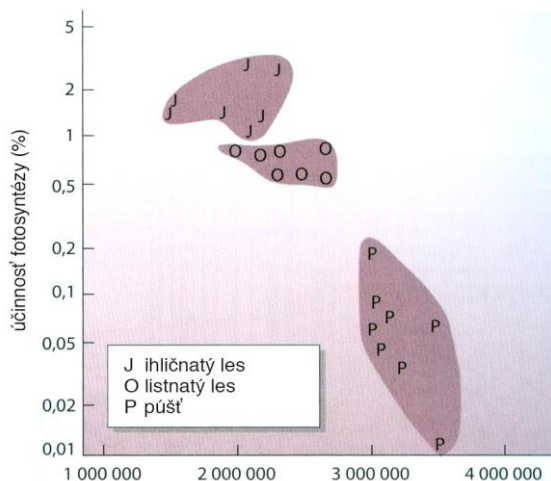
Kvantitatívne a kvalitatívne zastúpenie živých organizmov v biosfére je veľmi nerovnomerné. Súčasná biosféra pozostáva z hornej časti pevnej zemskej kôry (litosféry), pôdy (pedosféry), vodného obalu (hydrosféry), dolnej vrstvy ovzdušia (atmosféry) a kryosféry (miesta s teplotou pod bodom mrazu). Za **hornú hranicu biosféry** možno považovať vrchnú hranicu troposféry – ozónovú vrstvu, ktorá sa nachádza vo výške 18 km od zemskeho povrchu v oblasti rovníka a 9 km v oblasti pólův a po ktorú sa ešte nachádzajú baktérie a spóry húb. Zabraňuje prenikaniu UV žiarenia, ktoré vo vyšších dávkach pôsobí na živé organizmy smrteľne. **Dolná hranica biosféry** prechádza v hĺbke 3 až 3,5 km pod povrchom zemskej kôry. Určená je tlakom a takou teplotou zemskeho vnútra, pri ktorej už život nie je možný (100 °C), a kde končí kolobeh minerálnych chemických prvkov.

V súčasnosti je vývoj biosféry ohrozený dynamickým rozpätím teplôt ± 50 °C a tlaku približne 0,101325 MPa. Mnohé výskumy však potvrdzujú, že živé organizmy môžu existovať v rozpätí teplôt 433 °C, pričom horná hranica dosahuje až +180 °C a dolná až –253 °C (napr. baktéria *Sulfolobus acidocaldarius*, ktorá žije v podmienkach s teplotou 85 °C, lišajníky v Arktíde –45 °C, lišajníky pokusne prežili v tekutom dusíku až –195 °C). Avšak pre zelené rastliny sa tieto hranice značne znižujú (+80 °C až –60 °C) (Barabas & Labunová, 2009).

I. 2. 2 Biosférický cyklus

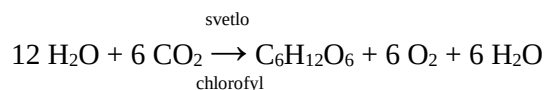
K základným znakom biosféry patria **biogeochemické cykly** – toky energie a látok v biosfére. Chemické procesy prebiehajúce v živých organizmoch sú viazané v prevažnej miere na tzv. biogénne prvky (C, H, O, N, P, S, Ca, K, Na, Cl). Biosféra je veľmi intenzívne zapájaná do kolobehu látok, každoročne dochádza k mineralizácii cca 0,5 % organickej hmoty, ktorá sa ukončí v priemere za 200 rokov. Medzi najdôležitejšie kolobehy látok patria kolobehy najrozšírenejších chemických prvkov na Zemi – **kyslíka, uhlíka a dusíka**. Obeh biogénnych prvkov vytvára **biogeochemický cyklus**.

Fotosyntéza, ktorá sa uskutočňuje v listoch zelených rastlín (rias, fytoplanktónu), predstavuje biochemický proces **zachytávania energie slnečného žiarenia** a jej využitie na fixáciu oxidu uhličitého za vzniku sacharidov. Organizmy, ktoré zaisťujú svoju potrebu energie pomocou fotosyntézy sa nazývajú **autotrofné** (resp. fotoautotrofné). Fotosyntéza sa pokladá z hľadiska existencie súčasného života za najdôležitejší proces na Zemi. Pri fotosyntéze sa **vytvárajú organické látky**, ktoré spotrebúvajú pri svojej výžive heterotrofné organizmy. Fotosyntetizujúce organizmy za rok fixujú cca $17,4 \cdot 10^{10}$ ton uhlíka. Súbežne s procesom väzby CO_2 sa do atmosféry uvoľňuje kyslík – v množstve až $5 \cdot 10^{10}$ ton, čím sa udržiava jeho pre život potrebná koncentrácia vo vzduchu.



◀ Obr. 5. Účinnosť fotosyntézy – percento dopadajúceho fotosynteticky aktívneho žiarenia ($\text{kJ} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{rok}^{-1}$), ktoré je premenené na biomasu v troch skupinách suchozemských spoločenstiev v USA. Na púštne ekosystémy dopadá najväčšie množstvo žiarenia, ale v porovnaní s lesmi majú omnoho nižšiu účinnosť premeny žiarenia na biomasu (upravené podľa Webb et al. in Townsend et al., 2010)

Z chemického hľadiska sa fotosyntéza vyjadruje všeobecnou rovnicou:

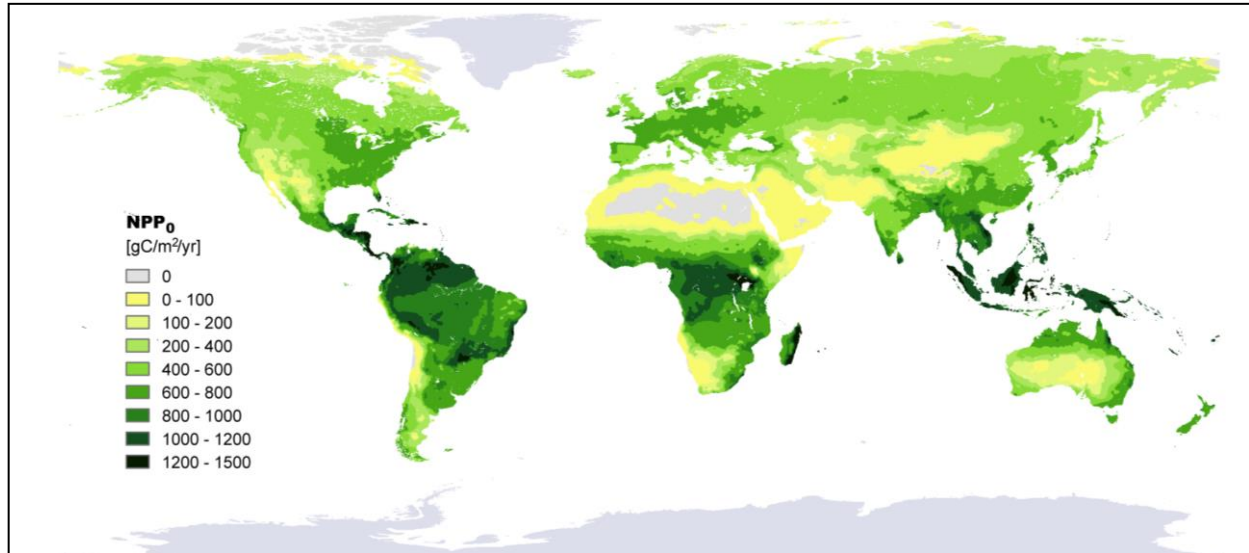


Kolobehy látok prebiehajú v procese vzájomných vzťahov rôznych organizmov a tvoria **biosférický cyklus**. Skladá sa z troch článkov:

1. **primárna produkcia** – tvorba organických látok zelenými rastlinami (**autotrofné organizmy**) v procese fotosyntézy,
2. **sekundárna produkcia** – premena prvotnej produkcie na druhotnú, biomasu všetkých **heterotrofných organizmov**,
3. **proces rozkladu** – rozklad odumretej biomasy najmä baktériami a hubami (**dekompozitormi**), ale v menšej miere aj živočíchmi.

Základ biosférického cyklu tvoria procesy tvorby a premeny prvotnej produkcie na druhotnú a jej rozklad. Tento látkovo-energetický kolobeh medzi komponentmi biosféry je vo vzájomnej interakcii a kontinuite. V biocenóze získava hmota a energia novú kvalitu – organickú hmotu, ktorá je základom života na Zemi. Základnými formami výmeny hmoty a energie v biosfére medzi jej komponentmi – rastlinami, živočíchmi a mikroorganizmami s okolitým prostredím, sú fotosyntéza (príp. aj chemosyntéza), dýchanie a potravné reťazce.

Množstvo organickej hmoty, ktorú vyprodukujú fotosyntetizujúce rastliny tvorí **hrubú produkciu** biomasy (hrubú primárnu produkciu). Časť z nej spotrebujú rastliny na vlastné fyziologické pochody (respirácia, transpirácia, rozmnožovanie), zvyšná časť hmoty – **čistá produkcia** (čistá primárna produkcia) je v rámci kolobehu látok k dispozícii ďalším organizmom. Najväčšia primárna produkcia je v ekvatoriálnych dažďových pralesoch ($38\,000\text{ kJ} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{rok}^{-1}$), ale aj v deltách veľkých riek, v tropických monzúnových spoločenstvách, či poľnohospodárskych oblastiach. Najmenšia je na púšťach a v polárnych oblastiach ($0 - 400\text{ kJ} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{rok}^{-1}$) (► obr. 6). Biomasa živočíchov sa nazýva **sekundárna produkcia**.



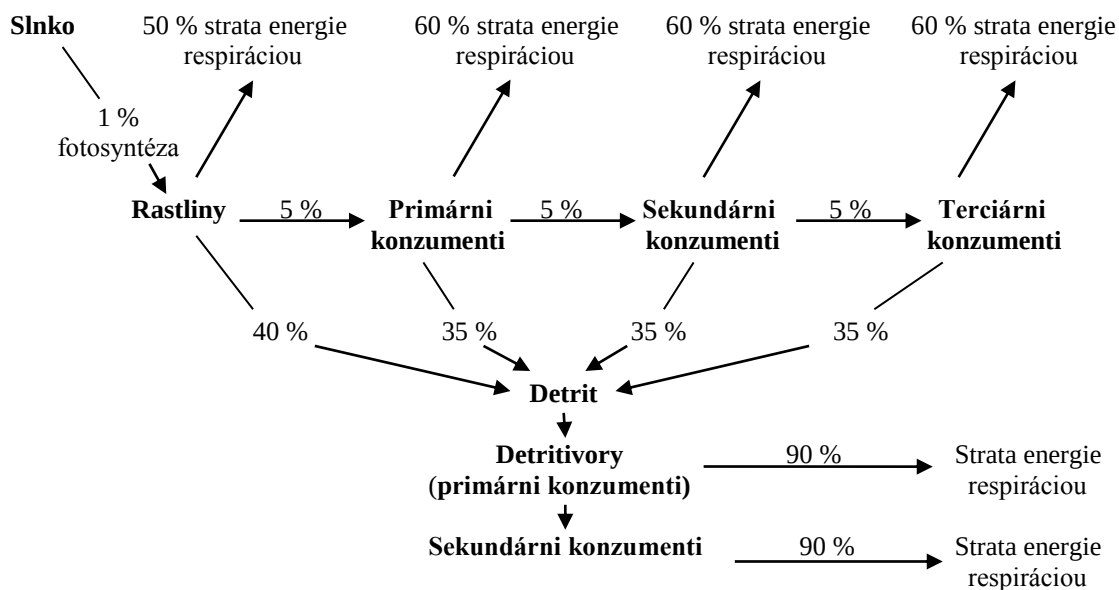
Obr. 6. Rozloženie čistej primárnej produkcie na Zemi v gC/m²/rok (Haberl et al., 2007)

Kolobeh látok a tok energie vytvára tzv. **trofickú štruktúru** od primárneho zdroja ku sekundárnym zdrojom a tvorí **potravný reťazec**. Producenti, konzumenti a dekompozitori (reducenti) zohrávajú v potravných reťazcoch (v ktorých sa každý článok reťazca nazýva trofická úroveň) dôležitú úlohu. Pri prenosoch látok a energie medzi jednotlivými úrovňami dochádza k stratám energie vo forme odpadu, trusu či pri dýchaní. Môžeme rozlíšiť nasledujúce typy potravných reťazcov:

- **pastevno-koristnícke (herbivorné) reťazce:** založené na vzťahu rastlina – predátor – korisť, smerom nahor sa populačná hustota dravcov znižuje a individuálna veľkosť jedincov sa zväčšuje;
- **parazitické reťazce:** založené na vzťahu parazit – hostiteľ, individuálna veľkosť jedincov klesá, ale ich počet na jednotlivých úrovniach narastá;
- **dekompozičné (rozkladné):** individuálna veľkosť tela jedincov sa postupne znižuje, ale početnosť narastá (odumretý organizmus → nekrofágy → saprofágy → mikrofágy).

Potravné reťazce sú konečné systémy, ktoré sú závislé na množstve potravy a veľkosti primárnej produkcie. Vzájomné potravné vzťahy v ekosystéme znázorňuje **potravná pyramída**. Tok energie a látok je základom fungovania geosystémov (keďže tu hovoríme o geosystéme s centrálnym postavením biosféry, budeme tu používať termín ekosystém), zmeny toku sa veľmi výrazne prejavujú vo svojej premene na jednotlivých trofických úrovniach potravného reťazca. V porovnaní s obehom látok, ktoré sú obnoviteľné resp. recyklovateľné, je tok energie jednosmerný (Hudec & Stanko, 2001). Jednotlivé trofické úrovne energiu len spotrebúvajú (Odum, 1977; Duvigneaud, 1988).

Zdrojom energie v ekosystéme je slnečné žiarenie (95 % energie, výnimkou sú chemotrofné baktérie). Viditeľné svetlo vlnovej dĺžky 400 – 750 nm predstavuje asi 45 % celkového slnečného žiarenia, ide o svetlo využiteľné zelenými rastlinami v procese fotosyntézy, a označujeme ho ako fotosynteticky aktívna časť slnečného svetla. Zvyšok predstavuje energia vetra, vodných prúdov a záplav. V umelých ekosystémoch je dodatočná energia vnášaná človekom (hnojenie, zavlažovanie a i.). Suchozemské rastliny využívajú maximálne 6 % slnečnej energie, vodné asi len 1 %. Bylinožravce využívajú z tejto primárnej produkcie asi 10 – 20 % a zvyšok je rozložený rozkladačmi.



Obr. 7. Prenos energie v ekosystéme a jej straty na jednotlivých trofických úrovniach

Prenos energie sa v ekosystéme riadi dvomi zákonmi (Losos et al., 1984):

- **zákon o zachovaní energie** – energia v ekosystéme nevzniká, ani nezaniká, len sa mení na iný typ energie. Množstvo energie vstupujúcej do systému je rovnaké ako množstvo energie, ktoré zo systému vystupuje;
- **zákon o premene (transformácii) energie** – pri zmene energie z jednej formy na druhú vždy dochádza k degradácii časti tejto energie na menej kvalitnú, rozptýlenú energiu, čo je v zhode s druhým termodynamickým zákonom (Sabo et al., 2011). V ekosystémoch dochádza k stratám energie v podobe tepla (respiračné straty). Posledné zbytky energie, fixované pôvodne rastlinami, unikajú pri konečnej mineralizácii organických látok na konci dekompozičného procesu. Tým sa všetka energia slnečného žiarenia fixovaná rastlinami vracia späť do vesmíru.

Každý organizmus v ekosystéme má vlastnú funkciu, ktorá je preň špecifická a charakteristická. Takéto súhrnné priestorové a funkčné začlenenie druhu v ekosystéme nazývame **ekologickou nikou** druhu. Podľa príslušnosti druhu k istej ekologickej úrovni a potravným nárokom označujeme tento súbor nárokov ako potravnú (trofickú) niku (nika je architektonický výraz, ktorý znamená výklenok v stene, do tohto výklenku starí Gréci stavali sošku bohyně Niké). Okrem trofickej (potravnej) niky má každý druh i priestorovú (topickú) niku, ktorá predstavuje súhrn všetkých špecifických nárokov druhu na podmienky daného miesta, na ktorom žije. Príbuzné druhy obsadzujú podobné niky, no ani dva druhy nemôžu trvalo existovať v jednej nike. V takomto prípade jeden v nej zostáva a druhý je vytlačený. Ekologické niky jednotlivých druhov sa môžu v určitom stupni prekrývať, ale iba v takej miere, ktorá im nebráni v existencii. Napríklad križiak druhu *Araneus marmoreus* si robí sieť vysoko vo vegetácii, kde loví prevažne opeľujúci hmyz. Naopak, križiak pásavý (*Argiope bruennichi*), ktorý sa vyskytuje v podobných biotopoch, si robí sieť nízko nad zemou, kde loví rovnokrídlovce a iný hmyz.

I. 2. 3 Biocykly

Zásadne odlišné prostredie, v ktorom sa odohráva organický život, životné cykly jedincov, taxónov a ich zoskupení, tvorí voda a súš. Obidve sa líšia prísunom energie, teplotnými pomermi, najmä však prítomnosťou vody, ktorá ako primárny činiteľ rozdeľuje organizmy na vodné a suchozemské. Preto na základe elementárnych životných procesov, ekologických vzťahov, vonkajších foriem a ďalších základných znakov možno rozlíšiť vodný a suchozemský biocyklus.

Biocykly sú najširšími priestorovými a funkčnými celkami biosféry. Zahrňujú štyri veľké skupiny organizmov, ktoré obývajú hlavné životné priestory alebo médiá našej planéty, a líšia sa navzájom životnou stratégiou. Tieto veľké celky – **biocykly** sú potom ďalej štruktúrované do užších priestorových a

funkčných celkov (geobiómy a biogeografické oblasti). Biocykly (ale ani ďalej definované užšie jednotky) nie sú navzájom ostro oddelené – vytvárajú „hraničné zóny“, ktoré v ekológii nazývame **ekotony**. Starostlivá charakteristika týchto termínov (vrátane konkretizácie na príkladoch) budú obsahom nasledujúceho výkladu. V biosfere rozoznávame štyri hlavné priestorové a funkčné celky:

- morský biocyklus,
- terestrický biocyklus,
- limnický biocyklus,
- parazitický biocyklus.

Väčšinou je celkom jednoduché rozhodnúť, do ktorého zo štyroch biocyklov „patrí“ konkrétny druh. Niektoré prípady však vyžadujú komentár a potrebu dohodnúť sa na metodickom postupe. Vážky (Odonata) prežijú väčšiu časť života v sladkých vodách (limnický biocyklus) ako najády. Dospelé vážky sú suchozemskí predátori (terestrický biocyklus), a ich rozmnožovanie tiež prebieha na súši. Tučniaky (Sphenisciformes) asi u každého evokujú predstavu morského biocyklu, kde trávajú značnú časť života pri love potravy. Rozmnožovanie a kŕmenie mláďat sa však, podobne ako u všetkých vtákov, odohrávajú na súši. Obidva rady (vážky i tučniaky) budeme preto zaraďovať do terestrického biocyklu. Je poučné sledovať vzťahy medzi druhovou početnosťou a taxonomickou štruktúrou jednotlivých biocyklov (↓ tabuľka 2). Dá sa z toho vyčítať veľa informácií o „histórii prírody“. Bližšie súvislosti budú komentované pri stručnej charakteristike jednotlivých biocyklov. Priestorové vzťahy medzi biocyklami schematicky zachytáva obrázok 8 (↓).

Tab. 2. Zastúpenie živočíšnych druhov a tried v jednotlivých biocykloch

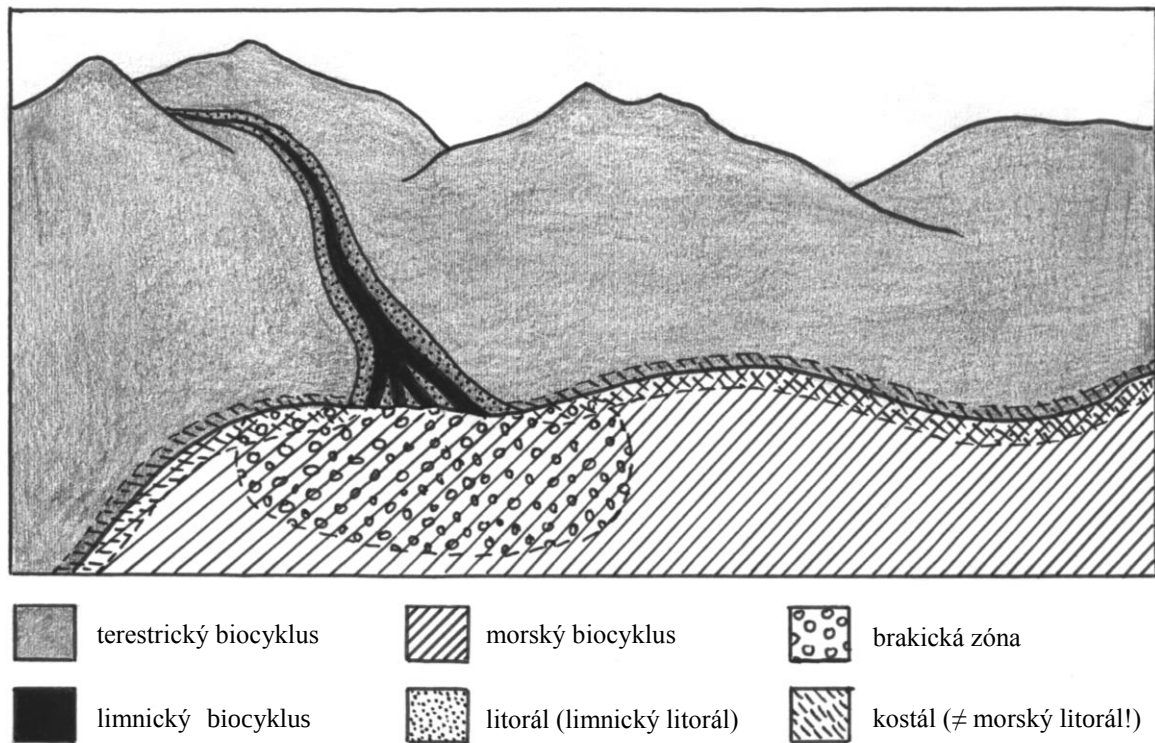
Biocyklus	Plocha zemského povrchu – p [%]	Počet druhov n [tis.]	Index relatívnej plošnej diverzity [$n \cdot p^{-1}$]	Počet tried*	Počet endemických tried*
Morský	70,8	160	2,26	63	32
Terestrický	28,9	900	31,14	19	6
Limnický	0,3	65	216,67	28	–
Parazitický	–	75	–	16	8
Σ	100**	1 200	12	74	46

* kmene, ktoré v dostupnej literatúre nebývajú delené na triedy (Tardigrada, Pogonophora, Sipunculidea...) sú počítané ako jedna trieda; endemická trieda znamená, že jej zástupcovia sa nerozmnožujú mimo daný biocyklus

** 100 % je plocha zemského povrchu: 510 mil. km² [upravené podľa Buchar (1983)]

I. 2. 3. 1 Morský biocyklus

Zahrňuje kolísku života – moria a oceány. Tento plošne i objemovo obrovský komplex ekosystémov má celý rad špecifických znakov a vlastností „archaického charakteru“. V morskom biocykle (na rozdiel od ostatných) takmer chýbajú ostré ekologické bariéry – morské prostredie je relatívne homogénne. Značné rozdiely sú, samozrejme, medzi spoločenstvami teplých tropických a severných morí, ale i tu existujú viaceré druhy spoločné. Prevažujúca jednotvárnosť morského prostredia sa odrazila aj v relatívne veľmi nízkom počte morských živočíchov, najmä keď si uvedomíme obrovskú plochu, ale i objem tohto živlu. Na druhej strane takmer jedna polovica (25 zo 63) tried, resp. nedelených kmeňov živočíšnej ríše (+ 2 kmene prvokov) žijú výhradne v moriach a oceánoch! Sú to napr. hlavonožce (Cephalopoda), drsnokožce (Chondrichthyes), ostnatokožce (Echinodermata)... Morský biocyklus je konzervatívny – v mori sa vyskytuje celý rad archaických živočíšnych kmeňov a tried: veľmi starobylé a na základe nových poznatkov fylogeneticky veľmi významné nepŕhlivce alebo rebrovky (Acnidaria), ďalej zubovky (Scaphopoda), trňochvosty (Merostomata), nohatky (Pantopoda), štetinatoústky (Chaetognatha), žalud'ovce (Balanoglossa), už spomínané ostnatokožce, ale i starobylé a primitívne chordáty: plášťovce (Urochordata = Tunicata) a kopijovce (Cephalochordata). Práve relatívna stálosť morského prostredia dovolila „konzervovať“ ich často po desiatky miliónov rokov. V mori nie je taká nápadná stratifikácia ekosystémov, ako na súši. Predsa však môžeme odlíšiť aspoň nasledujúce spoločenstvá:



Obr. 8. Náčrt priestorových vzťahov medzi biocyklami

Poznámka: Parazitický biocyklus sa prelína so všetkými biocyklami (v tabuľke 2 preto nemá stanovenú plochu)

Kostál (z latinského *costa* = bok, stena, prenesene breh) je spoločenstvo bezprostredného kontaktu morského a terestrického biocyklu. Život v kostálnom spoločenstve ovplyvňujú najmä slapové javy – odliv a príliv. Druhy kostálu sú prispôbosené na periodickú neprítomnosť vody počas odlivu. Zaliežajú preto pod kamene a do chodbičiek, kde je stále mokro [viaceré mnohoštetinavce, najmä z radu Sedentaria, niektoré predožiabre ulitníky (Prosobranchia) a ploskule (Turbellaria) a pod.], alebo sa pevne uzavru v schránke (viaceré lastúrníky – Bivalvia) alebo v zvláštnom štítkovitom ektoskelete (fúzonôžky z rodu *Balanus*). Podobne mnohým krabom (Brachyura) neuškodí ani niekoľko hodinový pobyt na vzduchu, pretože ich žiabre komunikujú s vonkajším priestorom len tenkými štrbinami po bokoch dolnej časti karapaxu, vďaka čomu nevyschnú. Súčasťou kostálu sú aj niektoré špecializované vlhkomilné (a pritom slanmilné) druhy chrobákov (Coleoptera) a bzdôch (Heteroptera), inak je obrovská trieda hmyzu v morskem biocykle zastúpená iba nepatrne;

1. **Litorál** (z latinského *litoralis* = pobrežný, prímorský) je spoločenstvo tzv. kontinentálneho prahu, teda pobrežných vôd do hĺbky asi 200 m. Kontinentálny prah má väčšinou miernejší sklon a dostatok svetla, intenzívne tu prebieha fotosyntéza, a toto spoločenstvo je z celého morského biocyklu druhovo najbohatšie. Vyskytuje sa tu väčšina morských mäkkýšov (Mollusca), ostnatokožcov (Echinodermata), mnohoštetinavcov (Polychaeta), pásnic (Nemertini) a zástupcov ďalších, menej známych skupín;

2. **Archibentál** [z gréckeho *archi-* (hodnosťou) vyšší a *bentos* súvisiaci s dnom] je spoločenstvo hlbších vôd (od 200 do asi 1 000, v tropických moriach asi 1 200 m). Do tohto prostredia ešte preniká rozptýlené svetlo, ale fotosyntéza tu už ustáva, najmä v hĺbke pod 500 m. Svah kontinentov už obyčajne spadá strmšie do hĺbky. Archibentál je prechodné pásmo, žijú tu najmä menej špecializované – euryekné druhy litorálu i abysálu;

3. **Abysál** (z latinského *abyssum* = hlbina) je spoločenstvo morských hlbín pod 1 000 (1 200) metrov. Svetlo sem už nepreniká takmer vôbec, a vo väčších hĺbkach je absolútna tma. Významným ekologickým faktorom je tu, samozrejme, obrovský tlak, ktorému sa hlbokomorské organizmy prispôbili turgorom svojich telových tekutín. K abysálnym živočíchom patria obyčajne veľmi špecializované formy: niektoré ľaliovky (Crinoidea), medúzy (Scyphozoa), rakovce (Decapoda) a ryby, napr. veľhltniari (Eurypharynx spp.), veľkozubce (*Chauliodus* spp.) a iné. Abysálne ryby sú prispôbosené na to, že korisť sa vo veľkých hĺbkach vyskytuje veľmi sporadicky, preto ju musia uloviť a skonzumovať už pri prvom kontakte – slúžia

im na to obrovské ústa (prvý prípad), alebo nápadne dlhé zuby. Morské hlbiny obývajú aj špecializované hlavonožce, napr. chobotnice z podradu Cirrata, kalmar *Cranchia scabra* alebo starobyľý druh *Vampyroteuthis infernalis*. Mnohé abysálne živočíchy majú fotofóry – svetielkujúce orgány. Slúžia na vyhľadanie jedinca opačného pohlavia, alebo aj pri love koristi.

Nie veľmi výraznú stratifikáciu morského biocyklu určujú však aj iné faktory, než hĺbka. Podľa spôsobu pohybu organizmov a preferovaného „stanovišťa“ v mori¹ rozoznávame ešte ďalšie spoločenstvá morských organizmov:

- **bentos** (z gréckeho *benthos* = so vzťahom ku dnu) je spoločenstvo morského dna. Bentické živočíchy sú buď prisadnuté (sesilné) alebo po dne iba lezú, plávaním sa pohybujú iba málo alebo vôbec nie;
- **pelagiál** (z gréckeho *pelagus* = more) je spoločenstvo voľnej vody. V rámci neho môžeme ešte odlišiť dve podjednotky:
 - **planktón** (grécke slovo s významom vznášať sa) je spoločenstvo zväčša drobných vodných organizmov, ktoré majú len nepatrnú schopnosť plávať, prevažuje pasívny pohyb v dôsledku prúdenia vody. K planktónu patrí mnoho druhov prvokov a drobných morských živočíchov, ale aj primárne larvy viacerých morských živočíchov (trochofóra u mnohoštetinavcov, veliger u mäkkýšov a iné);
 - **nektón** (grécke slovo s významom plávať) je spoločenstvo aktívne plávajúcich živočíchov obyčajne stredných a väčších rozmerov. Patrí sem predovšetkým väčšina rýb (Osteichthyes) a drsnokožcov (Chondrichthyes).

Poznámka: Termíny bentos, planktón a nektón sa používajú aj v limnickom biocykle. Študentovi vyšších ročníkov VŠ nemôže robiť problémy vymenovať mnoho ďalších zástupcov menovaných spoločenstiev v mori, ale i v sladkých vodách.

I. 2. 3. 2 Terestrický biocyklus

Je veľmi progresívny, pretože v rámci suchozemských ekosystémov vzniklo najväčšie množstvo druhov – týka sa to však skoro výhradne jednej „triedy“ Insecta s. lat. (úvodzovky sú tam preto, lebo moderné systémy bývalý hmyz atomizujú na minimálne dve, a niekedy až na 4 – 5 samostatných tried – zložitost' problematiky však už vybočuje z rámca tejto učebnice). Treba si uvedomiť, že jednou z hlavných príčin „výbuchu speciace“ u hmyzu od konca druhohôr dodnes je prekvapujúca plasticita v utváraní ústnych prívěskov (a končatín vôbec), čo umožnilo mnohým druhom pohotovo obsadiť veľké množstvo špecializovaných ník. Endemických veľkých taxónov je pomerne málo: V prvom rade sú to vtáky (Aves), ktoré, vrátane morských, sú aspoň v období rozmnožovania striktné viazané na súš, ďalej je to archaický kmeň pazúrikavcov (Onychophora), stonôžky (Chilopoda), mnohonôžky (Diplopoda) a príbuzné dve maličké triedy (Symphyla a Pauropoda). Vnútorou stratifikáciou terestrického biocyklu sa budeme podrobnejšie zaoberať v ďalšom texte učebnice, najmä v kapitole I. 6. 5 na str. 71.

I. 2. 3. 3 Limnický biocyklus

Je nesmierne zaujímavou zložkou biosféry, pretože má v mnohých aspektoch „hraničné“ postavenie. Podobne ako u morského biocyklu, aj tu ide o vodné, alebo minimálne v období rozmnožovania vodné živočíchy (obojživelníky – Reptilia).² Treba si všimnúť, že napriek relatívne nepatrnej ploche oplýva obrovským množstvom druhov. Buchar (1983) napr. konštatuje, že „na každých 100 000 km² limnického biocyklu pripadá približne 4 060 živočíšnych druhov, kým na tú istú plochu morského biocyklu asi 44 druhov a suchozemského 650.“ Vysvetlenie prírodovedec nájde v prekvapujúcej pestrosti spoločenstiev tečúcich i stojatých vôd (od veľkých jazier po hydrotelmy, od horských potôčikov až po veľké rieky), tieto ekosystémy majú navyše väčšinou **liniový charakter**, takže sa tu vo veľkej miere uplatňuje ekotonový efekt. Vymedzenie, či definícia limnického biocyklu je zdanlivo veľmi jednoduchá, pokiaľ si neuvedomíme fakt, že ide o spoločenstvá kontinentálnych vôd (v protiklade k vodám morí a oceánov). Vnútrozemské,

1 termín stanovište sa používa v „suchozemskej ekológii“, nevidíme však zásadnú prekážku použiť ho i v morskom biocykle;

2 niektoré obojživelníky však obdivuhodne úspešne prejavili snahu o „zrušenie“ bezprostrednej závislosti od vodného prostredia. Napr. žubrienky pipy americkej (*Pipa americana*) sa vyvíjajú v komôrkach na chrbte samice, ktorej koža tam v období rozmnožovania silne napúcha;

alebo sladké vody nie sú „celkom sladké“ – obsahujú predsa len isté soli (ich salinita sa pohybuje okolo 0,5 ‰); pritom existujú aj slané jazerá, ktorých salinita môže dokonca prevýšiť morskú vodu! Existujú aj halofilné druhy v rámci limnického biocyklu (nie sú veľmi početné), obyčajne sú to druhy bezodtokových jazerných paniev v aridných klimatických oblastiach, ktoré sú od mora oddelené rozsiahlymi úsekmi pevniny. Z týchto „definitorických“ problémov vyplýva: limnický biocyklus predstavuje tú časť hydrosféry, ktorej jadrom sú jazerá a rieky, pričom bezprostredný kontakt s morským biocyklom majú len spoločenstvá dolných tokov riek, ktoré priamo ústia do mora. Hranica medzi týmito biocyklami – ak neberieme do úvahy slané jazerá, ktoré to komplikujú a „porušujú“ – je fyziologicko-ekologická: je to hranica, ktorá prebieha medzi sladkou a slanou vodou. Prechodné pásmo pri ústí veľkých riek do mora, kde sa zmiešava sladká voda so slanou, sa nazýva **brakická zóna**. V brakických vodách žijú euryekné – euryhalinné druhy živočíchov, ktoré tolerujú značné kolísanie salinity vody. Je zaujímavé, že limnický biocyklus napriek relatívnej bohatosti je pomerne veľmi mladý – najstaršie štruktúry limnického biocyklu sa datujú len od začiatku treťohôr; napr. Bajkalské jazero má necelých 60 miliónov rokov, kým väčšina ostatných jazier a vodných tokov je oveľa mladšia. K ďalším špecifikám patrí aj skutočnosť, že v limnickom biocykle chýba typický abysál – jazerá sú na to príliš plytké (názna abysálu nájdeme len v Bajkale). V rámci limnického biocyklu spomenieme nasledujúce spoločenstvá:

1. **Lakustrál** (z latinského *lacus* = jazero, stojatá voda) je spoločenstvo stojatých alebo len veľmi pomaly tečúcich vôd – jazier, od jazier veľkých až po vysokohorské plesá (ktoré sa, samozrejme, značne líšia svojou faunou); ďalej sem patria aj slepé ramená riek, kde voda prakticky vôbec netečie, a umelé vodné nádrže rôzneho typu. Typické druhy lakustrálu vyžadujú relatívne stabilné životné podmienky – vodná plocha musí byť dosť veľká (alebo aspoň hlboká), aby cez leto nevyschla a cez zimu nezamrzla až po dno. Fauna je bohatá – patria sem napr. hubka jazerná (*Spongilla lacustris*), nezmary (Hydrida), medúzka sladkovodná (*Craspedocusta sowerbeyi*), pijavica lekárska (*Hirudo medicinalis*), klepsina žltá (*Glossiphonia heteroclita*) a ďalšie pijavice, močiarky (Viviparidae), vodniaky (Lymnaeidae), šklabka veľká (*Anodonta cygnea*) a príbuzné druhy, viaceré veslonôžky (Copepoda), žižavica vodná (*Asellus aquaticus*), pavúk vodný (*Argyroneta aquatica*), chrbtoplávka žltkastá (*Notonecta glauca*), štipavka obyčajná (*Ilyocoris cimicoides*), splošťuľa bahenná (*Nepa cinerea*), vodomil čierny [*Hydrophilus* (= *Hydrous*) *piceus*], vzácny a v strednej Európe vymierajúci potápnik široký (*Dytiscus latissimus*),³ vodné – tzv. zelené skokany (skupina skokana krátkonohého – *Rana lessonae*), žubrienky hrabavky škvrnitej (*Pelobates fuscus*) a mnohé ryby, napr. sihy (*Coregonus* spp.), karas obyčajný (*Carassius carassius*), plotica obyčajná (*Rutilus rutilus*), lopatka dúhová (*Rhodeus sericeus*), čík obyčajný (*Misgurnus fossilis*) a ďalšie. Veľmi vzácna a v strednej Európe vymierajúca korytnačka močiarna (*Emys orbicularis*) tiež patrí do tejto ekologickej skupiny. V stojatých vodách žijú aj larvy mnohých druhov vodného hmyzu: podenky (Ephemeroptera), vážky (Odonata) a pošvatky (Plecoptera), ktoré však „administratívne“ nepatria k limnickému biocyklu, pretože ich rozmnožovanie prebieha na súši.

2. **Lakunál** je spoločenstvo periodických vôd – kaluží a malých jazierok s dočasným trvaním.⁴ Tieto biotopy vznikajú obyčajne na jar po topení snehu, alebo po výdatných letných búrkach. Druhy lakunálu sú tomuto prostrediu prispôbené krátkym vývinom (larválne štádiá), alebo rezistenciou voči vysušeniu, alebo disponujú krídlami, čo im umožňuje v prípade vyschnutia kaluže vyhľadať nový biotop. Patrí sem napr. žiabronôžka letná (*Branchipus schaefferi*), štitovec jarný (*Lepidurus apus*), štitovec letný (*Triops cancriformis*), šklabkovka zobáková (*Lynceus brachyurus*) a viaceré potápniky (Dytiscidae), ktoré v prípade nutnosti môžu svoj biotop opustiť a hľadať nový, pretože dobre lietajú. To isté platí i o drobných vodných bzdochách z čeľade Corixidae. V kalužiach žijú aj žubrienky kuniek (*Bombina* spp.), preto je ich vývin krátky. Špeciálnou ekologickou kategóriou, ktorá môže byť pričleňovaná k lakunálu, je

3. **Spoločenstvo hydrotelmov**. Termínom sa označuje spoločenstvo obyčajne drobných organizmov malých vodných nádržíek v priehlinách kameňov horských potokov (litotelmy), alebo v dutinách stromov a v pazuchách veľkých konárov (dendrotelmy). Toto spoločenstvo tvoria obyčajne špecializované druhy riasničkavcov (Ciliophora), niektorých vírnikov (Rotifera), niektoré drobné potápniky (druhy z rodov *Biddessus* a *Hydroporus*), málo známy chrobák z čeľade Scirtidae *Prionocyphon serricornis* (Kitching, 1971),

3 ďalšie, najmä menšie druhy potápnikov obývajú menšie vodné plochy – jazierka, kaluže a periodické vody;

4 pre toto spoločenstvo nebol v dostupnej literatúre zavedený vedecký termín. Spoločenstvo kaluží a malých jazierok sme si dovolili označiť novým termínom lakunál (z latinského *lacuna* = kaluž, mláka)

larvy niektorých pakomárov (Chironomidae) a iné. Zvyšné tri spoločenstvá sa už týkajú tečúcich vôd.

4. Potamál (z gréckeho *potamos* = rieka) je spoločenstvo riek. Patrí sem pomerne veľa druhov, z nich však dosť málo je špecializovaných. Sú to napr. hubka riečna (*Ephydatia fluviatilis*), korýtko riečne (*Unio crassus*), kôstka riečna (*Sphaerium rivicola*), rak riečny (*Astacus astacus*), ktorý žije aj vo väčších a čistejších potokoch, a potom viaceré druhy rýb, napr. hlavátka (*Hucho hucho*), lipeň (*Thymallus thymallus*), jalec obyčajný (*Leuciscus leuciscus*), šabl'a krivočiara (*Pelecus cultratus*), podustva obyčajná (*Chondrostoma nasus*), mrena obyčajná (*Barbus barbus*) a i. Je zaujímavé, že v nearktickej zoogeografickej oblasti sa v tomto spoločenstve zachovali fylogeneticky archaické ryby: šľukovec americký (*Lepidosteus osseus*) a bahniakovce americký (*Amia calva*). Spoločenstvo rýb tečúcich vôd strednej Európy z hľadiska už tradičnej ichtyologickej terminológie vyžaduje stručný komentár na konci tejto kapitoly.

5. Rhitrál (z gréckeho *rhithros* = potok) je spoločenstvo potokov. Ani tu, samozrejme, neexistuje ostrá hranica medzi týmto a predchádzajúcim spoločenstvom. Druhy potokov sú obvyčajne náročnejšie na obsah O₂ vo vode, a často aj na čistotu vody. Patrí sem napr. ploskuľa mliečna (*Dendrocoelum lacteum*), ploskuľa hranatohlavá (*Planaria gonocephala*), čiapočka potočná (*Ancylus fluviatilis*), larvy niektorých pošvatiek (*Isoperla* spp.) a potočníkov (*Rhyacophila* spp.), niektoré čeľade špecializovaných chrobákov (Hydraenidae, Dryopidae, Elmidae), a napokon ryby: pstruh potočný (*Salmo trutta* m. *fario*), čerebl'a obyčajná (*Phoxinus phoxinus*), hrúz fúzatý (*Gobio uranoscopus*), hlaváč obyčajný (*Cottus gobio*) atď.

6. Krenál (z gréckeho *krenos* = prameň?) je spoločenstvo pramenísk, lesných studničiek a pod. Sú to skoro vždy druhy náročné na obsah O₂ vo vode, aj na čistotu vody. Patria sem niektoré ploskule, napr. p. vrchovská (*Crenobia alpina*), drobný ulitník *Bythinella austriaca*, lastúrnica prameňová (*Candona candida*), krivák studničkový (*Gammarus fossarum*) a i.

Podľa spôsobu pohybu organizmov a preferovaného miesta v limnickom biotope rozoznávame ešte ďalšie spoločenstvá sladkovodných organizmov (prevažne živočíchov):

- **pleustón** je spoločenstvo vodnej hladiny. Kohézia vody (vd'aka tzv. vodíkovým mostíkom) umožňuje, aby sa malé živočíchové pohybovali po povrchovej blanke vodnej hladiny. Sú to napr. chvostoskoky vodné (*Podura aquatica*), chrobáky krútnavce (Gyrinidae) a špecializované čeľade bzdôch: vodomerky (Hydrometridae), korčuliarky (Gerridae) a hladinárky (Veliidae), a čiastočne aj vzácny a chránený lovčík močiarny (*Dolomedes plantarius*), zvyšné tri termíny sú analogické, ako v morskem biocykle;
- **bentos** je spoločenstvo dna. Podobne ako v mori sem patria druhy lezúce: ploskule, najmä z radu Seriata, máloštetinavce z radov Aelosomatida a Tubificida, všetky vodné lastúrniky (Bivalvia) a ulitníky (Gastropoda), raky (Astacidae) a larvy vodného hmyzu: podenky (Ephemeroptera), vážky (Odonata), pošvatky (Plecoptera), potočníky (Trichoptera), vodnárky (Megaloptera) a dokonca i niektoré sieťokrídlovce (špecializovaná čeľad' Sisyridae, troficky viazaná na sladkovodné hubky).⁵ Zriedkavým zjavom v limnickom biocykle sú prisadnuté formy: niekoľko druhov machoviek (Bryozoa), už spomínané hubky (Spongillidae, asi len 6 druhov) a kopýtko prirastené (*Dreissena polymorpha*), ktoré zasahuje i do brakických vôd;
- **planktón** je spoločenstvo drobných organizmov, ktoré sa pohybujú viac-menej pasívne v dôsledku prúdenia vody: mnohé riasničkavce (Ciliophora), drobné kôrovce, najmä perloočky (Cladocera) a veslonôžky (Copepoda), z roztočov sú to vodule (Hydrachnellae). Stojí za zmienku, že v sladkých vodách sa len výnimočne (v ostrom protiklade s morským biocyklom) vyskytujú primárne larvy;⁶
- **nektón** je spoločenstvo aktívne plávajúcich živočíchov väčších, ale i malých rozmerov. Okrem už citovaných rýb sú to väčšie pijavice, napr. p. lekárska (*Hirudo medicinalis*), chrbtoplávky (Notonectidae),

⁵ je trochu paradoxné, že vodný hmyz „administratívne“ patrí vlastne k suchozemskému biocyklu – pretože tam prebieha rozmnožovanie, hoci podstatnú časť života prežijú tieto druhy v larválnom štádiu vo vode. Zvlášť markantný je tento nepomer u podeniek, ktoré ako imága žijú len 1 – 2 dni!

⁶ tie skupiny živočíchov, ktorých vývin v moriach prebieha cez primárne larvy [ploskule (Turbellaria), ulitníky (Gastropoda), lastúrniky (Bivalvia), obrúčkavce (Annelida), kôrovce (Crustacea) a ďalšie] majú aj početných sladkovodných zástupcov. Tieto sa však vyvíjajú buď priamo, alebo cez špecializované sekundárne larvy (glochidium u Unionoidea). „Ústup“ od primárnych lariev v limnickom biocykle býva zdôvodňovaný odlišnými fyziologickými účinkami sladkej vody na rané štádiá ontogenézy.

potápniky (Dytiscidae) a väčšie vodomily (Hydrophilidae). Patria sem, samozrejme, aj larvy mlokov (Caudata), žubrienky všetkých žiab (Anura = Salientia), ale aj žaby, ktoré i v dospelosti žijú vo vode: tzv. zelené skokany (skupina skokana krátkonohého – *Rana lessonae*).

Spoločenstvá tečúcich vôd sa v ichthyologickej literatúre zvyknú tradične rozdeľovať na tzv. pásma podľa výskytu charakteristických druhov rýb:

- **pstruhové pásmo** zhruba zodpovedá rhitrálu (↑ odsek 5);
- **lipňové pásmo** podhorských potokov a riečok. Charakteristickými rybami sú lipeň (*Thymallus thymallus*), hlaváčka (*Hucho hucho*), podustva (*Chondrostoma nasus*) a jalec hlavatý (*Leusiscus cephalus*);
- **mrenové pásmo** zodpovedá stredným tokom riek. Z rýb tu žijú najmä mrena (*Barbus barbus*), vzácny a chránený kolok väčší (*Zingel zingel*), plž zlatistý (*Sabanejewia aurata*) a i.;
- **pleskáčové pásmo** je vyvinuté na dolných tokoch riek s pomalším prúdením vody. Charakteristickými rybami sú pleskáče (*Abramis* spp.), boleň dravý (*Aspius aspius*), šľuka dravá (*Esox lucius*), sumec (*Silurus glanis*) a i. Pleskáčové pásmo plynule prechádza do lakustrálu – spoločenstva stojatých vôd.

I. 2. 3. 4 Parazitický biocyklus (parazitoféra)

Je ďalším „atypickým“ biocyklom s mnohými špecifikami a „odlišnosťami od normálu“. Prvým paradoxom je, že parazitický biocyklus „nemá plochu“, resp. ju má, ale nešpecifikovanú, pretože sa prelína so všetkými zvyšnými biocyklami – parazitické organizmy žijú vlastne vo všetkých ekosystémoch. Má súčasne aj veľký počet ‘endemických veľkých taxónov’ – a stojí za to si ich aspoň v tomto prípade konkretizovať a – keďže ide o málo známe skupiny, pripomenúť aj niektoré problémy, spojené s ich taxonomickým statusom. Výhradne parazitické sú:

- dva morské kmene (nedávno triedy alebo dokonca len rady) ❶ Rhombozoa, endoparazity hlavonožcov, a ❷ Orthonectida, endoparazity niektorých morských červovitých živočíchov, a navyše niektorých lastúrníkov (Bivalvia) a ostnatokožcov (Echinodermata). Tieto dva taxóny boli ešte nedávno zaradované ako oddelenie Mesozoa hneď za Phagocytellozoa a pred hubky (Parazoa = Porifera);
- trieda ❸ Myxozoa, považovaná ešte relatívne nedávno za samostatný kmeň, zaradovaný k prvokom! Novšie prevažujú tendencie preradovať tieto záhadné organizmy k mnohobunkovým živočíchom. Sú to endoparazity rýb a niektorých morských červov. Podľa všetkého sú to asi pŕhlivce, extrémne pozmenené v dôsledku parazitárnej regresie;
- kmeň ❹ Myzostomida, považovaný donedávna za triedu, ktorá bola zrejme omylom zaradovaná k obrúčkavcom (Annelida), s ktorými však zrejme nemajú nič spoločné. Sú to veľmi starobylé endoparazity ostnatokožcov (Echinodermata). V ich tele vytvárajú charakteristické deformačné cysty, ktoré boli zistené na fosíliách ježoviek už v silure (pred 360 mil. rokov!). Moderné systémy ich zaradujú hneď za ploskavce (Plathelminthes);
- triedy ❺ Monogenea [mnohoprísavnice – ektoparazity studenokrvných stavovcov (najmä rýb a obojživelníkov), ktoré nestriedajú hostiteľov], ❻ Trematodes [motolice – endoparazity teplokrvných stavovcov s medzihostiteľom (obyčajne ulitníkom) a zložitými životnými cyklami] a ❼ Cestodes (pásomnice – endoparazity stavovcov so zložitými životnými cyklami a jedným až dvoma medzihostiteľmi), systematické postavenie týchto troch tried je možno povedať stabilné, patria do kmeňa ploskavcov;
- kmeň ❽ Acanthocephala (tŕnistohlavce – endoparazity rýb, vtákov a cicavcov s medzihostiteľom a zložitými životnými cyklami), patria do príbuzenstva hlístovcov = okrúhlovcov (Nemathelminthes).⁷

K parazitom však patria aj mnohé prvoky (tabuľka 2 na str. 16 sa týka len mnohobunkových živočíchov!). Z veľkých taxónov prvokov sú výhradne parazitické tieto kmene:

1. Apicomplexa = Sporozoa (výtrusovce). Patria k nim 3 dosť odlišné triedy: Pomerne veľké gregaríny (Gregarinidea) parazitujú v telových dutinách hmyzu, ale i niektorých kôrovcov, mnohoštetinavcov a pod., zvyšné triedy sú mikroskopické intracelulárne parazity – krvinkovky (Haematozoa = Haemsporidia) parazitujú v erytrocytoch, kým kokcidie (Coccidia) parazitujú v bunkách epitelov.
2. Microspora (mikrospóry) sú extrémne špecializované intracelulárne parazity bez mitochondrií, infekčným štádiom je jednobunková spóra s vystreliteľným vláknom. Parazitujú u článkonožcov (najmä u hmyzu), menej často u stavovcov.

3. Ascetospóra (ascetospóry) sú veľmi málo známe endoparazity niektorých morských živočíchov, pravdepodobne príbuzné kmeňu Microspora. Štvrtá skupina iba parazitických prvokov je „problémová“ hneď z dvoch príčin – nie je to kmeň, ale podkmeň, a nie sú to typické parazity. Sú to
4. Opalinata (opalinky), ktoré žijú ako neškodné endoparazity (skôr komenzály) v hrubom čreve a konečníku obojživelníkov, vzácnejšie plazov. Z tohto dôvodu je ich postavenie v parazitickom biocykle hraničné; takýchto skupín organizmov však bude viac.

Látku v tejto nie jednoduchšej podkapitole sme začali preberať trochu atypicky – začína sa vymenovaním a stručnou charakteristikou parazitických (presnejšie výhradne parazitických) skupín živočíchov a prvokov. V ďalšom texte bude možno jednoduchšie pochopiť definície jednotlivých kategórií a dosť komplikované vzťahy v parazitickom biocykle. V tabuľke 3 (↓) je prehľad hlavných kategórií parazitického biocyklu, doplnený o niektoré príklady známejších parazitických organizmov, významných z aspektu humánnej a veterinárnej medicíny. K týmto kategóriám a príkladom je však potrebný krátky komentár:

Tab. 3. Prehľad hlavných kategórií parazitického biocyklu s príkladmi

Endoparazity	Intra-celulárne	Prvoky	malárievec štvordňový (<i>Plasmodium malariae</i>), kokcidia pečeneňová (<i>Eimeria stiedae</i>), toxoplazma obyčajná (<i>Toxoplasma gondii</i>), trypanozóma spavičná (<i>Trypanosoma gambiense</i>), vredovička krvavá (<i>Leishmania donovani</i>)
	Extra-celulárne	Prvoky	gregarína dážďovková (<i>Monocystis agilis</i>) a iné, málo známe druhy
		Živočích	motolice pečeneňová (<i>Fasciola hepatica</i>), škárovec vtáči (<i>Ligula avium</i>), pásomnica venčeková (<i>Taenia solium</i>), hlístka detská (<i>Ascaris lumbricoides</i>), mrľa ľudská (<i>Enterobius vermicularis</i>), svalovec špirálovitý (<i>Trichinella spiralis</i>), tŕnistohlavec veľký (<i>Macracanthorhynchus hirudinaceus</i>), strečok konský (<i>Gasterophilus intestinalis</i>), strečok ovčie (<i>Oestrus ovis</i>), strečok hovädzí (<i>Hypoderma bovis</i>) ⁸
Ektoparazity		Prvoky	mnohobičikovec zubný (<i>Trichomonas tenax</i>), mnohobičikovec pošvový (<i>T. vaginalis</i>), ⁹ meňavka zubná (<i>Entamoeba gingivalis</i>), opalinka skokania (<i>Opalina ranarum</i>)
		Živočích	kaprovec obyčajný (<i>Argulus foliaceus</i>), kliešť obyčajný (<i>Ixodes ricinus</i>), pijak stepný (<i>Dermacentor marginatus</i>), voš detská (<i>Pediculus capitis</i>), voš lonová (<i>Phthirus pubis</i>), periarka slepačia (<i>Goniocotes gallinae</i>), srstiarka psia (<i>Trichodectes canis</i>), ploštica posteľná (<i>Cimex lectularius</i>), komár piskľavý (<i>Culex pipiens</i>) a príbuzné druhy, kuklorodka jelenia (<i>Lipoptena cervi</i>), ovaďík dotieravý (<i>Chrysops relictus</i>) a príbuzné druhy, blcha psia (<i>Ctenocephalides canis</i>), svrabovec kožný (<i>Sarcoptes scabiei</i>)

Endoparazity alebo vnútorné parazity žijú vo vnútri tela, obvyčajne v telových dutinách (najmä v čreve a iných častiach tráviacej sústavy), ale aj v obličkách, pečeni a pod. Typickým príkladom sú mnohé druhy motolíc (Trematodes), pásomníc (Cestodes) a hlístovcov (Nemathelminthes), ale aj trofickí špecialisti z podradu múch, napr. strečky. Parazitické organizmy veľmi drobných rozmerov môžu parazitovať priamo v bunkách – sú to **intracelulárne** parazity. Do buniek vnikajú najmä mnohé baktérie a prvoky, ale aj mikroskopické invázne štádiá – mikrofilárie niektorých hlíst. Neexistuje ostrá hranica medzi intra- a extracelulárnym parazitizmom: napr. niektoré prvoky (bičikovce zo skupiny Trypanosomatina) parazitujú priamo v bunkách, ako aj v medzibunkových priestoroch a dutinách. Tak isto nemožno nakresliť ostrú čiaru medzi ekto- a endoparazitizmom (➡ poznámky pod čiarou 8 a 9).

7 postavenie málo známej a nepočítanej (asi 100 druhov) skupiny jazyčkovcov (Linguatulida = Pentastomida) ostáva stále do istej miery záhadné. Najprv boli zaradované do 'zberného' kmeňa červov (do príbuzenstva pásomníc), ďalšie systémy ich zaradovali do umelého kmeňa Pararthropoda, alebo povyšovali na samostatný kmeň. V novších systémoch boli zaradované aj k roztočom, najnovšie prevažuje tendencia zaradovať ich k parazitickým kôrovcom (!) ako podtriedu. Parazitujú v dýchacích cestách cicavcov a vtákov, ale predovšetkým u plazov (hady);

8 postavenie strečka hovädzieho v sieti ekologických vzťahov parazitického biocyklu je hraničné: jeho larvy parazitujú v podkožnom väzive dobytka, teda nie vo vnútorných dutinách. Pretože neparazitujú na koži, ale pod ňou, nie sú ekto-parazitmi, ale ani typickými endoparazitmi;

9 ďalší hraničný príklad je mnohobičikovec pošvový, ktorý parazituje vo vonkajších genitáliách žien – teda opäť nie vo vnútorných dutinách, ale ani nie na koži

Ektoparazity sa zdržujú na povrchu, alebo veľmi blízko povrchu tela hostiteľa [kožné parazity, napr. svrabovce alebo kožník tukový (*Demodex folliculorum*), ktorý je skôr komenzálom]; patria sem však aj organizmy (väčšinou jednobunkové), ktoré žijú v telových dutinách ektodermálneho pôvodu, ktoré priamo komunikujú s povrchom – a to je ústna a rektálna dutina (4. riadok v tabuľke 3).

Ektoparazity môžu byť v zásade obligátne alebo fakultatívne. **Obligátne ektoparazity** sa zdržujú na tele hostiteľa pravidelne, málokedy ho opúšťajú – naopak, pri dlhšom odlúčení od hostiteľa hynú. Patria sem najmä vši (Anoplura) a švoly (Mallophaga), u ktorých sa často stretávame aj so špecializáciou na jedného hostiteľa. Protikladom sú **fakultatívne ektoparazity**, ktoré sa na tele hostiteľa zdržujú sporadicky a často iba raz za dosť dlhú dobu. Patria sem hlavne blchy (Siphonaptera) a kliešte (Ixodiformes), kde, naopak, prevažuje väzba na širší okruh hostiteľov, obyčajne z tej istej ekologickej skupiny – napr. blchu veľkú (*Hystrihopsylla talpae*) nenájdeme len u krta, ako by napovedal názov, ale aj u iných malých zemných cicavcov. V prípade blch, ale aj iných článkonožcov (kliešťovce – Parasitiformes) hovoríme často o **hniezdom parazitizme**: tieto druhy sa zdržujú v podstielke brlohov a hniezd, odkiaľ príležitostne napádajú hostiteľov. Ektoparazity sú troficky viazané na kožné sekréty a čiastočky pokožky (švoly a drobné roztoče), častejšie však priamo na krv – hovoríme o **hematofágnom ektoparazitizme**. Tento fenomén je natoľko špecifický a opäť svojím spôsobom hraničný, že sa pri ňom zastavíme v závere tejto podkapitoly.

V parazitickom biocykle nájdeme veľké množstvo zaujímavých a poučných adaptácií na život na povrchu, ale najmä vo vnútri tela hostiteľov. Sú to adaptácie anatomickeo-morfologického charakteru: silné kliešťovité nohy vši, umožňujúce pevné uchytenie v srsti, prísavky a háčiky u pásomníc a motolíc, a pod. Iné adaptácie sú anatomickeo-fyziologické (povrchová časť kutikuly u endoparazitov je tvorená látkou chemicky blízko kolagénu, ktorá odoláva pôsobeniu tráviacich štiav hostiteľa); najviac špecializované sú však adaptácie reprodukčné. Parazity, najviac endoparazity, majú veľmi objemnú rozmnožovaciu sústavu: u motolíc (Trematodes) vyplňa skoro celé telo, u pásomníc (Cestodes) sa navyše opakuje v každom nepravom článku – proglotide. Účelom takejto stavby tela je vyprodukovať čo najväčšie množstvo vajíčok, pretože straty sú pri ich zložitých životných cykloch obrovské. Extrémom v tejto oblasti je určite pedogenéza. Tento proces, charakteristický pre motolice, by sa dal ‘preložiť’ ako nepohlavné rozmnožovanie larválnych štádií. Zo zárodočných buniek v miraciádiách, ale i v rédiách, vznikajú zárodoky ďalších individuí (alebo, presnejšie, ďalších zárodokov) s jediným účelom – vyprodukovať čo najväčšie množstvo drobných infekčných štádií (tzv. adoleskarií), ktorých konzumáciou spolu s vegetáciou sa nakazia definitívni hostitelia, ktorými sú obyčajne bylinožravce (najmä prežúvavce), menej všežravce. Kto pozná komplikovaný životný cyklus motolíc (a z toho vyplývajúce obrovské straty – zo zapuzdrených adoleskarií len celkom nepatrný zlomok pokračuje vo vývine), si možno uvedomí, že nebyť pedogenézy, tak tieto extrémne špecializované parazitické živočíchy by už asi vyhynuli.

Mnohé adaptácie parazitov majú regresívny charakter a vedú k čiastočnej až úplnej redukcii určitých orgánov – týka sa to tráviacej sústavy a zmyslových receptorov u endoparazitov, alebo krídel u ektoparazitov, pretože tieto živočíchy ich jednoducho nepotrebujú. Trend zjednodušenia stavby tela – hovoríme často o **parazitárnej regresii** – je názorným príkladom platnosti Lamarckovho zákona účelnosti v prírode; ďalšie poznámky sú k dispozícii aj v práci Franc & Zúbeková (2009).

Pri pozornej analýze vzťahov medzi parazitmi a ich hostiteľmi si musíme skôr či neskôr všimnúť prekvapujúci a takmer filozofický «**paradox súladu**» v parazitickom biocykle, ktorý ďaleko presahuje hranice prírodných vied. Pojem parazit (z latinského *parasitus* = príživník) býva medzi laickou verejnosťou obyčajne interperetovaný veľmi negatívne, často i v metaforickom význame. «Klasický parazit» však, napriek tomu, býva príčinou smrti svojho hostiteľa len v zriedkavých prípadoch – smrť hostiteľa totiž obyčajne znamená aj smrť parazita. V milióny rokov trvajúcom „spolužití“ medzi parazitmi a hostiteľmi preto došlo k určitému «vynútenému zosúladieniu» týchto zdanlivo ostro antagonistických pozícií. Veľká väčšina divo žijúcich zvierat je parazitovaná, často aj viacerými parazitmi súčasne, pričom slabšiu alebo podprahovú parazitáciu väčšinou jedinec ani neregistruje. Zdravé jedince sú fyziologicky natoľko zdatné, že „dovoľujú koexistovať“ v svojom tele aj iným organizmom – mikroskopickým, ale i makroskopickým. Len hromadná nákaza sa obyčajne prejaví zdravotnými problémami. Zdá sa, že pôsobenie parazitov a ich metabolitov môže mať v niektorých prípadoch dokonca stimulujúce účinky na imunitný systém hostiteľa. Táto málo známa problematika vyžaduje podrobnejší výskum.

Záverom je potrebné venovať pozornosť niektorým menej známym, ale interesantným „**hraničným fenoménom**“ parazitizmu a parazitického biocyklu.

1. **Komenzalizmus** – je „neškodnou verziou“ parazitizmu. Komenzály žijú na povrchu, ale i vo vnútri tela svojich hostiteľov bez toho, aby im nejako viditeľne škodili. Patria sem najmä niektoré jednobunkovce, napr. meňavka zubná (*Entamoeba gingivalis*) z ústnej dutiny človeka, žardia črevná (*Giardia intestinalis*) z čreva človeka, alebo opalinky (Opalinata) z konečníka a hrubého čreva obojživelníkov. Niektoré komenzály môžu prejsť do virulentnej formy, ak je organizmus hostiteľa oslabený.
2. **Hematofágny ektoparazitizmus** sa vyvinul najmä u niektorých troficky špecializovaných skupín článkonožcov, ako sú klieše (Ixodiformes), vši (Anoplura), komáre (Culicidae), tzv. mušky (Simuliidae), ovady (Tabanidae), ploštice (Cimicidae) a i. Krv cicajúce článkonožce sa, azda s výnimkou vši, zdržujú na tele hostiteľa len príležitostne, niekedy len raz za dlhú dobu (kliešte). Hraničné postavenie tejto trofickej skupiny ešte zdôrazňuje skutočnosť, že hematofágny ektoparazitizmus sa u hmyzu týka len jedného pohlavia – samíc (slabšie ústne orgány samcov dovoľujú len konzumáciu rastlinných štiav).
3. **Paraziticko-predačná trofická stratégia u kruhoustnic** (Cyclostomata). Tieto primitívne stavovce s chordou i v dospelosti stoja na hranici predácie a parazitizmu (bližšie k predácii). Ústnym terčom bez čeľustí, vybaveným rohovinovými zubmi, sa prisávajú na telo rýb, ktorým cicajú krv, ale i „strúhajú“ a vyžierajú svalovinu.
4. **Parazitoidizmus** je málo známy, ale v prírode frekventovaný trofický vzťah, ktorý sa týka niektorých špecializovaných skupín hmyzu, najmä z radu blanokřídlorcov (Hymenoptera) a dvojkrídlorcov (Diptera). Ich larvy parazitujú v larvách iného hmyzu, najmä u motýľov a chrobákov. Parazitoidy majú z pohľadu človeka drastickú potravnú stratégiu: Larva parazitoida konzumuje najprv menej potrebné tkanivá hostiteľa (tukové teleso a časť svaloviny), aby neohrozila jej život, no pred dokončením vývinu – kuklením celú larvu zvnútra vyžerie. Azda najznámejšie parazitoidy sú lumky (Ichneumonidae). Larva lumka veľkého (*Rhyssa persuasoria*) sa vyvíja v larvách väčších fuzáčov (Cerambycidae) alebo píloviok (Siricidae) v dreve. Je pozoruhodné, že samička prenikne dlhým znášadlom (ovipositor) k hostiteľskej larve až 15 mm hlboko do dreva. Parazitoidizmus sa zásadne líši od parazitizmu najmä tým, že parazitoid svojho hostiteľa vždy usmrcuje. Tým je tento trofický vzťah bližší k predácii, než k parazitizmu.

Kontrolné otázky:

1. Ktorú časť fyzickogeografickej sféry označujeme termínom biosféra a prečo?
2. Čo vymedzuje „hornú“ a „dolnú“ hranicu biosféry?
3. K základným znakom biosféry patria biogeochemické cykly – toky energie a kolobehy látok v biosfére. Vysvetlite kolobehy najrozšírejších chemických prvkov na Zemi.
4. V čom je základný rozdiel medzi kolobehom látok a tokom energie v ekosystéme?
5. Čo si predstavujete pod pojmom parazitárna regresia a s akými zmenami súvisí?
6. V ktorých zásadných životných stratégiách sa navzájom líšia morský, terestrický, limnický a parazitický biocyklus?

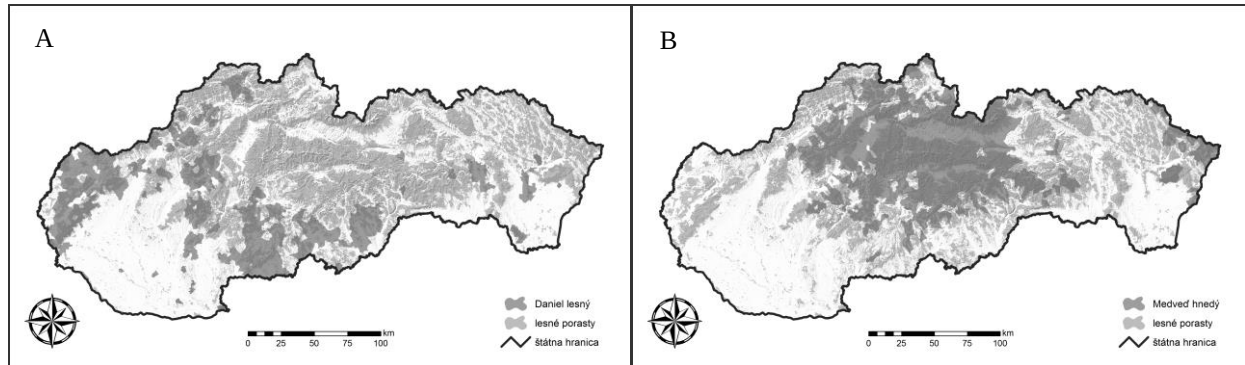
I. 3 Priestor rozšírenia organizmov – areál

Populácie rastlín a živočíchov sa líšia svojim geografickým rozšírením. To je vyjadrením ich stanovištných nárokov, rozsahu tolerancie pre najrôznejšie faktory prostredia v zmysle ich morfolologickej, fyziologickej či behaviorálnej výbavy (prispôsobenia). Geografické prostredie totiž určuje základné podmienky existencie organizmov – zahŕňa súčasné a historické ekologické faktory a podmienky, ako aj vzťahy medzi živými organizmami (Vanková et al., 2008).

Zákonitosti rozčlenenia biosféry sú odrazom priestorovej diferenciácie krajiny. Medzi najdôležitejšie faktory patrí **sklon osi Zeme voči ekliptike**, s čím súvisí vznik bioklimatických pásiem Zeme. Výrazný vplyv pre diferenciáciu rastlínstva a živočíšstva má aj **rozloženie súše a oceánov na Zemi** (kontinentalita), **nadmorská výška, masívnosť pohorí** (vysokohorská kontinentalita), **izolácia** ako aj **klimatické zmeny**, ktorými jednotlivé územia v minulosti prechádzali.

Časť zemského povrchu, na ktorom sa nachádzajú jedince toho istého druhu, ale aj vyšších taxónov (druhov, čeľadí, spoločenstiev) sa nazýva **areál**. Je to teda súbor všetkých lokalít osídlených daným taxónom (napr. areálom tučniaka cisárskeho – *Aptenodytes forsteri* je Antarktída, areálom medveďa ľadového – *Thalarctos maritimus* je Arktída). Faunistické areály chápeme ako miesta súvisiace s procesom rozmno-

žovania sa, respektíve s vývojom najmladších štádií (ontogenetických). V zoológii sa celkový areál druhu (**holoareál**) môže rozdeľovať na **euareál**, čo je územie, kde sa druh rozmnožuje (hniezdi), a **epiareál**, ktorý zodpovedá územiu, kde sa druh vyskytuje ďalšiu časť roku (napr. pri zimovaní), ale nerozmnožuje sa tu. Aj napriek tomu, že areály vyjadrené v mape pôsobia staticky, v skutočnosti sú to viac či menej časovo a priestorovo dynamické prvky.



Obr. 9. Súčasný areál výskytu A: daniela škvrnitého (*Dama dama*) a B: medveďa hnedého (*Ursus arctos*) na Slovensku (upravené podľa: Národné lesnícke centrum, 2008)

Všeobecnými poznatkami o priestorovom šírení organizmov sa zaoberá **chorológia** (fytochorológia, zoochorológia). Je to náuka o areáloch, ktorá skúma rozšírenia ako rastlinných, tak i živočíšnych druhov a ich vyšších taxonomických jednotiek v priestore a čase. Chorológia je založená na skutočnosti, že každý výskyt určitého organizmu je možné vyjadriť pomocou geografických súradníc. **Areálová biogeografia** teda študuje rozšírenie jednotlivých druhov alebo iných taxonomických jednotiek (rodov, čeľadí) v priestore a objasňuje príčiny, dôsledkom ktorých sa toto rozšírenie menilo a vytváralo (Háberová, 1998).

Areál je možné vyjadriť sieťou **lokalít výskytu** (nálezísk). Aby sme mohli kartograficky znázorniť areál určitého druhu, musíme poznať všetky jeho náleziská. **Stanovište** (habitat) predstavuje súbor ekologických podmienok daného miesta, kde organizmus existuje a kde je v interakcii s komplexom podmienok. **Ekotop** je súbor všetkých abiotických faktorov, ktoré sa na konkrétnom mieste podieľajú na vytváraní životného prostredia určitého jedinca, druhu, populácie či spoločenstva. Na rozdiel od biotopu nezahŕňa biotické faktory. **Biotop** je najmenšia priestorová jednotka určitého zákonitého zoskupenia bioty (Matějček et al., 2007). Pojmy ekotop aj biotop sa vždy vzťahujú ku konkrétnemu druhu či spoločenstvu (biotopom záružlia močiarného – *Caltha palustris* sú vlhké miesta pozdĺž vodných tokov).

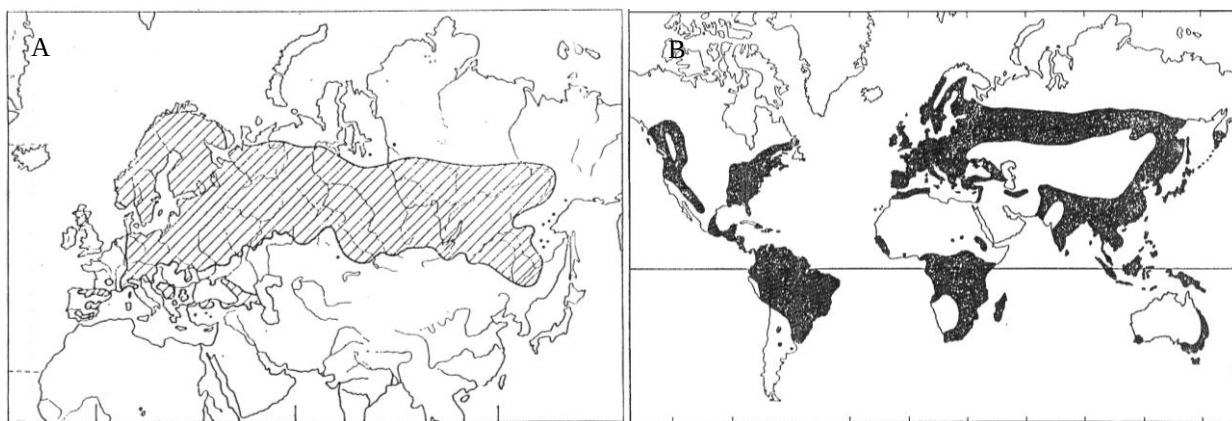
I. 3. 1 Vlastnosti areálov

Môžeme odlíšiť a skúmať viaceré vlastnosti areálov – v zásade môžu byť kvantitatívne a kvalitatívne. Ku kvantitatívnym vlastnostiam areálov patrí najmä ich veľkosť, ku kvalitatívnym štruktúra, tvar a stabilita. Vlastnosti areálov jednotlivých druhov organizmov sa počas evolúcie viac či menej menili.

I. 3. 1. 1 Veľkosť areálov

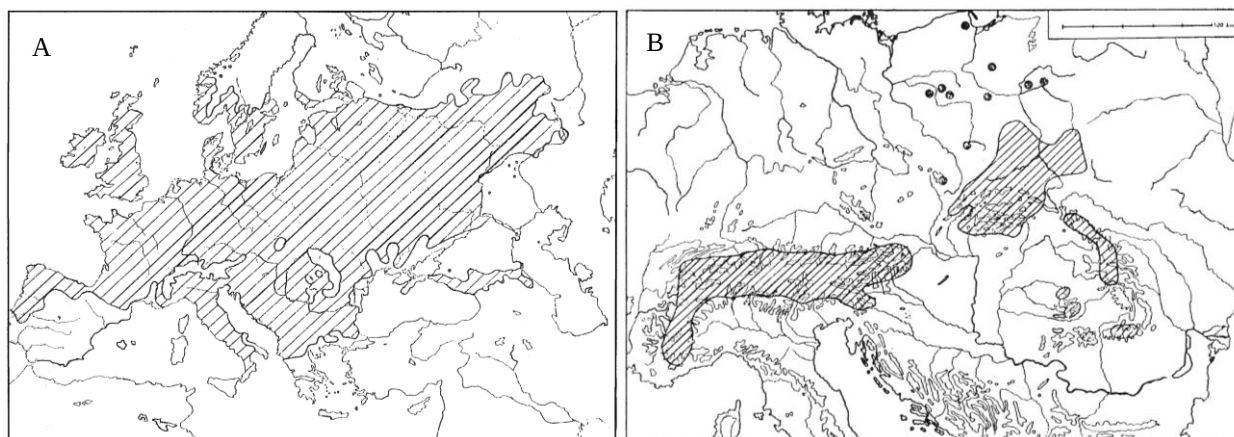
Podľa veľkosti rozoznávame:

- **makroareály** (eurichórne areály) – zahŕňajú veľkú časť zemského povrchu (kozmpolitné druhy), alebo väčšiu časť jedného, príp. dvoch svetadielov. Borovica lesná (*Pinus sylvestris*) je rozšírená od Španielska, cez Európu a Sibír až do východnej Ázie (➡ obr. 10). Makroareál má aj praslička roľná (*Equisetum arvense*), trst' obyčajná (*Phragmites australis*), sokol sťahovavý (*Falco peregrinus*) a liška polárna (*Alopex lagopus*). Najtypickejšie kozmpolity žijú v morskom prostredí, kde je menej prekážok šírenia druhov, a v blízkosti človeka, ako myš domová (*Mys musculus*), potkan hnedý (*Rattus norvegicus*), mucha domáca (*Musca domestica*), mnohé hospodárske druhy zvierat, kultúrne rastliny (pšenica, kukurica a i.) a buriny, napr. kapsička pastierska (*Capsella bursa-pastoris*). Kozmpolitné sú aj mnohé druhy mikroskopických organizmov, výtrusných rastlín a machorastov (bližšie informácie ➡ str. 68);



Obr. 10. A: Eurychorný typ areálu borovice lesnej (*Pinus sylvestris*), B: Kozmopolitný typ areálu orličníka obyčajného (*Pteridium aquilinum*); Hendrych (1984)

- **mezoareály** (mezochórne areály) – druh, resp. vyšší taxón sa vyskytuje na menšom, ale plošne ešte stále relatívne obrovskom území (napr. väčšia časť Európy, severná Afrika a pod.). Napr. areál duba letného (*Quercus robur*) zaberá takmer celú Európu až po Ural (➡ obr. 11A), ostrica chlpatá (*Carex pilosa*) rastúca prevažne v Európe, ďalej bršlen európsky (*Euonymus europaeus*), rody ako soldanelka (*Soldanella*), jesienka (*Colchicum*), čeľade ako orechovité (*Juglandaceae*), pagaštanovité (*Hippocastanaceae*) a zo živočíchov sýkorka chochlatá (*Parus cristatus*), ktorá žije od západnej Európy až na východ od Uralu;
- **mikroareály** (stenochórne areály) – areály druhov s malým, niekedy takmer bodovým rozšírením. Často sa jedná o veľmi špecializované druhy organizmov. Areál smrekovca opadavého (*Larix decidua*) predstavujú len Alpy a Karpaty (➡ obr. 11B). Pagaštan konský (*Aesculus hippocastanum*) rastie len v pohorí Pindus v Grécku a zmiešaných lesoch Balkánu a juhovýchodnej Európy.

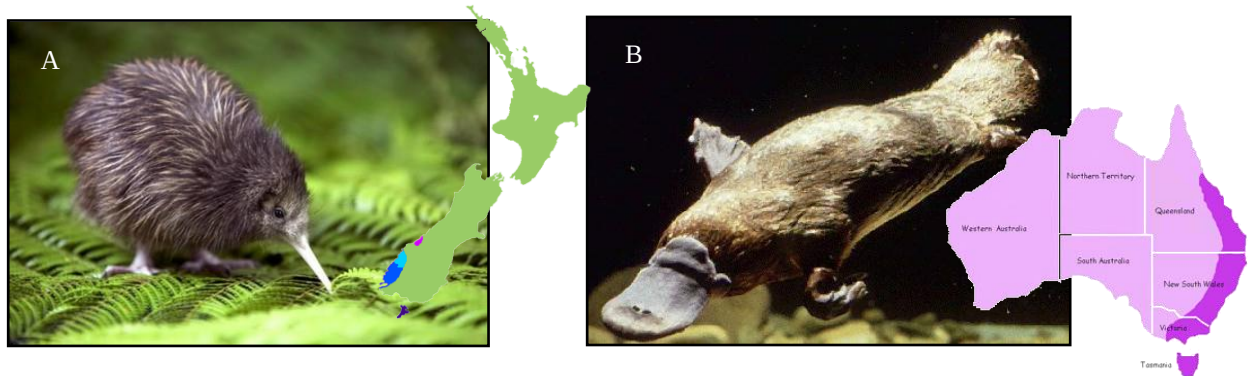


Obr. 11. A: Mezochórny typ areálu duba letného (*Quercus robur*), B: Stenochórny typ areálu smrekovca opadavého (*Larix decidua*); Hendrych (1984)

K najmenším areálom patria **oligotopné areály**, pozostávajúce z niekoľkých malých areal, až po **monotopné areály**, pozostávajúce najčastejšie z jednej malej arealy. Príkladom je púpava pieninská (*Taraxacum pienicum*), rastúca v masíve Trzy Korony v Pieninách v Poľsku, či rumenica turnianska (*Onosma tornensis*) rastúca len na vápencových svahoch v okolí Turnianskeho hradného vrchu. Pri druhoch s veľmi malým areálom sa často používa termín **endemit**.

Endemity a **relikty** zaberajú spravidla plošne malé areály, ktoré sú dôkazom postupného ústupu druhu (lykovec muránsky, resp. kričkovitý – *Daphne arbuscula*), či izolácie. Malé areály zaberajú i druhy nové, ktoré sa presadzujú v novom prostredí, príkladom môže byť neoendemit rumenica turnianska (*Onosma tornensis*).

Endemity sú také taxóny, ktoré sa vyskytujú len na malých, bariérami ohraničených areáloch a nikde inde, hoci z hľadiska ich ekologických nárokov by mohli žiť aj v iných priestoroch. Môžu byť na rôznej úrovni členenia geomorfologických celkov Zeme, ako endemity kontinentu (jedľa biela *Abies alba* je endemit Európy), alebo ostrova, mora, pohoria, nížiny (poniklec uhorský – *Pulsatilla pratensis* subsp. *hungarica* – panónsky endemit), atď. Najviac je endemizmus zastúpený na ostrovoch (maki plši *Microcebus myoxinus* na Madagaskare), v tropických oblastiach, v sústavách pohorí (piskor horský *Sorex alpinus* – Alpy, Krkonoše, Karpaty, mlok karpatský *Triturus montandoni* – karpatsko-sudetský endemit) či v izolovaných pohoriach (hraboš snežný tatranský – *Microtus nivalis* subsp. *mirhanreini*). Môže ísť o aj o endemity jedného jazera: v jazere Tanganika žijú desiatky druhov rýb z čeľade cichlidovitých (Cichlidae) ktoré sú špecifické len pre toto jazero; riečneho povodia alebo jaskynného systému. Na ostrovoch izolovaných od kontinentu (Ostrov Sv. Heleny, Asuncion, Madagaskar, Nový Zéland) môže dosahovať endemizmus až 60 – 80 %. Príčinou je dlhá izolácia a priaznivá klíma. V Karpatoch je 12 % endemických taxónov cievnatých rastlín (Háberová, 1998); viac informácií je opäť k dispozícii v kapitole I 5.



Obr. 12. Súčasné areály rozšírenia endemických druhov A: kiwi južný (*Apteryx australis*) na Novom Zélande a B: vtákopysk podivný (*Ornithorhynchus anatinus*) v Austrálii (pt.wikipedia.org)

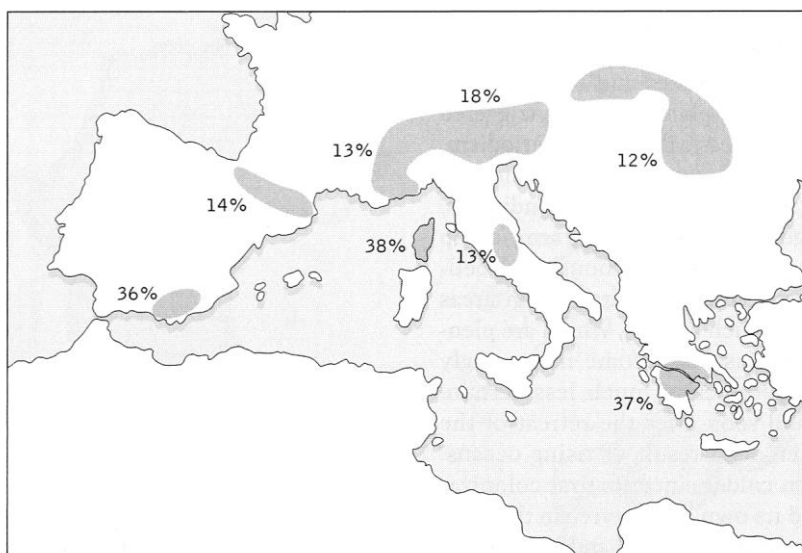
Endemity podľa charakteru vzniku delíme na:

- **neoendemity** – vznikajú na vývojovo mladších územiach (oblasti odkryté po glaciáloch, sopečné ostrovy, terasy veľkých riek). Prekonávajú svoj vývoj v súčasnosti a nestihli sa ešte rozšíriť na vhodné stanovišťa. Príkladom je väčšina endemitov na Slovensku (endemit východných Karpát fialka dácka – *Viola dacica* či iskerník karpatský – *Ranunculus carpathicus* v Bukovských vrchoch či svišť vrchovský tatranský – *Marmota marmota latirostris*, rozšírený ako endemický poddruh len v Západných Karpatoch, a to na slovenskej a poľskej strane Tatier a v d'umbierskej časti Nízkych Tatier);
- **paleoendemity** – sú endemity na vývojovo starších predštvrtorných územiach. Ide zväčša o regresívny, príp. reliktný charakter areálov. Sú koncentrované na južnej pologuli – v Austrálii, na Novom Zélande a ostatných ostrovoch, najmä kontinentálneho pôvodu. Obyčajne dosahujú až vyše 80 %-né zastúpenie. Často ide o archaické druhy, poukazujúce na dávny spoločný vývoj týchto oblastí. Napr. živá fosília hatéria bodkovaná (*Sphenodon punctatus*) žije už len na niekoľkých ostrovoch Nového Zélandu alebo vtákopysk podivný (*Ornithorhynchus anatinus*), ktorý patrí medzi veľmi primitívne vajcorodé cicavce Austrálie a Tasmánie (➔ obr. 12). Z rastlinných druhov paleoendemity predstavuje ginko dvojlaločné (*Ginkgo biloba*), ktorého areál je obmedzený len na malú oblasť v Číne, sekvojovec mamutí (*Sequoiadendron giganteum*) v Kalifornii a i. Paleoendemity bývajú zároveň aj reliktami.

Zaujímavé bude sledovať zastúpenie endemických rastlinných druhov v horských oblastiach strednej a južnej Európy (➔ obr. 13). Z obrázka zreteľne vidieť, že miera endemizmu je najvyššia v mediteránnej oblasti.

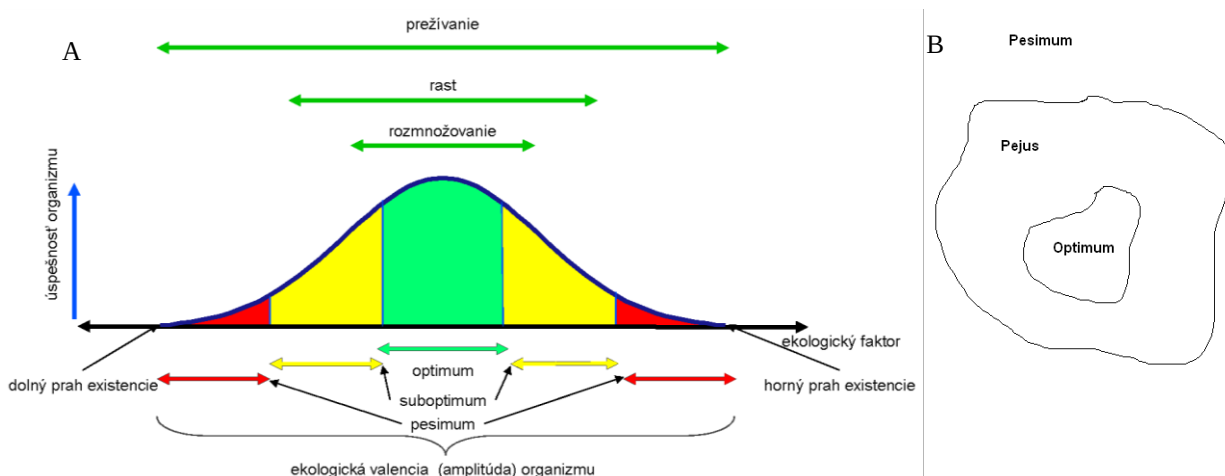
I. 3. 1. 2 Štruktúra areálov

Areály majú svoju vnútornú **štruktúru**, ktorá je daná zastúpením a rozmiestnením jedincov. To v celom rozsahu areálu takmer nikdy nebýva súvislé, pravidelné a rovnomerne husté. Druhy so širokou ekologickou valenciou (amplitúdou) sú rovnomernejšie a hustejšie zastúpené ako stenoekné druhy (viažu sa na jeden typ biotopu). **Ekologická valencia** sa vzťahuje k určitému faktoru prostredia. Vyjadruje rozpätie tohto faktora (napr. vápnika v pôde), alebo súboru faktorov, v ktorom môže daný druh úspešne



Obr. 13. Zastúpenie endemických rastlinných druhov v horských oblastiach strednej a južnej Európy (Favarger, 1972)

existovať (➡ obr. 14). Súbor všetkých faktorov prostredia, ktoré vyžadujú živé organizmy k svojej existencii označujeme ako **ekologická nika** (viac v kapitole II. 5).



Obr. 14. A: Gaussova krivka ekologickej valencie. Aby organizmus mohol žiť v danom prostredí, musia byť splnené všetky podmienky prostredia v rozsahu ekologickej valencie (Dolinská, 2014), B: Priestorové vyjadrenie priaznivosti životných podmienok k existencii druhu. Od optima smerom k pesimu sa zhoršujú.

Územie optimálneho výskytu druhu so zvlášť priaznivou kombináciou životných podmienok sa nazýva **optimum**. Miesto za okrajom areálu s existenčne nevhodnými životnými podmienkami sa nazýva **pesimum**. Plocha, ktorá smeruje od optima k pesimu, sa nazýva **suboptimum** (pejus). Predstavuje stupeň životných podmienok pod alebo nad optimom, v ktorom sa zreteľne obmedzujú životné možnosti organizmu. Existenčné podmienky sa postupne od optima až po pesimum zhoršujú. Na okraji areálu je napríklad redšie osídlenie ako v centre (➡ obr. 14). Populácie obývajúce pejus sa môžu značne odlišovať od populácií optima. Napríklad na hranici areálov prevažujú jedince makroptérne (s krídlami schopnými letu) nad brachyptérnymi (neschopnými letu) alebo prevažuje partenogenetické rozmnožovanie (z neoplodených vajíčok sa vyvíjajú nové jedince) nad hermafroditickým (mnohonôžka chlpatík drobný – *Polyxenus lagurus*) (Vanková et al., 2008). Potenciálny areál nemusí byť v každom prípade identický s realizovaným areálom (druh môžu obmedziť aj medzidruhové a vnútrodrohové interakcie). V prípade, že je areál rozsiahly, môže dôjsť k vzniku fyziologických a morfológických odlišností populácií. Je to dôsledok prispôsobenia sa podmienkam prostredia.

Optimum predstavuje centrum areálu. Rozlišujú sa tri druhy **centier areálu** (Hendrych, 1984):

- geometrické centrum areálu – nachádza sa v geometrickom strede areálu,
- frekvenčné centrum areálu – nachádza sa v mieste, kde je najhustejší výskyt daného taxónu – ťažisko areálu,
- genetické centrum areálu – nachádza sa na území predpokladaného vzniku taxónu.

Poľa počtu centier rozlišujeme areály **monocentrické** (1 centrum), **bicentrické** (2 centrá), **tricken-trické** (3 centrá) až **polycentrické** (viac centier). Rozličná môže byť aj **distribúcia** jedincov v rámci areálu. Niektoré druhy preferujú zhlukovitú distribúciu (trsovité trávy, druhy žijúce v kolóniách, stádach, zhlukoch a i.), iné nepravidelnú či pravidelnú (kultúrne rastliny). Každý taxón okrem toho vykazuje istú **vnútroareálovú geografickú premenlivosť**, ktorá odráža lokálne odlišnosti ekologických podmienok a histórie, a je základnou charakteristikou príslušného taxónu a výrazom spojitosti jeho areálu. Napríklad slimák meňavý (*Cepaea nemoralis*) žije v lesoch aj na otvorených stanovištiach. Kým v lesoch má tmavú a nepásikovanú formu ulity, na otvorených stanovištiach je jeho ulita žltá, pásikavá. Tento jav sa označuje ako **ekotypická premenlivosť**.

I. 3. 1. 3 Tvar areálov

Tvar areálov sa u jednotlivých druhov mení a je ovplyvňovaný podmienkami prostredia, na ktoré reagujú jednotlivé taxóny. Vo vzťahu ku geografickým súradniciam rozlišujeme areály, ktoré sú pretiahnuté v rovnobežkovom smere (zonálne) alebo v smere poludníkov (meridionálne). Tvar areálu je väčšinou zobrazený plošne, ale v morskem, a sčasti i v limnickom biocykle rozlišujeme aj trojrozmerné areály, kedy rôzne druhy obývajú rôzne hĺbky. Z hľadiska súvislosti areálov rozoznávame:

1. **kontinuálne** (súvislé) **areály** – v tomto prípade druh (príp. vyšší taxón) obýva skoro súvisle celý areál. Vyskytujú sa predovšetkým v morskem biocykle, kde väčšinou chýbajú ostré ekologické bariéry. Na súši sa vyskytujú pomerne málo, najmä u bežných druhov so širšou ekologickou amplitúdou.
2. **disjunktívne areály** (diskontinuálne) – pri nich sa areál druhu nedá nakresliť ako súvislá plocha, pretože v obývanom priestore sú väčšie či menšie „diery“ (disjunkcie), ktoré druh neobýva. Areály disjunktívneho typu dominujú u suchozemských živočíchov. V zásade môžeme rozlíšiť:
 - primárne disjunktívne areály: vznikli bez pričinenia človeka a sú fylogeneticky staršieho dáta. Vyskytujú sa napr. u druhov obývajúcich nejaké súostrovia, podmienkou je ale bezkrídlosť (vtáky a väčšina hmyzu prielivy medzi ostrovmi bez problémov prekoná, takže ich areál je spravidla kontinuálny), alebo špecializované horské druhy, ktoré obývajú väčší komplex pohorí, oddelených zníženinami (napr. karpatsko-sudetskú, alebo alpsko-dinársku sústavu); nížiny a hlboké kotliny medzi pohoriami obyčajne predstavujú „územia diskontinuity“. Špeciálnym prípadom je „geografická disjunktivnosť“ (➡ nasledujúci odsek);
 - druhotne disjunktívne areály: vznikli predovšetkým v dôsledku činnosti človeka, najmä jeho rušivých zásahov do prírody a krajiny. Niektoré živočíchy, najmä dravé vtáky, môžu byť čítankovým príkladom tohto typu areálov, mohli by sme pokojne hovoriť o «modeli Falconiformes». Týka sa to nielen dravých vtákov, ale aj mnohých väčších cicavcov s veľkými teritóriami jednotlivcov, resp. párov [rys (*Lynx lynx*), medveď (*Ursus arctos*) a i.]. Druhotne disjunktívne areály majú však aj niektoré druhy hmyzu močaristých lúk, ktorým človek zlikvidoval väčšinu biotopov: modráčik bahňákový (*Maculinea nausithous*), veľmi vzácny ohniváček *Lycaena helle*, očkáň striebrooký (*Coenonympha tullia*), hnedáček čermeľový (*Melitaea diamina*) a mnohé iné.

Prirodzene disjunktívne areály majú dve faunisticky veľmi významné skupiny živočíchov (príklady ➡ str. 70 v strede), medzi ktorými neexistuje ostrá hranica:

1. **Boreomontánne druhy** – sú to druhy severského charakteru, ktoré obývajú dosť veľké územie na severe kontinentu, najmä v oblasti tajgy; táto väčšia a súvislejšia časť areálu sa nazýva **euareál**. Severoeurópske nížiny predstavujú skoro vždy pásmo diskontinuity, a potom sa vyskytujú na nesúvislom a menšom území – **epiareáli** vo vysokých pohoriach strednej a južnej Európy. V Severnej Amerike je situácia analogická, ale menej výrazná (hrebene pohorí Severnej Ameriky majú severo-južný, poludníkový smer, a nie sú oddelené tak výraznými zníženinami, ako v Európe). Preto je tam druhov s disjunktívnym boreomontánnym areálom menej;

2. **Boreoalpínske druhy** sú príkladom ešte výraznejšej disjunktivity. Žijú na ďalekom severe, najmä v geobióme tundry, a potom až vo vysokých horách strednej a južnej Európy nad hranicou lesa. Pásmo diskontinuity (nepritomnosti druhu) môže byť široké aj 1 500 – 2 000 km (➡ str. 70 v strede). Je pochopteľné, že boreomontánne, a ešte viac boreoalpínske druhy, sú vďaka svojej izolovanosti na často maličkých epiareáloch veľmi zraniteľné dôsledkami ľudskej činnosti. Preto sú viaceré z týchto druhov u nás aj v iných krajinách chránené.

U viacerých druhov hmyzu s boreomontánnym a boreoalpínskym rozšírením pozorujeme silnú až výraznú redukciu krídel; pričom príbuzné druhy z nižších polôh krídla väčšinou majú. Platí to o kobyľke vrchovskej (*Isophya pyrenaea*), viacerých horských bystruškovitých (Carabidae), alebo u nosáčikov z rodu *Otiorhynchus*. V poslednom prípade stojí za zmienku, že aptéria súvisí aj s nepohlavným, partenogenetickým rozmnožovaním – tzv. thelytókna neotenizácia; čo je u iného vysokohorského hmyzu skôr výnimka.

Disjunkcie boli formované v dôsledku viacerých faktorov. V globálnych rozmeroch súvisia s bioklimatickými zónami a rozložením súše a oceánu, ovplyvňujúce šírenie druhov cez klimatické pomery (Plesník, 2004). Okrem klimatických faktorov disjunkcie spôsobili aj zmeny výšky hladiny oceánov, ktoré oddelili jednotlivé časti terestrických systémov. Skupinovú disjunkcie sú vysvetľované teóriou spojovacích mostov. Pôvodné disjunkcie vznikli aj v dôsledku rozpadu pevnín na jednotlivé kontinenty. Zanášaním druhov človekom do nepôvodných oblastí, či ich likvidáciou vznikajú **antropogénne disjunkcie** (vres obyčajný – *Calluna vulgaris* a ľubovník bodkovaný – *Hypericum perforatum* z Európy do Ameriky, turica kanadská – *Erigeron canadensis* a žltica maloúborová – *Galinsoga parviflora* z Ameriky do Európy, netýkavka malokvetá – *Impatiens parviflora* z Ázie do Európy a i.).

Napr. orol skalný (*Aquila chrysaetos*) je zaradovaný k holarktickým druhom (Korbel & Krejča, 1980). Situáciu však treba hodnotiť v historickom kontexte – areál tohto druhu pokrýval skoro celú Euráziu a Severnú Ameriku len veľmi dávno, keď príroda oboch kontinentov bola panenská. Dnes je jeho areál výrazne nesúvislý: v celých veľkých regiónoch priemyselne vyspelej západnej a severnej Európy, ale i Severnej Ameriky, bol druh vyhubený v dôsledku likvidácie biotopov a narušenia pôvodného charakteru krajiny.

Najdôležitejšie typy disjunkcií podľa Hendrycha (1984) sú nasledovné:

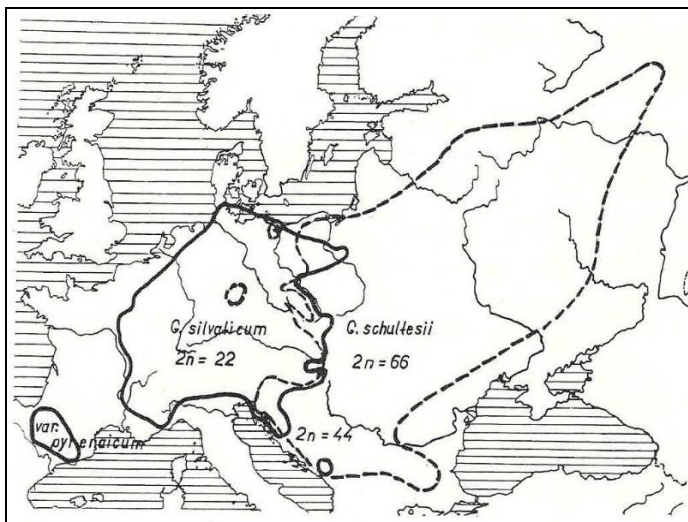
- **arktisko-alpínska** – predstavuje najčastejší typ nesúvislých areálov so súvislým subareálom v zóne tundry a reliktnými maloplošnými subareálmi v alpínskom pásme pohorí mierneho klimatického pásma. Pôvod disjunkcie je v ľadových dobách, kedy sa arktické druhy rozšírili na juh; napr. dryádka osemľupienková (*Dryas octopetala*) (➡ obr. 15). Podobný areál majú napr. rožec alpínsky (*Cerastium alpinum*), lomikameň snežný (*Saxifraga nivalis*) a i. Tieto druhy predstavujú glaciálne relikty;
- **európsko-východoázijská** – jej pôvod je v treťohorách, kedy ešte pás listnatých lesov v Európe a Ázii bol kompaktný. Disjunkcia vznikla v pleistocéne. Napr. imelo biele (*Viscum album*), cesnak horský (*Allium senescens* subsp. *montanum*), konvalinka voňavá (*Convallaria majalis*) a i.;
- **stredoeurópsko-kaukazská** – je treťohorná, napr. poniklec alpínsky (*Pulsatilla alpina*), štiav alpský (*Rumex alpinus*);



Obr. 15. Arktisko-alpínska disjunkcia dryádky osemľupienkovej (*Dryas octopetala*), ktorá tvorila pred 12 – 13 tis. rokmi na našom území súvislé porasty. V súčasnosti sa vyskytuje len v horách nad hornou hranicou lesa (Opravit & Drchal, 1987)

- **mediteránna** (stredomorská) – vyskytuje sa okolo Stredozemného mora a jej príčinou je kolísanie výšky jeho hladiny v geologických obdobiach, ktoré oddelilo jednotlivé časti terestrických systémov, napr. céder atlantský (*Cedrus atlantica*) – Atlas, céder krátkolistý (*Cedrus brevifolia*) – endemit Cypru, céder libanónsky (*Cedrus libani*) – Turecko až Libanon, palmička nízka (*Chamaerops humilis*), brest hrabolistý (*Ulmus minor*), kotúč poľný (*Eryngium campestre*);
- **severoatlantická** – časť areálu je v Európe, časť vo východnej časti severnej Ameriky, napr. jazyk jelení (*Phyllitis scolopendrium*), medzidruhovú disjunkcia, napr. platan východný (*Platanus orientalis*), platan západný (*Platanus occidentalis*);
- **pantropická** – floristická príbuznosť tropických a subtropických oblastí všetkých kontinentov, ktoré mali v kriede spoločný vývoj. Je to stará disjunkcia, týka sa napr. čeľadí Arecaceae, Sterculaceae;
- **paleotropická** – súčasťou sú areály rodov alebo čeľadí, týka sa iba trópop Afriky, Ázie, Austrálie, ostrovov Indického a Tichého oceánu, napr. pandanovité (Pandanaceae);
- **holantarktická** – južné oblasti Južnej Ameriky, Nového Zélandu, Austrálie, Tasmánie, Južnej Afriky, napr. araukária (*Araucaria*) a pabuk (*Nothofagus*).

Existencia disjunkcií je využívaná i pre formulovanie vzťahu, ktorý nazývame **vikarizmus**. Ide o evolučný vývoj druhov zo spoločného základu, ktorý bol rozdelený na disjunktívne areály (vývoj odlišných znakov) (Barabas & Labunová, 2009). Tieto druhy sa územne vylučujú, ale na svojich územiach sa navzájom zastupujú (céder od Atlasu až po Hindukúš). Soldanelka alpská (*Soldanella alpina*), ktorá rastie v Alpách, Pyrenejách, Apeninách a soldanelka karpatská (*Soldanella carpatica*),¹⁰ ktorá rastie len v Západných Karpatoch. Podobne lipa malolistá (*Tilia cordata*), ktorej areál sa rozprestiera v Európe a lipa amurská (*Tilia amurensis*) z východnej Ázie (príklady živočíchov ➡ tab. 4 na str. 50). V prípade, že sa viac druhov jedného rodu vyskytuje na jednom území, ale v rôznych edafických či klimatických podmienkach, jedná sa o **ekologickú vikarizáciu**. Krasovlas obyčajný (*Carlina vulgaris*) rastie na kyslom podloží, kým krasovlas dlholistý (*Carlina longifolia*) na zásaditom podloží. V závislosti od nadmorskej výšky môžeme na podobnom princípe hovoriť o **vertikálnej vikarizácii**. Na teplých, až xerothermných biotopoch je u nás hojný mravec čiernohnedý (*Formica fusca*), kým v horských polohách ho zastupuje veľmi podobný druh *Formica lemni*. Stojí za zmienku, že u tohto mravca sa vyskytuje pomerne vzácny ekologicky špecializovaný druh myrmekofilného pavúka *Evansia merens* (➡ tab. 11 na str. 147).



◀ Obr. 16. Vikarizácia druhov lipkavec lesný (*Galium silvaticum*) a lipkavec Schultesov (*Galium schultesii*) v Európe (Hadač et al., 1969)

Stabilita areálu je daná mnohými ekologickými faktormi. Taxón, ktorý dosiahne hranice podmienok svojej existencie vytvorí „stabilný areál“. V minulosti vplyvom klimatických zmien (faktory klimatické), ale aj v súčasnosti vplyvom človeka (faktory antropické) dochádzalo a dochádza k zmenšovaniu (regresívny areál) či zväčšovaniu (progresívny areál) areálov, ich rozdrobovaniu či presúvaniu.

¹⁰ druhový názov *carpatica* by sa mal správne písať „*carpathica*“ (pretože Karpaty sú latinsky *Carpathes*), no napriek tomu, v zmysle medzinárodných pravidiel botanickej nomenklatúry, sa má používať gramaticky nesprávna verzia bez „h“ (takých prípadov je v botanickej terminológii viac)

I. 3. 2 Reliktné areály

Regresívny areál, ktorý predstavuje len malú časť pôvodne rozsiahlejšieho areálu označujeme ako **reliktný areál** – rod platan (*Platanus*, ➡ obr. 18). Za **relikt** považujeme aj taký druh, u ktorého došlo k presúvaniu celého areálu (v dôsledku zmien prírodného prostredia), pričom časť populácie sa zachovala len v refúgiách s vyhovujúcimi podmienkami. Rozlišujeme nasledovné typy reliktov (Seko et al., 1998):

- **systematické** – zvyšky dnes už takmer vyhynutého druhu ginko dvojľaločné (*Ginkgo biloba*), ktoré bolo rozšírené v mezozoiku (v súčasnosti je prirodzený výskyt iba v Číne);
- **druhohorné** – vyskytujú sa najmä v tropických oblastiach (cykasovité – Cycadaceae);
- **treťohorné** – zachovali sa v južných častiach Európy a na Kaukaze. Sú to lokality, ktoré neboli postihnuté zaľadnením, pri migrácii ľadovca v období pleistocénu, odkiaľ sa v obdobiach medziľadových rozširovali na sever za ustupujúcim ľadovcom. Tieto lokality nazývame **refúgiá**. Sú to centrá zachovania druhov v nepriaznivých podmienkach, napr. brečtan popínavý (*Hedera helix*), pagaštan konský (*Aesculum hippocastanum*), lykovec muránsky (*Daphne arbuscula*), jasoň červeno-oký (*Parnassius apollo*), mlok karpatský (*Triturus montandoni*), piskor horský (*Sorex alpinus*);
- **klimatické** – sú to relikty z klimaticky iných podmienok:
 - z **teplejších období**: využívajú lokality teplejšie s vyššou intenzitou žiarenia, s teplými pôdami (piesčité, piesčito-hlinité, na priepustnom podloží);
 - z **chladnejších období (pleistocénné)**: sú rozšírené na lokalitách s chladnejšími pôdami (hlinité a ílovité, na menej priepustnom podloží, väčšinou v teplotne inverzných lokalitách). Ide predovšetkým o glaciálne relikty a v menšej miere o interglaciálne relikty. Glaciálne relikty sa v refúgiách zachovali, resp. postúpili na sever a do vyšších polôh až po ústupe ľadovca.

Z glaciálnych sú to predovšetkým:

– arktické relikty: breza trpasličia (*Betula nana*), glaciálny relikť chvostoskok (*Tetracanthella arctica*) žije v Grónsku, na Špicbergoch, v horách Španielska a v Tatrách (➡ obr. 17);

– boreálne: breza nízka (*Betula humilis*), dryádka osemľupienková (*Dryas octopetala*);

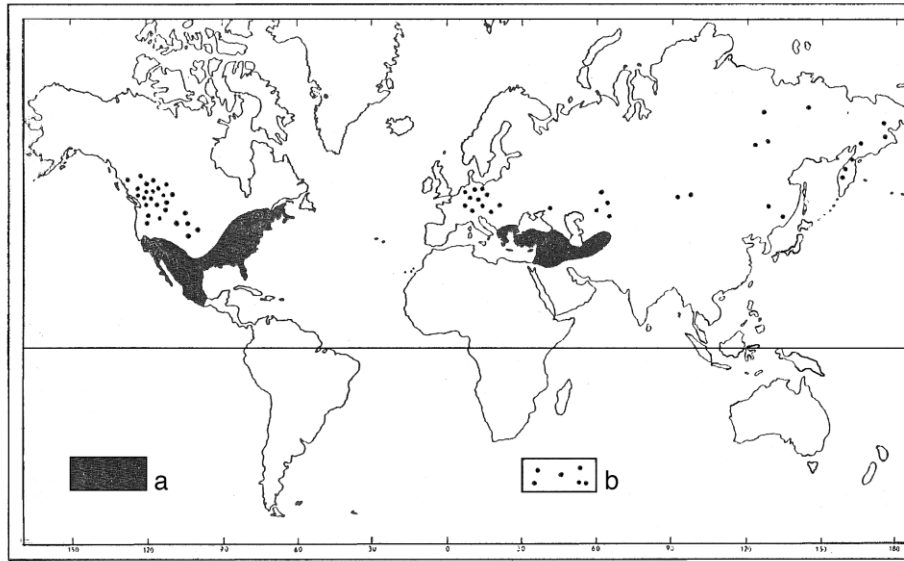
– horské: lomikameň vždyživý (*Saxifraga aizoon*);

- **postglaciálne (holocénné)** relikty sa rozšírili v období otepľovania, ktoré ukončilo dobu ľadovú. Toto otepľovanie umožnilo návrat druhom, ktoré boli ľadovcom zatlačené opäť na sever. Predstavujú reliktné pozostatky subarktického lesa so zástupcami ako borovica lesná (*Pinus silvestris*), lipa veľkolistá (*Tilia platyphyllos*);
- **pontické** – sú to relikty suchého stepného charakteru, ktoré môžu byť i sekundárne rozšírené vplyvom aktivít človeka, ak vychádzame z predpokladu, že na našom území prirodzene step nebola rozšírená, ale antropogénnou činnosťou vznikla tzv. kultúrna step;
- **pseudorelikty** – druhy, ktoré sa šíрили na lokality vytvorené vplyvom človeka.



Obr. 17. Silne disjunktívne boreoalpínske rozšírenie chvostoskoka *Tetracanthella arctica* (ex Cox & Moore, 2010)

Endemity a relikty sú veľmi dôležitým prvkom poznania vývoja určitého územia, a preto sú tiež jedným z kritérií pre floristické a faunistické členenie Zeme.



Obr. 18. Reliktný typ areálu rodu platan (*Platanus*): a – recentný areál, b – fosílny areál (ex I. Háberová, 1998)

I. 3. 3 Nepôvodné areály

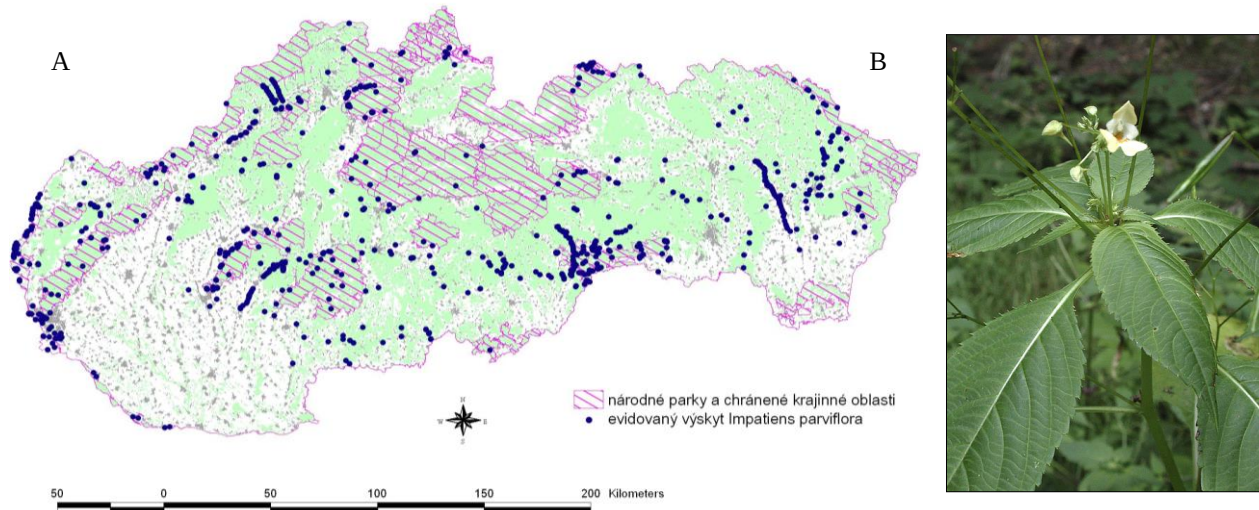
Život človeka odjakživa súvisel s využívaním rastlín a živočíchov. Najskôr to bol len lov a zber pôvodných druhov, neskôr s rozvojom poľnohospodárstva a chovu dobytky začal človek jednotlivé druhy premiestňovať. Invázia prvých nepôvodných rastlinných a živočíšnych druhov z orientu do strednej Európy nastala už pred asi 8 000 rokmi. V tomto období sa na naše územie dostali napríklad mnohé dnešné poľné buriny. Po objavení Ameriky v roku 1492 boli do Európy zámerné alebo neúmyselne privezené mnohé druhy, ktoré v nových podmienkach prosperovali a spontánne sa šírili do okolia (nevyskytujú sa tu ich konkurenti, škodcovia či predátori z pôvodnej vlasti). Najprv to boli zámerné importy cudzokrajných drevín, ktoré súviseli s rozvojom záhradníctva v období baroka. Mnohé dreviny neskôr prenikli aj do lesníctva: agát biely (*Robinia pseudoacacia*), borovica čierna (*Pinus nigra*), dub červený (*Quercus rubra*). Veľká vlna prísunu nových druhov nasledovala v 19. storočí v dôsledku rozvoja železníc a lodnej dopravy (Janišová, 1997).

V príslušnom regióne pôvodné druhy sa označujú ako **autochtónne druhy**. Problémy spôsobujú najmä nepôvodné – **alochtónne druhy** (často aj invázne) zavlečené do voľnej prírody – introdukované druhy. **Introdukcia** predstavuje zámerné alebo náhodné vysadenie nepôvodného druhu za hranicami jeho pôvodného areálu, napr. boľševník obrovský (*Heracleum mantegazzianum*) z Kaukazu, ambrózia palinolistá (*Ambrosia artemisiifolia*) zo severnej Ameriky, netýkavka malokvetá (*Impatiens parviflora*, ➤ obr. 19) z Ázie, juhoamerický hlodavec nutria riečna (*Myocastor coypus*), daniel škvrnitý (*Dama dama*) z mediteránnej oblasti, severoamerický druh medvedík čistotný (*Procyon lotor*), myš domová (*Mus musculus*) zo stepí južnej Európy a Ázie a i. V strednej Európe sa vyskytuje 229 zavlečených druhov rastlín, ktoré prenikajú do prirodzených rastlinných spoločenstiev (Eliáš, 1995).

- **apofyty** – rastlinné druhy domáceho pôvodu, ktoré sa šíria vplyvom človeka na synantropných (človekom ovplyvnených a zmenených) stanovištiach, sú napr. palina obyčajná (*Artemisia vulgaris*), pichliač roľný (*Cirsium arvense*), štiavec tupolistý (*Rumex obtusifolius*), hviezdica prostredná (*Stellaria media*), pŕhlava dvojdomá (*Urtica dioica*) a i.;
- **archeofyty** – rastlinné druhy cudzieho pôvodu, zavlečené k nám človekom do konca stredoveku väčšinou z Predného východu alebo z Mediteránu (napr. balota čierna – *Ballota nigra*, stoklas jalový – *Bromus sterilis*, úhorník liečivý – *Descurainia sophia* a i.);
- **neofyty** – rastlinné druhy cudzieho pôvodu, zavlečené do územia v novoveku väčšinou z iných kontinentov (napr. vodomor kanadský – *Elodea canadensis*, vrbovka žliazkatá – *Epilobium ciliatum*,

žltica maloúborová – *Galinsoga parviflora*, pohánkovec japonský – *Reynoutria japonica*, zlatobyl kanadská – *Solidago canadensis*).

Percentuálny nárast podielu neofytov je priamo úmerný blízkosti sídiel (prímestské rezervácie majú bežne okolo 15 % nepôvodných druhov), pripadne človekom ovplyvnených biotopov, napríklad záhrad (podiel nepôvodných druhov dosahuje 20 – 30 %). Najväčší podiel archeofytov a neofytov je na území intravilánov veľkých miest, kde môžu tvoriť až 60 % z celkovej flóry (Kučera & Sadlo, 1995).



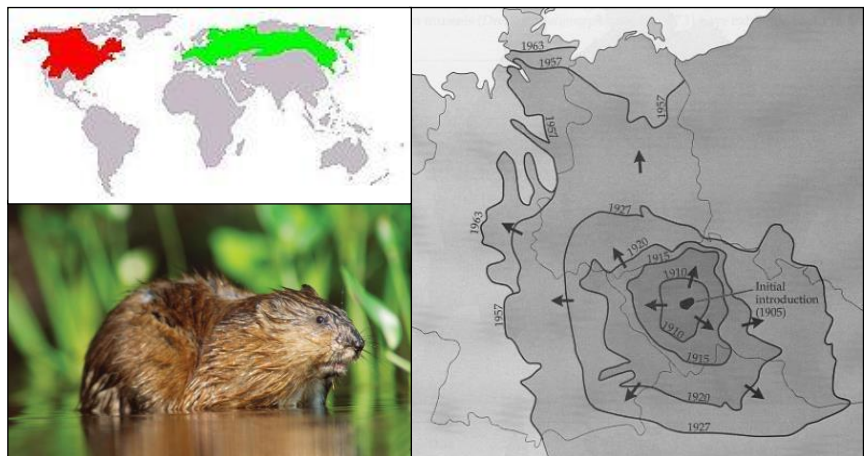
Obr. 19. Evidovaný výskyt invázneho druhu netýkavka malokvetá (*Impatiens parviflora*) na území Slovenskej republiky (ŠOP SR, 2011) a jej fotografia (B)

Úmyselná introdukcia – vykonaná človekom zámerne s cieľom získania nových zdrojov:

- potraviny – ľuľok zemiakový (*Solanum tuberosum*), kukurica siata (*Zea mays*), vinič hroznorodý (*Vitis vinifera*), šošovica jedlá (*Lens culinaris*), slnečnica ročná (*Helianthus annuus*) a i.,
- liečivých rastlín – puškovec lekársky (*Acorus calamus*),
- medonosných rastlín – agát biely (*Robinia pseudoacacia*), glejovka americká (*Asclepias syriaca*),
- krmovín – pagaštan konský (*Aesculus hippocastanum*), slnečnica hl'uznatá (*Helianthus tuberosus*),
- okrasných druhov – boľševník obrovský (*Herculeum mantegazzianum*), javorovec jaseňolistý (*Negundo aceroides*), sumach pálkový (*Rhus typhina*), americké druhy astier (*Aster lanceolatus*, *A. novi-belgii*) a i.,
- produkčných drevín v lesnom hospodárstve – dub červený (*Quercus rubra*), borovica vejmutovka (*Pinus strobus*), americké druhy topoľov (*Populus*).

Neúmyselná (náhodná) introdukcia – vykonaná človekom nezámerne, nechcene (ide teda o zavlečenie) a je dôsledkom toho, že druh využíva človeka a jeho dopravné systémy ako vektory na rozširovanie mimo svoj prirodzený areál:

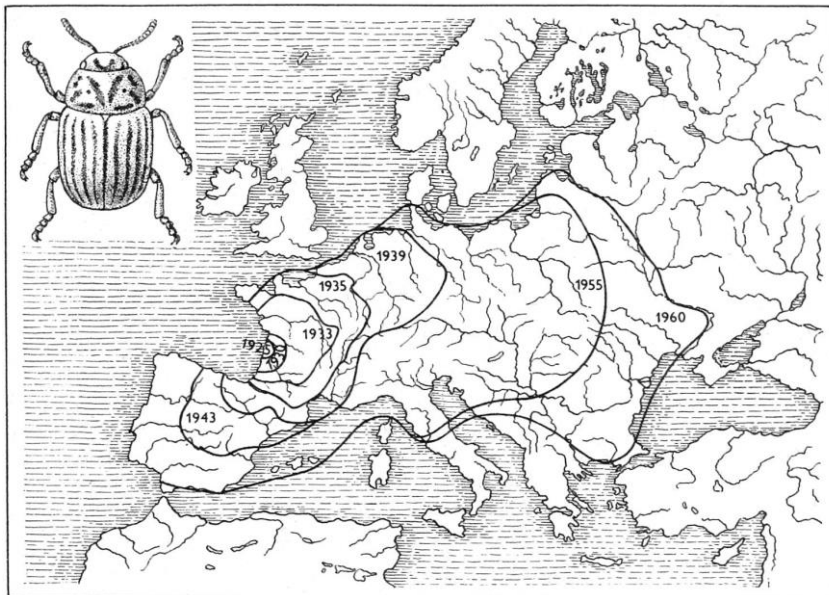
Obr. 20. ➔ Rozšírenie ondatry pižmovej (*Ondatra zibethicus*). Jej pôvodnou domovinou je Severná Amerika, kde sa vyskytuje hlavne v nížinách (tmavá farba). V Európe a na slovenskom území sa začala rozširovať začiatkom 20. storočia (sivá farba). Pôvodne bola importovaná ako kožušinové zviera. Pravdepodobne sa do voľnej prírody dostala z chovov v Čechách, z ktorých sa v priebehu 20. storočia rozšírila do celej Európy (<http://cs.wikipedia.org>).



- znamená prísun nepôvodných druhov, napr. spolu s dovozom tovaru (obilniny, ovocie, zelenina, vlna, bavlna, nerastné suroviny, stavebné materiály, neopracované drevo a i.) alebo turistikou, vojenskou technikou;
- k náhodne introdukovaným druhom patrí ambrózia palinolistá (*Ambrosia artemisiifolia*), roripovník východný (*Bunias orientalis*) a i.

Invázne druhy rastlín ľahšie prenikajú a obsadzujú ekosystémy (biotopy) vytvorené, pozmenené alebo narušené činnosťou človeka, opustené a nevyužívané plochy, plochy, kde došlo k zmenám chemizmu (eutrofizácia) a plochy s chudobným druhovým zložením. Invázne druhy najčastejšie „sprevádzajú“ komunikácie (okraje ciest, krajnice s priekopami, železničné násypy, prístavy), smetiská, skládky, haldy, opustené ťažobné jamy, priemyselné a poľnohospodárske objekty (manipulačné plochy, okolie budov, pozdĺž oplozenia ich areálov), sídla (nevyužívané priestranstvá, parky, záhrady, cintoríny), neobrábanú ornú pôdu (poľné úhory), nevyužívané lúky a pasienky, vodné toky a vodné diela (sprievodná vegetácia tokov, protipovodňové hrádze), okraje lesných porastov, lesné cesty a rúbaniská. Spôsobujú množstvo negatívnych environmentálnych, zdravotných a ekonomických problémov:

- menia úlohu pôvodných druhov,
- znižujú početnosť pôvodných druhov a vytláčajú ich,
- spôsobujú vymieranie pôvodných druhov,
- krížia sa s domácimi druhmi a ohrozujú ich genetickú štruktúru,
- menia štruktúru spoločenstiev,
- môžu zmeniť obeh živín, vodný režim, energetickú bilanciu,
- spôsobujú kožné ochorenia,
- vyvolávajú alergie,
- sťažujú údržbu komunikácií, rozrušujú chodníky,
- sťažujú údržbu vodných tokov a vodných diel, ovplyvňujú prietoknosť vodných tokov,
- znižujú kvalitu rekreačných oblastí,
- spôsobujú straty na poľnohospodárskej produkcii.



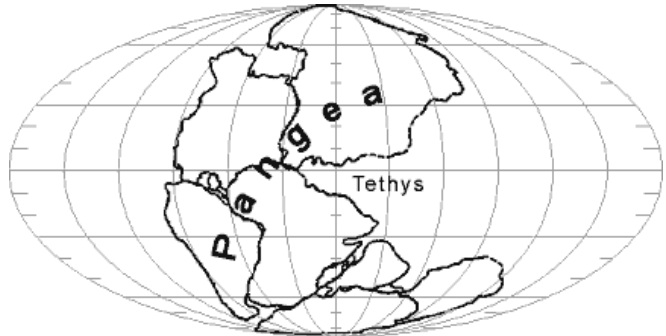
◆ Obr. 21. Rozširovanie areálu pásavky zemiakovej (*Leptinotarsa decemlineata*), ktorá bola zavlečená do oblasti Bordeaux počas prvej svetovej vojny zo severnej Ameriky (Buchar, 1983)

Reintrodukovaný druh je druh, ktorý na danom území pôvodne žil, potom vymizol a následne bol opäť vysadený, napr. rys ostrovid (*Lynx lynx*) v Karpatoch, bobor vodný (*Castor fiber*), ktorého posledného jedinca zastrelili v r. 1858 na Žitnom ostrove, dnes ich na Slovensku žije okolo 800. Los mokradový (*Alces alces*) k nám opäť preniká z oblasti Poľska, niekoľko kusov zubra hôrneho (*Bison bonasus*) je reintrodukovaných v NP Poloniny. Viac informácií o ekologických dôsledkoch introdukcie je v kapitole II. 2. 1 (str. ➔ 90).

I. 3. 4 Vývoj areálov

I. 3. 4. 1 Vznik a zánik areálov

Vznik areálov súvisí so vzájomnou reprodukčnou izoláciou dielčích populácií cez vznik poddruhov k vývoju potenciálne samostatných druhov. Tento proces sa nazýva **speciácia** (vznik druhov). Každý poddruhový areál sa nemusí vyvinúť v areál druhový, a taktiež miesto vzniku pôvodného poddruhového areálu môže ležať úplne mimo areál druhu, ktorý sa z neho neskôr vyvinul. Pri vzniku areálov má význam geografická izolácia, pretože v izolovaných miestach je veľká ponuka ekologických ník a nemožnosť migrácie, a práve preto nastáva rýchla speciácia (vačkovce v Austrálii, fauna Bajkalu, Galapágov). Poddruhový areál môže vzniknúť premenou súvislého areálu na nesúvislý. Pri málo vagilných druhoch môžu vzniknúť odlišné západné a východné poddruhy [napr. poddruhy bystrušky menivej – *Carabus scheidleri* (ktoré niektorí autori považujú za samostatné druhy, kým iní nie, v tejto veci je doteraz viac-menej chaos)], alebo druhy ježov – *Erinaceus europaeus* a *E. concolor*. Druhým prejavom izolačných mechanizmov je adaptívna radiácia, ktorá spočíva vo vyššej druhovej diferenciácii v malých navonok uzavretých územiach, kde voľné ekologické niky nemôžu byť tak jednoducho využité imigrantmi ako v rámci kontinentov. Na takýchto miestach prebieha intenzívny prírodný výber (Vanková a kol, 2008).

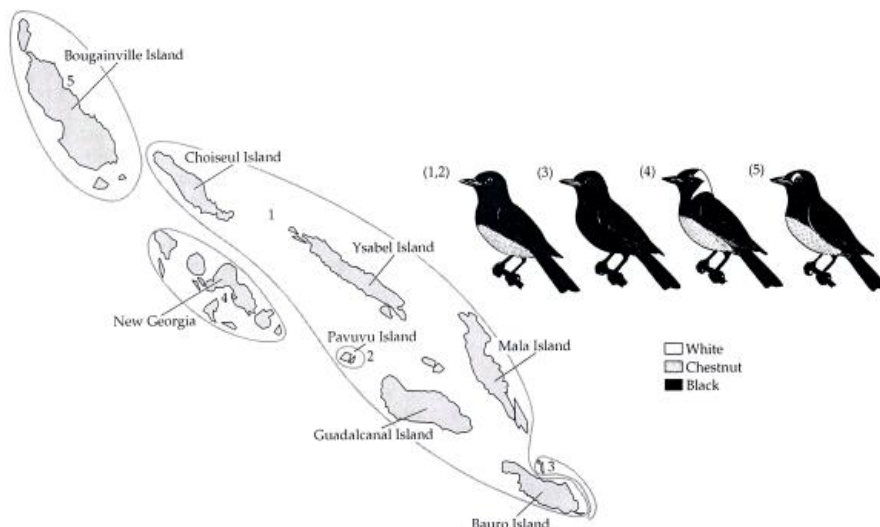


Obr. 22. Rozmiestnenie kontinentov pred 250 mil. rokmi (upravené podľa Dietz & Holden, 1970)

Tretí typ izolačných mechanizmov poukazuje na vznik druhov a najmä vyšších taxónov v súvislosti s rozpadom prakontinentov (➡ obr. 22), čím boli od seba navzájom dlhodobo oddelené jednotlivé populácie široko rozšírených druhov – tzv. Croizatova teória (Croizat et al., 1974). To isté platí aj pre kontinentálne ostrovy.

Príkladom geografickej variability sú aj populácie, ktoré boli založené niekoľkými kolonizujúcimi jedincami. Obvykle sa skladajú len z malej náhodnej vzorky alel, prítomných v populácii predkov. Tento jav označujeme ako **efekt zakladateľa**. Prejavuje sa ako zreteľne náhodné odlišnosti, časté medzi populáciami vtákov na rôznych ostrovoch. Každá odlišnosť bola zrejme odvodená od niekoľkých úspešných kolonistov. Príkladom efektu zakladateľa tak môžu byť napr. populácie monarcha škraťoškového (*Monarcha melanopsis*) na Šalamúnových ostrovoch, ktoré kolonizovali rôzne ostrovy v súostroví a niesli

odlišnú vzorku génov (pre farbu peria) od zvyšku populácie (Lomolino et al., 2005).



➡ Obr. 23. Divergencia populácie monarcha škraťoškového (*Monarcha melanopsis*) na Šalamúnových ostrovoch. Tieto zdanlivo náhodné rozdiely medzi populáciami boli interpretované Mayrom (1942) ako odraz efektov zakladateľa – founder effect (Mayr, 1942 in Lomolino et al., 2010).

Výskum areálov si vždy vyžaduje historickú interpretáciu, pretože areály sa vyvíjali rôzne dlho v súvislosti s geoklimatickými

zmenami na Zemi. Historický vývoj areálu v našich podmienkach je spojený s klimatickými zmenami v pleistocéne. Historický pohľad na vývoj areálu zohráva veľmi dôležitú úlohu, no nemenej dôležité sú aj súčasné zmeny, ktoré sú s ním prepojené. Vo všeobecnosti sa vývoj areálu prejavuje jeho zväčšovaním (**progresívny vývoj**) alebo zmenšovaním (**regresívny vývoj**). Zmenšujúce sa areály majú druhy, ktoré vymierajú. Niektorí autori prirovnávajú evolučnú históriu života k neustálej súťaži bez víťaza. Tento pohľad je pravdepodobne najlepšie vyjadrený Van Valenovou (1973) tzv. „*Red Queen hypothesis*“. Hypotéza predpokladá, že druh sa musí neustále vyvíjať, aby udržal krok s neustále sa meniacim prostredím, a to nielen s abiotickými podmienkami, ale tiež preto, že aj všetky ostatné druhy sa vyvíjajú, menia dostupnosť zdrojov a tým i biotické interakcie – biotické podmienky. Druhy, ktoré nie sú schopné držať krok so zmenami, vyhynú, a ich miesto zaujmú druhy iné – nové (Divíšek et al., 2010). Historické písomné, ale aj fosilné záznamy umožňujú poznanie vyhynutých druhov.

Zmenšovanie až zánik areálov mnohých druhov však spôsobuje aj človek. Za posledných 200 rokov ľudia spôsobili vyhynutie tisícov druhov, a o mnohých ešte ani netušíme. Jedným z mnohých príkladov je holub sťahovavý (*Ectopistes migratorius*), ktorý bol pred príchodom prvých európskych kolonistov bol na východe Severnej Ameriky hojne rozšírený (milióny až miliardy jedincov!). Lovený bol vo veľkom pre mäso, ale aj pre zábavu. Stavby týchto vtákov začali rýchlo klesať. Posledný divo žijúci holub sťahovavý bol zastrelený v roku 1900 a posledný jedinec tohto druhu uhynul v ZOO v Cincinnati v roku 1914 (Pearson, 1936; Wolf & Felix, 1980).

I. 3. 4. 2 Zmeny veľkosti areálov

Pri zmene pôsobiacich faktorov sa areál mení, vyvíja. V prírode môžu nastať nasledovné situácie: zmenšovanie areálu, zväčšovanie areálu a premiestňovanie (translokácia, migrácia) areálu. Organizmy majú tendenciu zväčšovať svoj areál, pokiaľ nenarazia na bariéry (rieky, pohoria, more, atď.), ktoré musí druh prekonať, aby sa rozšíril do ďalších vhodných oblastí. Definitívnou bariérou nie sú však nevhodné faktory prostredia, ale fyziológia druhu, adaptovaného na limitujúci rozsah podmienok prostredia. Za priaznivých podmienok dochádza k mobilite či migrácii druhov vo vlastnom areáli, alebo aj za hranice areálu (viac ➡ str. 133, 158 a i.).

Slovo **mobilita** jednoducho preložíme ako pohyblivosť. V predstavách každého, aj zoologicky neškoleného človeka, sa pri pojme mobilita vybaví asi najskôr vtáky. A je to pravda. Mnohé, najmä sťahovavé druhy predsa bežne prekonávajú niekoľko tisícokiletrové vzdialenosti. Vysokou mobilitou sa však vyznačuje aj veľké množstvo lietajúceho hmyzu: motýle (Lepidoptera), blanokřídlavce (Hymenoptera), dvojkrídlavce (Diptera), ale aj veľa chrobákov (Coleoptera). Relatívne menej mobilné sú, samozrejme, živočíchy, ktoré po povrchu pôdy, ale i po dne vodných nádrží iba lezú – partia k nim ulitníky (Gastropoda), veľanožce (Myriapoda), pavúkovce (Arachnoidea), hoci napr. pavúky často praktizujú pasívny transport i na väčšie vzdialenosti (➡ príklad 1 v nasledujúcom odseku), a mnoho iných skupín. Prakticky nulovú mobilitu majú trvalo prisadnuté – sesilné formy: fúzonôžky (Cirripedia), machovky (Bryozoa), väčšina koralov (Anthozoa), viaceré lastúrniky (Bivalvia) a zástupcovia ďalších, zväčša málo známych skupín. Pokiaľ hovoríme o mobilite, máme na mysli skôr fyzickú pohyblivosť individua. Mobilita však **nemusí** korešpondovať s vagilitou.

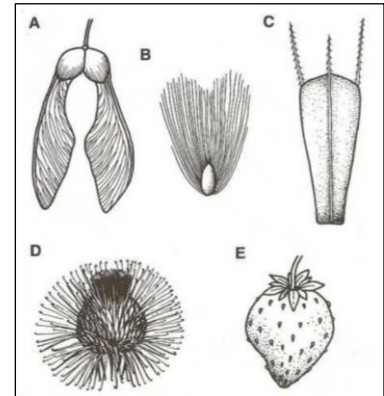
Vagilita je súbor schopností určitého druhu šíriť sa na vhodné stanovištia v rámci svojho areálu, ale i mimo neho. Vysokou vagilitou sa však nemusí vyznačovať iba druh, ktorý dobre lieta alebo rýchlo behá. Uvedieme si niekoľko príkladov živočíchov, ktoré napriek nie vysokej, alebo dokonca až nulovej mobilite majú značnú vagilitu:

1. Viaceré pavúky (Araneae) sa premiestňujú na dosť veľké vzdialenosti vypúšťaním dlhých pavučinových vláken, tzv. babieho leta, do vzduchu. Robia to z vyvýšených miest za veterného počasia. Táto „aeronaautická činnosť“ bola dokázaná u množstva drobných pavúkov (Linyphiidae), u väčších druhov ju často uskutočňujú mláďatá. Aeronautické pavúky často pristávajú na lodiach, ktoré sa pohybujú po mori i viac ako 100 km ďaleko od najbližšieho pobrežia (Baum & Buchar, 1973; Jones, 1989).
2. Niektoré druhy roztočov (Acarina) a štúrikov (Pseudoscorpionidea) sa prichytávajú na telo hmyzu, obyčajne dobre lietajúceho a nechávajú sa prenášať; pritom hmyzu zrejme nijako viditeľne neškodia. Tomuto javu sa hovorí forézia.
3. Šklabky (Unionoidea) sú málo pohyblivé, takmer vždy sladkovodné lastúrniky. Ich larvy – glochídiá však parazitujú na žiabrách viacerých rýb, ktoré ich môžu transportovať desiatky km ďaleko.

4. Viaceré morské živočíchy (vrátane trvalo prisadnutých) sa pasívne šíria vodnými prúdmi vo forme drobných primárnych lariev, ktoré sú súčasťou planktónu. Týka sa to napr. takmer všetkých lastúrníkov (vrátane ustrice jedlej – *Ostraea edulis*), fúzonôžok (Cirripedia), ostnatokožcov (Echinodermata), žalúdovcov (Balanoglossa), ramenonožcov (Brachiopoda) a ďalších, prevažne veľmi málo známych skupín.
5. Niektoré prevažne sladkovodné živočíchy sa šíria pomocou vnútorných púčikov (gemuly u sladkovodných hubiek – Spongillidae, statoblasty u machoviek – Bryozoa), alebo pomocou špecializovaných zimných vajícok [ephippiá (mierne poslovenčená verzia efípiá) u perloočiek – Cladocera].
6. Niektoré organizmy drobných rozmerov, žijúce vo vode alebo v mokrej pôde, za nepriaznivých podmienok (sucho) upadajú do anabiózy – telo sa značne dehydratuje a encystuje sa. Týka sa to najmä viacerých riasničkov (Ciliophora), pomaliiek (Tardigrada) a vírnikov (Rotifera). Drobné cysty sa potom môžu šíriť prúdením vzduchu na veľké, aj mnoho tisíc kilometrové vzdialenosti.

Vo väčšine spomenutých prípadov sa vagilitou disponujú skôr rané, často dosť špecializované vývinové štádiá, len prvé dva prípady sa týkajú aj dospelcov. Z uvedených príkladov jasne vidieť, že vagilita súvisí najmä s pasívnym pohybom (pri mobilita je to naopak). Areály druhov s vysokou vagilitou sú potom obyčajne veľmi veľké, až kozmopolitné. Je pochopiteľné, že tieto druhy bývajú len výnimočne zaradené k priamo ohrozeným. (Ďalšie pojmy budú definované a komentované priebežne v texte.)

Za priaznivých podmienok dochádza aj k rozširovaniu rastlinných druhov na územia, v ktorých sa predtým nevyskytovali. Migrácia sa uskutočňuje rozširovaním rozmnožovacích častíc, súhrnne označovaných ako diaspóry, ktoré môžu byť generatívne (výtrusy, semená, plody) alebo vegetatívne (stonky, cibulky, hľuzy). U rastlín rozlišujeme **anemochóriu** (rozširovanie prúdením vzduchu ako topol čierny – *Populus nigra*), **zoochóriu** (rozširovanie živočíchmi ako lopúch plstnatý – *Arctium tomentosum*), **hydrochóriu** (rozširovanie vodou, ako kotvica plávajúca – *Trapa natans*), **autochóriu** (rozširovanie pomocou vlastných mechanizmov ako netýkavka nedotklivá – *Impatiens noli-tangere*), **antropochóriu** (rozširovanie pomocou priamej a nepriamej činnosti človeka).



Obr. 24. Prispôsobenie plodov a semien k šíreniu: vetrom (A javor, B topol'), epizoochórne (C dvojzubec, D lopúch), endozoochórne (E jahoda) (Kubát et al., 2003)

I. 3. 5 Hranice areálov

Hranicu areálu tvorí línia ohraničujúca krajný výskyt skúmaného druhu. Na okraji areálu sú menšie a vzdialenejšie populácie ako v centre areálu. Hranice môžu byť prirodzené alebo druhotné (vyvolané činnosťou človeka). Prirodzené hranice sú najčastejšie ovplyvnené klímou. Okrem toho sú ovplyvnené aj ďalšími biotickými i abiotickými faktormi (osvetlenie, vlhkosť, salinita, Ph, živiny a i.), prípadne aj antropickými faktormi. Často hranicu existencie druhu ovplyvňuje celý komplex spolu pôsobiacich faktorov. V tropických oblastiach dominujú biotické limitujúce faktory (vnútrodrohové a medzidrohové mechanizmy limitujúce rozšírenie), v chladnejších oblastiach viac abiotické podmienky. Aj disturbance (sopky, hurikány, požiare, záplavy, zosuvy, spásanie a i.) spôsobujú vznik hraníc. V prípade, že sa vo vnútri areálu nachádza ostrov, kde daný taxón nie je rozšírený, nazýva sa také územie **areálová exkláva**.

Z hľadiska vývoja a zmeny hranice areálu dochádza k takzvanej oscilácii, čo je krátkodobá zmena hranice areálu, napr. dočasné rozšírenie karpatského subareálu rysa ostrovida (*Lynx lynx*) do severozápadnej a centrálnej Moravy v päťdesiatych a šesťdesiatych rokoch. Dlhodobá zmena hranice areálu je označovaná ako **expansion** (rozšírenie) a **regresia** (zmenšenie). V štyridsiatych rokoch sa nápadne šírila pásavka zemiasová (*Leptinotarsa decemlineata*, ➔ obr. 21 na str. 35) a hrdlička záhradná (*Streptopelia decaocto*).

Územné jednotky, areály, spolu tvoria celok (biotu Zeme). Časti tohto celku sa však navzájom stýkajú, hraničia, čím vznikajú, resp. vznikli hraničné, styčné pásma na rozličnej úrovni (Vanková et al., 2008). Principiálne možno hovoriť o dvoch kategóriách hraničných pásiem, navzájom kvantitatívne a kvalitatívne odlišných, pričom jedna podmieňuje druhú (Turček, 1965):

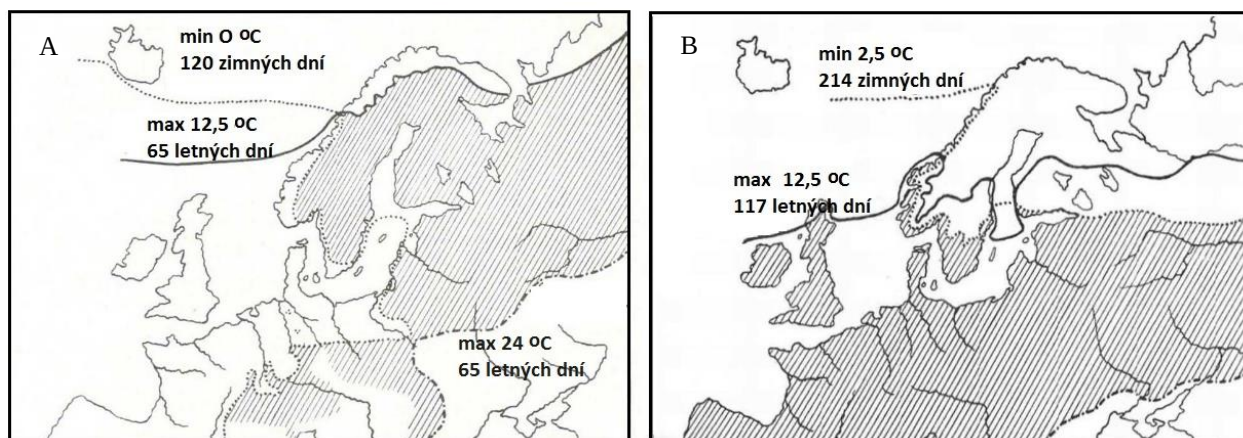
1. **Hraničné pásma biogeografické** (resp. zoogeografické, fytogeografické) – vznikajú na styku dvoch alebo viacerých biogeografických jednotiek, od oblastí po geobiómy a podprovincie;

2. **Hraničné pásma ekologické** – napr. lesostep, ako prechod medzi pásmom lesov a stepou (prériou), močiar medzi otvorenou vodou a lesom, lesný okraj na styku lesa s poľami, lúkami a pod.

Zaujímavé sú najmä hranice lesa (aj keď táto problematika súvisí skôr s problematikou spoločenstiev). Čaboun (1995) rozlišuje tri hlavné typy prirodzenej hranice lesa – polárna, vysokohorská a kontinentálna. Prvé dve hranice lesa majú podobný charakter. Sú dané predovšetkým poklesom teplôt pod nevyhnutné minimum, a preto sa označujú spoločným názvom termická hranica. **Polárna hranica** lesa oddeľuje pásmo tajgy, kde sa les rozpadáva do lesotundry. Predstavuje ju zhruba júlová izoterma 10 °C. **Vysokohorská hranica** lesa sa označuje aj ako alpínska hranica, prípadne horná hranica lesa. Je to línia oddeľujúca najvyšší lesný stupeň od horskej tundry. Na tejto hranici sa prudko menia mikroklimatické podmienky, nezalesnený povrch je viac vystavený účinkom mrazových procesov a preto býva alpínska hranica lesa niektorými autormi označovaná ako dolný limit periglaciálnej zóny v horskom prostredí. V smere z juhu na sever (od rovníka k pólom) sa vysokohorská hranica lesa znižuje. Na rovníku sa nachádza v nadmorskej výške okolo 3 500 m (v suchých trópoch až do nadmorskej výšky takmer 5 000 m – Andy), v našich geografických šírkach je to od 1 500 do 1 600 m n. m. **Kontinentálna hranica** lesa je daná predovšetkým nedostatkom vlahy v pôde. Označuje sa preto niekedy aj ako suchá hranica lesa.

Často je v prírode určenie hraníc spoločenstiev náročné. Väčšinou prechádzajú plynule jedno do druhého, a preto presné hranice nie je možné vymedziť. Ide o tzv. vegetačné kontinuum, ktoré je odrazom kontinuálnych zmien abiotických faktorov. Vytvára sa tak stupňovitosť (gradient) ekologických faktorov, a v závislosti od nich plynulé prechody jedného spoločenstva do druhého. Prechodným typom vegetačnej hranice je mozaika, v ktorej sa hranica skladá zo zmiešaných fragmentov spoločenstiev (mozaikovitý prechod kosodrevinových porastov do alpínskych lúk). Ak sa v prírode vyskytujú ostré hranice medzi spoločenstvami, ide prevažne o vplyv človeka, ktorý buď vytvára stanovišťa (navážky, haldy, umelé vodné plochy a i.), kde sa náhle menia abiotické faktory, a teda aj spoločenstvá alebo stanovišťa výrazne ovplyvňuje priamo (kosená lúka) alebo nepriamo (pasienok). Časté sú aj v geologicky pestrých územiach s výrazným a členitým reliéfom, napr. v podmienkach lavínových dráh alebo na kontakte vodnej plochy a suše.

Hranice spoločenstiev vyvolávajú v krajine množstvo abiotických (klimatické, edafické, hydrické a i.) a biotických efektov. Biotické efekty okraja lesa predstavuje zmenená štruktúra bioty v okrajovom pásme. V prvom rade sa vytrácajú druhy, ktoré majú ekologické požiadavky zodpovedajúce interagujúcim ekosystémom (zvyčajne sa vyskytujú v centrách ekosystémov ďalej od okrajov). V druhom rade sa lesné okraje osídľujú druhmi, ktoré preferujú okrajové lokality. Početné pozorovania dokazujú, že lesné okraje (ekotony) sú charakteristické nápadným zvýšením floristickej i faunistickej rozmanitosti – **ekotonový** (alebo okrajový) **efekt** (Škodová, 2010).



Obr. 25. A: Teplotné obmedzenie a kontinentalita vo vzťahu k areálu smreka obyčajného (*Picea abies*), B: Teplotné obmedzenie severozápadnej a severovýchodnej hranice areálu duba letného (*Quercus robur*), upravené podľa Rubner (1934)

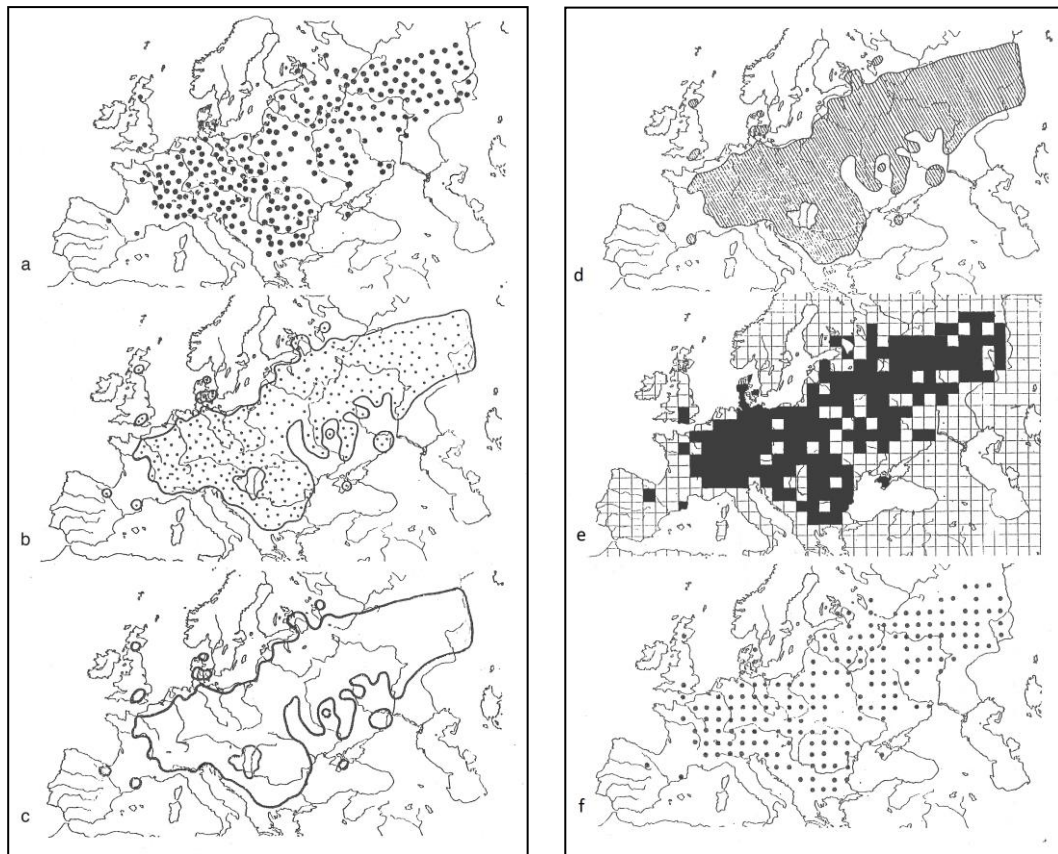
I. 3. 6 Zobrazovanie areálov

Pri štúdiu areálov jednotlivých druhov je veľmi dôležité ich zobrazovanie (znázornenie), ktoré má vyjadrovať aj niektoré vlastnosti areálu, ako je ich štruktúra, tvar a veľkosť. Pomocou **opísnej metódy**

môžeme slovne vyjadriť skutočný výskyt určitého druhu na zemskom povrchu ako napr. d'ubník trojprstý (*Picoides tridactylus*) má cirkumpolárny areál, ktorý siaha od východného pobrežia Kamčatky cez celý Eurázijský a Severoamerický kontinent až k pobrežiu Tichého oceánu. Takýto slovný opis môžeme detailizovať, avšak nie je dostatočne názorný (Háberová, 1998). Tento nedostatok odstraňuje **geografická metóda**, ktorá vyjadruje vlastnosti areálu pomocou kartogramov alebo kartodiagramov. Kartografické zobrazenie areálu určitého druhu spočíva v prenesení všetkých jeho nálezísk do mapy pomocou geografických súradníc. Rozlišujeme viaceré spôsoby kartografického zobrazenia areálov:

1. **bodové** – náleziská sú vyjadrené prostredníctvom bodov a ich súbor tvorí bodovú mapu areálu. Nevýhodou je, že táto metóda nevyjadruje kvantitatívne zastúpenie jedincov v populácii na danej lokalite. Túto vlastnosť môžeme vyjadriť veľkosťou bodu, čím získame frekvenčno-bodové zobrazenie areálu;
2. **líniové** (obrysové) – líniou sa spájajú krajné body známeho rozšírenia daného druhu. Líniová metóda sa často kombinuje s bodovým zobrazením areálu (bodovo-líniová metóda);
3. **plošné** – vyjadruje plochu rozšírenia daného druhu prostredníctvom tieňovania, líniového, sieťového či bodového rastra (zisťuje sa, či v danom poli je alebo nie je výskyt daného druhu) (→ obr. 26).

Areály rodov možno zostrojiť podobne ako u druhov. Počet druhov daného rodu je možné vyjadriť číslom, príp. izolíniou (→ obr. 26).



Obr. 26. Rôzne spôsoby zobrazenia areálu kopytníka európskeho (*Asarum europaeum*): a – bodové, b – bodovo-líniové, c – líniové, d – plošné s líniovým rastrom, e – plošné so sieťovým rastrom, f – plošné s bodovým rastrom (Hendrych, 1972)

Kontrolné otázky:

1. Ako chápeme v biogeografii pojem areál?
2. Čo je príčinou toho, že rôzne taxóny organizmov majú rôzne veľké areály?
3. Aké sú príčiny rozličného endemizmu v rôznych oblastiach Zeme?
4. Akým spôsobom meniace sa ekologické faktory ovplyvňujú štruktúru areálu určitého taxónu organizmov?
5. Čo je príčinou vzniku diskontinuálnych (disjunktívnych) areálov?

6. Regresívny areál, ktorý predstavuje len malú časť pôvodne rozsiahlejšieho areálu označujeme ako reliktný areál. Aké sú príčiny vzniku reliktných areálov? Aké typy reliktov rozlišujeme?
7. Aké environmentálne, zdravotné a ekonomické riziká predstavuje introdukcia? Uveďte konkrétne príklady.
8. Aké sú najznámejšie teórie vzniku nových areálov?
9. Ktoré ekologické faktory ovplyvňujú priebeh polárnej, vysokohorskej a kontinentálnej hranice lesa?
10. Aké sú možnosti kartografického zobrazenia areálov?

I. 4 Biogeografická diferenciácia Zeme

I. 4. 1 Zákonitosti priestorovej diferenciácie biosféry

Moderná biogeografia sa snaží pochopiť všetky zákonitosti priestorovej diferenciácie biosféry od genézy spoločenstiev a ekosystémov, ich zmien v závislosti od plochy, ostrovnej polohy, geografickej šírky, hĺbky, nadmorskej výšky atď. Celkové hrubé priestorové usporiadanie biosféry formuje najmä prísun slnečnej energie, ktorá je modifikovaná súšou a oceánom. Vtláča pečať klimaticko-vegetačným pomerom na Zemi pozdĺž rovnobežiek, vytvárajúc horizontálne **bioklimatické zóny** na súši, ako aj v oceáne. Vplyvom odlišných makroklimatických rozdielov, spôsobených oceánskymi a kontinentálnymi klímami, dochádza na súši k diferenciácii týchto zón. S rastúcou vzdialenosťou od oceána sa zväčšuje kontinentalita (vyznačuje sa veľkými rozdielmi teplôt vzduchu v priebehu dňa aj roka a nízkymi úhrnmi zrážok). K rozdielnemu dopadu oceánskej klímy na biotu prispelo aj nerovnomerné rozmiestnenie súše a oceánov na Zemi (nepomerne väčšie plochy súše na severnej pologuli ako na južnej). Na južnej pologuli Zeme sa preto nevyskytujú biotopy viazané na vysoko kontinentálnu klímu.

Biota sa okrem horizontálneho smeru výrazne mení aj v smere nahor a v oceáne aj nadol. Vplyv pohorí a ich orografickej štruktúry, orientácie k slnku a vlhkosným vetrom, masívnosti a výšky, vplýva na rozrôznenie bioty (rozdielnym spôsobom v oceánskych a kontinentálnych oblastiach).

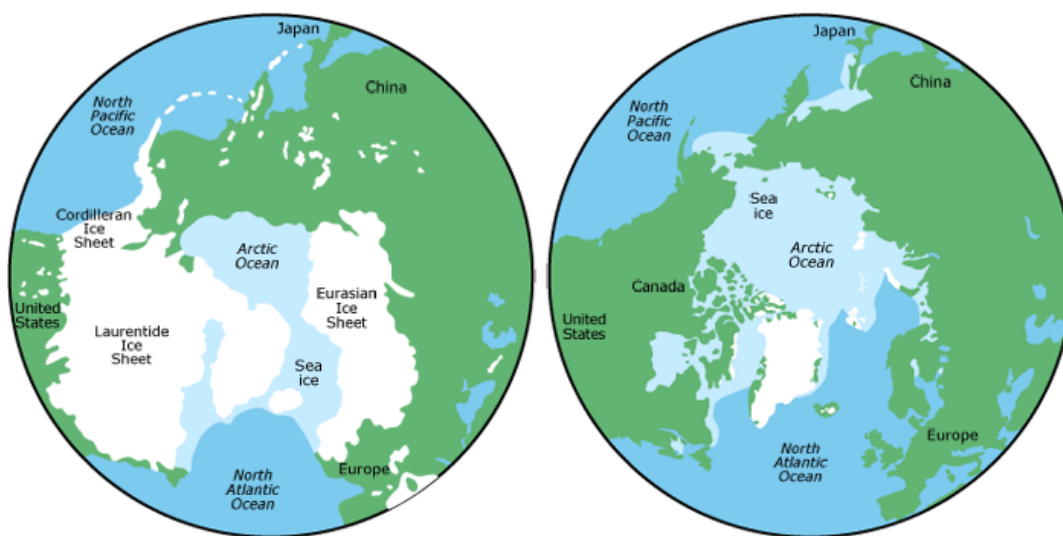
Všetky extrémne podmienky v horizontálnom aj vertikálnom smere redukujú druhové bohatstvo. V mimotropických pásmach chladné a vlhké oceánické podnebie úbytkom tepla vo vegetačnej dobe, ako aj tvorbou extrémne kyslých pôd (najmä humusovo-železitých podzolov) vyraduje mnoho taxónov, čím zjednodušuje aj stupňovitosť vegetácie a znižuje jej pestrosť. Ak však oceánske vzduchové masy narazia na bariéru vysokého pohoria, výrazne sa transformujú a strácajú pôvodné vlastnosti. V koridoroch rozsiahlych nížinných oblastí sa menej transformované masy vzduchu dostávajú omnoho ďalej, aj hlboko do kontinentu. Napríklad vlhké a chladné masy atlantického vzduchu výrazne ovplyvňujú vo vegetačnej dobe severné úbočia Álp až Karpát. Koridorom znížených území vnikajú až hlboko do Ázie. Na severných predhorách Veľkého Kaukazu sa ich vplyv prejavuje v mezofilnosti (druhy obľubujú mierne teplé a mierne vlhké podnebie) lesnej vegetácie (Plesník, 2002). Druhové bohatstvo je tu vyššie v porovnaní s extrémne kontinentálnymi podmienkami, kde veľké teplotné výkyvy vyradujú mnoho druhov a narúšajú výškovú zonálnosť drevín.

V minulosti sa predpokladalo, že medzery v rozšírení organizmov reprezentujú nepriaznivé oblasti, ktoré existovali ešte pred ich rozšírením. Aktívnym šírením druhov cez takéto bariéry došlo k následnej izolácii ich populácií. V rámci každej z izolovaných populácií potom prebiehali nezávislé genetické zmeny, vedúce k rozdeleniu pôvodného druhu na dcérske druhy. Teória doskovej tektoniky však naznačila, že väčšiu úlohu pri izolácii populácií jednotlivých druhov hrajú geografické zmeny, pretože celé kontinenty sa mohli oddeliť a každý z ich fragmentov si mohol odniesť ako živé organizmy, tak i fosílie. Je zrejmé, že oba fenomény nielen existujú, ale môžu prebiehať súbežne. Napríklad spojenie súše Severnej a Južnej Ameriky umožnilo šírenie severoamerických druhov cicavcov do Južnej Ameriky v rovnaký moment, keď došlo k vikariančnej udalosti v podobe rozdelenia jedenej populácie morských organizmov na oddelené karibské a východopacifické populácie. Napr. fauna cicavcov Severnej Ameriky a Európy bola veľmi podobná až do stredného eocénu. Geologické a geofyzikálne výskumy predpokladajú, že severný Atlantik rozdelil tieto dve oblasti práve v tomto období. Podľa výskumov, vikariančné udalosti, spôsobené tektonickými zmenami alebo rozširovaním morských prielivov, ovplyvňuje súčasne veľké spektrum organizmov, zatiaľ čo šírenie na veľké vzdialenosti je pomerne vzácnou udalosťou, ktorá je len

zriedka pozorovaná u viacerých organizmov súčasne – napr. prílivová vlna nesúca určitý počet organizmov z jednej oblasti do druhej (Cox & Moore, 1999).

Na **vývoji priestorovej diferenciácie biosféry** sa okrem geotektonických zmien v minulosti výrazne podpísali i makroklimatické zmeny. Rastlinstvo a živočíšstvo viazané na určitú klímu pri veľkých klimatických zmenách ustupovalo. Koncom **treťohôr** (neogén) bolo podnebie pomerne teplé. Teplomilné dreviny (orechy, duby, gaštany) sa bežne vyskytovali na území dnešných tundier. Palmy tropického rastlinstva zasahovali až po 60° severnej geografickej šírky.

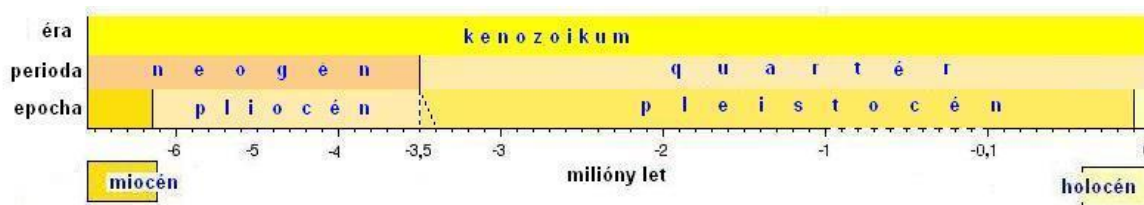
V **štvrtohorách** (pleistocéne) došlo k ochladzovaniu a nástupu ľadových dôb, čo sa prejavilo na rozsiahlych súvislých plochách kontinentov vytvorením mohutného kontinentálneho, až 3 000 m hrubého **ľadovca**, siahajúceho až po naše Tatry. V nižšie položených oblastiach sa rozprestierala tundra. V juhovýchodnej Ázii, kde sa stretáva najväčší kontinent s ďaleko rozsiahlejším oceánom, monzún zatlačil ázijský kontinentálny ľadovec k severu a vytvoril v juhovýchodnej Ázii významné refúgium pre prežitie pôvodnej stromovej vegetácie, čo sa odráža aj v dnešnom druhovom bohatstve.



Obr. 27. Maximálny rozsah kontinentálneho a oceánskeho ľadovca v období pleistocénu a v súčasnosti (Discovery Museum, 2014)

Na súčasné zloženie flóry a fauny mal podstatný vplyv aj **reliéf**. Ochladzovaním sa znižovali vegetačné stupne. V pohoriach poludníkového smeru teplomilnejšie taxóny treťohornej flóry a fauny mali možnosť úniku k juhu v úpätných polohách a po ústupe ľadových dôb návratu do vyšších geografických širok rovnakou trasou. Preto drevinová vegetácia Severnej Ameriky a juhovýchodnej Ázie je podstatne bohatšia ako v strednej Európe, kde pohoria rovnobežkového smeru tvorili bariéru pre ústup teplomilnejších organizmov na juh. Teplomilné taxóny z konca treťohôr, ustupujúce na juh, narazili na hradbu Karpát, sudetských a ďalších pohorí rovnobežkového smeru. Zároveň zostupovali taxóny z vyšších polôh. V mrazivej kotline medzi okrajom Západných Karpát a kontinentálnym ľadovcom vyhynuli teplomilnejšie dreviny, ktoré boli v treťohorách rozšírené ďaleko za polárnym kruhom. Stretli sa tu vysokohorské bylinné druhy s chladnomilnými taxónmi ďalekého severu a vytvorili zmes **arkto-alpínskej flóry**. Pleistocénne ľadové doby na koncentrovanej súši severnej pologule podstatne zničili teplomilnú treťohornú drevinovú vegetáciu, čím uvoľnili rozsiahle priestory pre rozvoj mladých, vývojaschopných stromovitých druhov (Plesník, 2002). Na južnej pologuli vplyvom menšieho zastúpenia pevniny prebiehal tento proces odlišne. Dopady ľadových dôb na biotu boli menšie, preto sa tu zachovalo množstvo starobylých a endemických druhov z predštvrtohorného obdobia (► kapitola I. 5. 2, zvlášť str. 50 a 51).

Asi pred **10 000 až 9 000 rokmi** začali teploty prudšie stúpať. Kontinentálny ľadovec a tundra na severnej pologuli ustúpili na sever, horské ľadovce a arkto-alpínska vegetácia do vyšších polôh. Medzi prvými sa na rozsiahle nelesné územia šírili dreviny málo náročné na teplo a pôdu, najmä borovice a brezy. Postupne sa pridávali dnešné dreviny, ktorých zloženie ovplyvnili postglaciálne zmeny klímy (striedajúce sa oteplenia a ochladenia).



Obr. 28. Chronostratigrafické členenie neogénu a kvartéru (Wikipedia, 2009)

Organizmy vďaka obrovskej rôznorodosti a ekologickej plasticite obsadzujú všetky priestory, kde prostredie umožňuje ich existenciu. Ich rozšírenie však nie je náhodné, ale sa riadi určitými pravidlami – zákonitostami. V zmysle Mičiana a Zatkálíka (1984) rozlišujeme dve základné skupiny zákonitostí a jednu prechodnú. V prvej skupine je hlavným priestorovým diferenciálnym činiteľom klíma. Do tejto skupiny zaraďujeme:

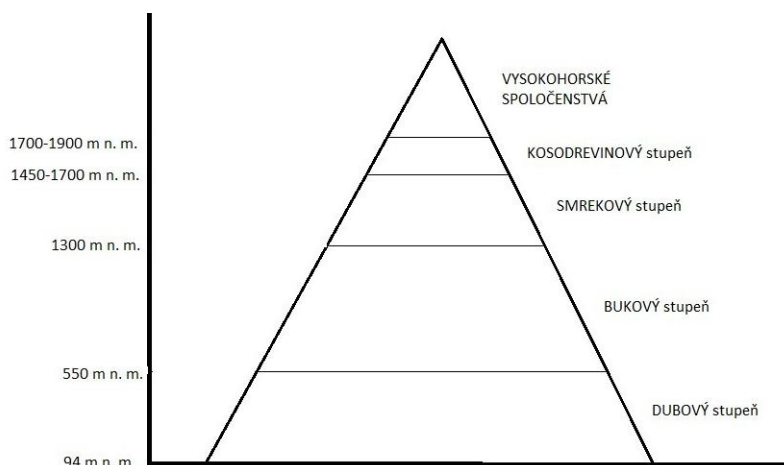
- horizontálnu zonálnosť prvého rádu (planetárna pásťovitost'),
- horizontálnu zonálnosť druhého rádu (vlastná horizontálna zonálnosť'),
- predhorskú zonálnosť,
- výškovú zonálnosť (stupňovitost').

Horizontálna zonálnosť prvého rádu – planetárna pásťovitost' predstavuje rozčlenenie krajiny sféry Zeme na **bioklimatické pásťa** tiahnuce sa v rovnobežkovom smere. V rámci týchto pásiem rozlišujeme ucelené spoločenstvá živých organizmov – geobiómy (Horník et al., 1982). **Geobióm** predstavuje dielčiu oblasť biosféry charakterizovanú určitým typom biotických a abiotických podmienok (klimatických, hydrologických, pôdnych a geologických), ktoré dávajú vznik určitým charakteristickým typom rastlinných a živočíšnych spoločenstiev (► kapitola I. 6. 5, zvlášť str. 71, a i.).

Horizontálna zonálnosť druhého rádu – vlastná horizontálna zonálnosť sa prejavuje podľa Mičiana a Zatkálíka (1984) len na súši a v rámci nej len v dostatočne veľkých mimohorských územiach – na rozsiahlych nížinách. Podľa smeru pozdĺžnych osí horizontálnych zón rozlišujeme šírkovú, diagonálnu a meridiálnu zonálnosť. Základnou príčinou vzniku vlastnej horizontálnej zonálnosti je priestorová zmena makroklimatických podmienok, najmä zmena pomeru teploty a vlhkosti (kontinentality), podmienená zmenou geografickej šírky, resp. dĺžky.

Predhorská zonálnosť je charakteristická pre predhoria a súvisí s rastom humidnosti (vlhkosti) a s poklesom teploty podnebia mimohorských území smerom k pohoriu v dôsledku klimatického vplyvu horského územia. To sa prejavuje v následnosti určitých pôdnych typov i rastlinných spoločenstiev. Tento typ zonálnosti môžeme pozorovať na území Slovenska na styku našich troch nížin panónskej panvy s okrajovými pohoriami karpatskej podsústavy.

Príčinou **výškovej zonálnosti** (stupňovitosti) je zmena klimatických podmienok s rastúcou nadmorskou výškou. Rozhodujúce sú najmä teplota, vlhkosť a intenzita slnečného žiarenia, čo podmieňuje rozrôznenie vodného režimu v pôdach, ktorý pôsobí pri utváraní pôdnych typov ale aj na charakter vegetácie. Výšková zonálnosť sa prejavuje v pohoriach od ich úpatia až k vrcholom, a dôsledkom je vyformovanie **vegetačných stupňov**. Vegetačné stupne môžu byť charakterizované fyziotypmi typických lesných porastov (obvykle so štatútom klimatických klimaxov) a výskytom špecifických druhov rastlín a živočíchov. Podmienené



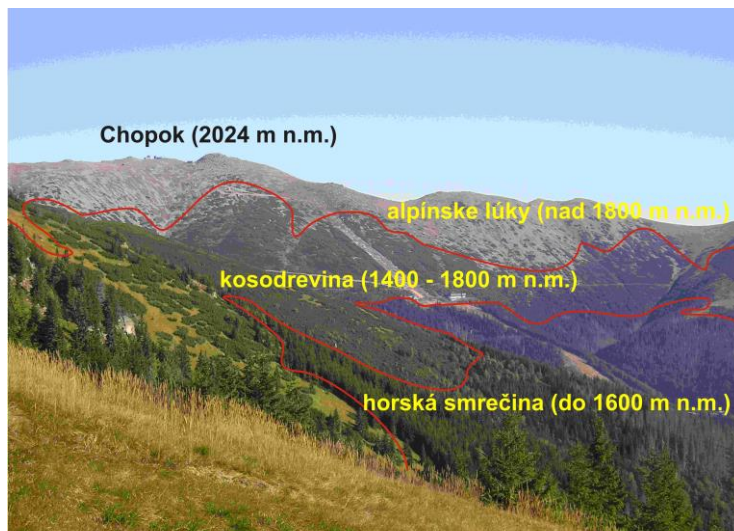
Obr. 29. Vegetačné výškové stupne na území Slovenska

sú klimaticky. V oblastiach so silnými prejavmi kontinentality sú prejavy stupňovitosti stierané. Na **Slovensku** rozoznávame podľa Plesníka (2004) päť základných vegetačných stupňov podľa dominantného druhu dreviny, a to:

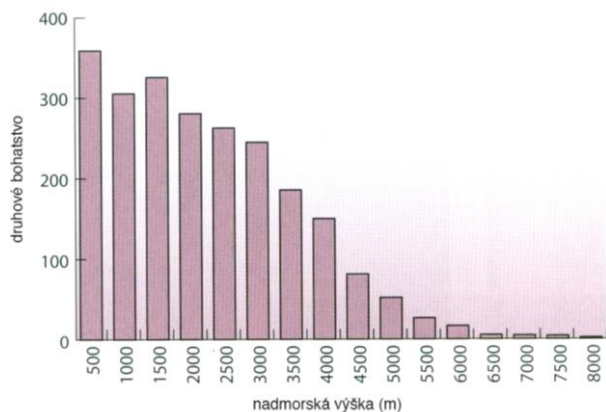
1. dubový (do 550 m n. m.),
2. bukový (do 1 000 – 1 250 m n. m.),
3. smrekový (do 1 580 m n. m.),
4. kosodrevinový (do 1 800 m n. m.),
5. alpinské lúky (nad 1 800 m n. m.) nad ktorými sa ešte môžu vyskytovať vysokohorské kamenité „púšte“.

Iné členenie vegetačných stupňov na základe vlastností reliéfu rozlišuje Jurko (1990):

- **Nížinný** (planárny) stupeň je charakterizovaný fyziotypom teplo-milných (xerothermných) dúbav. Jeho horná hranica siaha do nadmorských výšok 200 m. Klíma je teplá, vegetačné obdobie trvá až 9 mesiacov.
- **Pahorkatinový** (kolinný) stupeň zahŕňa dva typy klimaxových lesov: dubovo-hrabové lesy na minerálne bohatších pôdach a acidofilné dubiny na kyslých, minerálne chudobných pôdach. Horná hranica prebieha medzi 400 a 500 m n. m. Klíma je prevažne teplá, vegetačné obdobie trvá 8,5 – 9 mesiacov.
- **Podhorský** (submontánny) stupeň je charakterizovaný podhorskými bučinami a v závislosti na mineralizácii pôdy sa v ňom striedajú kvetnaté a acidofilné bučiny. Bučiny predstavujú najrozšírenejšie lesné spoločenstvá na Slovensku. Horná hranica prebieha zhruba v 600 – 700 m n. m. Klíma je mierne teplá (najmä na J a JZ expozíciách) a vegetačné obdobie trvá 7,5 – 8 mesiacov.
- **Horský** (montánny) stupeň je typický striedaním kvetnatých jedľobučín s kyslými bučinami. V súčasnosti sú často nahradené smrekovými monokultúrami. Bučiny na strmých a skalnatých svahoch môžu obsahovať enklávy sutinových lesov. Horná hranica dosahuje výšok 1 100 – 1 200 m. Vegetačné obdobie trvá 6,5 – 7 mesiacov.
- **Vyšší horský** (supramontánny) stupeň je stupňom smrečín. Jeho horná hranica tvorí hornú hranicu lesa, ktorá v jednotlivých pohoriach prebieha v nadmorských výškach medzi 1 400 – 1 500 m. Dominantný smrek obyčajný (*Picea abies*) tvorí husté porasty. Klíma je veľmi chladná, no lesný porast zmierňuje nápor vetra a výkyvy teplôt. Vegetačné obdobie trvá dlhšie ako 6 mesiacov.
- **Nižší vysokohorský** (subalpínsky) stupeň sa na Slovensku vyskytuje medzi 1 400 – 1 800 m n. m. spoločenstvami kosodreviny (*Pinus mugo*), striedajúcimi sa s travinnými a bylinnými formáciami. Do nižších polôh stupňa prenikajú solitéry a skupinky zakrpatených stromov, najmä smreka (*Picea abies*). Vegetačné obdobie trvá do 6 mesiacov.
- **Vysokohorský** (alpínsky) stupeň je charakteristický bylinnou klimaxovou vegetáciou v najvyšších pohoriach SR nad 1 800 m n. m. Vegetácia je prevažne bylinná so zakrpatenými kríčkovitými formami. Na skalách dominujú machy a lišajníky. Pokryvnosť vegetácie je nízka (pod 25 %). Klíma je veľmi drsná, vegetačné obdobie trvá 3, maximálne 4 mesiace.
- **Nižší snežný** (subniválny) stupeň (nad 2 400 m n. m.) sa vyznačuje machovými a lišajníkovými spoločenstvami. Vyskytuje sa len vo Vysokých Tatrách.
- **Snežný** (niválny) stupeň sa vyskytuje napr. v Alpách (2 500 – 3 550 m n. m.) na miestach s trvalou pokrývkou snehu i v priebehu leta. Na území Slovenska sa nevyskytuje.



Obr. 30. Vegetačné stupne v Nízkych Tatrách (Foto M. Škodová, 2013)



Obr. 31. Vplyv nadmorskej výšky na druhové bohatstvo hniezdiaceho vtáctva v nepálskych Himalájach (upravené podľa Hunter & Yonzon, 1992 in Townsend et al., 2010)

Okrem takejto priestorovej diferenciácie biosféry je biota na nižšej systémovej úrovni mozaikovo usporiadaná na základe zvláštnych pôdnych podmienok. Toto usporiadanie sa neprejavuje vytvorením zón rastlinných a na ne viazaných živočíšnych spoločenstiev, ale je naopak azonálne. **Azonálnosť** teda predstavuje zákonité usporiadanie bioty v dôsledku nerovnorodosti geologicko-geomorfologických, pedologických a hydrologických podmienok. Azonálne spoločenstvá sa môžu vyskytovať v rôznych vegetačných stupňoch. K najtypickejším patrí vegetácia mokradí, lužných lesov, slanísk, nevyvinutých pôd (piesky, sutiny, skaly), ako aj vegetácia azonálnych pôd ovplyvnená človekom (poľnohospodárske kultúry, lignikultúry); viac kapitola I. 6. 5. 2 (➔ str. 77). **Extrazonálna** (intraazonálna) vegetácia vznikla za určitých mikroklimatických a pôdnych podmienok; a podobá sa určitému typu zonálnej vegetácie, ale vyskytuje sa maloplošne v priestore inej (susednej) vegetačnej zóny. Napr. listnaté lesy južne od súvislej lesnej zóny, v stepnej zóne, na vlhších severných svahoch v lokálnych podmienkach zonálnych listnatých lesov (Slavíková, 1986).

Rovnako ako na súši, aj vo **vodnom prostredí** dochádza k priestorovej diferenciácii bioty, no výrazne odlišným spôsobom. Zásadné rozdiely sú spôsobené odlišným ohrievaním a chladením súše a vody, ako aj ekologickými nárokmi organizmov na vlhkosť, ktorá v oceáne odpadá, na súši však znamená až limitujúci faktor. Okrem toho súvislé šíre vody oceána umožňujú pohyb živočíšstva, a tým aj jeho redukovanú regionálnu diferenciáciu v danej geografickej šírke. Ekologická a druhová diferenciácia organizmov má šírkový, zonálny charakter a súvisiaci s teplotou a slanosťou vody. Studené moria, obsahujúce zvýšený obsah vzduchu, umožňujú rozvoj planktónu ako základnej potravy pre ostatné živočíšstvo, ktoré je síce druhovo chudobnejšie, ale vyznačuje sa veľkým rozvojom populácií. Naproti tomu sú teplé slané moria druhovo bohatšie, ale počtom jedincov chudobnejšie. Diferenciácia organizmov oceána prebieha viac vo vertikálnom smere, v ktorom sa mení prísun svetla, siahajúceho zhruba do hĺbky 200 m. Ubúdaním svetla vo väčších hĺbkach sa znižuje až zaniká zastúpenie fotosyntetizujúcich rastlín (pelagiál až batyál). Vo väčších hĺbkach (batyál a abysál) sa vyskytuje už len živočíšstvo.

Kontrolné otázky:

1. Ktoré najdôležitejšie faktory majú vplyv na diferenciáciu rastlínstva a živočíšstva na Zemi?
2. Vysvetlite, akým spôsobom jednotlivé faktory vplývajú a vplyvajú na biotu?
3. Platia pre rozšírenie jednotlivých skupín rastlín a živočíchov na Zemi nejaké pravidlá?
4. Ktoré faktory vplývajú na diferenciáciu bioty vo vodnom prostredí?
5. Čo je príčinou vzniku vegetačných stupňov?
6. Čo je príčinou azonálneho usporiadania rastlinných a živočíšnych spoločenstiev? Ktoré spoločenstvá patria k typicky azonálnym?

I. 5 Biogeografia sveta

Rozmanitosť prírodných celkov Zeme, ich vzájomné odlišnosti a rozdiely vo vývoji v geologických dobách sa výrazne prejavujú v priestorovej diferenciácii bioty. Základným kritériom regionálneho členenia je pri zohľadnení historických aj súčasných vplyvov (biotických aj abiotických) analýza areálov doteraz známych taxónov, ich vlastností a endemizmu. Pri vysvetľovaní súčasného rozšírenia mnohých

druhov je rozhodujúci aj pohyb kontinentálnych dosiek v geologických epochách. Vymedzenie jednotlivých oblastí nie je jednotné, záleží na jednotlivých kritériách, na tom, aká sa im pripisuje váha, a na subjektívnom postoji autora. Najvyššou regionálnou jednotkou je v rámci terestrických systémov planéty podľa Hendrycha (1984) **oblasť**, ktorá sa člení na **podoblasti**, **provincie**, **obvody** a **podobvody**. Veľmi často dochádza k prelínaniu fytogeografického a zoogeografického členenia, prípadne ich spájaniu. Hranice medzi susednými oblasťami sú väčšinou difúzne a dochádza k prelínaniu druhov medzi nimi. Charakteristiky jednotlivých oblastí boli spracované komparáciou informácií v nasledujúcich prácach: Buchar (1983), Hendrych (1984), Háberová (1998), Cox & Moore (2010), MacDonald (2003), Plesník (2004), Vanková et al. (2008), Barabas & Labunová (2009).

I. 5. 1 Fytogeografické oblasti

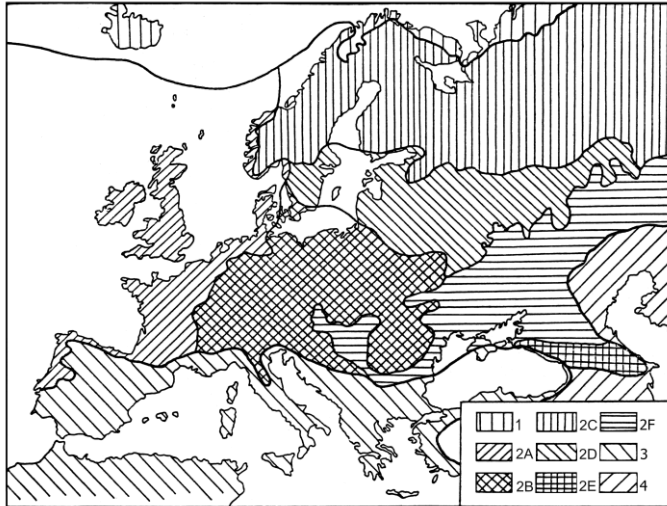
V základnom floristickom členení súše sa odráža zonálnosť a rozloženie kontinentov a oceánu, ako hlavných faktorov vo vývoji rastlinstva, a tým aj príbuzenských vzťahov rastlinných taxónov, na ktorých je založená **floristická regionalizácia**. Na súši rozlišujeme šesť fytogeografických oblastí: holarktickú, paleotropickú, neotropickú, kapskú, austrálsku a antarktckú fytogeografickú oblasť (➡ obr. 32). Floristické členenie oceánu nie je dostatočne spracované, no predpokladá sa i tu šírková zonálnosť, ktorú narúšajú morské prúdy. Veľký význam pri diferenciácii bioty má i hĺbka vody.



Obr. 32. Fytogeografické členenie zemského povrchu (podklad: PSD Graphics, 2009)

Holarktická fytogeografická oblasť (Holarctis) je svojou rozlohou najväčšia oblasť. Jej hranica prebieha cca okolo 30° severnej zemepisnej (= geografickej) šírky. Zaberá takmer celú mimotropickú časť súše severnej pologule. Charakter taxónov je výsledkom zmien hlavne terciérnych spoločenstiev vplyvom klimatických zmien v glaciáli. Floristické zloženie je v porovnaní s ostatnými oblasťami pomerne homogénne (ochudobnenie vplyvom zaľadnenia). Evidentná je rodová zhoda európskych a severoamerických rastlín. Príčinou je spojenie medzi Európou, Áziou a Severnou Amerikou, ktoré trvalo značnú časť z posledných 65 mil. rokov. Ochudobnenie flóry vplyvom zaľadnenia v pleistocéne sa však dotklo viac euroázijského kontinentu (palearktiská) ako Severnej Ameriky (nearktiská), pretože tu veľké pohoria orientované v rovnobežkovom smere pôsobili ako bariéry pri migrácii druhov (Divíšek et al., 2010). Listnatým lesom dominujú rody ako javor (*Acer*), dub (*Quercus*), jaseň (*Fraxinus*), brest (*Ulmus*), lieska (*Corylus*), breza (*Betula*), lipa (*Tilia*), topol (*Populus*) a buk (*Fagus*). Tieto oblasti sú bohaté na mnoho rodov ihličnanov, ktoré dominujú boreálnemu pásu. Jedná sa o borovice (*Pinus*), smrek (Picea), jedle (*Abies*) a smrekovce (*Larix*). Arktická vegetácia krovín a bylín je v týchto oblastiach pomerne chudobná a monotónna. Druhy, ako vrbka arktická (*Salix arctica*) a dryádka osemľupienková (*Dryas octopetala*) sú spoločné pre americký aj euroázijský kontinent (palearktiská a nearktiská podoblasť). Počet endemických čeľadí je okolo 40 a približne rovnaký počet čeľadí tu má centrum svojho areálu (vrbovité – Salicaceae, bukovité – Fagaceae, iskerníkovité – Ranunculaceae a i.). Endemity nearktiskej oblasti sú: ľaliovník tulipánokvetý (*Liriodendron tulipifera*), sekvoja vždyzelená (*Sequoia sempervirens*) a duglaska tisolistá (*Pseudotsuga*

menziesii). Pre palearktickú oblasť sú endemické druhy drevín ako napr. olivovník európsky (*Olea europaea*), pistácia pravá (*Pistacia vera*), cédre starého sveta (*Cedrus* spp.) v Stredomorí, metasekvoja čínska (*Metasequoia glyptostroboides*) v Číne a kryptoméria japonská (*Cryptomeria japonica*) v Japonsku. Holarktická oblasť zasahuje do rôznych klimatických pásiem. Člení sa na 11 podoblastí: arktická, európsko-západosibírska, východosibírska, stredomorská, makaronézska, čínsko-japonská, atlantická severná podoblasť Severnej Ameriky, pacifická severná podoblasť Severnej Ameriky, atlantická južná podoblasť Severnej Ameriky a pacifická južná podoblasť Severnej Ameriky, a tie na množstvo provincií. Slovensko leží v európsko-západosibírskej podoblasti, v jej stredoeurópskej provincii.



◀ Obr. 33. Rozloženie podoblastí a provincií v Európe a jej blízkom okolí (upravené podľa Hendrych, 1984):

- 1 Arktická podoblasť
- 2 Európsko – západosibírska podoblasť
 - 2A Atlanticko-európska provincia
 - 2B Stredoeurópska provincia
 - 2C Severoeurópska provincia
 - 2D Východoeurópska provincia
 - 2E Kaukazská provincia
 - 2F Ponticko-panónska provincia
- 3 Stredozemská podoblasť
- 4 Stredoázijská podoblasť

Paleotropická fytogeografická oblasť (Paleotropis) je druhovo najbohatšou oblasťou. Zaberá takmer celú Afriku okrem severnej (Atlasu) a južnej časti, ďalej južnú a juhovýchodnú Áziu a ostrovy v Tichom a Indickom oceáne. Má 40 endemických čeľadí s veľkým počtom rodov a druhov, napr. rod imelovec (*Loranthus*) je zastúpený 2 500 druhmi. Z rodov je až 47 % viazaných výhradne na jej územie a len 13 % má spoločných s neotropickou oblasťou, čo bolo spôsobené oddelením kontinentov v kriede. Vývoj taxónov, ktoré boli v oveľa menšej miere postihnuté zmenami klímy ako taxóny v holarktickej oblasti, nebol prerušený, čo sa prejavilo i na bohatosti endemických čeľadí a rodov. Pre paleotropickú oblasť sú typické taxóny flóry, ktoré sa vďaka driftu kontinentov neobjavujú v neotropickej. Ide o druhy ako palma datľová (*Phoenix canariensis*) a druhy čeľade mliečnikovité (*Euphorbiaceae*). Typické sú aj čeľade pandanovité (*Pandanaceae*), morušovité (*Moraceae*), anonovité (*Annonaceae*) a i.

Neotropická fytogeografická oblasť (Neotropis) zaberá okrem južného a juhozápadného cípu celú Južnú a Strednú Ameriku a najjužnejšiu časť Severnej Ameriky. Drift kontinentov v druhohorách oddelil neotropickú oblasť od paleotropickej, čo spôsobilo izolovaný vývoj týchto oblastí. Prejavilo sa to na zastúpení taxónov flóry, z ktorých až 76 % má charakter elementov neotropických a 24 % má charakter pantropický, vyplývajúci zo spoločného vývoja paleotropickej a neotropickej oblasti do druhohôr. Samostatný vývoj od druhohôr podnietil vývoj nových druhov čeľadí ako broméliovité (*Bromeliaceae*). Má 35 endemických čeľadí. Miešanie sa druhov holarktickej a neotropickej oblasti a veľké rozpätie fyzicko-geografických podmienok sa podpísalo pod veľkú druhovú diverzitu. Charakteristickou čeľadou sú napr. kanovité (*Cannaceae*), kapucínkovité (*Tropeolaceae*), líčidlovité (*Phytolaccaceae*), ľuľkovité (*Solanaceae*), agávovité (*Agavaceae*) – rody agáva (*Agave*) a juka (*Yucca*), pupalkovité (*Oenotheraceae*) – rod fuksia (*Fuchsia*). Táto oblasť je považovaná za vývojové centrum paliem, ktoré sú zastúpené viac ako 73 rodmi. Z kultúrnych plodín odtiaľto pochádzajú zemiak (*Solanum tuberosum*), tabak (*Nicotiana tabacum*), kukurica (*Zea mays*), kaučukovník (*Hevea brasiliensis*) a ďalšie.

Kapská fytogeografická oblasť (Capensis) – je špecifickou, rozlohou najmenšou oblasťou vyčlenenou len pre fytotaxóny. Zaberá južný cíp Afriky. Je relatívne druhovo bohatá. Rastie tu vyše 6 000 kvitnúcich druhov so silne zastúpenými endemitmi (21 % endemických rodov, 73 % endemických druhov), ktoré tu majú svoje vývojové centrá, napr. amarylkovité (*Amaryllidaceae*) – rod klívia (*Clivia*), kosatcovité (*Iridaceae*), ľaliiovité (*Liliaceae*), vresovité (*Ericaceae*) majúce charakter refúgií. Charakte-

ristickou čeľaďou sú aj pakostovité (Geraniaceae), z ktorej rod muškát (*Pelargonium*) tu má 232 druhov. Základom je stará paleoantarktická flóra, čoho dôkazom je príbuznosť s taxónmi v Austrálii, Južnej Amerike a v Novom Zélande. Na druhej strane dochádza k prenikaniu druhov, ktoré sú typické pre paleotropickú oblasť (prvosienkovité – Primulaceae).

Austrálska fytogeografická oblasť (Australis) – je veľmi svojráznou oblasťou v ktorej majú prevahu endemické druhy (asi 83 %). Zaberá územie Austrálie a Tasmánie. Flóra tejto oblasti je v podstatnej miere starobylá, čo je dôsledkom izolovaného vývoja územia od treťohôr a menšieho postihnutia deštruktívnymi vplyvmi ľadových dôb v pleistocéne. Oproti vysokému endemizmu cicavcov je však v austrálskej oblasti endemických len 18 čeľadí krytosemenných rastlín. Reprezentujú ich dominantné rody čajovník (*Melaleuca*) a blahovičník (*Eucalyptus*), ktorý je typickým austrálskym stromom (predstavuje okolo 95 % biomasy stromov v Austrálii). Nájdeme tu mnoho jeho druhov, ktoré rastú v rôznych prostrediach od alpínskej tundry cez suchú savanu až po tropický dažďový les. Pozoruhodné je, že fosílné dôkazy naznačujú, že rastlinná čeľaď, do ktorej eukalyptus patrí (Myrtaceae) sa vyvinula v priebehu vrchnej kriedy v indomalajskej oblasti, a po oddelení Austrálie a Nového Zélandu od Antarktídy sa v priebehu treťohôr rozšírila do Austrálie. V horách sa vyskytujúci pabuk (*Nothofagus*) poukazuje na skoršiu väzbu k Novému Zélandu a k Patagónii.

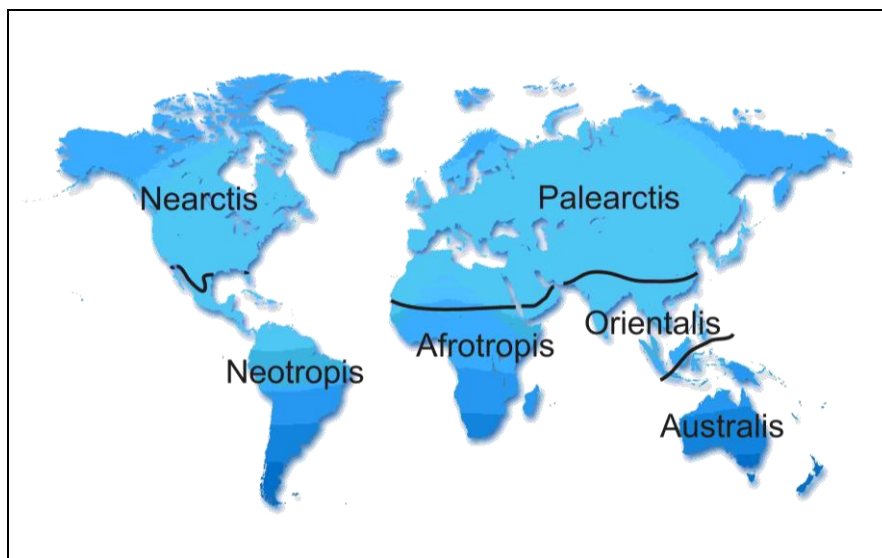
Antarktická fytogeografická oblasť (Antarctis) – je plošne malá oblasť, zahrňujúca južný a juhozápadný výbežok Južnej Ameriky, Antarktické ostrovy Kergueleny a Nový Zéland. Základ tvorí autochtónna, ale výrazne deštruovaná flóra Antarktídy s nízkou druhovou diverzitou. Typické sú porasty tráv rodu kostrava (*Festuca*), metlica (*Deschampsia*) a lipnica (*Poa*), vankúšovité porasty rodu *Azorella*, machy (Bryophyta) a lišajníky (Lichenes). Kvitnúce taxóny sú zastúpené najvyššie na 62° j. g. š. Typickými zástupcami sú čeľade Gunneraceae a Domatiaceae. Stromy rastú v tejto oblasti len v Južnej Amerike (pabuk – *Nothofagus*). Oblasť má 13 endemických rodov v patagónskej podoblasti a 2 endemické čeľade. Základom je flóra antarktická pred zaľadnením, ktorá bola neskôr silne deštruovaná. K týmto taxónom pribudli v pleistocéne taxóny, ktoré sa dostali po hrebeňoch Ánd až z holarktickej oblasti (iskerníkovité – Ranunculaceae, kuklík – *Geum*, lomikameň – *Saxifraga*, ostrice – *Carex*, horce – *Gentiana*).

I. 5. 2 Zoogeografické oblasti

Zoogeografická rajonizácia zemského povrchu vychádza z prejavov a zákonitostí geografického rozšírenia živočíchov, t. j. z analýzy všetkých známych areálov zoologických taxónov, najmä na druhovej úrovni. **Zoogeografická oblasť** predstavuje veľký územný celok, obyčajne korešpondujúci s hranicami kontinentov, ktorý sa štruktúrou fauny významne odlišuje od ostatných. V ďalšom texte si načrtne zoogeografické členenie súše (vrátane limnického biocyklu); zoogeografická rajonizácia morského biocyklu je málo zreteľná a vzhľadom na vnútrozemskú polohu našej krajiny ani nepovažujem za potrebné sa ňou zaoberať. Zoogeografické oblasti bývajú tradične definované tzv. endemickými taxónmi (Buchar, 1983). Termín „endemický“ sa však používa i v iných súvislostiach (mikroareály), čo by mohlo viesť k skreslenej interpretácii niektorých faktov – endemický taxón ktorejkoľvek zoogeografickej oblasti môže obývať obrovské územie!¹¹ Taxóny, ktoré sú významnou zložkou fauny len jednej zoogeografickej oblasti, sú preto označené termínom **charakteristické taxóny**. Väčšinou ide o taxóny, ktoré obývajú väčšiu časť príslušnej zoogeografickej oblasti.

Palearktická zoogeografická oblasť (Palearctis) zaberá celý eurázijský kontinent a severnú Afriku (asi 52 mil. km², čo je 38,5 % súše). Napriek obrovskej rozlohe je faunisticky relatívne chudobná, čo súvisí s dominanciou rozsiahlych plôch severských alebo vysokohorských spoločenstiev (oreotundrá) na väčšej časti Sibíri a v horách strednej Ázie. Podstatne bohatšie sú mierne až subtropické spoločenstvá arboreálu (listnaté lesy), ktoré prechádzajú do xerothermných spoločenstiev eremiálu. Relatívne bohatá je aj fauna polopúští a púští v severnej Afrike a strednej Ázii. Taxónov, ktoré by sa vyskytovali iba v paleark-

¹¹ hoci o svini divej (*Sus scrofa*) i fuzáčovi zemolezovom (*Pseudogaurotina excellens*) môžeme tvrdiť, že sú to endemity palearktiskej oblasti, sviňa divá žije na území skoro celého eurázijského kontinentu, kým fuzáč zemolezový sa vyskytuje výhradne v Karpatoch. Areál je v prvom prípade obrovský, v druhom prípadе nepatrný.



Obr. 34. Zoogeografické členenie zemskeho povrchu (podklad: PSD Graphics, 2009)

tickej oblasti, je veľmi málo. Patria k nim napr. ježe (*Erinaceus* spp.), chrčky (Cricetinae), tarbíky (Dipodidae), sviňa divá (*Sus scrofa*) a s menšími výhradami aj jašterice (Lacertidae), z ktorých niekoľko druhov zasahuje okrajom areálu do etiópskej zoogeografickej oblasti. K palearktickým druhom by sme, samozrejme, mohli počítať i všetky druhy s európskym a stredoeurópskym areálom, a nakoniec i endemity slovenskej fauny; kritériom charakteristického druhu však je, aby obýval väčšiu časť určitej zoogeografickej oblasti. Bližšia rajonizácia palearktiskej oblasti (so zvláštnym zreteľom na strednú Európu) bude obsahom ďalších kapitol.

Nearktická zoogeografická oblasť (Nearctis) zaberá severoamerický kontinent. Má podobnú plochu ako neotropická oblasť – asi 21 mil. km² (15,5 % súše). Na území sa vyskytuje široká škála ekosystémov – lesy rôzneho typu od subtropických po horské a severské, eremiál (púšte a stepi, nazývané prérie) i veľké plochy oreotundrálu na severe kontinentu (Kanada) a vo vysokých horách. Fauna je bohatá a v mnohých rysoch pripomína palearktickú oblasť. Charakteristické taxóny: bahniakovec obyčajný (*Amia calva*), štukovec americký (*Lepidosteus osseus*), kôrnatec gila (*Heloderma suspectum*), štrkáč pásavý (*Crotalus horridus*), štrkáč zelený (*Crotalus viridis*) a niekoľko príbuzných druhov, skunk smradľavý (*Mephitis mephitis*) a asi 8 príbuzných druhov, kojot prérievový (*Canis latrans*), pekari pásavý (*Dicotyles tajacu*), vidloroh americký (*Antilocapra americana*), zajac menivý (*Lepus americanus*), zajac kalifornský (*Macrotolagus californicus*), vakomyši (Geomysidae) a i. Súčasťou nearktickej fauny sú aj dva archaické taxóny morského biocyklu: ostrochvost americký [*Limulus* (= *Xiphosura*) *polyphemus*] z litorálnej zóny a čiapočkovce (Monoplacophora) z abysálnych vôd. Ďalšie príklady severoamerickej fauny (v porovnaní s vikariantnými druhmi Eurázie) obsahuje tabuľka 4 na nasledujúcej strane.

Etiópska zoogeografická oblasť (Afrotropis) zahŕňa africký kontinent na juh od Sahary, južný cíp Arabského polostrova a Madagaskar. Rozprestiera sa na ploche asi 24 mil. km² (17,8 % súše). Oblasť je charakteristická prevahou tropických spoločenstiev eremiálu (púšte a polopúšte) a arboreálu (dažďové lesy), hraničným pásmom arboreálu a eremiálu sú savany, ktoré miestami udávajú ráz krajiny. V africkej zoogeografickej oblasti však nájdeme aj horské lesy. Typické bezlesé ekosystémy oreálu sú vyvinuté len na menších plochách v horách, presahujúcich 4 000 m n. m. Pestrosť prírodných podmienok a teplé podnebie sú predpokladom mimoriadnej faunistickej bohatosti tejto oblasti. Charakteristické taxóny: svižník obrovský (*Mantichora herculanea*) a viacero príbuzných druhov, veľké zlatoňovité chrobáky goliáše (*Goliathus* spp.), vidlochvost lastovičí [*Drurya* (= *Papilio*) *antimachus*], bahník africký (*Protopterus annectens*), vretenica syčavá (*Bitis arietans*), vretenica gabúnska (*Bitis gabonica*), mamba zelená (*Dendraspis viridis*), podstatná väčšina chameleónov (*Chamaeleo* spp.), obrúčkochvostovité jaštery (Zonuridae), pštros africký (*Struthio camelus*), ibis posvätný (*Threskiornis aethiopicus*), hrabáč takaru (*Orycteropus afer*), hyena škvrnitá (*Hyaena crocuta*), hroch oboživelný (*Hippopotamus amphibius*), slon africký (*Loxodonta africana*), sviňa bradavičnatá (*Phacrochoerus aethiopicus*), žirafa (*Giraffa camelopardalis*), okapia

Tab. 4. Príklady vikariantov z palearktckej a nearktckej fauny

	Faunistický prvok:			Faunistický prvok:	
	palearktcký	nearktcký		palearktcký	nearktcký
strehúň	<i>Lycosa singoriensis</i> *	<i>Lycosa carolinensis</i>	sýkorka	<i>Parus cristatus</i>	<i>Parus bicolor</i>
lišaj	<i>Smerinthus ocellatus</i>	<i>Smerinthus cerisyi</i>	kukučka	<i>Cuculus canorus</i>	<i>Coccyzus americanus</i>
osa	<i>Vespula germanica</i> *	<i>Vespula maculata</i>	vrana	<i>Corvus corone</i>	<i>C. brachyrrhynchos</i>
fuzáč	<i>Prionus coriarius</i>	<i>Prionus californicus</i>	brhlík	<i>Sitta europaea</i>	<i>Sitta carolinensis</i>
fuzáč	<i>Rosalia alpina</i>	<i>Rosalia funebris</i>	čajka	<i>Larus ridibundus</i>	<i>Larus californicus</i>
úhor	<i>Anguilla anguilla</i>	<i>Anguilla rostrata</i>	krt	<i>Talpa europaea</i> *	<i>Neurotrichus gibbsi</i>
ostriež	<i>Perca fluviatilis</i>	<i>Perca flavescens</i>	vydra	<i>Lutra lutra</i>	<i>Lutra canadensis</i>
mlok	<i>Triturus vulgaris</i>	<i>Triturus viridescens</i>	kuna	<i>Martes martes</i> *	<i>Martes americana</i>
hrabavka	<i>Pelobates fuscus</i>	<i>Scaphiopus holbrookii</i>	lasica	<i>Mustella nivalis</i> *	<i>Mustella rixosa</i>
labuť	<i>Cygnus olor</i>	<i>Cygnus buccinator</i>	jazvec	<i>Meles meles</i>	<i>Taxidea taxus</i>
kormorán	<i>Phalacrocorax carbo</i>	<i>Ph. auritus</i>	bobor	<i>Castor fiber</i>	<i>Castor canadensis</i>
bučiak	<i>Botaurus stellaris</i>	<i>B. lentiginosus</i>	veverka	<i>Sciurus vulgaris</i>	<i>Sciurus carolinensis</i>
sova	<i>Strix aluco</i>	<i>Strix varia</i>	rys	<i>Lynx lynx</i>	<i>Lynx rufa</i>
lelek	<i>Caprimulgus europaeus</i>	<i>Caprimulgus vociferus</i>	kamzik	<i>Rupicapra rupicapra</i> ▼	<i>Oreamnos americanus</i>

* areál týchto druhov je západopalearktcký ▼ tento druh má alpsko-karpatský areál

[Nearktcké druhy (♣) sú vyobrazené v knihe Svet živočíšnej ríše (Kolektív, 1978)]

pásavá (*Okapia johnstoni*), zebra Burchellova (*Equus burchelli*) a ďalšie 2 príbuzné druhy, šimpanz učennivý (*Pan troglodytes*), gorila (*Gorilla gorilla*), pavián plástikový (*Papio hamadryas*) a ďalšie 2 príbuzné druhy, mandril pestrotrváry (*Mandrillus sphinx*); a napokon lemury (Lemuridae), ktoré žijú iba na Madagaskare. Niektoré široko rozšírené taxóny, naopak, v etiópскеj zoogeografickej oblasti chýbajú – sú to napr. mloky (Caudata), medveďovité (Ursidae) a jeleňovité (Cervidae), ktoré tu ekologicky zastupujú antilopy.

Neotropická zoogeografická oblasť (Neotropis) zaberá územie Južnej a Strednej Ameriky (vrátane Veľkých a Malých Antíl) na ploche asi 21 mil. km² (15,5 % súše bez Antarktídy). Ide jednoznačne o najbohatšiu zoogeografickú oblasť z aspektu biodiverzity. Dôvodom je mimoriadna rozmanitosť prírodných podmienok – na tomto území nájdeme všetky klimatické pásma a všetky tri hlavné biochory súše v prekvapujúco širokej škále ekosystémov. Bohato je zastúpený arboreál (dažďové lesy, ale i lesy mierneho pásma a horské lesy), eremiál (polopúšte a stepi, nazývané pampy), i rozsiahle komplexy oreálnych ekosystémov – Andy na mnohých miestach presahujú 6 000 m n. m. Charakteristické taxóny: herkules antilský (*Dynastes hercules*), fuzáč obrovský (*Titanus giganteus*), motýle z čeľadi Morfidae, Brassolidae a Heliconiidae¹², mora obrovská (*Thysania agrippina*), pipa americká (*Pipa americana*), rohačka ozdobná (*Ceratophrys ornata*), jedovaté žaby stromárky (Dendrobatidae), dravé ryby pirane (*Rooseveltiella nattereri*), anakonda veľká (*Eunectes murinus*), nandu pampový (*Rhea americana*), tinamy (Tinamidae), veľká väčšina kolibríkov (Trochilidae), tukany (Rhamphastidae), papagaje z rodov ara (*Ara* spp.) a amazoňan (*Amazona* spp.), leňochy (Bradypodidae), vačice (Didelphidae)¹³, nutria (*Myocastor coypus*), kapybara (*Hydrochoerus capybara*), činčila (*Chinchilla laniger*), pásavce (Dasypodidae), vydrovec potkanovitý (*Chironectes minimus*), tapír hnedý (*Tapirus terrestris*), lama huanako (*Lama huanacus*), lama vikuňa (*Lama vicugna*) a širokonosé opice (Ceboidea), napr. malpy (*Cebus* spp.) a kosmáče (*Callithrix* spp.).

12 v moderných systémoch môžu byť spolu s čeľadou Satyridae zlučované do umelej „superčeľade“ Nymphalidae

13 len vačica opossum (*Didelphis virginiana*) preniká do južných oblastí USA

Indomalajská zoogeografická oblasť (Orientalis) zaberá asi 8 mil. km² (5,9 % súše) v tropickej juhovýchodnej Ázii. Severná hranica oblasti vedie južnými svahmi Pakistanskej vysočiny a Himalájskej sústavy, obchádza Modré tibetské hory a tu sa stáča mierne na sever, aby dosiahla Tichý oceán približne v oblasti Tchajwanu. Patrí k nej aj Malajské súostrovie a Filipíny; Malé Sundy a ostrov Sulawesi sa však už počítajú k austrálskej zoogeografickej oblasti. V indomalajskej oblasti dominuje arboreál, najmä dažďové lesy, ale vyskytujú sa aj horské lesy. Eremiál – pokiaľ neberieme do úvahy tzv. kultúrny step – je zastúpený na menších plochách, hlavne v západnej časti oblasti. Napriek relatívne malej ploche sa indomalajská oblasť vyznačuje veľmi bohatou faunou s ťažiskom biodiverzity v dažďových lesoch. Výhradne v tejto oblasti však žije pomerne málo druhov – príčinou je priamy kontakt s palearktickou oblasťou bez väčších bariér (more). Charakteristické taxóny: nápadne plochý bystruškovitý chrobák *Mormolyce phyllodes*, nosorožek *Chalcosoma atlas* a príbuzné druhy, okáň obrovský (*Attacus atlas*), kobra indická (*Naja naja*), gaviál indický (*Gavialis gangeticus*), letucha väčšia (*Cynocephalus variegatus*), slon indický (*Elephas maximus*), babirusa celebeská (*Babirussa babirussa*), tapír strakatý (*Tapirus indicus*), poloopice tany (Tupaidae), gibony (Hylobatidae), kahau nosatý (*Nasalis larvatus*), orangutan sundský (*Pongo pygmaeus*), vtáky z málo známej čeľade Irenidae, a pod. Takmer výhradne v tejto oblasti žijú aj archaické pavúky z podradu Liphistiomorpha (jeden druh zasahuje do južného Japonska). V indomalajskej zoogeografickej oblasti chýbajú mloky (Caudata) a jeleňovité prežúvavce (Cervidae), ktoré tu ekologicky zastupujú antilopy.

Austrálska zoogeografická oblasť (Australis) zaberá asi 9 mil. km², čo je 6,7 % povrchu súše okrem Antarktídy. Jadrom oblasti je austrálsky kontinent a Papua – Nová Guinea, ktoré sú oddelené plytkým šelfovým morom. Vzdialenejšou súčasťou oblasti je Nový Zéland, oddelený od Austrálie hlbokým oceánom, ktorý má postavenie samostatnej zoogeografickej podoblasti. Charakter bioty je rozmanitý: v oblasti dominuje eremiál (púšte a polopúšte), ale miestami i arboreál – v SV Austrálii a na Novej Guinei sú to dažďové lesy, v semiaridných častiach Austrálie sú suché eukalyptové lesy (ktoré do istej miery predstavujú analógiu mediteránnemu tvrdolistému lesu). Oreálne ekosystémy sú vyvinuté len lokálne na Novom Zélande a na Novej Guinei, kde pohoria mierne presahujú 5 000 m n. m. Austrálska zoogeografická oblasť sa vyznačuje vysokým endemizmom a prítomnosťou mnohých archaických taxónov. Hlavnou príčinou je dlhotrvajúca izolácia – austrálsky kontinent sa oddelil od prakontinentu Gondwany ako prvý. Charakteristické taxóny: bahník austrálsky (*Neoceratodus forsteri*), žijúca fosília hatéria bodkovaná (*Sphenodon punctatus*) z Nového Zélandu, kazuáre (Casuariidae), emu austrálsky (*Dromaeus novae-hollandiae*), kivi (Apterygidae), rajky (Paradiseidae), pestré stredne veľké vtáky z čeľade šiatorníkov (Ptilonorhynchidae), holub ozdobný (*Megaloprepia magnifica*), papagáje z podčeľadi Loriinae a Cacatuinae, nelietavý novozélandský papagáj kakapo sovovitý (*Strigops habroptilus*), papagáj nestor kea (*Nestor notabilis*) tiež z Nového Zélandu, vtákopysk podivný (*Ornithorhynchus anatinus*), ježury (Echidnidae) a najmä vačkovce (Marsupialia). Azda najtypickejšou črtou austrálskej fauny je primárny deficit placentálnych cicavcov. Ich niky nahradili práve vačkovce, ktorých mohutná adaptívna radiácia sa tu odohrala v starších treťohorách, resp. už koncom kriedy. Výsledkom tohto vývoja je široká škála foriem, ktoré v mnohých prípadoch nápadne konvergujú k placentálnym cicavcom s podobným spôsobom života. K typickým vačkovcom tejto oblasti patrí koala medvedíkovitá (*Phascolarctos cinereus*), bandikut králikovitý (*Macrotis lagotis*), pravdepodobne už vyhubený vlkovec tasmánsky (*Thylacinus cynocephalus*), kengury (Macropodidae), kuskusy (Phalangeridae), krtovec pieskový (*Notoryctes typhlops*) a i.

I. 5. 3 Charakteristika geobiómov Zeme

Cirkulácia ovzdušia na Zemi vymedzuje základné klimatické pásma, ktoré sú charakterizované priemernou ročnou teplotou a priemerným ročným množstvom zrážok. Klíma je však okrem radiačnej bilancie ovplyvnená aj rozložením morí a pevniny a vertikálnou členitosťou zemského povrchu. V súlade s klimatickými pásmami sa vytvárajú pásma rastlínstva a živočíšstva, ktoré označujeme ako bioklimatické pásma Zeme: tropické, subtropické, mierne, subarktické a arktické. V nich rozlišujeme jednotlivé geobiómy. Vo viacerých literatúrach môžeme nájsť rozličné členenia alebo pomenovania jednotlivých pásiem a geobiómov. Charakteristiky jednotlivých biómov sú spracované na základe viacerých zdrojov (Mabberley, 1992; Plesník & Zatkálík, 1996; Háberová, 1998; Brown & Lomolimo, 2005; Prach et al., 2009; Barabas & Labunová, 2009).

Geobióm (Horník, 1986) resp. **bióm** (Odum, 1977) či zónobióm (Plesník & Zatkalík, 1996) predstavuje dielciu oblasť biosféry charakterizovanú určitým typom biotických a abiotických podmienok (klimatických, hydrologických, pôdných a geologických), ktoré dávajú vznik určitým charakteristickým typom rastlinných a živočíšnych spoločenstiev. Určujú charakter krajiny určitého väčšieho regiónu súše. Vzťahy medzi biómami a troma hlavnými biochormi súše znázorňuje tabuľka 5 na nasledujúcej strane; ekotonová zóna dvoch biómov je uvedená v zátvorke. Rozmiestnenie biómov vo veľkej miere závisí od geografickej šírky, mohli by sme teda hovoriť o geografickej zonalite vegetačných pásiem. Rozšírenie jednotlivých biómov súše na Zemi znázorňuje obr. 35 na strane 54.

Tab. 5. Porovnanie priemernej ročnej teploty a priemerných ročných úhrnov zrážok jednotlivých geobiómov v zmysle Plesníka a Zatkalíka (1996) v rámci bioklimatických pásiem.

Geobióm	Geografická šírka	Δ ročná teplota	Δ ročné zrážky
Geobióm tropických dažďových lesov a mangrovových porastov	0° – 10° S a J	27 °C	2 000 – 3 000 mm
Geobióm čiastočne opadavých lesov tropického pásma	10° – 20° S a J	20 – 25 °C	700 – 2 000 mm
Geobióm saván tropického pásma	10° – 20° S a J	25 – 27 °C	500 – 2 000 mm
Geobióm púští a polopúští subtropického pásma	20° – 30° S a J	20 – 25 °C	250 mm
Geobióm tvrdolistých lesov subtropického pásma	30° – 40° S a J	15 °C	500 – 600 mm
Geobióm vlhkých lesov subtropického pásma	30° – 40° S a J	15 °C	leto 1 200 – 4 500
Geobióm stepí mierne teplého pásma	30° – 55° S a J	5 – 10 °C	< 300 mm
Geobióm púští a polopúští mierne teplého pásma	40° – 50° S a J	5 – 10 °C	25 – 100 mm
Geobióm listnatých lesov mierne teplého pásma	40° – 60° S a J	10 °C	500 – 1 500 mm
Geobióm ihličnatých lesov mierne chladného pásma (tajga)	60° – 70° S	0 °C	250 – 750 mm
Geobióm tundry subarktického pásma	70° – 80° S a J	<0 °C	200 – 300 mm
Geobióm polárnych oblastí subarktického pásma	80° – 90° S a J	<0 °C	100 – 200 mm

Poznámka: Hodnoty uvedené v jednotlivých stĺpcoch tabuľky (geografická šírka, priemerná ročná teplota, ročné zrážky) sú len orientačné a spriemerované pre celé územie geobiómu, ktoré môže byť svojim charakterom aj značne heterogénne. V stĺpci „Geografická šírka“ S značí severnú a J južnú geografickú šírku.

Tab. 6. Vzťahy medzi geobiómami a troma hlavnými biochormi súše

oreotundrál	niválna zóna (subniválna zóna) tundra (lesotundra) -----
arboreál	tajga (stredoeurópsky zmiešaný les) opadavý listnatý les vždyzelený mediteránny (tvrdolistý) les tropický dažďový les (savana a lesostep) -----
eremiál	step polopúšť a púšť

I. 5. 3. 1 Geobióm tropických dažďových lesov

Tento gebióm je rozšírený v oblasti rovníka (miestami vybieha extrazonálne k obratníkom) s daždivou tropickou klímou charakteristickou nízkou sezonalitou v distribúcii zrážok. Ročný úhrn zrážok rozložených viac-menej rovnomerne počas celého roka presahuje v týchto oblastiach 2 000 alebo 4 000 mm (v extrémnych prípadoch 12 000 – 14 000 mm za rok). Vzdušná vlhkosť je vyššia ako 90 %.

Priemerná ročná teplota je zvyčajne okolo 27 °C. Maximálne teploty zriedka presahujú 38 °C. Výraznejšie sú teplotné rozdiely medzi dňom a nocou, ako sezónne teplotné rozdiely. Dlhodobý nerušený vývoj organizmov a mimoriadne priaznivé klimatické činitele spôsobili, že tento geobióm sa vyznačuje neobyčajne vysokou biodiverzitou, najzložitejšou vertikálnou štruktúrou a najvyššou produkciou fyto-masy. Žije v ňom viac ako 1,5 mil. rastlinných a živočíšnych druhov. Tropické dažďové lesy sa vyznačujú viacetážovosťou (3 – 4 stromové etáže), čo súvisí najmä s distribúciou svetla (emergenty, hlavný zápoj, podzápoj). Typickými drevinami sú pabuk (*Nothofagus*), araukária (*Araucaria*), druhy z čeľade bôbovítých (Fabaceae), morušovitých (Moraceae), myrtovitých (Myrtaceae), mliečnikovitých (Euphorbiaceae) a vavrínovitých (Lauraceae). Typické sú liany, epifyty (bromélie – *Bromelia*, orchideje – *Cattleya*) a paprade. Prízemná etáž bylín pre nedostatok svetla takmer chýba a dominujú jej sciofilné (tieňomilné) druhy. Ekologické činitele výrazne diferencujú aj priestorové rozmiestnenie jednotlivých živočíšnych skupín. Najviac druhov stavovcov žije v korunách stromov: opice malpy (Južná Amerika), lemury (Madagaskar), vačice (Austrália), chameleóny, leguány, gekony, stromové hady, žaby a vtáky. Obrovským množstvom druhov je zastúpený hmyz (mravce, motýle a i.) (Barabas & Labunová, 2009). Geobióm tropických dažďových lesov má mnoho podôb. Rozlišujeme:

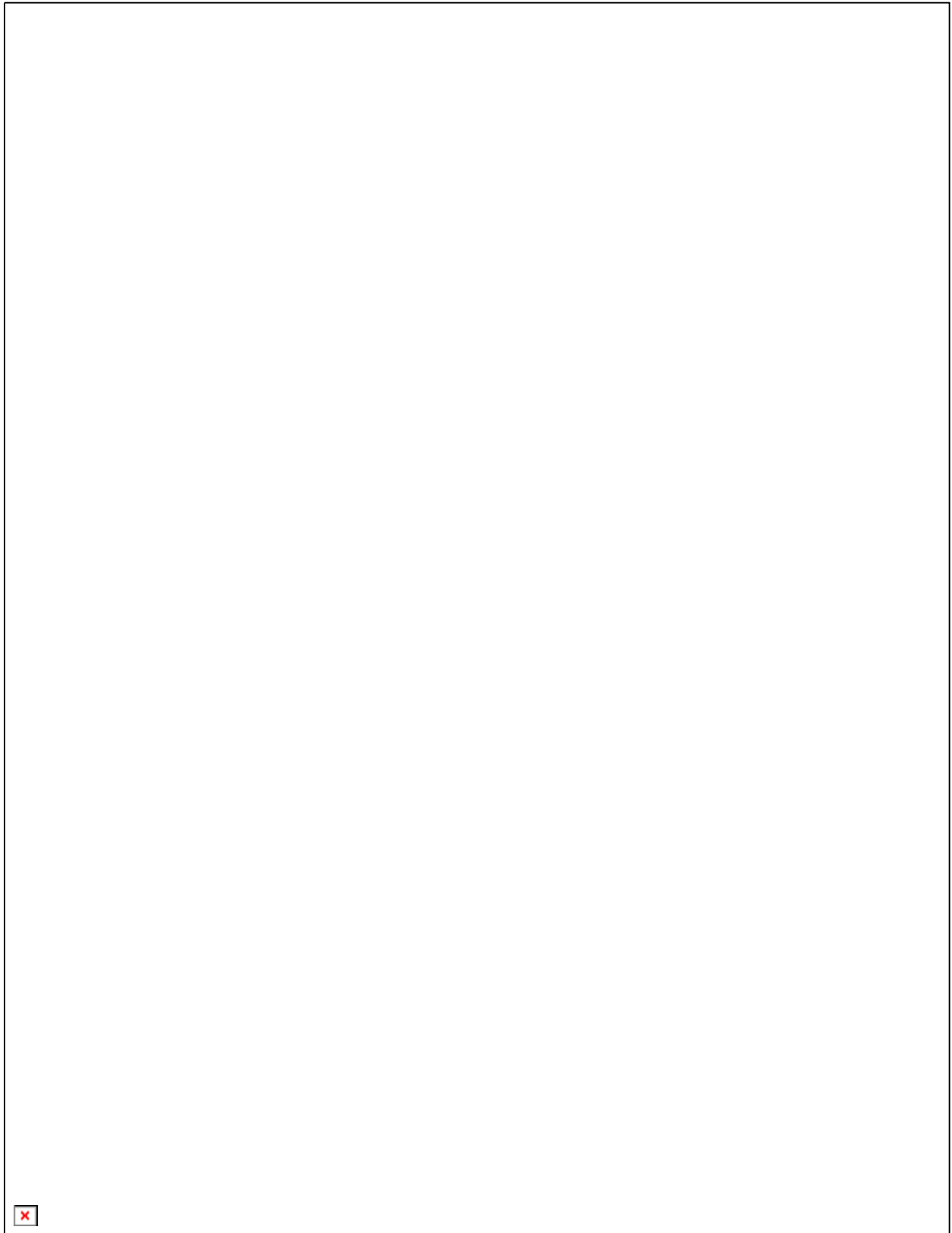
- **tropický dažďový les** – typický geobióm, mnohoetážová štruktúra, je zložený z viacerých stromových etáží a diskontinuálneho bylinného podrastu;
- **horský tropický dažďový les** – vyskytuje sa vo vyšších nadmorských výškach;
- **hmlový tropický dažďový les** – viaže sa na stupne pravidelného výskytu hmľ, často tvorí hornú hranicu lesa;
- **aluviálny tropický dažďový les** – azonálne lesy v nivách veľkých riek;
- **tropický močiarny les** – v terénnych depresiách a dnách údolí s nadbytkom pôdnej vlhkosti a slabým prevzdušnením pôdy, dreviny so špecializovanými dýchacími koreňmi;
- **tropický rašelinový les** – lesy na chudobných pôdach s hromadiacou sa rašelinou;
- **mangrovová vegetácia** – azonálne obojživelné lesy v tropickej a subtropickej oblasti v prílivovej pobrežnej zóne a v ústiach riek. Rastlinné druhy sa vyznačujú toleranciou k slanej, brakickej i sladkej vode. V oblastiach so slanou a brakickou vodou nemajú konkurentov, a preto vytvárajú pomerne chudobné spoločenstvá, pozostávajúce v indo-pacifickej oblasti z asi 30 druhov (iné zdroje hovoria o 20) a v atlantickej oblasti len z 10 (5) druhov drevín. Dominantnými rodmi sú koreňovník (*Rhizophora*), ktorého príslušníci tvoria tzv. červené mangrovy a rody kolíkovník (*Avicennia*) a kolenovník (*Bruguiera*), tvoriace tzv. čierne mangrovy. Nachádzame tu tiež množstvo živočíchov (uštrice, kraby, ryby, žaby, krokodíly, hady, bohaté sú spoločenstvá vtákov, vydry, lamantíny, primáty).

Dynamika ekosystému: Tropický dažďový les je mimoriadne krehký ekosystém. Teplé vlhké podmienky podporujú vysokú intenzitu rozkladných procesov organickej hmoty, čo má za následok veľmi pomalé vytváranie humusového horizontu pôd (pôdy patria medzi minerálne chudobné). Aby nedochádzalo k odnosu minerálnych látok, vytvárajú sa medzi cievnatými rastlinami a hubami symbiotické – mykorizné vzťahy. Pri deštrukcii vegetačného krytu (výrub, požiare) stráca pôda veľmi rýchlo svoju úrodnosť a výrazne sa naruší ekologická stabilita tohto geobiómu. Jeho regenerácia môže trvať až 700 rokov.

I. 5. 3. 2 Geobióm čiastočne opadavých lesov tropického pásma

Tropické dažďové lesy sú lemované čiastočne opadavými lesmi. Tento geobióm má základ rozšírenia v oblasti medzi 10 – 18 ° s. g. š. a j. g. š.¹⁴, v špecifických podmienkach môže zasahovať i do vyšších geografických širok (južná a juhovýchodná Ázia). Vyznačuje sa teplotou v chladnejšom období v rozsahu 15 – 20 °C, v teplom období 25 – 30 °C, s ročným úhrnom zrážok od 700 – 2 000 mm. Vysoké teploty, a s tým súvisiaci vysoký výpar, limitujú rozšírenie geobiómu hlavne cez dĺžku obdobia bez zrážok (4 – 6 mesiacov, je viazané na z vnútrozemia vanúce pasáty alebo zimné monzúny). Pôdy nie sú tak výrazne postihnuté procesom feralitizácie ako v predchádzajúcom geobióme. Sezónne lesné porasty nadväzujú na tropické dažďové lesy, vyznačujú sa ale nižšou druhovou diverzitou, nižším zastúpením epifytov a endemitov. Vegetácia sa chráni pred nadmernou transpiráciou opadom lístia v období sucha, prípadne menšími

14 s. g. š. = severná geografická (v starších publikáciách zemepisná) šírka



Obr. 35. Rozšírenie základných geobiómov súše Zeme (ex I. Háberová, 1998)

kožovitými listami. Pri asi 400 mm zrážok ročne sa lesy rozpadajú do tzv. stromovej savany, na ktorú tento geobióm nadväzuje. Živočíšstvo sa tu vyznačuje vyššou druhovou diverzitou a abundanciou druhov viazaných na povrch zeme. Voľnejší priestor a ako aj sezónne vysoká primárna produkcia biomasy vytvárajú vhodné podmienky okrem druhov tropických dažďových lesov aj pre veľké bylinožravce a na

ne viazané šelmy. Z ďalších druhov tu žijú sambar indický (*Rusa unicolor*), medveď pyskatý (*Melursus ursinus*) a panda veľká (*Ailuropoda melanoleuca*). Rozsiahle porasty čiastočne opadavých lesov tropického pásma sa nachádzajú v južnej časti strednej Afriky (*miombo woodland*). V Austrálii sem môžeme sem zaradiť blahovičnikové lesy (rod *Eucalyptus*), v severovýchodnej Brazílii lesy s tŕnistými stromami (*caatinga*), ale aj monzúnové lesy južnej a juhovýchodnej Ázie (India, Indonézia a i.).

Dynamika ekosystému: Tento subtyp tropického geobiómu je postihnutý v značnej miere človekom, ktorý využíval tieto oblasti pre zakladanie plantáží (tropické ovocie, cukrová trstina, kaučukovník, čajovník, teka obrovská – teak a i.). V monzúnových oblastiach sú časté povodne počas letných monzúnov. V mimomonzúnových oblastiach sú opustené plochy veľmi často priestorom rozšírenia sekundárnych savanových porastov, ktoré bránia rozširovaniu lesa ako klimaxového spoločenstva. Tieto oblasti trpia aj častými neúmyselnými požiarimi.

I. 5. 3. 3 Geobióm saván tropického pásma

Geobióm saván je veľmi zložito diferencovanou krajinou, v ktorej sa striedajú formácie suchých lesov a suchých krovín s rozľahlými trávnatými a leso-trávnatými formáciami. Savany sa nachádzajú v tropických šírkach s vyhranenou dobou sucha a dažďov. V chladnom období sa teploty pohybujú priemerne okolo 15 – 20 °C, v teplom období okolo 25 – 30 °C. Obdobie zrážok trvá len 2 až 4 mesiace, zvyšok roka je obdobím sucha. Úhrn zrážok môže dosahovať i menej ako 300 mm. Vtedy savany predstavujú čisto trávnaté formácie. Ak presahujú 600 mm, rozvíjajú sa viac dreviny (baobaby – *Adansonia digitata*, akácie – *Acacia senegal*, mimózy – *Mimosa*, blahovičniky – *Eucalyptus*) a trávy ustupujú. Oblasť saván sú rozšírené v Austrálii (buš, scrub), na východných pobrežiach a juhu Afriky (sahel), na severe Južnej Ameriky (llanos) v Brazílii (campos – lesnatejšie porasty, cerrados – trávinatejšie porasty), v Argentíne a Pakistane. Pozdĺž riek sú vyvinuté pásy vždy zelených galériových lesov.

Savana je jedným z najproduktívnejších ekosystémov, preto dokáže užiť množstvo hmyzu, vtákov a cicavcov. Počet druhov nie je veľký, no abundancia druhov je obrovská. Veľké stáda bylinožravých kopytníkov (slony – *Loxodonta africana* a v Indii *Elephas maximus*, žirafy – *Giraffa camelopardalis*, pakone – *Connochaetes*, antilopy – *Taurotragus*, byvoly – *Bubalus*, zebry – *Equus* a i.) pravidelne migrujú za zdrojom vody a potravou. Na ne sú viazaní ich predátori (levy a leopardy – *Panthera*, gepardy – *Acinonyx*, psy hyenovité – *Lycaon pictus* a zo saprofágov supy – *Aegyptiinae* a i.). Dekompozitorov predstavujú termity (Isoptera). Geobióm saván má na južnej pologuli svoje špecifiká, jeho živočíšstvo má charakter staršej izolovanejšej fauny, predovšetkým na Madagaskare a v Austrálii. Treťohorná fauna neprenikla až sem a preto tu chýbajú ľudoopy, kopytníky. Sú tu rozšírené druhy ako lemurovité (Lemuridae), chameleóny (*Chamaeleo*), v Austrálii izolovanosť spôsobila vývoj druhov vačkovcov (kengury – Diprotodontia) a vajcorodých cicavcov (vtákokopysk – *Ornithorhynchus anatinus*, ježura – *Tachyglossus aculeatus*). Absentuje tu druhová bohatosť vtákov, na druhej strane je tu bohaté zastúpenie plazov. Južná Amerika nemá zastúpenie kopytníkov, ale vyskytujú sa tu vačkovce (vačice – Didelphimorphia). Kopytníky sú zastúpené v Andách lamou (*Lama guanicoe*).

Dynamika ekosystému: Vysoko produktívna a krehká rovnováha ekosystému sa udržiava nielen vplyvom podnebia, ale aj účinkom spásania a vypaľovania. Požiare sú v savane častým javom, bez nich by savana rýchlo zarastala drevinami. Hranica medzi tropickými lesmi a savanou je „evolučnou liahňou“. Mnohé lesné druhy sa museli prispôbiť životu v bezlesí. V takýchto podmienkach vznikajú nové druhy a mnohí antropológovia sa domnievali, že ranné štádiá vývoja človeka prebehli v africkom Údolí veľkého zlomu, kde sa našli kostrové zvyšky hominidov staré 5,7 milióna rokov (iné zdroje uvádzajú 3,6 až 2,9 milióna rokov). Nález 6,8 až 7,2 milióna rokov starej lebky pravdepodobne Toumaiho v západnej, pravdepodobne v minulosti zalesnenej časti Afriky, však priniesla do tejto teórie obrat (Hulínek, 2007).

I. 5. 3. 4 Geobióm púští a polopúští subtropického pásma

Geobióm púští a polopúští zaberá aridne oblasti subtropického pásma. Predstavujú ho púšte Sahara, Namib a Kalahari v Afrike, Arabská púšť, Veľká Viktóriina púšť v Austrálii a západné príbrežné púšte v Amerike ako napr. Atacama. Tento geobióm je ovplyvnený vysokým tlakom vzduchu a extrémnou teplotou, pričom sa viac vody odparí ako spadne v podobe zrážok. Priemerný ročný úhrn zrážok sa pohybuje od niekoľkých mm do 400 mm, denná amplitúda dosahuje až 50 °C. Vo významnej miere sa tu

prejavuje vplyv kontinentality a oceánu. Množstvo biomasy je zanedbateľné a extrémne suché oblasti sú bez vegetácie, alebo sú porastené len veľmi riedkymi, nezapojenými porastmi tráv. Typické sú xerofytne, sukulentné a efemérne formy rastlinných druhov, ktorých životný cyklus je skoncentrovaný do krátkého časového úseku po dažďoch. Na miestach, kde je hladina podzemných vôd hlboko, tvoria rastliny mohutný koreňový systém. Pomer fytohmoty nadzemných orgánov ku koreňovej sústave môže byť až 1 : 90. Druhovú diverzitu je malá s relatívne vysokým zastúpením endemitov. Rastú tu napr. saxaul púšťový (*Halimodendron halodendron*), tamariška (*Tamarix*) a rôzne druhy rodu prýštec (*Euphorbia*), kameňovec (*Lithops*), aloe (*Aloe*), kotyledon (*Cotyledon*) v Afrike, kaktusovec obrovský – saguaro (*Carnegiea gigantea*), agáva (*Agave*), juka (*Yucca*) v Amerike a i. Výskyt stromovej zelene je viazaný na oázy (palma datľová – *Phoenix anariensis*). Živočíšstvo je viazané na rozšírenie rastlinných spoločenstiev, má nízku abundanciu. Zastúpené sú tu predovšetkým bezstavovce, plazy, vtáky. Zastúpenie cicavcov je obmedzené na niekoľko druhov, ktoré sú prispôbené extrémnym podmienkam (hmyz, škorpióny, pavúky, hady, jašterice, najmä gekony a scinky, antilopy). Pre púšte a polopúšte je typické zastúpenie väčšieho množstva poterníkov (chrobáky z čeľade Tenebrionidae).

Dynamika ekosystému: Existujú dôkazy, že väčšinu najdôležitejších púští sveta kedysi zavlažovala voda. Výrazne sa podieľala na tvarovaní hrebeňov a roklín, ktoré sú príznačné pre mnohé púštne krajiny. Púšte prekonal však aj obdobia, keď boli suchšie ako sú dnes. Okraje púští sa ustavične presúvajú prirodzene, ale aj vplyvom človeka. Tento proces sa označuje ako **dezertifikácia**. Príčinami dezertifikácie sú predovšetkým ľudská činnosť a klimatické zmeny. Dezertifikácia nastáva, keď suché ekosystémy, mimoriadne citlivé na nadmerné a nevhodné využívanie pôdy, ohrozuje odlesňovanie, nesprávne zavlažovanie, nadmerné spásanie, chudoba a politická nestabilita (medzi rokmi 1980 a 1990 sa Sahara zväčšila o 7 %, čo malo drastický dopad na miestne obyvateľstvo). Na ekosystém púští má nepriaznivý vplyv aj znečistenie vplyvom ťažby ropy (počas vojny v Perzskom zálive iracké vojsko zapálilo asi 700 ropných vrtov a studní, pri čom zhoreli milióny ton ropy a zemného plynu. Ďalšie milióny ton ropy unikli do púšte a do Perzského zálivu. Pri sanáciách pomohol človek aj príroda no mnohé následky sú badateľné do dnes. V púšti sa vytvorilo 249 ropných jazier o celkovej ploche 300 km². Pre životné prostredie púšte to má katastrofálne následky) (Kučera, 2012; Teplanský, 2010).

I. 5. 3. 5 Geobióm tvrdolistých lesov subtropického pásma

V oblasti Stredozemného mora udávajú miestami ráz krajiny špecifické xerothermné ekosystémy lesného typu. Vďaka teplému podnebiu a miernym zimám prímorského regiónu zostávajú aj niektoré listnaté dreviny olistené počas celého roka. Takéto spoločenstvá sú súčasťou geobiómu, ktorý nazývame stredozemný tvrdolistý (alebo vždýzelený) les. Jeho rozšírenie je na oboch pologuliach medzi 30° – 40° g. š. (Stredomorie, Kalifornia, Chile, najjužnejší výbežok Afriky, juhozápadné pobrežie Austrálie). Na rôznych miestach majú tieto lesy rozličné názvy – chaparral v Kalifornii, matorral v Chile, mallee v Austrálii a fynbos v Južnej Afrike. Stredozemná klíma so suchým letom má podobné vlastnosti vo všetkých oblastiach rozšírenia tvrdolistých lesov. Priemerné ročné úhrny zrážok sa pohybujú v rozsahu 500 – 600 mm (v niektorých oblastiach 800 – 900 mm), pričom najmenej 5 mesiacov je vlhké obdobie. Výdatné zimné dažde stačia pôdu dostatočne zásobiť vlhkosťou. Priemerné ročné teploty dosahujú 15 °C, v zime sa udržiavajú okolo 10 °C, v lete sú mesačné priemery medzi 18 – 20 °C. Len výnimočne klesajú nočné teploty v zime pod nulu a len vzácné sa vyskytuje sneh. Výkyvy teplôt zmierňuje blízkosť morí, s ktorými oblasti tieto lesy susedia. Stredozemné tvrdolisté lesy sú charakteristické hustým a zväčša trnitým krovinným podrastom (preto je miestami ťažko priechodný), na druhej strane sú v ňom časté úseky xerothermných voľnejších plôch lesostepného charakteru. Stredozemný tvrdolistý les je faunisticky (i floristicky) veľmi bohatý. Dominujú rôzne duby, napr. dub cezminový (*Quercus ilex*), dub korkový (*Q. suber*), oliva (*Olea oleaster*), jaseň mannový (*Fraxinus ornus*), akácie (*Acacia* spp.); v prímеси sa vyskytujú aj teplomilné ihličiny – cyprus vždýzelený (*Cupressus sempervirens*) a niektoré borovice, napr. borovica halepská (*Pinus halepensis*) a borovica prímorská (*P. pinaster*). Zo známejších druhov živočíchov stredomoria spomenieme druhy ako daniel škvrnitý (*Dama dama*), muflón obyčajný (*Ovis musimon*), kozorožec pyrenejský (*Capra pyrenaica*), koza bezoárová (*Capra aegagrus*), králik divý (*Oryctolagus cuniculus*), plameniák ružový (*Phoenicopiterus ruber*), dikobraz (*Hystrix cristata*), veľa druhov plazov ako scink trojprstý (*Chalcides chalcides*), gekon juhoeurópsky (*Hemidactylus turcicus*), zemné korytnačky *Testudo graeca* a *T. hermani*, užovka leopardia (*Elaphe situla*) a štíhle, veľmi pohyblivé užovky (*Coluber najadum* a *C. jugularis*). Z hmyzu možno vidieť škvrnitého, až 10 cm veľkého mravcoleva vážkovitého (*Palpares*

libelluloides), nápadný sieťokrídly hmyz *Nemoptera bipennis* (a asi 2 príbuzné druhy) so stužkovitými zadnými krídlami, pakobylku štíhlu (*Bacillus rossii*), veľkého zavalitého krasoňa *Julodis onopordi* a veľkú babôčku *Charaxes jassius*.

Dynamika ekosystému: Pôvodné tvrdolisté lesy boli počas niekoľkých tisícročí neustáleho využívania zdevastované a premenené na olivové háje, vinice, citrusové plantáže, pasienky, prípadne zarástli hustým krovinatým podrastom – **macchiou**. Na extrémne erodovaných miestach bez vegetačného krytu vzniká mediteránna pustatina. Pre dynamiku tohto geobiómu je veľmi dôležitým faktorom oheň. Rastlinné druhy majú veľkú schopnosť regenerácie po požiaroch. Spálená macchia sa regeneruje približne po 20 rokoch.

I. 5. 3. 6 Geobióm vlhkých lesov subtropického pásma

V podobných geografických šírkach, ako sa vyskytujú tvrdolisté lesy, ale kde sa natoľko neprejavuje letné sucho, nájdeme zonálne vřdz zelené lesy. Rozšírenie tohto geobiómu je determinované vlhkejšími monzúnovými podmienkami (výrazná fluktuácia zrážok) vo východných pobrežných častiach kontinentov. Ťažiskom výskytu je juhovýchodná Ázia (juhovýchodná Čína, južné Japonsko), juhovýchod Južnej Ameriky a na juhovýchode Austrálie. Azonálne sa tento typ geobiómu vyskytuje aj v hyperhumídnych oceánických oblastiach s miernou zimou a maloplošne pri vhodných klimatických podmienkach aj inde (Chile, Florida, Nový Zéland a i.). Vlhká teplá klíma sa vyznačuje úhrnom zrážok 1 200 – 4 500 mm a teplotou v najteplejšom mesiaci 22 °C. V geobióme sa uplatňujú ako druhy tropické, tak i druhy subtropických opadavých lesov, ale tiež i lesov mierneho pásma. Rôznorodosť podmienok v geobióme a jeho postavenie na rozhraní tropického a subtropického pásma, navyše v rôznych nadmorských výškach, vytvára predpoklad pre formovanie sa rôznych modifikácií spoločenstiev s relatívne vysokou diverzitou druhov. Dreviny, ktoré sú vo všeobecnosti nižšie ako v tropických vlhkých lesoch, sú bohaté na drevinné liany a bylinné epifyty, ale chudobné na drevinné epifyty. Dominujú čeľade ako morušovité (Moraceae), cykasovité (Cycadaeae), arekovité (Arecaceae), vavrinovité (Lauraceae), duby (*Quercus*), magnólie (*Magnolia*), bambus (rody *Sasa* a *Sasamorpha*), kamélia (*Cammelia*), na južnej pologuli sa uplatňujú araukárie (*Araucaria*), pabuk (*Nothofagus*), blahovičníky (*Eucalyptus*), araukárie (*Araucaria*) a ďalšie ihličnany. Viaceré druhy listnatých drevín v suchej zime opadávajú. Zároveň diverzita taxónov vegetácie sa stáva základom i pre diverzitu živočíšnych taxónov. V južnej Číne žije panda veľká (*Ailuropoda melanoleuca*), opice, šupinavce (*Pholidota*), mundžaky (*Muntiacus*), obojživelné cibetky z rodu *Cynogale*, veľmloky (*Andrias* spp.), ktoré predstavujú najväčšie žijúce obojživelníky (dĺžka cca 1,5 m). V Južnej Amerike sa vyskytuje napríklad pekari bielo hlavý (*Tayassu pecari*), vačice (Didelphimorphia), mnoho druhov opíc a vtáctva. V Austrálii žijú koaly (*Phascolarctos cinereus*), vtákopysk podivný (*Ornithorhynchus anatinus*), vombat medveďovitý (*Vombatus ursinus*), bandikuty (Peramele-morphia) a iné endemity.

Dynamika ekosystému: Veľké plochy vlhkých lesov subtropického pásma sú premenené na terasovité ryžové polia či plantáže čajovníka, tabaku a tropického ovocia.

I. 5. 3. 7 Geobióm stepí mierne teplého pásma

Vegetácia stepí je charakteristická hustým porastom bylín s veľkým bohatstvom druhov, z drevín sa vyskytujú len roztrúsené krovinaté formy. Eurázijské stepi sa tiahnu od 45° do 55° s. g. š. približne od maďarskej puszty až po Mongolsko a severovýchodnú Čínu. Severoamerické prérie sa rozkladajú na východ od Skalitých hôr približne medzi 30° až 55° s. g. š. Juhoamerické pampy sa rozprestierajú medzi 30° až 40° j. g. š., t. j. v Argentíne, Uruguaji a v najjužnejšej Brazílii. Na západe ich ohraničuje hradba Ánd. Malá oblasť stepí sa nachádza na južnom ostrove Nového Zélandu v dažďovom tieni novozélandských Álp. Pre stepi je typické suché podnebie s veľmi studenou zimou. Priemerná ročná teplota je 5 – 10 °C, v lete okolo 20 °C (denné maximum do 30 °C), v zime sú teploty hlboko pod bodom mrazu. Významným rysom stepí je celoročne nízky úhrn zrážok zväčša pod 300 mm. Stepné spoločenstvá sú typické trávnatým pokryvom. Na piesčitých pôdach sa vyskytujú aj krovinaté tvrdé dreviny. Na Slovensku nie je step v typickej forme vyvinutá. Druhotné, antropogénne spoločenstvá tzv. kultúrnej stepi, samozrejme, nemôžeme počítať k prírodným ekosystémom. Na druhej strane, xerotermné stráne, ktoré vznikli v dôsledku extenzívneho pasenia, môžu byť významným obohatením fauny (ale i flóry) stredo-

európskej krajiny. Množstvo typicky stepných živočíchov v strednej Európe navyše preniklo do ekotonomnej zóny lesostepí. K typicky stepným živočíchom patrí napr. strehúň *Lycosa vultuosa*, sága stepná (*Saga pedo*), koník stepný (*Acrida hungarica*), krasoň *Sphaenoptera antiqua*, viničiar čierny (*Lethrus apterus*), májka dúhová (*Meloe variegatus*) a niektoré príbuzné druhy, zemné fuzáče z rodu *Dorcadion*, kriticky ohrozený drop veľký (*Otis tarda*), tchor stepný (*Putorius evermanni*) a syseľ pasienkový [*Spermophilus* (= *Citellus*) *citellus*]. Stojí za zmienku, že všetky uvedené druhy (s výnimkou rodu *Dorcadion*) sú prísne chránené! Do tzv. **kultúrnej stepi** prenikli a dobre sa tu adaptovali jarabica poľná (*Perdix perdix*), prepelica poľná (*Coturnix coturnix*), chrapkáč poľný (*Crex crex*) a škovránok poľný (*Alauda arvensis*). Typické sú hlodavce. Okrem toho do stepí preniká aj celý rad druhov prechodnej zóny lesostepí.

Dynamika ekosystému: Stepné pôdy – černozy – sú hlboké a humózne úrodné pôdy, preto boli premenené na svetové obilnice. Intenzívne využívanie prerií v Severnej a Strednej Amerike sa negatívne prejavuje asi na 35,4 mil. ha zeme, kde prerie trpia nadmerným spásaním a jeho sprievodnými problémami, ako sú erózia pôdy, strata podzemnej vody a pokles rastlinnej diverzity. Stáda domestikovaných zvierat nahradili pôvodne hojne rozšírené veľké kopytníky (bizón americký – *Bison bison*, vidloroh americký – *Antilocapra americana*, sajga stepná – *Saiga tatarica*, kôň Przewalského – *Equus przewalskii*). Rozsiahle zavlažovanie spôsobilo zníženie hladiny podzemnej Ogallalskej vododržnej vrstvy v USA (jeden z najväčších svetových rezervoárov podzemnej vody s rozlohou cca 450 000 km²) a výrazné zasolovanie vrchných pôdných horizontov.

I. 5. 3. 8 Geobióm púští a polopúští mierne teplého pásma

Púšte a polopúšte v mierne teplom klimatickom pásme vznikajú v podmienkach vysokej kontinentality (veľké sezónne teplotné rozdiely) s nízkym úhrnom zrážok (cca 25 – 100 mm) v centrálnych oblastiach Euroázijského kontinentu (od Zakaspijska cez Mongolsko až Čínu), v Severnej Amerike medzi Skalnatými vrchmi a pohorím Sierra Nevada a v Južnej Amerike v západnej časti Argentíny. Teplotná amplitúda je enormná, na kontinentálnych a vyššie položených púšťach klesajú v zime teploty až pod –35 °C, kým v lete aj na + 50 °C (púšť Gobi). Krátke obdobie zrážok na jar vyvoláva v tomto geobióme rýchly rozvoj rastlinných taxónov, ktoré majú charakter xerofytov a efemérov, väčšinou však chýbajú sukulentu, u ktorých by pri nízkych teplotách dochádzalo k poškodeniu vnútornej štruktúry. Pôdy majú nedostatok organickej hmoty a sú často zasolené. Vegetácia má typické zloženie z taxónov ako saxaul (*Haloxydon ammodendron*), palina (*Artemisia*), tamariška (*Tamarix*), z tráv lipnicovité (Poaceae). Živočíšstvo je prispôbené extrémnym teplotným a vlhkostným pomerom s malou druhovou diverzitou a abundanciou, ide najmä o zástupcov hlodavcov (sysle – *Spermophilus*) a kopytníkov (gazela – *Gazella*, somáre – *Asinus*, ťava dvojhrbá – *Camelus bactrianus*). Z dravcov sa vyskytujú napr. liška korsak (*Vulpes corsac*), rys karakal (*Caracal caracal*), dravé vtáky, hady, varany. Veľkú triedu hmyzu zastupujú mnohé druhy poterníkov (Tenebrionidae), z motýľov viaceré očkáne (Satyridae).

Dynamika ekosystému: Púšte mierneho pásma sú drsným ekosystémom pre život zvierat. Je tu málo potravy, nedostatok vody, niet úkrytu pred pražiacim slnkom ani pred zimnými mrazmi. Živočíšstvo je preto druhovo relatívne chudobné a málo početné. Druhy v nepriaznivých obdobiach migrujú do oblastí s lepšími podmienkami na prežitie, alebo sa museli adaptovať. Ukrývajú sa pred slnkom v skalných štrbinách a brlohoch, lovia za súmraku alebo v noci. Aby znížili stratu vody, vylučujú suché výkaly. Ťavy získavajú vodu rozkladom glycidov.

I. 5. 3. 9 Geobióm listnatých lesov mierne teplého pásma

Geobióm **opadavého listnatého lesa** dominuje v európskej krajine približne od 49. rovnobežky na juh; v západnej Európe zasahuje vďaka miernejšiemu prímorskému podnebiu o niečo severnejšie. Prítomnosť väčších horských komplexov, naopak, posúva hranicu tohto geobiómu smerom na juh, pretože podnebie zdrsňuje. Opadavé listnaté lesy sú rozšírené aj vo východnej oblasti Severnej Ameriky, vo východnej Ázii a s neporovnateľne menšou rozlohou na južnej pologuli v Chile. Zrážky a teploty sú rovnomernejšie rozdelené počas roka, čo prináša mierne zimy i letá. Priebeh teploty a zrážok závisí od vzdialenosti od oceánu. Júl býva najteplejší mesiac s priemernou teplotou 20 °C. Vzdialenosť od oceánu sa prejavuje hlavne na zimných teplotách – niektoré oblasti majú mesačné priemery pod nulou, iné málo

stupňov nad nulou. Priemerné ročné teploty sú okolo 10 °C. V typických oblastiach opadavých listnatých lesov spadne najviac zrážok v lete, uprostred vegetačného obdobia. Ročný úhrn zrážok dosahuje 500 – 1 500 mm. V takomto režime je vegetačná doba dostatočne dlhá a umožňuje rozvoj lesnej vegetácie. Kľúčovými životnými formami tu sú stromy a kry s opadavými širokými listami. Porastotvornou drevinou je v horských polohách buk lesný (*Fagus sylvatica*), v predhoriach a pahorkatinách duby (*Quercus* spp.); na skalnatých substrátoch tvoria významnú súčasť porastov javory (*Acer* spp.), brest horský [*Ulmus glabra* (syn. *U. montana*), jaseň štíhly (*Fraxinus excelsior*) a lipy (*Tilia* spp.). V Severnej Amerike je druhové zastúpenie drevín omnoho vyššie. Okrem európskych rodov sa tu vyskytuje rod agát (*Robinia*), orechovec (*Carya*), pagaštan (*Aesculus*) a i., vo východoázijskej oblasti aj rod magnólia (*Magnolia*), pajaseň (*Ailanthus*), moruša (*Morus*). Opadavý listnatý les predstavuje širokú škálu ekosystémov s vysokou biodiverzitou. Zo živočíšnych druhov sú najrozšírenejšie čeľade lasicovitých (Mustelidae), skunkovitých (Mephitidae), jeleňovitých (Cervidae), medvede (*Ursus*), vlky (*Canis*), pumy (*Puma*), rysy (*Lynx*), tigre (*Panthera*), zubry (*Bison bonasus*) a veľa druhov vtáctva, hmyzu.

Prostredie listnatého lesa preferuje viac ako 50 % našej fauny! Na južnom Slovensku lesné spoločenstvá spestrujú úseky rozvoľnených xerothermných lesostepných formácií, ktoré nájdeme na exponovaných svahoch s kamenitou alebo piesčitou pôdou. Tu sa už existencia lesa dostáva do podobného pesima, ako pri hornej hranici v horách, lenže z opačného pohľadu – mikroklima je veľmi teplá, substrát je presychavý a v najteplejšej časti roka sa môžu vyskytnúť dlhšie obdobia bez zrážok. Les na takýchto extrémnych stanovištiach evidentne živorí – nesúvislý porast tvoria často pokrútené „bonsajové“ duby, ktoré majú napriek nevelikým rozmerom vysoký vek, pretože prírastok drevnej hmoty je tu veľmi pomalý. Mnoho stromov prirodzene usychá. Lesostep je vlastne „dolnou hranicou lesa“, presnejšie povedané, dolnou hranicou opadavého listnatého lesa západného palearktu. Ako ekotonový systém disponuje lesostep mimoriadnym bohatstvom fauny i flóry (➡ str. 59). Ďalšie mierne zvýšenie teploty a nižší objem nepravidelných zrážok vytvárajú už nevhodné podmienky pre rast stromovitej vegetácie. Ráz krajiny sa zásadne mení a dominujúcim prvkom sa stáva bezlesé spoločenstvo stepi, v najjužnejšej Európe (napr. Grécko a Španielsko) lokálne až polopúšte.

Dynamika ekosystému: Činnosť človeka výrazne pozmenila pôvodné listnaté lesy. V celej Európe a Severnej Amerike sa lesy mierneho pásma kľúčovali a premenili na poľnohospodársku pôdu a pastviny. Zvyšné lesné oblasti boli značne modifikované lesným hospodárstvom. To predstavuje zmenu druhového zloženia (nepôvodné druhy, monokultúry), ale aj štruktúry lesných porastov (rovnakoveké, jednoetážové porasty). Najviac človekom postihnutými živočíchmi sú veľké šelmy, ktoré v súčasnosti prežívajú už len v malých populáciách. Mimoriadny význam z hľadiska biodiverzity preto majú pôvodné pralesové porasty (u nás Dobročský prales, Badínsky prales, pralesy na Poľane, vo Východných Karpatoch a i.), v ktorých sa zachováva vysoká biodiverzita.

I. 5. 3. 10 Geobióm ihličnatých lesov mierne chladného pásma (tajga)

Najrozšírenejším geobiómom palearktckej, ale i nearktckej oblasti je tajga. Tajga je komplex ekosystémov severského ihličnatého (boreálneho) lesa. Podnebie je drsné – zimy sú dlhé a s tuhými mrazmi (s priemernými teplotami v najchladnejšom mesiaci –10 až –35 °C, minimálne teploty klesajú až pod –50 °C), leto je krátke a teplé, priemerná teplota v najteplejšom mesiaci vystupuje na 10 až 20 °C. Vegetačné obdobie je však už dlhšie a trvá do 5 mesiacov. Dominantnými životnými formami medzi producentmi sú ihličnany, ale ich druhové zloženie je v Euroázii chudobné. Hlavnými porastotvornými drevinami sú smreký (*Picea* spp.), smrekovec opadavý (*Larix decidua*) a v menšej miere borovice (*Pinus* spp.) a jedle (*Abies* spp.). Ako prímies sa však vyskytujú i niektoré listnáče – brezy (*Betula* spp.), osiky (*Populus tremula*) a jarabina vtáčia (*Sorbus aucuparia*), ktoré nájdeme najmä na obnažených miestach ako súčasť tzv. iniciálneho lesa. Početne sú zastúpené i machy, ktoré často vytvárajú súvislé koberce a rozsiahle rašeliniská. Zloženie severoamerických ihličnatých lesov je pestrejšie. Rastie tu okrem našich druhov aj jedľovec (*Tsuga*), duglaska (*Pseudotsuga*), sekvoja (*Sequoia*) a i. Živočíšstvo boreálnych lesov nemá najoptimálnejšie podmienky pre svoju existenciu. Ich výskyt obmedzuje najmä nízky počet ník a drsné zimy. Najrozšírenejšie sú veľké bylinožravce, ktoré predstavuje vysoká zver, napr. los mokradový (*Alces alces*), sob karibu (*Rangifer caribou*). Malé bylinožravce sú zastúpené najmä hľadávkami od hrabošov, zajacov (*Lepus timidus*, *L. americanus*) po bobry (*Castor fiber*). Žijú ju aj viaceré druhy veveríc (*Sciurus*) a vtáctva. Mäsožravce zastupujú medvede (*Ursus*), vlky (*Canis*), rysy (*Lynx*), lišky (*Vulpes*), norky (*Nutreola vison*), sobole (*Martes sibirica*), rosomák (*Gulo gulo*) a i.

Fauna tajgy sa u nás vyskytuje v dosť širokom spektre druhov najmä v severných regiónoch Slovenska; viaceré z nich môžeme označiť za boreomontánne druhy (➔ str. 29). V mieste styku tajgy s geobiómom opadavého listnatého lesa pozorujeme pomerne úzky pás (asi 200 km) prirodzeného zmiešaného lesa. V tomto pestrom spoločenstve, považovanom niekedy za samostatný geobióm, sa vyskytujú ihličnaté dreviny tajgy, zmiešané s bukom lesným (*Fagus sylvatica*), ale i s inými listnácmi. Z hľadiska biodiverzity je toto hraničné pásmo veľmi bohaté (klasický príklad ekotonového efektu). Zmiešaný les je charakteristický najmä pre západopalearktickú podoblasť a priaznivci zoológie môžu byť len radi, že toto pásmo prechádza práve cez Slovensko. Významné a typické druhy fauny ➔ str. 74.

Dynamika ekosystému: Boreálny les má významnú úlohu v regulácii obsahu oxidu uhličitého v atmosfére. Výskumy poskytli dôkazy o tom, že niektoré ihličnaté dreviny znižujú v atmosfére nadmerný výskyt oxidu uhličitého zo spaľovania fosílnych palív. Prirodzený cyklus obnovy boreálnych lesov v súčasnosti výrazne naruša nadmerná ťažba dreva, vplyv kyslých dažďov, budovanie priemyselných závodov, hydroelektrární, ťažba rašeliny, ropy a zemného plynu. Regenerácia tajgy (a lesného ekosystému vôbec) môže byť mimoriadne zdĺhavá všade tam, kde sa odstránili väčšie plochy vegetačného krytu a pôdy. Iným problémom je tzv. borelizácia krajiny v oblasti opadavých listnatých lesov, kde sú ihličnany nepôvodné.

I. 5. 3. 11 Geobióm tundry subpolárneho pásma

Tundra pokrýva veľké plochy na ďalekom severe eurázijského i amerického kontinentu (severné oblasti Aljašky, Kanady, Eurázie, Grónsko, Island). Drsná subarktická klíma tu už nedovoľuje rast stromovitej vegetácie. Názov tundra pochádza z fínskeho slova „tunturi“, čo znamená plochý bezlesý pahorok. Charakterizuje ju bezstromový rastlinný kryt, rozľahlé močariská a dlhodobo zmrznutá pôda – permafrost. Ročná priemerná teplota je v tundrách nižšia ako 0 °C. V zime klesajú teploty až na –40 °C a väčšinu roka (niektoré oblasti až 9 mesiacov) je pokrytá snehom. Teplota je teda limitujúcim faktorom v tomto geobióme. Vegetačné obdobie závisí od dĺžky trvania letného oteplenia (nad 5 – 6 °C) a trvá najviac 3 mesiace. Preto v tundre nájdeme len prízemnú vegetáciu bylinného typu a poliehavé zakrpatené dreviny, napr. vrbu tupolistú (*Salix retusa*), dryádku osemlístkovú (*Dryas octopetala*), brusnice a čučoriedky (*Vaccinium* spp.) a pod. Hojný je zastúpenie machov a lišajníkov. Z fauny sú typické belaňa tundrová (*Nyctaea scandiaca*), snehule (*Lagopus* spp.), snehuľka severská (*Plectrophenax nivalis*), lumík grónsky (*Dicrostonyx groenlandicus*), liška polárna (*Alopex lagopus*) a sob polárny (*Rangifer tarandus*); v severoamerickej tundre žije aj zajac polárny (*Lepus arcticus*). Mnohé druhy tundry žijú i vo vysokých horách strednej, príp. južnej Európy (boreoalpínske druhy, ➔ str. 30). Smerom na juh začínajú v tundre pribúdať zakrpatené solitéry i skupiny stromov, hovoríme o prechodnom pásme lesotundry.

Dynamika ekosystému: Geobióm tundry zostával až donedávna jedným z posledných nedotknutých ekosystémov sveta. Avšak stavebné práce spojené s prieskumom a ťažbou ropy narušili trvalo zamrznutú vrstvu pôdy (permafrost) v tundre a spôsobili výraznú eróziu. Ekosystém tundry je veľmi citlivý na globálne zmeny v atmosfére a podnebí (najmä na otepľovanie klímy), pretože jeho ekologická stabilita veľmi závisí od prítomnosti permafrostu a pôdnych procesov spätých s ňou. V severských pôdach je približne 1 700 miliárd gigaton organického uhlíka. To zodpovedá zhruba štvornásobku všetkého uhlíka, ktorý bol kedy uvoľnený v dôsledku ľudských činností, a dvojnásobku jeho terajšieho atmosférického obsahu. Tento organický materiál sa pri topení permafrostu rozkladá, čím do atmosféry unikajú plyny ako metán a oxid uhličitý (Urban, 2011). Tie výraznou mierou prispievajú k zvýrazneniu skleníkového efektu na Zemi.

I. 5. 3. 12 Geobióm polárneho pásma

Polárne oblasti sa nachádzajú v oblasti oboch zemských pólův a na najsevernejších výbežkoch pevniny (sever Grónska, Ellesmerov ostrov, Špicbergy, Antarktída a i.). Ide o oblasť večného snehu a ľadu s podmienkami vhodnými len pre výnimočne odolné druhy. Vegetačné obdobie tu prakticky neexistuje. Teploty sa pohybujú stále pod 0 °C, úhrn zrážok je 100 – 200 mm. Významným faktorom je vietor, ktorý spolu s mínusovými teplotami podmieňuje fyziologické sucho. Rastú tu len dva druhy kvitnúcich rastlín v spoločenstve tráv, machov a lišajníkov. Lišajníky osídľujú suchšie sutiny a skalné výčnelky, machorasty vlhšie miesta s tenkou vrstvou pôdy. Litosoly takmer bez organickej hmoty nevytvárajú podmienky pre

rast taxónov flóry. Najjužnejšia poloha rozšírenia machov a lišajníkov je na 83° j. g. š. Zo suchozemskej fauny sa vyskytujú len prísne špecializované druhy arktických stavovcov: medveď biely (*Thalarctos maritimus*), niektoré plutvonožce (Pinnipedia) a na južnej pologuli tučniaky (Sphenisciformes). Pásmo večného snehu a ľadu smerom na juh postupne prechádza do tundry. V prechodnom, tzv. subniválnom pásme dôjde už počas leta ku krátkodobému obnaženiu pôdy, ktorá však rozmŕza len v tenkej povrchovej vrstve. Veľmi drsné klimatické podmienky a krátka doba, ktorá by sa dala považovať za „vegetačnú sezónu“, tu ešte neumožňujú život kvitnúcich rastlín, nájdeme tu už však niektoré špecializované chladnomilné druhy prvokov, vírnikov, pavúkovcov a hmyzu.

Dynamika ekosystému: Globálne otepľovanie ovzdušia aj vody má vplyv aj na topenie kontinentálnych ľadovcov polárnych oblastí (ľadová pokrývka Grónska a Antarktídy sa na základe meraní z družice CryoSat-2 znižuje tempom 310 km³ za rok). Dôsledkom je zvyšovanie hladiny oceánov a znižovanie ich slanosti.

Kontrolné otázky:

1. Čo predstavuje základné kritérium regionálneho členenia bioty na Zemi?
2. Čím sa líšia jednotlivé fytogeografické oblasti súše?
3. Čím sa líšia jednotlivé zoogeografické oblasti súše?
4. Uveďte príklady vikariantov z palearktiskej a nearktiskej fauny.
5. Ktoré faktory ovplyvnil vznik jednotlivých geobiómov súše?
6. Aké typické rastlinné a živočíšne druhy predstavujú jednotlivé geobiómy súše?
7. Aké špecifické ohrozenia predstavuje pre jednotlivé geobiómy súše antropogénna činnosť?

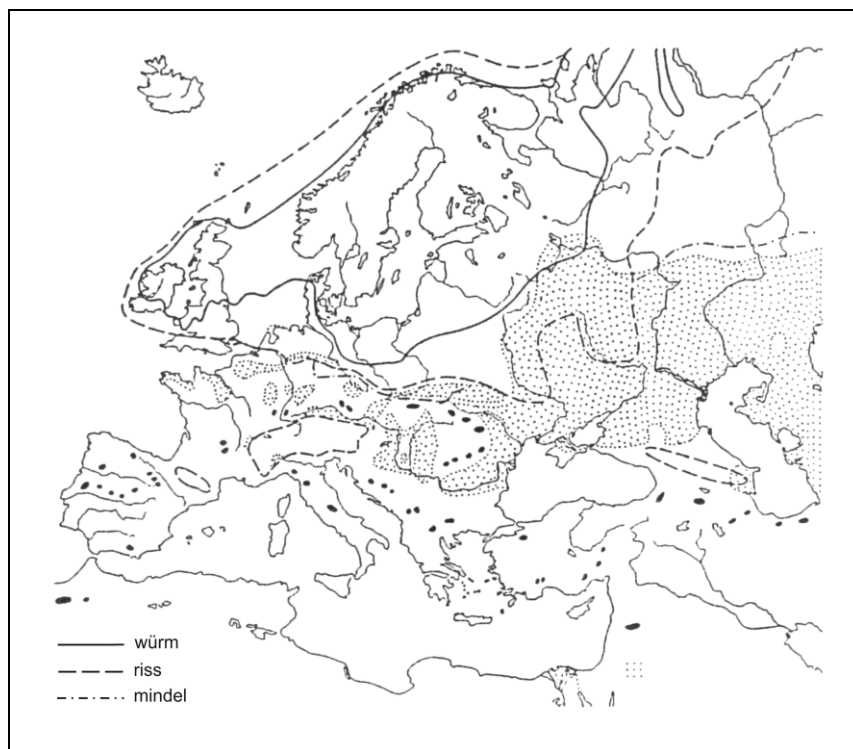
I. 6 Biogeografia Slovenska

Poloha Slovenska na križovatke migračných ciest ako aj jeho výšková členitosť a geologická pestrosť vytvorili podmienky pre veľmi komplikovanú štruktúru biogeografického členenia Slovenska. Pod túto štruktúru sa podpísali vplyvy nielen historického vývoja taxónov fauny a flóry od druhohôr, ale i výšková členitosť územia tvorená karpatským oblúkom a stupeň kontinentality. Naše územie leží na rozhraní oceánskej a kontinentálnej klímy. Všetky faktory, spolu s vlastnosťami podložia, vytvorili pestrú mozaiku podmienok, ktorá sa premietla i do charakteru fauny a flóry.

I. 6.1 Štvrtohorný vývoj bioty

Poznanie vývoja bioty nášho územia je dôležité z hľadiska porozumenia vzťahov medzi biotou a zmenami ostatných komponentov krajinnnej sféry. Priestorovú štruktúru vegetačnej pokrývky a živočíšstva v kvartéri najviac ovplyvňovalo podnebie s podstatným vplyvom kolísania teploty ovzdušia a s ním spojené zaťaženie striedané s teplými štádiami. Lesy v teplých obdobiach zaberali väčšinu územia, v studených ich nahradili mrazové pustatiny, lišajníkové a machové spoločenstvá alebo porasty tundrového typu s príslušným živočíštvom. V klimaticky nerovnorodej neskorej dobe ľadovej bolo podnebie strednej Európy pod vplyvom ustupujúceho kontinentálneho ľadovca a vysokohorských ľadovcov. Striedali sa obdobia s rôznymi bioklimatickými charakteristikami.

V **pleistocéne** (pred 2,6 až 0,1 mil. rokov) sa naše územie nachádzalo medzi kontinentálnym a vysokohorským zaťažением. Hranica večného ľadu ležala na našom území cca 1 200 m n. m. V predpolí kontinentálneho ľadovca sa rozkladali do vzdialenosti 200 – 400 km mrazové pustatiny s veľmi chudobnou vegetáciou (tundry). S tundrou, prípadne subarktickou vegetáciou prišlo do strednej Európy mnoho nových druhov. Stará alpská flóra a fauna vysokých pohorí bola zo svojich vrcholových polôh stlačená do rozsiahlejších nižších oblastí. To umožňovalo výmenu alpínskych druhov medzi vzájomne oddelenými pohoriami, napríklad aj medzi Karpatmi a Alpami. Okrem toho sa zástupcovia arktickej flóry premiešali s alpínskou flórou európskych pohorí. Vytvorila sa ekologicky dosť jednotná, ale genézou vzájomne značne rôznorodá zmes arkticko-alpínskej flóry. V oblasti kontaktov alpínskej a arktickej flóry to bol zároveň základ pre neskorší vznik rozsiahlych arkticko-alpínskych disjunkcií (Hendrych, 1984). Dostatočná a rozsiahla rekolonizácia z veľkej a druhovo bohatej tundrovej vegetácie z okrajov ľadovcov, ako aj z viac



Obr. 36. Rozsah zaľadnenia v jednotlivých ľadových dobách a rozsah sprašových sedimentov v Európe (upravené podľa Walter & Straka, 1970)

vzdialených populácií, je jedným z najlogickejších vysvetlení vysokej druhovej diverzity v arkticko-alpínskej línii (Alsos et al., 2005).

V postglaciáli – **holocéne** a jeho prvom období **preboreáli** (8 000 – 7 000 pred n. l.) bolo cca o 5 °C chladnejšie ako dnes. Podľa Schmida (1963 in Zlatník 1978) smrekovec opadavý (*Larix decidua*), borovica limba (*Pinus cembra*), borovica horská (*Pinus mugo*) prečkali posledné zaľadnenie na juh od pevninového ľadovca a po jeho ústupe v postglaciáli prenikli do horských dolín uvoľnených od ľadovcových jazykov. V **boreáli** (7 700 – 6 000 pred n. l.) nastal rast teploty. Zrážky nerástli tak výrazne, preto bola klíma suchšia a teplejšia ako dnes (cca o 2 °C). Z refugií v južnej a juhovýchodnej Európe šírili okrem dubov (*Quercus cerris*, *Q. petraea*) aj lipy (*Tilia cordata*, *T. platyphyllos*), jaseň štíhly (*Fraxinus excelsior*) a ďalšie listnaté dreviny. Vo vyšších polohách dochádzalo k migrácii smreka z juhu a východu. V suchších územiach, kde nebol možný rozvoj lesa, sa rozvíjala stepná a lesostepná flóra. Pozostatky arktickej a subarktickej prípr. boreálnej flóry ustupovali do vyšších polôh, alebo sa zachovali na lokalitách inverzných resp. rašelinových. Tieto spoločenstvá majú reliktný charakter. V období **atlantiku** (6 000 – 2 000 pred n. l.) malo podnebie oceánickejší charakter, bolo teplé, vlhké a ideálne rozšírenie pralesa po celom území Slovenska. Pozdĺž vodných tokov postupovali lužné lesy. Do 700 m n. m. sa vyskytovali zmiešané dubiny ku ktorým pristupoval od 500 m n. m. buk a jedľa. V polohách 700 – 800 m n. m. sa vyskytoval zmiešaný, vyššie ihličnatý prales. Borovica lesná (*Pinus sylvestris*) bola vytlačená na extrémne stanovištia (vápencové bralá, viate piesky, rašeliniská), kde iné dreviny nemôžu existovať. Obdobie atlantiku je i obdobím prenikania človeka cez juhovýchodnú Európu, ktorý začal výrazne meniť vzhľad krajiny. Jeho usadzovanie bolo spojené so stepnou a lesostepnou oblasťou. Deštrukcia stepnej a lesostepnej flóry vytvorila podmienky pre šírenie **synantropnej** flóry. Koncom atlantiku oceánická flóra postupne ustupovala a v ďalšom období nazývanom **subboreál** (2 000 – 800 pred n. l.) dochádzalo k ochladeniu. Horná hranica lesa zostúpila nižšie, dochádzalo k rozšíreniu smrečín na úkor dubových porastov, a medzi týmito spoločenstvami sa rozširovalo spoločenstvo bučín. Koncom subboreálu dochádzalo k zvlhčovaniu a ochladzovaniu klímy. To malo za následok ústup teplomilných druhov ako javor tatársky (*Acer tataricum*), drieň obyčajný (*Cornus mas*) a dub plstnatý (*Quercus pubescens*). V ďalšom období **subatlantiku** (750 pred n. l. – 600 n. l.) bol stav lesov približne taký istý ako v subboreáli s niekoľkými výnimkami. Dubiny siahali nižšie, do pásma bučín zhora pristupoval najmä smrek (*Picea*). Niekde bol buk celkom vytlačený. Na vápencoch a dolomitoch sa vyskytovali

riedke porasty dubov (*Quercus cerris*, *Q. pubescens*) (Krippel, 1986). S postglaciálnymi zmenami vegetácie veľmi úzko súviseli aj zmeny živočíšstva. V rámci svojich ekologických ník osídľovali živočíšne druhy vhodné stanovištia a šírili sa na územie Slovenska z okolitých krajín. Mnohé druhy sa dodnes zachovali ako glaciálne a postglaciálne relikty. K najvýznamnejším glaciálnym reliktom zo stavovcov patria svišť tatranský (*Marmota marmota latirostris*) a kamzík vrchovský tatranský (*Rupicapra rupicapra* subsp. *tatrica* ➔ obr. 37). Izolovaná populácia našej najmensej sovy – kuvičok vrabčí (*Glaucidium passerinum*) predstavuje postglaciálny relikť v pohoriach strednej Európy (viac ➔ str. 70 v strede a str. 73 dole).



Obr. 37. Kamzík vrchovský tatranský (*Rupicapra rupicapra* subsp. *tatrica*) je glaciálny relikť Vysokých Tatier (Foto R. Pouš, 2014)

I. 6.2 Vplyv človeka na biotu Slovenska

V poslednom, najmladšom období holocénu, ktoré označujeme ako **subrecent** (600 n. l. – súčasnosť), dochádza k zvýrazneniu vplyvu človeka na spoločenstvá. Najviac postihnuté boli lesy. Formy odlesňovania boli rôzne, najčastejšie oheň a ťažba (výrub). Najprv boli odlesnené teplé nížinné oblasti, postupne odlesňovanie postupovalo do podhorských až horských oblastí. Rozsiahle odlesňovanie v horských oblastiach nastalo až v období stredovekej kolonizácie (12. – 14. storočie). Do pôvodného vegetačného krytu významne zasiahlo najmä baníctvo a hutníctvo v 17. – 18. storočí ťažbou dreva pre výdrevu baní a na pálenie dreveného uhlia potrebného v hutách (Michal & Barto, 2012). Ešte v 14. storočí pokrývali lesy viac ako polovicu rozlohy Slovenska (60 %), do súčasnosti tento podiel klesol na 44 %. Okrem výmery sa v mnohých prípadoch výrazne zmenilo aj druhové zloženie a štruktúra lesných porastov. Umelo boli vysádzané hlavne borovicové a smrekové monokultúry, v niektorých prípadoch i nepôvodné druhy ako borovica čierna (*Pinus nigra*) či agát biely (*Robinia pseudoacacia*). Rozsiahle pôvodné pralesy boli postupne človekom zdevastované, alebo premenené na lúky, pasienky či ornú pôdu. Veľké plochy porastov sú zasiahnuté kyslými dažďami a kalamity spôsobujú v posledných rokoch extrémne klimatické javy (v roku 2004 bolo pri veternej smršti vo Vysokých Tatrách zničených takmer 13 tisíc ha lesných porastov). Na biotu z mnohých aktivít človeka v súčasnosti nepriaznivo vplýva najmä urbanizácia, doprava, priemysel a energetika, hospodárenie v lesoch, cestovný ruch, kontaminácia vôd, pôdy a ovzdušia, havárie a živelné pohromy, lov zveri a rybolov a pestovanie geneticky modifikovaných organizmov.

Napriek všetkým spomínaným negatívnym vplyvom človeka sa vďaka členitosti a nedostupnosti viacerých častí územia Slovenska a intenzívnym ochranárskym snahám podarilo zachovať zvyšky prirodzených lesných porastov, ktoré predstavujú mnohé vzácne biotopy rastlinstva a živočíšstva. V súčasnosti je vegetácia Slovenska charakterizovaná mozaikou prirodzených a druhotných (sekundárnych, umelých) rastlinných biotopov. V horských a menej dostupných oblastiach a lokalitách dominujú prirodzené, resp. prírodnému stavu blízke biotopy. Predstavujú približne 50 % nášho územia. Pôvodná krajina Slovenska bola takmer úplne lesnatá, v súčasnosti je zastúpenie lesov cca 44 % územia (NLC, 2014). V nižšie položených oblastiach (nížiny, kotliny, pahorkatiny) dominujú druhotné rastlinné biotopy. Prirodzené resp. prírodnému stavu blízke rastlinné biotopy zastupujú:

- prirodzené lesné biotopy (podiel prírodných lesov je len okolo 5 %),

- vysokohorské biotopy nad hornou hranicou lesa,
- biotopy skál a sutín,
- slanomilné biotopy,
- biotopy pieskov,
- vodné a močiarne biotopy,
- slatinné a rašelinové biotopy.

Druhotné rastlinné spoločenstvá predstavujú:

- hospodárske lesy (asi 67 % lesov), z nich monokultúry s úplne nepôvodnou štruktúrou zaberajú 15 %,
- hospodárske lúky a pasienky,
- burinné biotopy poľných kultúr (polia, obilniny, okopaniny),
- biotopy zošľapových miest (chodníky, odpočívadlá),
- ruderálne biotopy (sídlišká, pozdĺž ciest atď.),
- invázne druhy rastlín – nepôvodné druhy.

I. 6. 3 Fytogeografické členenie Slovenska

Výrazný vplyv na priestorovú diferenciáciu rastlinstva má najmä geografická poloha Slovenska, výrazná členitosť reliéfu a rôznorodosť geologického podkladu. Aj kvôli tejto rozmanitosti je vegetácia vhodným kritériom pri diferenciácii krajiny (Vanková et al., 2008). Územie Slovenska sa podľa Futáka (1984) nachádza v rámci **holarktiskej fytogeografickej oblasti** (Holarctis), v rámci nej v **európsko-eurosibírskej podoblasti**, ktorá sa člení na viacero provincií, z ktorých sa územie Slovenska začleňuje do ponticko-panónskej a stredoeurópskej provincie.

Do nižšie položenej a teplejšej **ponticko-panónskej provincie** patrí **obvod Pannonicum** (obvod panónskej flóry). Tento obvod má ťažisko v Panónii, charakterizujú ho teplomilné, často xerofilné druhy, ktoré sem prenikajú z južnejšie položených území, teda z Maďarska, resp. aj z Balkánu. Územie sa vyznačuje výskytom špecifických ekotopov, ako sú slaniská, piesky a zamokrené územia okolo Dunaja a dolných tokov našich väčších riek, ktoré hostia svojráznu vegetáciu.

Hornatejšia a chladnejšia **stredoeurópska provincia** je zastúpená dvomi obvodmi – **Carpathicum occidentale** (obvod západokarpatskej flóry) a **Carpathicum orientale** (obvod východokarpatskej flóry). Charakterizuje ju rastlinstvo horského až vysokohorského rázu. Veľká pestrosť fyzikogeografických podmienok podmienila značnú diferenciáciu flóry, a preto je prvý obvod rozdelený do piatich podobvodov. **Praecarpathicum** (podobvod predkarpatskej flóry) je prechodným typom medzi panónskou flórou a flórou vysokých Karpát s početnými teplomilnými druhmi. Zahŕňa napríklad územie Malých Karpát, Strážovských vrchov či Revúckej vrchoviny. **Eucarpathicum** (podobvod vysokých Karpát) predstavujú najvyššie pohoria ako Tatry, Nízke Tatry, Chočské vrchy, Veľkú a Malú Fatru a Pieniny. **Intracarpathicum** (podobvod vnútrokarpatských kotlín) je veľmi pestrý a vytvárajú jednotlivé izolované regióny (napr. Turčianska, Podtatranská alebo Hornádska kotlina). Od predchádzajúceho podobvodu sa líši väčším zastúpením teplomilných prvkov. Významný je výskyt ekotopov s vyššou hladinou spodnej vody, ako mokrých lúk, slatín, minerálnych prameňov a pod. Klíma napr. spišských kotlín je viac kontinentálna, v dôsledku čoho je tam menej zastúpený buk.

Západobeskydská flóra (**Beschidicum occidentale**) je zastúpená vo flyšovom pásme a vo floristicky pestrom bradlovom pásme. Pôvodné lesné spoločenstvá východobeskydskej flóry (**Beschidicum orientale**) tvorili prevažne bučiny. Obvod **Carpathicum orientale** (východokarpatské flóry) je zastúpený len Bukovskými vrchmi s veľkým podielom endemických a reliktných druhov.

V zmysle členenia podľa Futáka (1984), ktoré vychádza z orografických, resp. geomorfologických územných jednotiek, do týchto obvodov zaradujeme nasledovné geomorfologické celky:

I. Obvod panónsky (Pannonicum)

1. podobvod pramatranskej xerothermnej flóry (Matricum)

1. 1. Burda
1. 2. Ipel'sko-rimavska brázda
1. 3. Slovenský kras

2. podobvod eupanónskej flóry xerothermnej flóry (Eupannonicum)

2. 1. Záhorská nížina
2. 2. Devínska Kobyla
2. 3. Podunajská nížina
2. 4. Košická kotlina
2. 5. Východoslovenská nížina

II. Obvod západokarpatskej flóry (Carpathicum occidentale)

1. podobvod predkarpatskej flóry (Praecarpathicum)

1. 1. Biele Karpaty (južná časť)
1. 2. Malé Karpaty
1. 3. Považský Inovec
1. 4. Trábeč
1. 5. Strážovské a Súľovské vrchy
1. 6. Slovenské stredohorie
1. 7. Slovenské Rudohorie
1. 8. Muránska planina
1. 9. Slovenský raj
1. 10. Stredné Pohornádie
1. 11. Slanské vrchy
1. 12. Vihorlatské vrchy

2. podobvod flóry vysokých centrálnych Karpát (Eucarpathicum)

2. 1. Malá Fatra
2. 2. Veľká Fatra
2. 3. Chočské vrchy
2. 4. Nízke Tatry
2. 5. Tatry
2. 6. Pieniny

3. podobvod flóry vnútrokarpatských kotlín (Intercarpathicum)

3. 1. Turčianska kotlina
3. 2. podtatranské kotliny

4. podobvod západobeskydskej flóry (Beschidicum occidentale)

4. 1. Západobeskydské Karpaty
4. 2. Západné Beskydy

5. podobvod východobeskydskej flóry (Beschidicum orientale)

5. 1. Spišské vrchy
5. 2. Východné Beskydy

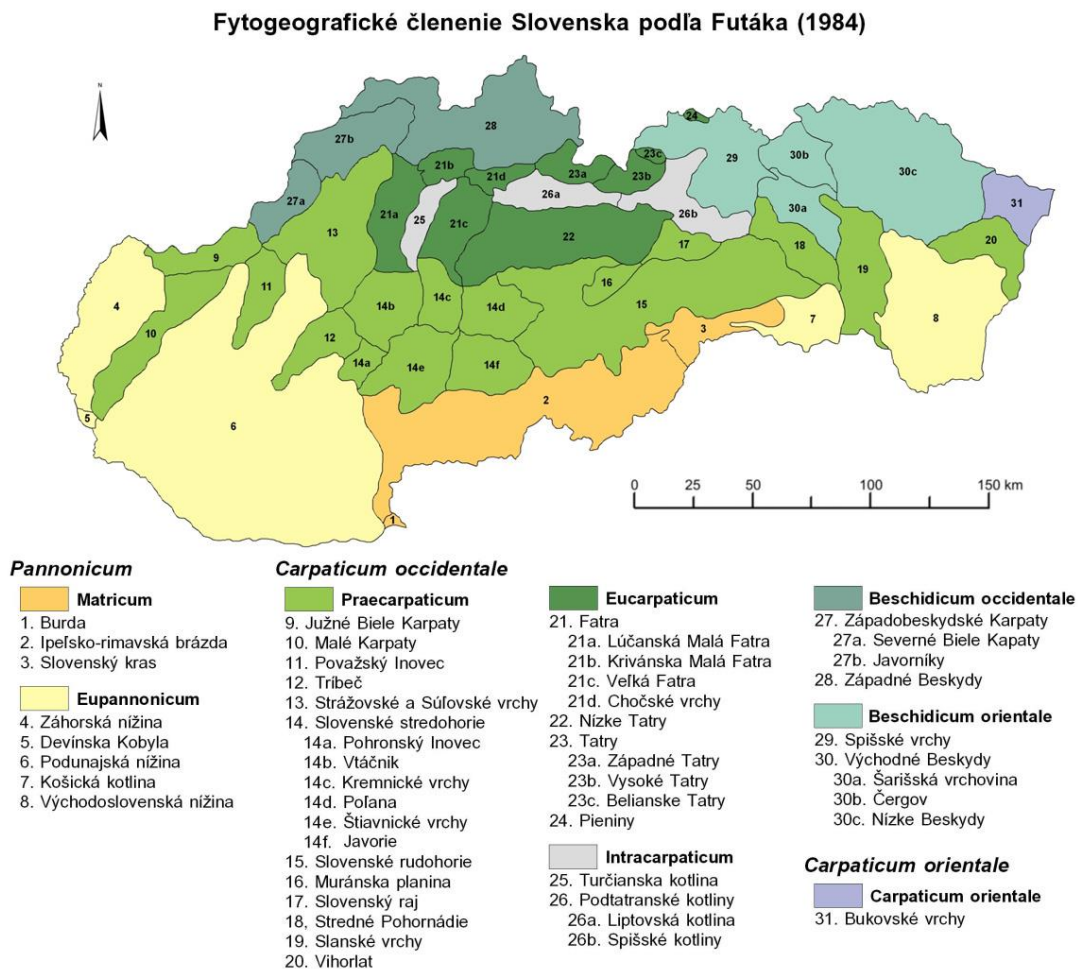
III. Obvod východokarpatskej flóry (Carpathicum orientale)

1. Bukovské vrchy

Ďalšie vegetačné členenie Slovenska (Plesník, 1995) predstavuje klimaticky podmienené územné vegetačné jednotky zonálneho charakteru. Rozlišuje **ihličnatú zónu** a **dvojjónu listnatých opadavých lesov**. Tá sa ešte člení na **bukovú zónu**, ktorá prilieha k centrálnej ihličnatej zóne a **dubovú zónu**, ktorá ju lemuje a susedí s nižšími oblasťami.

Doterajšie prístupy k vedeniu fyto geografických hraníc v krajine boli založené zväčša na subjektívnom hodnotení autorov, vyplývajúcom z ich empirického poznania floristických a vegetačných pomerov Slovenska. V poslednom období sú metodicky modifikované využitím rozsiahlejších a aktuálnejších floristických databáz, geoštatistických techník a štatistických hodnotení (napr. Valachovič & Soldán, 2004; Turisová & Hlásny, 2004, 2008, 2010; Hlásny & Turisová, 2012). Tento prístup umožňuje objektívnejšie a opakovateľné vedenie hraníc s možnosťou hierarchizovať navrhnuté fytochorióny vo viacerých úrovniach a overenie správnosti ich vymedzenia.

Územie Slovenska možno právom považovať za významnú križovatku rôznych elementov flóry. Vďaka tejto polohe v strede Európy a špecifickým podmienkam prostredia sa tu vyskytuje napriek relatívne malej rozlohe územia cca 40 endemických taxónov (Križo in Húsenicová & Ružičková et al., 1992). Endemitov vyskytujúcich sa na len na Slovensku je však málo. Celé územie Slovenska (okrem juhoslo-



Obr. 38. Fytogeografické členenie územia Slovenskej republiky podľa Futáka <www.chromosomes.sav.sk>

venských nížin) je zahrnuté do Karpát. Preto sa endemity a subendemity z geografického hľadiska delia na: **západokarpatské** (cyklámen fátrenský – *Cyclamen fatrense*, lykovec muránsky – *Daphne arbuscula*, zvonček tvrdoplodý – *Campanula xylocarpa*, lyžičník tatranský – *Cochlearia tatrae*, chrastavec slovenský – *Knautia slovacica*, horčičník Witmannov – *Erysimum witmannii*), **východokarpatské** (fialka dácka – *Viola dacica*, iskerník karpatský – *Ranunculus carpaticus*), **karpatské** (skorocel čiernasty karpatský – *Plantago atrata* subsp. *carpatica*, vŕba Kitaibelova – *Salix kitaibeliana*) a **panónske** (ponikleč uhorský – *Pulsatilla pratensis* subsp. *hungarica*, astrička panónska – *Tripolium pannonicum* (citovaná aj ako astra soľomilná panónska – *Aster tripolium* subsp. *pannonicum*) (Cyprich, 2008).

I. 6. 4 Zoogeografické členenie Slovenska

Druhovú skladbu, štruktúru území a diferenciácia živočíšstva Slovenska je závislá nie len od geografických podmienok, ale je aj výsledkom dlhodobého historického vývoja, do ktorého za posledných 1 200 rokov zasiahla hospodárska činnosť človeka. Na území celého Slovenska žije takmer 50 tisíc doteraz známych živočíšnych druhov, ktoré predstavujú približne 3 % zo všetkých živočíšnych druhov planéty. Fauna ako prvok krajiny, ktorý je veľmi pohyblivý, je zároveň prvkom, ktorý veľmi rýchlo reaguje na zmeny podmienok. Zmeny klímy vytvárali podmienky pre rozvoj a šírenie jednotlivých taxónov fauny na naše územie. Hoci naše územie nie je bohaté na druhovú diverzitu fauny, je to územie, ktoré leží na rozhraní niekoľkých faunistických regiónov (Buchar, 1984). Predstavuje prienik súborov prvkov fauny:

- arboreálnej (fauna viazaná na lesné ekosystémy),
- boreálnej (centrum šírenia bolo v mongolskej oblasti),
- mediteránnej (druhy viazané na listnaté lesy),

- kaspickej a mandžuskej,
- stepnej (škrečok, syseľ, sága stepná),
- oreotundrálnaj (žiabronôžka, kamzík, bystruška Fabriciova),
- kozmopolitnej (myš domová, vrabec domový),
- prvky limnického biocyklu (úhor, mihul'a),
- prvky epiareálovej fauny (havran, populácie myšiaka zo severu).

Z hľadiska zoogeografického členenia terestrického biocyklu patrí územie Slovenska do oblasti **palearktckej**, podoblasti **eurosibírskej**, provincie **stepí, listnatých lesov a stredoeurópskych pohorí**. Stepí v strednej Európe však v typickej podobe (ako napr. v Mongolsku) nenájdeme – Raušer (1971) a mnohí iní pre naše teplé a suché nelesné biotopy používajú termín «stepné bezlesie». Provincia **stredoeurópskych pohorí** je na našom území zastúpená podprovinciou **karpatských pohorí** (Jedlička & Kalivodová, 2002). Členenie vychádza z rozšírenia živočíšnych druhov.

- Územie Slovenska zasahuje do panónskeho úseku **provincie stepí**. Zóna stepí Eurosibírskej podoblasti sa tiahne od Kaspického mora a ohybu Volgy na jej strednom toku širokým pruhom cez územie v okolí Azovského a Čierneho mora cez Ukrajinu do Besarábie a Dobrudže. Na západe vybieha do Panónskej panvy s centrom v Maďarsku. K nám zasahuje do Borskej, Podunajskej, Východoslovenskej nížiny, Juhoslovenskej kotliny, Slovenského krasu, zaberá južnú časť Košickej kotliny a Zemplínske vrchy. Zasahuje do výšky 300 m n. m. Je to najteplejšie územie Slovenska s priemernou teplotou 9 °C – 10,4 °C a priemerným úhrnom zrážok 520 až 600 mm. Tieto stepí však nie sú prirodzené. Južné oblasti Slovenska boli v minulosti pokryté lesom. Jedná sa o tzv. „**kultúrnu step**“ – poľnohospodársku krajinu, do ktorej postupne prenikli zo stepí južnej a východnej Európy a Ázie stepné živočíšne druhy ako sága stepná (*Saga pedo*), koník stepný (*Acrida hungarica*), viničiar čierny (*Lethrus apterus*), májky (*Meloe* spp.), zemné fuzáče z rodu *Dorcadion*, kriticky ohrozený drop veľký (*Otis tarda*), tchor stepný (*Putorius eversmanni*), syseľ pasienkový (*Spermophilus citellus*) a myš panónska (*Mus spicilegus*); do tzv. **kultúrnej stepi** prenikli a dobre sa tu adaptovali jarabica poľná (*Perdix perdix*), prepelica poľná (*Coturnix coturnix*), chrapkáč poľný (*Crex crex*) a škovránok poľný (*Alauda arvensis*).
- **Provincia listnatých lesov** zaberá v Eurosibírskej podoblasti rozsiahle územie od západnej Európy až k hornému toku Obu okrem mediteránnej oblasti a takmer celej Škandinávie. Smerom na sever prechádza do zóny tajgy. Na území Slovenska zaberá jej Podkarpatský úsek pohoria a stredne vysoko a vysoko položené kotliny Karpát zhruba do 750 m n. m. Veľká väčšina živočíšnych druhov listnatých lesov k nám prenikla v ľadových dobách z lesných refúgií v juhovýchodnej a juhozápadnej Európe, prípadne neskôr i z oblastí Álp. Zo zložiek fauny sa uplatňujú endemické druhy Karpát, ale i stepné a lesostepné druhy z juhu. Zastupujú ich napr. mačka divá (*Felis silvestris*), sviňa divá (*Sus scrofa*), srnec hôrny (*Capreolus capreolus*), rys ostrovid (*Lynx lynx*), okáň bukový (*Agilia tau*), bielopásovec zemolezový (*Limenitis camilla*), bystruška kožovitá (*Carabus coriaceus*), zlatoň tmavý [*Protaetia* (= *Liocola*) *lugubris*], roháč veľký (*Lucanus cervus*), nosorožtek hnedý (*Oryctes nasicornis*), fuzáč veľký (*Cerambyx cerdo*), a veľké množstvo ďalších druhov.
- **Provincia stredoeurópskych pohorí** je na našom území zastúpená podprovinciou karpatských pohorí, ktorá sa člení na úsek východokarpatský (Bukovské vrchy) a západokarpatský (Oravské Beskydy, Veľká a Malá Fatra, Chočské vrchy, Tatry a Nízke Tatry). Jedná sa o faunu prevažne ihličnatých lesov nad 750 m n. m. Charakteristické druhy sú napr. lykožrút smrekový (*Ips typographus*), mlok karpatský (*Triturus montandoni*), piskor horský (*Sorex alpinus*), svišť vrchovský tatranský (*Marmota marmota latirostris*), hraboš snežný tatranský (*Microtus nivalis mirhanreinii*), kamzík vrchovský (*Rupicapra rupicapra*), medveď hnedý (*Ursus arctos*), z vtákov jariabok hôrny [*Bonasa* (= *Tetrastes*) *bonasia*], tetrov hlucháň (*Tetrao urogallus*). Mnohé druhy sú glaciálnymi relikťami (očkáň alpský – *Erebia pandrose*, bystruška Fabriciova – *Carabus fabricii*, orešnica perlavá – *Nucifraga caryocatactes* či drozd kolohrivý – *Turdus torquatus*).

Okrem lesných biotopov sa na území Slovenska nachádzajú aj mnohé iné, ktoré sú osídľované špecifickými živočíšnymi spoločenstvami. Sutinové a skalné biotopy obľubuje napr. jašterica múrová (*Podarcis muralis*), vretenica obyčajná (*Vipera berus*), jasoň červenooký (*Parnassius apollo*), koník

červenokřídly (*Psophus stridulus*), v jaskyniach sa vyskytujú netopiere (*Myotis* spp. a iné rody). Biotopy vôd a ich brehov obývajú viaceré druhy podeniek (Ephemeroptera), komárov (Culicidae), pstruh potočný (*Salmo trutta*), skokan zelený (*Rana esculenta*), mloky (*Triturus* spp.). V antropogénnych biotopoch sa v intraviláne sídiel vyskytujú myš domová (*Mus musculus*), potkan obyčajný (*Rattus norvegicus*), jež obyčajný (*Erinaceus europaeus*), drozd čierny (*Turdus merula*), lastovička obyčajná (*Hirundo rustica*), vrabec domový (*Passer domesticus*) a iné, na poliach nájdeme zajaca poľného (*Lepus europaeus*), prepelicu poľnú (*Coturnix coturnix*), sysľa pasienkového (*Spermophilus citellus*) a i. Mnohé z pôvodných živočíšnych druhov sa v súčasnosti už nedajú objaviť, čo bolo spôsobené rozsiahlymi zásahmi človeka do pôvodného charakteru prírody a krajiny.

I. 6. 4. 1 Zoogeografická kategorizácia fauny Slovenska

Spracovanie tejto kapitoly sa neobišlo bez ťažkostí. Hlavným problémom bol výber druhov, ktoré by reprezentovali jednotlivé typy zoogeografických areálov. Presné údaje o rozšírení sú známe len u malej časti známejších a atraktívnejších druhov, ktoré nie je väčším problémom identifikovať. Skutočný areál väčšiny živočíchov je viac-menej odhadnutý. Preto sme do tohto prehľadu zahrnuli len menší počet prevažne dobre známych druhov. Ďalej sme sa snažili, aby tieto druhy boli (pokiaľ možno) vyobrazené v dostupných atlasoch (Korbel & Krejča, 1993, 2001; Stichmann & Kretzschmar, 1998) a i.

Kozmopolitné druhy sú rozšírené po takmer celom zemskom povrchu. Do tejto kategórie patria predovšetkým druhy čiastočne až úplne synantropné – napr. pradiarka skleníková [*Parasteatoda* (= *Acheaeranea*) *tepidariorum*], kútnik domový (*Tegenaria domestica*), šváb obyčajný (*Blatta orientalis*), rus domový (*Blatella germanica*), pavoš múzejná (*Liposcelis divinatorius*), strapka skleníková (*Heliothrips haemorrhoidalis*), ploštica posteľná (*Cimex lectularius*), zákernica domová (*Reduvius personatus*), červc lúčovitý (*Pseudococcus adonidum*), črvotoč chlebový (*Stegobium paniceum*), múčiar obyčajný (*Tenebrio molitor*), potemník skladový (*Tribolium confusum*), moľa šatová (*Tineola bisselliella*), moľa tapetová (*Trichophaga tapetzella*), mucha domová (*Musca domestica*), vrabec domový (*Passer domesticus*), myš domová (*Mus musculus*), potkan obyčajný (*Rattus norvegicus*), a i. Do tejto kategórie patria, samozrejme, aj parazity, resp. komenzály človeka – žardia črevná [*Giardia* (= *Lamblia*) *intestinalis*], meňavka zubná (*Entamoeba gingivalis*), meňavka črevná (*E. coli*), pásomnica venčeková (*Taenia solium*), pásomnica dlhá (*Taeniarhynchus saginatus*), pásomnica detská (*Hymenolepis nana*), hlístka detská (*Ascaris lumbricoides*), mrľa ľudská (*Enterobius vermicularis*), kožník tukový (*Demodex folliculorum*), svrabovec kožný (*Sarcoptes scabiei*), voš detská (*Pediculus capitis*), voš lonová (*Phthirus pubis*), blcha ľudská (*Pulex irritans*), a pod.; a napokon i parazity domácich alebo synantropných zvierat: pásomnica psia (*Dipylidium caninum*), kliešťovec potkaní (*Bdellonyssus bacoti*), voš svinská (*Haematopinus suis*), srstiarka psia (*Trichodectes canis*), blcha psia (*Ctenocephalides canis*) a i. Naviac, takmer celý terestrický biocyklus obývajú mnohé mikroskopické formy, ktoré sa pasívne šíria vo forme cyst, resp. v štádiu anabiózy – týka sa to najmä nálevníkov (Ciliophora), vírnikov (Rotifera) a pomaliek (Tardigrada). (Prirodzene kozmopolitné areály majú aj niektoré euryekné a mobilné druhy morského biocyklu, ktorý je charakteristický relatívne malým kolísaním hodnôt ekologických faktorov a deficitom ostrých bariér.)

Holarktické druhy obývajú celú, alebo skoro celú severnú pologuľu. Z našej fauny patrí do tejto kategórie vodniak malý [*Galba* (= *Lymnaea*) *truncatula*], škl'abkovka veľká (*Limnadia lenticularis*), križiak obyčajný (*Araneus diadematus*), križiak dvojfarebný (*A. marmoreus*), trasavka koscovitá (*Pholcus opilionoides*), kvetárik dvojtvarý (*Misumena vatia*), skákavka pásavá (*Salticus scenicus*), kosec rožkatý (*Phalangium opilio*), vážka štvorškrvná (*Libellula quadrimaculata*), lajniačik obyčajný (*Aphodius fimetarius*), kováčik sivý (*Adelocera murina*), fuzáč kôrový (*Rhagium inquisitor*), vrzúnik osikový (*Saperda populnea*), spriadač medvedí (*Arctia caja*), lišaj lipkavcový (*Hyles galii*), mora pivničná (*Scoliopteryx libatrix*), babôčka admirálska (*Vanessa atalanta*), babôčka osiková (*Nymphalis antiopa*), modráčik krušinový (*Celastrina argiolus*), štika (*Esox lucius*), čajka sivá (*Larus canus*), rybár obyčajný (*Sterna hirundo*), čorík čierny (*Chlidonias niger*), kačica divá (*Anas platyrhynchos*), chochlačka sivá (*Aythya ferina*), jastrab lesný (*Accipiter gentilis*), kaňa sivá (*Circus cyaneus*), lastovička domová (*Hirundo rustica*), oriešok hnedý (*Troglodytes troglodytes*), kôrovník dlhoprstý (*Certhia familiaris*), vlk (*Canis lupus*), hranostaj (*Mustella erminea*), medveď hnedý (*Ursus arctos*), jeleň hôrny (*Cervus elaphus*) a i. Kozmopolitné i holarktické druhy sú zastúpené vo faune Slovenska asi po dvoch percentách.

Palearktické druhy sa vyskytujú na celom, alebo skoro celom eurázijskom kontinente, s výnimkou tropickej Ázie na juh od himalájskeho komplexu. Niektoré z nich prenikajú i do severnej Afriky. Vo faune Slovenska sú zastúpené dosť početným spektrom druhov (asi 8 %). Patrí k nim šesťočka podkôrna (*Segestria senoculata*), križiak zelený [*Araniella cucurbitina* (= *Araneus cucurbitinus*)], križiak pásavý (*Argiope bruennichi*), maloočka zelená [*Micrommata virescens* (= *roseum*)], sliedič hrubonohý (*Alopecosa cuneata*), lovčík hôrny (*Pisaura mirabilis*), skaliarka bledá (*Drassodes lapidosus*), chrúst obyčajný (*Melolontha melolontha*), pestroš mravcový (*Thanasimus formicarius*), fuzáč pižmový (*Aromia moschata*), fuzáč vrbový (*Lamia textor*), fuzáč smrekový [*Isarthron* (= *Tetropium*) *castaneum*], mníška veľkohlavá (*Lymantria dispar*), perlovec striebrostopásavý (*Argynnis paphia*), babôčka zubatokrídla (*Polygonia c-album*), žltáček rešetliakový (*Gonepteryx rhamni*), mlynárik žeruchový (*Anthocharis cardamines*), ropucha bradavičnatá (*Bufo bufo*), rosnička zelená (*Hyla arborea*), d'ateľ veľký (*Dendrocopos major*), holub plúžik (*Columba oenas*), tchor obyčajný (*Putorius putorius*), srnec hôrny (*Capreolus capreolus*) a ďalšie.

Eurosibírske druhy žijú v skoro celej Európe a v miernom pásme Ázie, často vrátane Japonska. Je to najpočetnejšia zložka fauny Slovenska – podľa rôznych odhadov 50 až 60 %. Uvedieme si len známejšie príklady: jantárovka veľká (*Succinea putris*), kotúľka veľká (*Planorbarius corneus*), kvetárik *Xysticus kochi*, lovčík pobrežný (*Dolomedes fimbriatus*), skákavka *Pellenes tripunctatus*, kováčik zelený (*Corymbites pectinicornis*), lišaj lipový (*Dilina tiliae*), piadivka egrešová (*Abraxas grossulariata*), bielopásovec topoľový (*Limenitis populi*), bielopásovec tavoločníkový (*Neptis rivularis*), čerebľa obyčajná (*Phoxinus phoxinus*), mieň obyčajný (*Lota lota*), plž obyčajný (*Cobitis taenia*), skokan hnedý (*Rana temporaria*), jašterica živorodá (*Lacerta vivipara*), vretenica obyčajná, novšie „severná“ (*Vipera berus*), hlucháň (*Tetrao urogallus*), tetrov [*Tetrao* (= *Lyrurus*) *tetrix*], cibik chochlatý (*Vanellus vanellus*), brehár obyčajný (*Limosa limosa*), sluka hôrna (*Scolopax rusticola*), kačica chrapačka (*Anas querquedula*), tesár čierny (*Dryocopus martius*), d'ateľ malý (*Dendrocopos minor*), mlynárka dlhochvostá (*Aegithalos caudatus*), sýkorka čiernehohlavá (*Parus montanus*), jazvec lesný (*Meles meles*), veverica stromová (*Sciurus vulgaris*) a pod. Podľa niektorých autorov (Heyrovský, 1955) k eurosibírskeym druhom patrí až 70 % fuzáčov známych z územia Slovenska, čo považujeme za mierne nadhodnotené, pretože len k (ponto)mediteránnej zložke patrí aspoň ¼ druhov našej fauny. Ťažisko výskytu niektorých eurosibírskeych druhov je na Sibíri, pričom západnú hranicu areálu dosahujú v strednej Európe. Niekedy hovoríme o faunistických prvkoch **sibírskeho typu**. K tejto málo početnej skupine patria veľmi vzácne a chránené druhy: pestroš *Trichodes irkutensis*, fuzáč červenoštitý [*Leptura* (= *Strangalia*) *thoracica*] a *Boros schneideri* z reliktnej čeľade Boridae, príbuznej poterníkom; zo stavovcov jariabok hôrny [*Bonasa* (= *Tetrastes*) *bonasia*], sova dlhochvostá (*Strix uralensis*) a psík medvedíkovitý (*Nyctereutes procyonoides*). Z rastlín by to mohla byť napr. škarda sibírska (*Crepis sibirica*) a i.

Európske druhy majú ťažisko areálu v Európe, východným smerom neprenikajú ďaleko za Ural. Do tejto dosť početnej skupiny (asi 7 %) patrí napr. močiarka živorodá (*Viviparus viviparus*), slizovec hrdzavý (*Arion rufus*), slizniak pásavý (*Limax cinereoniger*), čiapočka potočná (*Ancylus fluviatilis*), korýtko riečne (*Unio crassus*), cedivka podkôrna (*Amaurobius fenestralis*), spriadavka *Clubiona terrestris*, kútnik tmavý (*Tegenaria atrica*), húseničiar hnedý (*Calosoma inquisitor*), kováčik červenoštitý (*Ischnodes sanguinicollis*), spriadač kostihojový [*Callimorpha* (= *Euplagia*) *quadripunctaria*], skokan zelený (*Rana esculenta*), kunka obyčajná, novšie červenobruchá (*Bombina bombina*), jašterica múrová [*Podarcis* (= *Lacerta*) *muralis*], haja červená (*Milvus milvus*), d'ateľ prostredný (*Dendrocopos medius*), žlna zelená (*Picus viridis*), sýkorka chochlatá (*Parus cristatus*), krt obyčajný, resp. zemný (*Talpa europaea*), netopier veľkouchý (*Myotis bechsteini*), netopier obyčajný (*Myotis myotis*), kuna hôrna (*Martes martes*), ryšavka žltohrdlá (*Apodemus flavicollis*) a pod.

Prekvapujúco vysoké zastúpenie v našej faune majú **teplomilné faunistické prvky**, ktoré na južné, ale i stredné Slovensko prenikajú z juhu alebo juhovýchodu – na základe štúdia rôznej literatúry i vlastnej empirie odhadujeme, že tvoria aspoň 25 % našej fauny. Ich rozšírenie má u nás (na hranici areálu) často disjunktívny, ostrovčekovitý charakter. Veľké množstvo druhov južného pôvodu nájdeme najmä medzi pavúkmi a hmyzom; v niektorých čeľadiach (napr. krasoňovité – Buprestidae a májkovité – Meloidae) je to i vyše 50 %! Najčastejšiu kategóriu predstavujú **mediteránne druhy**. Centrum ich areálu sa nachádza v južnej Európe v oblasti Stredozemného mora, no mnohé z nich zasahujú i do severnej Afriky a Malej Ázie. Patria k nim napr. strehúň *Lycosa radiata*, križiak pásavý* (*Argiope bruennichi*), skaliarka *Poecilochroa variana*, skákavka *Philaeus chrysops*, skutigera dlhonohá (*Scutigera coleoptrata*), koník stepný

(*Acrida hungarica*), sága stepná (*Saga pedo*), cikáda viničná [*Tibicina* (= *Tibicen*) *haematodes*], ostročielka zelenkastá (*Dictyophara europaea*), bzdocha pásavá* (*Graphosoma lineatum*), pamodlivka dlhokrúrká (*Mantispa styriaca*), bystruška *Carabus hungaricus*, krasoň hnedý [*Aurigena* (= *Perotis*) *lugubris*], krasoň *Anthaxia hungarica*, pestroš veľký (*Clerus mutillarius*), pľuzgiernik lekársky (*Lytta vesicatoria*), vzácny a chránený potemník *Menephilus cylindricus*, lajniak skarabeusovitý (*Sisyphus schaefferi*), fuzáč broskyňový (*Purpuricenus kaehleri*), lišaj smrtihlav (*Acherontia atropos*), lišaj dubový (*Marumba quercus*), perlovec dvojradový (*Brenthis hecate*), pestroň vlkovcový (*Zerynthia polyxena*), mravec *Liometopum microcephalum*, jašterica zelená (*Lacerta viridis*), sokol bielopazúrový (*Falco naumanni*), výrik lesný (*Otus scops*), včelárik zlatý (*Merops apiaster*) a mnohé iné. (Druhy označené „*“ sa v poslednej dobe šíria na sever a majú stále populácie už i v Poľsku.) Relatívne menšiu skupinu predstavujú **pontomediteránne druhy**. Centrum ich areálu sú krajiny okolo Čierneho mora a juhorské stepi – do strednej Európy teda prenikajú z juhovýchodu. K známejším zástupcom patrí kopýtko prirastené (*Dreissena polymorpha*), strehúň škvrnitý (*Lycosa singoriensis*), kosec klepietkár (*Zacheus crista*), viničiar čierny (*Lethrus apterus*), veľmi vzácna májka dúhová (*Meloe variegatus*), zavalitý bezkridlý potemník *Gnaptor spinimanus*, zemné fuzáče z rodu *Dorcadion*, mravec drobný (*Plagiolepis pygmaea*), krátkonôžka štíhla (*Ablepharus kitabeli*), kaňa stepná (*Circus macrourus*), strnádka cia (*Emberiza cia*), tchor stepný (*Putorius eversmanni*) a syseľ pasienkový [*Spermophilus* (= *Citellus*) *citellus*].

Protikladom predchádzajúcej skupiny sú **chladnomilné druhy horské**, charakteristické disjunktívnymi areálmi. Hoci ide o málo početnú skupinu fauny (asi 2 %), patria sem druhy z vedeckého a kultúrneho hľadiska často nesmierne cenné – vo väčšine prípadov ide o druhy veľmi zraniteľné a chránené. K **boreoalpínskym druhom** patrí drobný ulitník *Vertigo arctica*, žiabronôžka arktická (*Branchinecta paludosa*), strehúne *Pardosa nigra* a *Alopecosa pinetorum*, pavúk *Tiso aestivus* (čeľaď Linyphiidae), bystruška Fabriciova (*Carabus fabricii*), kováčik *Selatosomus rugosus*, liskavka *Chrysolina* (= *Chrysomela*) *lichenis*, nosáček *Otiorhynchus arcticus*, piadivka *Psodos quadrifaria*, perlovec severský (*Boloria pales*), očkáne *Erebia pandrose*, *E. gorge* a *E. goante*; zo stavovcov hraboš snežný (*Chionomys nivalis*). O niečo početnejšia je skupina **boreomontánných druhov**. Patrí k nim napr. bystruška hladká (*Carabus glabratus*), bystruška *Carabus arcensis*, drobník *Olisthaerus substriatus*, kováčik smolovočierny (*Ampedus aethiops*), kováčik *Lacon fasciatus*, vyklenulec *Carpathobyrrhulus tatricus*, veľmi vzácny potemník *Bius thoracicus*, fuzáče *Tragosoma depsarium*, *Cornumutilla quadrivittata*, *Brachyta* (= *Evodinus*) *interrogationis*, *Acmaeops septentrionis*, *Pachyta lamed* a *Cyrtoclytus capra*, liskavka *Oreina caerulea* (v staršej literatúre uvádzaná pod názvom *Chrysochloa rugulosa*), pôtik kapcavý (*Aegolius funereus*), kuvičok vrabčí (*Glaucidium passerinum*), dhubník trojprstý (*Picoides tridactylus*), drozd kolohrivý (*Turdus torquatus*), myšovka vrchovská (*Sicista betulina*), piskor vrchovský (*Sorex alpinus*) a i.

Poslednou, menej početnou zložkou fauny Slovenska sú druhy s malým až veľmi malým areálom (asi 2 %). Vyskytujú sa len v menšej časti Európy, alebo dokonca iba na Slovensku. Pomerne najväčší areál z nich majú **stredoeurópske druhy**, ktoré žijú iba v stredoeurópskom regióne a do južnej, západnej i severnej Európy zasahujú nanajvýš len okrajom areálu. Patrí k nim napr. drobný ulitník *Bithynella austriaca*, 'ciha' obyčajná (*Laciniaria biplicata*), slimák trojzubý (*Isognomostoma isognomostomos*), slimák červenkastý (*Monachoides incarnatus*), vzácne a chránené druhy kováčik štvorškrvný (*Ampedus quadrisignatus*) a kováčik fialový (*Limoniscus violaceus*), a napokon ucháč sivý (*Plecotus austriacus*). Niektoré druhy žijú iba v Karpatoch – to znamená, že okrem Slovenska i v južnom Poľsku, západnej Ukrajine a často i v Rumunsku (Južné Karpaty). Do kategórie **karpatských druhov** patrí slizniak karpatský* (*Bielzia coerulans*), slimák opásaný [*Faustina* (= *Helicigona*) *faustina*], klepietkár karpatský (*Ischyropsalis manicata*), kosec *Paranemostoma kochi*, chvostok veľký* (*Tetradontophora bielensis*), kováčik *Athous carpathicus*, vzácny a chránený fuzáč zemolezový [*Pseudogaurotina* (= *Gaurotes*) *excellens*] a mlok karpatský (*Triturus montandoni*). (Druhy označené „*“ zasahujú i do Sudet.) Niektoré druhy žijú iba vo Východných Karpatoch, preto ich na Slovensku zastihneme len v najvýchodnejšej časti územia. Je to najmä potemník *Laena reitteri* a bystruškovité chrobáky *Nebria fuscipes*, *Deltomerus carpathicus* a *Duvalius subterraneus*. Napokon treba spomenúť nepočetnú skupinu **alpsko-karpatských druhov**, ktoré žijú len v týchto dvoch horských komplexoch. Patrí k nim nosáček *Otiorhynchus alpicola*, kamzík vrchovský (*Rupicapra rupicapra*) a svišť vrchovský (*Marmota marmota*). Viac spoločných druhov by sa našlo medzi hmyzom a pavúkmi, ide však o veľmi málo známe druhy. [Okrajovo by sme mohli spomenúť **atlantické** (západoeurópske) **druhy**, ktoré do strednej Európy zasahujú len okrajom areálu. Ide o málo početnú zložku fauny, zastúpenú napr. v Českej republike bystruškou zlatistou (*Carabus auratus*), zdochlinárom

Necrophilus subterraneus, ropuchou krátkonohou (*Bufo calamita*), ježom tmavým (*Erinaceus europaeus*) a králikom divým (*Oryctolagus cuniculus*). Na Slovensku patrí do tejto kategórie azda len slimák meňavý (*Cepaea hortensis*) a niekoľko málo známych druhov hmyzu.]

Osobitnú zmienku si zasluhujú **endemické druhy fauny Slovenska**. Z ulitníkov boli doposiaľ len na Slovensku zistené slizniak fatranský (*Deroceras fatrense*), 'ciha' *Cochlodina cerata*, alopia zádielska (*Alopiopsis bielskii*), chondrina tatranská (*Chondrina tatrica*), valónia tatranská (*Spelaeodiscus triarius tatricus*), ulitníky s plochou belavou ulitou s tmavšími pásmi *Chilostoma cingulella* a veľmi vzácny druh *Ch. rossmaessleri*; a napokon drobný stygobiontný druh *Alzoniella* (= *Belgrandiella*) *slovenica* z Veľkej Fatry. K endemickým máloštetinavcom patrí *Eisenia veneta* z nitrianskeho regiónu a tatranské druhy *Tatriella slovenica* a *Trichodrilus tatrensis*. Endemické článkonožce zastupuje žiabronôžka *Chirocephalus slovacus* (periodické vody južného Slovenska), pavúky *Anyphaena furva* (Slovenský kras), *Lepthyphantes annulatus* a *L. varians* (Vysoké Tatry), šťúrik *Neobisium slovacum*, mnohonôžka *Allorhiscosoma sphinx* a chrobák *Bryaxis monstrosotibialis* (čel'ad' Pselaphidae); posledné 3 menované druhy žijú predovšetkým v jaskyniach. K endemitom patrí aj horská mnohonôžka *Leptoiulus tatricus*, drobčičky *Phymaturosilusa magnifica* a *Bellatheta fatrica* z Veľkej Fatry, bystruškovité chrobáky *Deltomerus tatricus* a *Nebria tatrica*, kováčik *Athous silicensis* (známy zatiaľ asi len zo Slovenského krasu) a napokon aj jediný druh stavovca – hraboš tatranský (*Microtus tatricus*); v starších publikáciách udávaný pod synonymom hrabáč tatranský (*Pitymys tatricus*). Osobitnú problematiku predstavuje rozsiahla čel'ad' Curculionidae. V diele Jedlička et al. (1995) je napr. uvedených až 20 druhov (!) endemických nosáčikov; ako príklad môžeme spomenúť *Otiorhynchus roubali* (Slovenský kras), *Barypeithes purkyněi* (Vtáčnik), *B. liptoviensis* (Liptov a stredné Slovensko) a *Baris steppensis* (okolie Hronského Beňadiku).¹⁵ Prednedávnom bol z južného Slovenska popísaný nový druh modráčika *Polyommatus slovacus*, ktorý sa dosť podobá na príbuzný druh *P. (= Lysandra) coridon*. V zmysle doterajších poznatkov ide tiež o endemita slovenskej fauny, aj keď výskyt sa dá očakávať aj u našich južných susedov (v Maďarsku a Rakúsku).

I. 6. 5 Prehľad základných spoločenstiev bioty

V tejto kapitole budeme hovoriť o mezodimenzii – strednej dimenzii stratifikácie bioty. Každý druh je prvkom určitého spoločenstva – ekosystému (u euryekných druhov i viacerých). Lokálne ekosystémy (ďalej iba „ekosystémy“) zjemňujú, spresňujú a konkretizujú štruktúru spoločenstva určitej konkrétnej, plošne nie príliš veľkej lokality v rámci určitého geobiómu.

Rozšírenie ekosystémov v prírode väčšinou v podstatnej miere závisí od nadmorskej výšky – sú to **zonálne ekosystémy**; v niektorých prípadoch však od nej závisí iba v menšej miere – **azonálne ekosystémy**. V nasledujúcom texte si spomenieme typických zástupcov flóry a fauny jednotlivých ekosystémov. Dôraz je kladený na známejšie, resp. chránené druhy. Informácie o faune vychádzajú zväčša priamo z našich skúseností, údaje o flóre sme konfrontovali s publikáciou Biotopy Slovenska [Ružičková, Halada, Jedlička & Kalivodová (eds.), 1996]. Stručná charakteristika hlavných spoločenstiev sa začína od tých najvyšších – drsných ekosystémov na hrebeňoch Tatier.

I. 6. 5. 1 Zonálne ekosystémy

Alpínske pásmo – alpínsky a subniválny vegetačný stupeň

V strednej Európe je vyvinuté v najvyšších polohách hôr, ktoré presahujú 2 000 m n. m. Takéto spoločenstvá sú vyvinuté vo výškach ± 1 800 – 2 655 m n. m. (u nás) na hrebeňoch, skalných rebrách a strmých vrcholových partiách pohorí. Klíma je veľmi drsná, vegetačné obdobie trvá iba 3, max. 4 mesiace. Tieto

¹⁵ reálny endemizmus týchto i ďalších nosáčikov by však v budúcnosti mohol byť diskutabilný po prípadnom náleze týchto druhov mimo hraníc Slovenska. Faunistický výskum tejto determinácie ťažkej čel'ade v strednej Európe je totiž nerovnomerný a neúplný. Podobný prípad predstavuje nedávny nález jaskynného šťúrika *Neobisium slovacum* na území Maďarska asi 2 km od štátnej hranice (Kárpáthevyi, 2007). Podobne kováčik *Athous silicensis*, popísaný zo Slovenského krasu, bol nedávno potvrdený z Rakúska (Platia & Németh, 2011); ako i pavúk *Anyphaena furva*, novšie potvrdený z Českej republiky (Buchar & Ružička, 2002). V prísnom chápaní už nejde o „striktné“ endemity slovenskej fauny, podstatná časť ich areálu však tak či tak (s vysokou pravdepodobnosťou) leží na území Slovenska.

lokality sú po celý rok vystavené silným vetrom, v zimnom období sú takmer bez snehovej pokrývky. Vegetácia je iba bylinná, v nižšej časti alpínskeho pásma nájdeme však už aj zakrpatené kríčkovité formy (ako v tundre). Pokryvnosť vegetácie smerom hore klesá až pod 25 %, na skalách dominujú lišajníky, na vlhkejších miestach machy. Vysokohorské prostredie vytvára priaznivé podmienky pre zachovanie glaciálnych rastlinných i živočíšnych reliktov. V tomto zmysle plní funkciu refúgiu (Boltižiar, 2009).

Flóra je dosť chudobná (vyvinula sa po poslednej dobe ľadovej), ale prevažujú typické druhy – oreofyty: poniklec biely (*Pulsatilla alba*), prvosenka najmenšia (*Primula minima*), vĺba sieťkovaná (*Salix reticulata*) a príbuzné drobné poliehavé kríčkovité druhy, veronika bezlistá (*Veronica aphylla*) hlavne na vápenci, silenka bezbyľová (*Silene acaulis*), lomikameň snežný (*Saxifraga nivalis*) a 2 – 3 príbuzné druhy, rozchodník alpínsky (*Sedum alpestre*), iskerník alpínsky (*Ranunculus alpestris*), šucha obojpohlavná (*Empetrum hermaphroditum*), kamzičnica Clusiova (*Aronicum clusii*) a viac druhov machov a lišajníkov, ktoré však zväčša spoľahlivo určí len špecialista. Na karbonátovom podloží je druhové bohatstvo omnoho väčšie ako na silikátových horninách.

Fauna je dosť chudobná na druhy, vyskytujú sa tu ① mobilné druhy so širokou hypsometrickou amplitúdou (napr. dobre lietajúce babôčky a i.), ale i ② prísne špecifické druhy alpínskeho stupňa. K nim patria: drobný ulitník *Vertigo arctica*, sliedič *Pardosa nigra*, žiabronôžka severská (*Branchinecta paludosa*), hrotokridlovec *Hepialus carna*, piadivka *Psodos quadrifaria*, očkáne *Erebia pandrose*, *E. gorge* a *E. goante*, perlovec *Boloria pales*, bystruška *Carabus fabricii*, kováčik *Selatosomus rugosus*, nosáčky *Otiorynchus arcticus* a *O. alpicola*, vrchárka červenká (*Prunella collaris*) a kamzík vrchovský (*Rupicapra rupicapra*). Typické spoločenstvá alpínskeho pásma nájdeme u nás len vo Vysokých, Západných, Belanských a Nízkych Tatrách.

Subalpínske pásmo – subalpínsky vegetačný stupeň

Vyvinuté je (u nás) vo výškach ± 1 400 – 1 800 m n. m., no jeho dolná hranica je často znížená aj pod 1 300 m v dôsledku odlesnenia (horské pasienky). Vegetácia je hlavne bylinná s pokrývnosťou 80 – 100 %, no rastie už zastúpenie krovinatých foriem (tundra ➔ str. 60), pre hory strednej Európy je najviac charakteristická kosodrevina (*Pinus mugo*). Do nižších polôh subalpínskeho pásma zdola prenikajú i solitéry a skupinky zakrpatených stromov, najmä smreka (*Picea abies*). Vegetačné obdobie je ešte drsné, trvá do 6 mesiacov. V období valaskej kolonizácie v 14. až 15. storočí bola horná hranica kosodrevinových porastov umelo znižovaná, v mnohých prípadoch kosodrevinu úplne nahradili vysokohorské pasienky (typické napr. pre masív Krížnej). Nepriaznivým dopadom bola zvýšená erózia pôdy a lavínové riziko. V mnohých lokalitách bola preto kosodrevina opätovne vysadená (➔ obr. 39).

K typickým druhom **flóry** patria psica tuhá (*Nardus stricta*), ostrica gul'koplodá (*Carex pilulifera*), jastrabník alpínsky (*Hieracium alpinum*), škarda veľkoubořová (*Crepis conyzifolia*), horec bodkovaný (*Gentiana punctata*), horec luskáčovitý (*Gentiana asclepiadea*), ktorý zostupuje aj pod hornú hranicu lesa, nátržník zlatý (*Potentilla aurea*), fialka žltá (*Viola lutea*), kuklica horská [*Sieversia montana* (= *Para-geum montanum*)], brusnica (*Vaccinium vitis-idaea*) a čučoriedka (*Vaccinium myrtillus*), ktorá zostupuje aj nižšie.

Fauna je o niečo bohatšia ako u alpínskeho stupňa, prenikajú sem ① zhora niektoré alpínske druhy, ktoré nie sú extrémne stenotopné; a ② časť mobilných druhov so širokou hypsometrickou amplitúdou (babôčky, modráčiky, mlynáriky a ďalšie lúčne druhy). Indikačné druhy: sliedič *Alopecosa pinetorum*, očkáň červenopásy (*Erebia euryale*), očkáň škvrnitý (*E. manto*) a očkáň fatranský (*E. pronoe*), zdochlinár *Silpha tyrolensis*, bystruška hladká (*Carabus glabratus*), bystruška lesná karpatská (*Carabus sylvestris transsylvanicus*), liskavka *Oreina* (= *Chrysochloa*) *alpestris*, vyklenulec *Carpathobyrrhulus tatricus*, ľabtuška vrchovská (*Anthus spinoletta*), skalariik sivý (*Oenanthe oenanthe*), myšovka vrchovská (*Sicista betulina*), hraboš tatranský (*Microtus tatricus*) [= hrabáč tatranský (*Pitymys tatricus*)], svišť vrchovský (*Marmota marmota*) a i.

Keď zostupujeme z vysokých hôr do stredných a nižších polôh, zákonite si musíme všimnúť dva trendy:

1. prudko rastie biodiverzita, teda absolútny počet druhov, ale pritom
2. klesá percento indikačných druhov, ktoré žijú výhradne v príslušnom ekosystéme. Tento efekt je spôsobený klesajúcou „extrémnosťou“ ekologických podmienok v nižších polohách. Na druhej strane, keď

ekologické podmienky na lesostepných svahoch pri „dolnej hranici lesa“ začínajú dosahovať opačné extrémy, percento indikačných druhov nám opäť prudko rastie. Vo všeobecnosti, v lesných ekosystémoch je relatívne oveľa menej stenotopných druhov než v nelesných, a pokiaľ sa vyskytujú, sú to obyčajne monofágy príslušných drevín z triedy hmyzu.



Obr. 39. Umelo vysadený porast kosodreviny (*Pinus mugo*) na odlesnenom svahu Veľkej Fatry má protieróznú a protilávínovú funkciu (Foto M. Škodová, 2012).

Horské, prevažne smrekové lesy – vyšší horský (supramontánny) vegetačný stupeň

Ekosystémy tohto typu, ktoré sú vlastne horskou analógiou tajgy, sa hojne a na veľkých plochách vyskytujú vo vysokých pohoriach Slovenska; vo výškach $\pm 1\,400 - 1\,100$ m n. m. Ide o priestorovo pomerne málo diferencované, prevažne husto zapojené lesy, len smerom k hornej hranici lesa sa porast rozvoľňuje. Výrazne je vyvinuté len stromové poschodie, krovinový a bylinný podrast pri hustom zápoji úplne chýba, v pralesovitých, prírodnému stavu blízkych horských lesoch je len lokálne vyvinutý.

Porastotvornou drevinou je smrek (*Picea abies*), miestami tvorí významnú zložku smrekovec opadavý (*Larix decidua*) a jarabina vtáčia (*Sorbus aucuparia*); pričom zo stredných polôh na teplom substráte (vápenc, andezit) sa primiešava buk (*Fagus sylvatica*) a jedľa (*Abies alba*). Pri hornej hranici lesa sa vyskytuje aj limba (*Pinus cembra*), ktorá je však autochtónna len vo Vysokých Tatrách. Na druhej strane, na vlhkých chladných inverzných stanovištiach zo subalpínskeho stupňa niekedy prekvapujúco nízko – i pod 1 000 m n. m. – zostupuje kosodrevina. Klíma je ešte drsná, ale mrazy i intenzita vetra sú vďaka lesu miernejšie. Vegetačná sezóna trvá zriedka dlhšie ako 6 mesiacov, lebo sneh sa v hustom poraste drží často dlhšie ako na exponovaných svahoch v subalpínskom stupni.

Flóra: papradka alpínska (*Athyrium distentifolium*), plavúň pučivý (*Lycopodium annotinum*), chvostník jedľovitý (*Huperzia selago*), podbelica alpínska (*Homogyne alpina*), soldanelka karpatská (*Soldanella carpathica*), ktorá vystupuje až do kosodreviny, srnovník purpurový (*Prenthes purpurea*), kokorík praslenatý (*Polygonatum verticillatum*), čučoriedka obyčajná (*Vaccinium myrtillus*), na vlhkých miestach (prameniská a pod.) aj záružlie horské (*Caltha laeta*), na rašeliniskách rašelinníky (*Sphagnum* spp.), kortúza Matthioliho (*Corthusa matthioli*) na vápencovom podloží a i.

Fauna je už pomerne bohatá, okrem tieňomilných a dosť chladnomilných horských druhov sem prenikajú i mnohé euryeknejšie druhy subalpínskeho stupňa. Indikačné druhy: kováčik smolovočierny (*Ampedus aethiops*), kováčik *Lacon fasciatus*, vzácné fuzáče *Tragosoma depsarium*, *Callidium coriaceum*, *Cornumutilla quadrivittata*, *Pachyta lamed* a *Brachyta* (= *Evodinus*) *interrogationis*, mlok karpatský (*Triturus montandoni*), pôtik kapcavý (*Aegolius funereus*), kuvičok vrabčí (*Glaucidium passerinum*), drozd kolohrivý (*Turdus torquatus*), pinka severská (*Fringilla montifringilla*), hlucháň (*Tetrao urogallus*), tetrov [*Tetrao* (= *Lyrurus*) *tetrix*], krivonos obyčajný (*Loxia curvirostra*), piskor vrchovský (*Sorex alpinus*) a i.

Dôležitá poznámka: Smrekový vegetačný stupeň môže byť v staršej literatúre označovaný ako tzv. 'vyšší stupeň montánný'. Na miestach pod 1 100 m n. m. (na vápenci pod 1 200 m n. m.) by už mali v strednej Európe za normálnych okolností – t. j. bez zásahov človeka, výrazne dominovať listnaté stromy. Hovoríme o tzv. 'nižšom stupni montánnom'. Tieto porasty sú ohrozované najmä ťažbou dreva. Dosádza sa smrek, čím vznikajú ekologicky menej stabilné smrekové monokultúry. Po odstránení porastov ich nahrádzajú jednokosné lúky a chudobné pasienky. Horské, prevažne smrekové lesy sú ohrozované aj znečistením ovzdušia.

Bučiny – podhorský (submontánný) až horský vegetačný stupeň

Bučiny predstavujú najrozšírenejšie lesné spoločenstvá na Slovensku (predstavujú takmer 56 % z rozlohy lesov Slovenska). Vzhľadom na pôvodnú štruktúru vegetácie by mali výrazne dominovať v submontánnom až nižšom montánnom stupni (450 – 1 050 m n. m.). Bučiny predstavujú širokú škálu spoločenstiev na rôznom geologickom podloží, rôzne živinami zásobených pôdach, od karbonátov po kyslé pôdy. Najväčšie zastúpenia majú na živinami stredne zásobených pôdach. Na vlhších pôdach sú to tzv. kvetnaté bučiny so súvislým bylinným krytom: marinka voňavá (*Galium odoratum*), zubačka cibulkonosná (*Dentaria bulbifera*), kopytník európsky (*Asarum europaeum*), samorastlík klasnatý (*Actea spicata*), hluchavník žltý (*Galeobdolon luteum*) a i. Pri hromadení bukového opadu vznikajú bučiny takmer bez bylinného podrastu, tzv. „nudálne“, resp. holé bučiny, ktoré predstavujú cca 16 % rozlohy lesov Slovenska. Bučiny sú intenzívne využívané ako hospodárske lesy, často sú nahrádzané lúkami, pasienkami či ornou pôdou pre okopaniny.

Mimo ekologického optima buka sú svetlejšie bučiny na vápenci a iných karbonátových horninách. Majú pestrejšie druhové zloženie: rastú tu niektoré orchidey, napr. prilbovka červená (*Cephalanthera rubra*), vemenník dvojlistý (*Platanthera bifolia*) a črievičník papučkový (*Cypripedium calceolus*), ľalia zlatohlavá (*Lilium martagon*), lazerník širokolistý (*Laserpitium latifolium*); z drevín sa vyskytuje drieň obyčajný (*Cornus mas*) a liana brečtan popínavý (*Hedera helix*). Bučiny na kyslých, väčšinou tvrdých a živinami chudobných horninách (kremenec, rula, fylity, bridlice a pod.) v podhorských oblastiach sú často skoro jednoetážové, so slabo vyvinutým a len lokálne prítomným krovitým a bylinným podrastom. Rastie tu napr. chlpaňa hájna (*Luzula luzuloides*), metlica krivoľaká (*Deschampsia flexuosa*), čučoriedka (*Vaccinium myrtillus*), vo vyšších polohách je hojná chlpaňa chlpatá (*Luzula pilosa*) a tôňovka dvojlistá (*Maianthemum bifolium*).

Horské bučiny – ekosystémy tohto typu sa pôvodne vyskytovali na tisíckach km² v stredných horských polohách Karpát ($\pm 750 - 1\,150$ m n. m.). V dôsledku premeny pôvodne zmiešaných porastov na smrekové monokultúry (táto „móda“ bola aktuálna v 19. storočí a v prvej polovici 20. storočia, na Slovensku žiaľ prežíva dodnes) sa z nich zachovali väčšinou už len menšie plochy v rezerváciách a na menej prístupných miestach. Klíma je už menej drsná, vegetačná doba trvá 6,5 – 7 mesiacov. V horských bučinách sa často zvyšuje zastúpenie jedle (hovoríme aj o jedľo-bučinách), a na skalnatých miestach navyše prístupuje javor horský (*Acer pseudoplatanus*) a brest horský (*Ulmus montana*). Z bylín tu rastú: veronika horská (*Veronica montana*), zubačka deväťlistá (*Dentaria enneaphyllos*), zubačka žliazkatá (*D. glandulosa*), ktorá je karpatským endemitom, vranovec štvorlistý (*Paris quadrifolia*), starček hájny (*Senecio nemorensis*) a často hojný je výskyt papraďorastov.

Podhorské bučiny – sa hojne vyskytujú vo výškovom rozpätí $\pm 450 - 800$ m n. m. Klíma je už mierne teplá (najmä na južných a JZ expozíciách a na teplom substráte), vegetačné obdobie trvá 7,5 – 8 mesiacov. V podraсте charakteristické zubačka cibulkonosná (*Dentaria bulbifera*) a lipkavec marinkový (*Galium odoratum*).

Pretože fauna nemá skoro nikdy priamy vzťah ku geologickému substrátu, v nasledujúcich odsekoch osobitne, ale stručne pojednáme o faune horských a podhorských bučín. Fauna horských bučín je veľmi bohatá, ale percento indikačných druhov je pomerne nízke. Indikačné druhy: ulitník *Daudebardia rufa*, slizniak karpatský (*Bielzia coerulans*), endemický slizniak fatranský (*Deroceras fatrense*), ena horská (*Ena montana*), dážďovka svietivá (*Eisenia lucens*), klepietkár karpatský (*Ischyropsalis manicata*), kosec veľký (*Gyas titanus*), pásikovec *Cordulegaster bidentatus* z radu vážok, bystruška zlatistá (*Carabus auronitens*), bystruška *Carabus irregularis*, vzácny reliktný chrobák *Rhysodes sulcatus* z príbuzenstva bystrušiek, kováčik *Lacon lepidopterus*, krasoň jedľový (*Eurythyrea austriaca*), krasoň *Melanophila knoteki*,

veľmi vzácny chrobák *Boros schneideri* z archaickej čeľade Boridae (príbuzenstvo potemníkov), fuzáč javorový (*Rhopalopus ungaricus*), vrzúnik *Acanthocinus reticulatus*, jariabok hôrny [*Bonasa* (= *Tetrastes*) *bonasia*], tesár čierny (*Dryocopus martius*), rys ostrovid (*Lynx lynx*), medveď hnedý (*Ursus arctos*) a i.

Fauna podhorských bučín je veľmi bohatá, ale indikačných druhov je pomerne malé percento. Indikačné druhy: bystruška hájová (*Carabus nemoralis*), bystruška vráskavá (*C. intricatus*), bystruška kožovitá (*C. coriaceus*), hrobárík čierny (*Necrophorus humator*), roháčik bukový (*Sinodendron cylindricum*), krasoň *Dicerca berlinensis*, plocháč červený (*Cucujus cinnaberinus*), fuzáč alpský (*Rosalia alpina*), fuzáč bukový (*Cerambyx scopolii*), veľmi vzácny fuzáč červenoštitý [*Leptura* (= *Strangalia*) *thoracica*], veľmi vzácny fuzáč *Necydalis ulmi*, okáň bukový (*Agalia tau*), bielopásovec zemolezový (*Limenitis camilla*), žlna zelená (*Picus viridis*), d'ateľ prostredný (*Dendrocopos medius*), d'ateľ bielochrbtý (*D. leucotos*), mačka divá (*Felis sylvestris*), sviňa divá (*Sus scrofa*) a ďalšie.

Dubovo-hrabové a dubové lesy – nížinný (planárny) až pahorkatinný (kolinný) vegetačný stupeň

Priestorovo aj vekovo diferencované porasty lokálne rozvoľneného charakteru (na exponovaných svahoch výskyt xerothermných enkláv) s dobre vyvinutými všetkými poschodiami, čiastočne okrem machového, s veľmi vysokou diverzitou. Tieto ekosystémy sú charakteristické pre teplé listnaté lesy pahorkatín. Klíma je už väčšinou teplá, vegetačné obdobie trvá 8,5 – 9 mesiacov. Rozlišujeme:

- teplomilné dubiny – nížiny a pahorkatiny do 400 m n. m., teplé a suché stanovištia s južnou expozíciou (južné Slovensko) na výhrevných horninách (vápenec, dolomit, andezit, čadič);
- kyslomilné dubiny – do 700 m n. m. (Malé Karpaty, Tribeč, Považský Inovec) na nevápnitom substráte (kremence, amfibolity, ryolity, ruly);
- dubovo-hrabové lesy – väčšina našich pohorí, nížin do 600 m n. m. (riečne terasy, náplavové kužele, mierne svahy) na rôznych substrátoch.

Vegetácia: Porastotvornou drevinou sú duby (*Quercus* spp. – u nás podľa novších poznatkov 8 druhov, problematika by si zasluhovala podrobnejší dendrologický komentár!), hrab (*Carpinus betulus*), v prímеси do cca 20 % môže byť aj buk lesný (*Fagus sylvatica*). Ďalšie časté prímesové dreviny, najmä v svetlejších častiach, na okrajoch porastov, skalných terasách a pod. sú lipy (*Tilia* spp.), javor poľný (*Acer campestre*), lieska (*Corylus avellana*); na teplých lokalitách brekyňa (*Sorbus torminalis*), mukyňa (*Sorbus aria*), hlohy (*Crataegus* spp.), bršleny (*Euonymus* spp.), tavoloň prostredný (*Spiraea media*), skalník čiernoplodý (*Cotonaester melanocarpa*), trnka (*Prunus spinosa*), svíb krvavý (*Swida sanguinea*) a ďalšie. Z bylín sa v podraсте vyskytujú ostrica chlpatá (*Carex pilosa*), zubačka cibuľkonosná (*Dentaria bulbifera*), jahoda obyčajná (*Fragaria vesca*), lipkavec marinkový (*Galium odoratum*), medunka medovkolistá (*Melittis melissophyllum*), kokorík širokolistý (*Polygonatum latifolium*) a mnohé ďalšie. Výrazný je jarný aspekt bylín, z ktorých asi najskôr kvitne snežienka jarná (*Galanthus nivalis*), ktorá indikuje teplý panónsky charakter spoločenstva.

Fauna je veľmi bohatá, pričom už výrazne stúpa zastúpenie indikačných druhov. Patria k nim: križiak *Araneus angulatus*, kosec klepietkár (*Zacheus crista*), roháč veľký (*Lucanus cervus*), zlatoň ligotavý [*Protaetia* (= *Cetonischema*, *Potosia*) *aeruginosa*], pižmovec hnedý (*Osmoderma eremita*), zlatoň tmavý (*Liocola lugubris*), veľmi vzácne druhy kováčik štvorškrnný (*Ampedus quadrisignatus*), kováčik fialový (*Limoniscus violaceus*) a kováčik dubový (*Lacon querceus*), krasoň dubový (*Eurythya quercus*), pestroš veľký (*Clerus mutillarius*), pakôrnik dubový (*Bostrychus capucinus*), fuzáč veľký (*Cerambyx cerdo*), fuzáč dubový (*Plagionotus arcuatus*), fuzáč červený (*Pyrrhidium sanguineum*), stužkavec dubový [*Catocala* (= *Mormonia*) *sponsa*], lišaj dubový (*Marumba quercus*), bielopásovec tavoloňový (*Neptis rivularis*), bielopásovec hrachorový (*N. sappho*), hnedáčik osikový [*Hypodryas* (= *Euphydryas*) *maturna*], perlovec ostružinový (*Brenthis daphne*), skokan šťihly (*Rana dalmatina*), slepúch lámavý (*Anguis fragilis*), užovka stromová (*Elaphe longissima*)¹⁶, výrik lesný (*Otus scops*), haja červená (*Milvus milvus*), haja tmavá (*M. korschun*), orol kráľovský (*Aquila heliaca*), slávik krovinový (*Luscinia megarhynchos*), myšovka tmavopása (*Apodemus agrarius*), muflón (*Ovis musimon*) a mnohé ďalšie.

16 tento druh však na vhodnom substráte a teplej expozícii vystupuje prekvapujúco vysoko do hôr – napr. na sutiach a skalných terasách južných svahov Poľany (Hrochotská dolina) až do výšky cca 1 000 m n. m.!

Lesostepi, xerothermné svahy – alebo «dolná hranica lesa»

Sú to spoločenstvá na extrémnych stanovištiach, ako sú čelá lávových prúdov, sute, skalnaté svahy, sprašové odkryvy a pod.; najmä na južne až JZ orientovaných svahoch v teplých regiónoch južného, ale i stredného Slovenska. Vegetácia, ktorá má charakter riedkeho lesa až lesostepi, je charakteristická dominanciou dubov (*Quercus* spp.) s bohatým zastúpením prímiesových drevín. Sú to napr. ruže (*Rosa* spp.), rešetliaky (*Rhamnus* spp.), javor tatársky (*Acer tataricum*), svíb krvavý (*Swida sanguinea*), drieň (*Cornus mas*), dráč obyčajný (*Berberis vulgaris*), mechúrnik stromovitý (*Colutea arborescens*), škumpa vlasatá (*Cotinus coggygria*), mandľa nízka (*Amygdalus nana*), pôvodná asi len v Slovenskom krase, a i. Klíma je už vyložene teplá, vegetačné obdobie trvá 9 – 10 mesiacov. Extrémnosť týchto stanovišť, ktoré už začínajú byť nevhodné pre rast súvislého lesa, nie je daná len absolútnymi teplotami, ale aj nepravidelnosťou zrážok, presychavosťou substrátu a niekoľkotýždňovými „výpekmi“ počas letných mesiacov.

Xerothermné spoločenstvá sú vyvinuté najmä na sopečných a karbonátových substrátoch (➔ obr. 40 na str. 78); vyložene piesčité pôdy sú natoľko odlišné, že vyžadujú osobitný komentár. Charakter vegetácie len čiastočne závisí od typu geologického podkladu – niektoré teplomilné rastliny dávajú prednosť vápenču, pre iné nie je typ substrátu významný ekologický faktor. **Flóra** je veľmi bohatá. Z významnejších bylín treba spomenúť hlaváčik jarný (*Adonis vernalis*), iskerník ilýrsky (*Ranunculus illyricus*), kavyle (*Stipa* spp.), šalát trváci (*Lactuca perennis*), hadí mor rakúsky (*Scorzonera austriaca*), hrdobradka obyčajná (*Teucrium chamaedrys*), kozinec rakúsky (*Astragalus austriacus*), divozel tmavočervený (*Verbascum phoeniceum*), pupenec kantabrijský (*Convolvulus cantabricus*), hadinec červený (*Echium russicum*), rumenica piesočná (*Onosma arenaria*), kukučka vencová (*Lychnis coronaria*), poniklec lúčny (*Pulsatilla pratensis*)... Osobitnú zmienku si zaslúžia orchidey, najmä druhy rodu *Ophrys*, zastúpeného vo viacerých, často i endemických druhoch v Stredomorí; u nás sa dosť hojne vyskytuje len hmyzovník muchovitý (*Ophrys insectifera*), ostatné druhy sú veľmi vzácne.

Fauna má ekotonový charakter a je najbohatšia zo všetkých ekosystémov strednej Európy. Podiel indikačných druhov stúpa až na 50 %! K známejším, resp. chráneným druhom patria: slimák stepný [*Xerolenta* (= *Helicella*) *obvia*], slimák trojzubý (*Chondrula tridens*), slimák *Abida frumentum*, zebrina teplomilná (*Zebrina detrita*), stepník červený (*Eresus moravicus*)¹⁷, strehúň *Lycosa radiata*, niekoľko druhov z rodu *Alopecosa*, hryzavička slepá (*Cryptops anomalans*), ucholakovka stepná (*Cataglyphis aequilona*), ucholak dvojbodkový (*Anechura bipunctata*), švábik škvrnitý (*Hololampra maculata*), sága stepná (*Saga pedo*), koník ružovokridlý (*Calliptamus italicus*), koník modrokridlý (*Oedipoda coerulescens*), cikáda viničná [*Tibicina* (= *Tibicen*) *haematodes*], ploskoroh škvrnitokridlý [*Libelloides* (= *Ascalaphus*) *macaronius*], pamodlivka dlhokrú (*Mantispa styriaca*), bystrušky *Carabus scabriusculus* a *C. montivagus*, lajniak skarabeusovitý (*Sisyphus schaefferi*), viničiar čierny (*Lethrus apterus*), krasoň južný (*Anthaxia hungarica*) a krasoň *A. olympica* (ich areál zasahuje až ku Zvolenu!), krasoň *Sphaenoptera antiqua*, prakticky všetky májky (*Meloe* spp.), potemník *Gnaptor spinimanus*, zemné fuzáče z rodu *Dorcasion*, štíhle fuzáče z rodu *Agapanthia*, vyvíjajúce sa v hrubších bylinách, vzácne fuzáče *Phytoecia scutellata* a *Ph. argus*, vretienka vičencová (*Zygaena carniolica*), lišaj mliečnikový [*Hyles* (= *Celerio*) *euphorbiae*], spriadač egrešový (*Rhypparia purpurata*), spriadač marinkový (*Eucharia casta*), perlovec červený (*Pandoriana pandora*), perlovec dvojradový (*Brenthis hecate*), očkán ovsíkový (*Minois dryas*), jašterica zelená (*Lacerta viridis*), krátkonôžka štíhla (*Ablepharus kitaibeli*), užovka hladká (*Coronella austriaca*), prieložník stepný (*Glareola praticola*), stepiar ostrochvostý (*Syrrhaptes paradoxus*), strnádka cia (*Emberiza cia*), bielozúbka bielobruchá (*Crocidura leucodon*), ryšavka myšovitá (*Apodemus microps*) a mnohé iné.

Osobitnou kategóriou sú druhy tzv. **kultúrnej stepi**, ktoré sa dobre prispôbili otvorenej krajine s prevažne extenzívnym poľnohospodárskym využívaním (pasienky, kosené lúky a pod.). Patria k nim svrček poľný (*Gryllus campestris*), jarabica poľná (*Perdix perdix*), prepelica poľná (*Coturnix coturnix*), bažant obyčajný (*Phasianus colchicus*), chrapkáč poľný (*Crex crex*), kriticky ohrozený drop veľký (*Otis tarda*),

¹⁷ tento druh je vo všetkých starších publikáciách citovaný ako *Eresus cinnaberinus*. Tento názov je dnes neplatný (nomen nudum). Arachnológovia zistili, že stepníky v strednej Európe patria k trom samostatným druhom, z nich je relatívne hojnejší *Eresus moravicus* – má jarnú aktivitu v teplých dňoch mája, a *E. kollari* – letný druh, aktívny v letných mesiacoch (Rezáč, Pekár & Johannesen, 2008)

škovránok poľný (*Alauda arvensis*), hraboš poľný (*Microtus arvalis*) a syseľ pasienkový [*Spermophilus* (= *Citellus*) *citellus*].

I. 6. 5. 2 Azonálne ekosystémy

A; Suchá séria

Sutinové lesy

Vyskytuje sa lokálne na sutiach a skalnatých svahoch od podhorských polôh do nižšieho montánneho stupňa. Vyskytujú sa v podstate 2 varianty suťového lesa:

1. lipovo-javorové lesy v submontánných polohách (130 – 1 000 m n. m.), dominujú tieto dreviny: javor mliečny (*Acer platanoides*), javor poľný (*A. campestre*) a lipy (*Tilia* spp.) s bohatým krovinovým, ale i bylinným podrastom;
2. javorové horské lesy v horských polohách (800 – 1 200 m n. m.), dominuje javor horský (*Acer pseudoplatanus*) a brest horský (*Ulmus montana*), na vápenci je niekedy primiešaný tis (*Taxus baccata*).

V oboch prípadoch do týchto porastov preniká viacero drevín z okolitých „menej extrémnych“ spoločenstiev (dub, buk, jedľa), a výrazne sa tu uplatňuje ekotonový efekt. Ide o priestorovo aj vekovo diferencované porasty často rozvolneného charakteru (na strmých svahoch prechod do spoločenstva skalnej lesostepi) s dobre vyvinutými všetkými poschodiami, porasty machov sa však vyskytujú len veľmi lokálne (prameniská a pod.), pretože pôdy sú skeletovité, presychavé. Biodiverzita je veľmi vysoká. Krovinové poschodie predstavujú zmladzujúce sa stromy, v podraсте rastú lykovec jedovatý (*Daphne mezereum*) s jarným kvitnutím, baza červená (*Sambucus racemosa*), vo vyšších polohách nájdeme ríbežľu alpínsku (*Ribes alpinum*) a zemolez čierny (*Lonicera nigra*). K typickým bylinám patrí mesačnica trváca (*Lunaria rediviva*), netýkavka nedotklivá (*Impatiens noli-tangere*), múrovník lekársky (*Parietaria officinalis*), prhl'ava dvojdomá (*Urtica dioica*), šalvia lepkavá (*Salvia glutinosa*), bažanka trváca (*Mercurialis perennis*) a viaceré druhy papraďorastov.

Fauna je bohatá, ale indikačných druhov je málo, obyčajne sú troficky viazané na porastotvorné dreviny. Indikačné druhy: v submontánných polohách je to krasoň lipový [*Lampra* (= *Ovalisia*) *rutilans*], fuzáče *Oplosia fennica* a *Stenostola dubia*, faléra lipová (*Phalera bucephala*), lišaj lipový (*Dilina tiliae*); v nižších horských polohách plocháč *Phloeostichus denticollis*, fuzáč javorový (*Rhopalopus ungaricus*) a nosáček *Chonostrophus tristis*. Navyše, do týchto zväčša nevel'kých porastov preniká väčšia časť druhov okolitých ekosystémov. Na skalnaté substráty sú navyše viazané bliktra hladká (*Oxychilus glaber*), orkula súdkovitá (*Orcula dolium*), slimák trojzubý (*Isognomostoma isognomostomos*), endemický slimák *Chilostoma cingulella*, slimák opásaný (*Helicigona faustina*), jašterica múrová [*Podarcis* (= *Lacerta*) *muralis*], klepietkár karpatský (*Ischyropsalis manicata*), inklinujúci k podzemnému spôsobu života, kosec *Leiobunum rupestre*, a viaceré pavúky, najmä z čeľade Agelenidae (*Tegenaria ferruginea*, *T. silvestris*, *Textrix denticulata*).

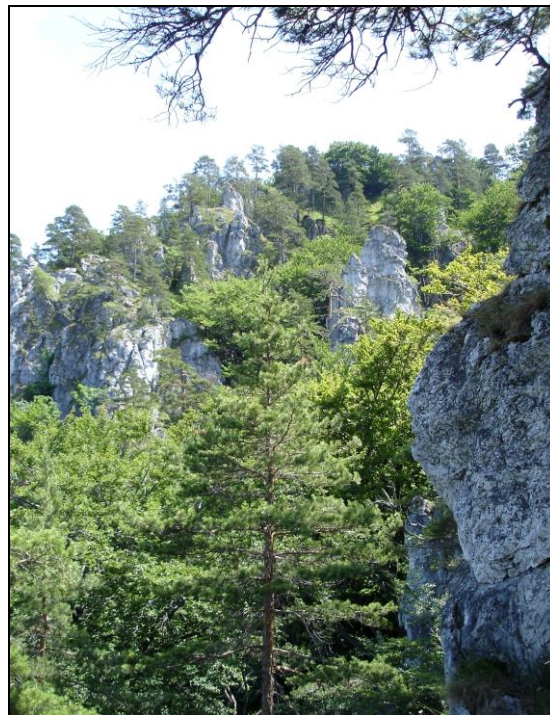
Reliktné (niekedy dealpínske) boriny

Je špecifický typ skalného lesa na extrémnych stanovištiach (často na holej skale), zvyčajne na vápenci (➡ obr. 41). Vyskytuje sa najmä vo vyšších polohách – ekosystémy tohto typu sú charakteristické pre skalnaté partie Veľkej a Malej Fatry, Slovenského Raja, Chočských a Strážovských vrchov, Nízkych Tatier, Muránskej planiny. Ide o reliktné porasty (pozostatok vegetácie z konca ľadovej doby) s bohatým zastúpením vzácnych druhov. Z drevín dominuje borovica lesná (*Pinus sylvestris*), v prímеси sa v úžľabinách medzi vápencovými bralami objavuje javor horský (*Acer pseudoplatanus*), buk (*Fagus sylvatica*), smrek (*Picea abies*) i jedľa (*Abies alba*). Primiešané sú dub zimný (*Quercus petraea*), dub cerový (*Q. cerris*), smrekovec opadavý (*Larix decidua*) vo vyšších polohách, z krovin svíb (*Cornus mas*, *C. sanguinea*), mahalebka (*Cerasus mahaleb*), skalníky (*Cotenaster* spp.) a i. Vyskytujú sa tu niektoré druhy, citované aj v odseku o flóre vápencových skál. Charakteristické sú prvosenka holá (*Primula auricula*) a plesnivec alpínsky (*Leontopodium alpinum*), ktorý nájdeme na vápencových skalách len vo vysokých polohách (vo Veľkej Fatre asi od 1 250 m n. m.). Výlučne na vápencových skalách, a to len na Muránskej planine, rastie lykovec muránsky alebo kríčkovitý (*Daphne arbuscula*). Vyložene indikačných

druhov fauny je veľmi málo, pretože tieto porasty ekotonového charakteru sú vyvinuté roztrúsene a na nie veľkých plochách. Za ne by mohli byť považované: vrzúnik borovicový (*Acanthocinus aedilis*), fuzáč borovicový (*Spondylis buprestoides*), fuzáč [*Arrhopalus* (= *Criocephalus*) *rusticus*], fuzáč [*Isarthron* (= *Tetropium*) *fuscum*], vzácny fuzáč *Notorrhina punctata*, lišaj borovicový (*Sphinx pinastri*), očkáň skaliskový (*Lasiommata petropolitana*), murárik červenokrídly (*Tichodroma muraria*) – väzba u tohto druhu nie je trofická na borovicu, ale topická na skalné zrázy, kde si hľadá potravu (najmä pavúky).



Obr. 40. Xerothermné spoločenstvo skalnej lesostepi s kavyľom na južnom okraji Strážovských vrchov (foto M. Ruttkayová, 2008)



Obr. 41. Reliktné boriny na skalách v masíve Rokoša, Strážovské vrchy (foto M. Ruttkayová, 2008)

Biotopy skál a sutí

Charakter týchto svojráznych spoločenstiev závisí predovšetkým od nadmorskej výšky, expozície a geologického podložia. V tejto časti sa budeme stručne venovať skalným spoločenstvám stredných polôh – biotopy nad hornou hranicou lesa (osobitne rozobraté v časti zonálne ekosystémy) sú zväčša „skalnaté a priori“. Skalné zrázy a sute patria medzi extrémne stanovištia, a to z nasledujúcich dôvodov:

- priamo na skale obyčajne úplne chýba pôda (presnejšie, hlbšia a súvislejšia vrstva pôdy),
- povrch skaly je viac vystavený klimatickým extrémom, než povrch pôdy v lese alebo na lúke: skala neudržiava teplo tak ako pôda (v lete sa často prehrieva, v zime premrzá), a pôda, ak sa nejaká v skalných puklinách vôbec vytvorí, je silne presychavá.

Preto na skalách trvalo prežívajú len špecializované druhy fauny a flóry. Na extrémnych skalných stanovištiach sa, samozrejme, nemôže uchýtiť les, výnimočne sa v puklinách uchytí ojedinelý strom.

Vápencové skaly sú floristicky najbohatšie. Rastú tu napr. niektoré paprade – slezinník červený (*Asplenium trichomanes*), slezinník rutovitý (*A. ruta-muraria*) a najmä slezinník zelený (*A. viride*), chudóbka vřdyzelená (*Draba aizoides*), vápnička skalná (*Kernera saxatilis*), klinček včasný (*Dianthus hungaricus*), skalnica srstnatá (*Jovibarba globifera* subsp. *hirta*) a niektoré lomikamene (*Saxifraga* spp.). Na vlhkejších miestach, niekedy v roklinách, rastie nápadný jazyk jelení (*Phyllitis scolopendrium*), pluzgiernik krehký (*Cystopteris fragilis*), horcokvet Clusiov [*Cimicifuga* (= *Gentiana*) *clusii*], meringia machovitá (*Moehringia muscosa*), zvonček karpatský (*Campanula carpathica*) a i.

Silikátové skalné steny oživuje slezinník severný (*Asplenium septentrionale*), vudsia skalná (*Woodsia ilvensis*), taričník skalný (*Aurinia saxatilis*) a kurička kričkovitá (*Minuartia frutescens*).

Fauna je iba fakultatívna, výnimkou sú niektoré špecializované ulitníky, ktoré spásajú z vápenco-vých skál povlak rias, je to napr. chondrina skalná (*Chondrina arcadica clienta*), *Chilostoma cingulella*, *Pyramidula rupestris* alebo tzv. cihy (*Clausilia* spp.), v starších prácach uvádzané ako vretienky – tento názov však patrí motýľom z čeľade Zygaenidae. Príležitostne sa na týchto biotopoch objavajú aj niektoré stonôžky, pavúky a pod.

Osobitnú zmienku si zasluhujú skalné sute, pretože sú biotopom niektorých špecializovaných živočíchov, najmä článkonožcov. Hlboko v suti málo kolíše teplota a je tam vysoká vlhkosť. V puklinách a hlbších vrstvách sutí v Cerovej vrchovine boli dokonca objavené nové druhy pre faunu Slovenska: pavúk *Kratochviliella bicapitata* z čeľade Linyphiidae (Franc & Hanzelová, 1996) a kosec *Holoscotolemon jaqueti* (Franc & Mlejnek, 1999). Veľmi významné nálezy pavúkov zo sutí publikoval vo viacerých prácach český arachnológ Vlastimil Růžička. Toto spoločenstvo okrem prirodzených biotopov osídľuje aj náhradné stanovištia vzniknuté človekom – steny kameňolomov, múriky, zrúcaniny hradov a pod.

Piesčité biotopy

Sú veľmi špecifickým ekosystémom teplejších regiónov. Piesčiny v strednej Európe majú eolický alebo aluviálny pôvod. Na území Slovenska sú to najmä kyslé chudobné kemité piesky Záhorskej nížiny a na živiny bohaté vápnité piesky Podunajskej, Ipel'skej a Východoslovenskej nížiny. Pôda je piesočnatá, sypká a presychavá, pomerne labilná. Klíma je zväčša teplá. **Flóra** nie je veľmi bohatá (najmä na kemitých pieskoch), ale špecializovaná – rastú tu kavyle (*Stipa* spp.), kozinec rakúsky (*Astragalus austriacus*), katran tatársky (*Crambe tatarica*), sápa hľuznatá (*Phlomis tuberosa*), púpava neskorá (*Taraxacum serotinum*), ometlina sivá (*Koeleria glauca*), stavikrv piesočný (*Polygonum arenarium*), gypsomilka metlinatá (*Gypsophila paniculata*), a veľmi vzácne druhy jesienka piesočná (*Colchicum arenarium*) a chvojník dvojklasý (*Ephedra distachya*).

Fauna je veľmi bohatá, preniká sem celý rad druhov ekotonovej zóny lesostepí. Indikačné druhy: strehúne *Lycosa vultuosa* a *Arctosa perita* (obidva druhy sú vzácne a chránené), skákavka *Sitticus saltator*, svrček stepný (*Melanogryllus desertus*), koník stepný (*Acrida hungarica*), ostročielka *Dictyophara pannonica*, pamravce *Myrmilla calva*, *Dasylabris maura* a niektoré príbuzné druhy, viaceré blyskavky (Chrysidae), hrabavky (Pompilidae), kutavky (Sphecidae), bzdochy z čeľade Cydnidae, vzácne a kriticky ohrozené druhy spriadač mliečnikový [*Ammobiota festiva* (= *hebe*)] a očkán piesočný (*Hipparchia statilinus*), a i.

Slanomilné biotopy (slaniská)

Slaniská sú nápadným prírodným fenoménom s osobitým vegetačným krytom. Ten je tvorený prevažne vysokošpecializovanými rastlinnými druhmi prispôbenými na špecifiká zasolených pôd, predovšetkým pre väčšinu organizmov toxických koncentrácií minerálnych solí. Zásadné faktory podmieňujúce vznik a prítomnosť biotopov slaných pôd sú okrem prítomnosti vysokých koncentrácií rozpustných solí v pôde vodný režim, geomorfológia terénu a využívanie územia. Výskyt slanísk je v našich podmienkach ojedinelý a ostrovčekovitý. Slaniská sú vyvinuté na územiach s výparným režimom, teda v najsuchších a najteplejších oblastiach Slovenska. Hlavnými lokalitami ich výskytu sú depresné polohy na karbonátových fluviálnych sedimentoch a sprašiach v južných častiach Podunajskej a Východoslovenskej nížiny, ale aj na Záhorskej nížine. Zasolenie môže byť prirodzené, no často je výsledkom antropogénnej činnosti človeka (zavlažovanie, regulácia riek a protipovodňové opatrenia). Vzlínaním sa vyzrážajú soli na povrchu pôdy. Soli spôsobujú fyziologické sucho. Vysoký je najmä obsah Na, K, pH je vysoko zásadité. Druhovú pestrosť je vďaka týmto extrémnym podmienkam malá. Mnohé z rastlinných druhov rastúcich na slaných pôdach sú obligátne alebo fakultatívne halofyty. Najlepšie sa tomuto (pre mnohé druhy toxickému) prostrediu prispôbili sukuletné a zároveň jednoročné rastliny (napr. solníčka panónska – *Suaeda pannonica*, pakolenec slanomilný – *Spergularia salina* či mrlík slanomilný – *Chenopodium chenopodioides*) alebo niektoré druhy tráv a bylín (astrička panónska – *Tripolium pannonicum*).

Fauna slanísk a panónskych slaných stepí tvoria predovšetkým pôvodné druhy stepí. Biotopy výraznejšie ovplyvnené vysokou hladinou podzemnej vody počas roka zas osídľujú druhy mokradi. Hoci je údajov o faune slanísk Slovenska pomerne málo, čo odzrkadľuje celkovú vzácnosť týchto biotopov na Slovensku, sú to hlavne spoločenstvá bezstavovcov slaniskových biotopov, ktoré sa považujú za vzácne a ohrozené. Z chrobákov je vysokej koncentrácií solí prispôbený napr. ohrozený druh *Dyschirius salinus*

a na slaniskách sa veľmi vzácne vyskytuje aj nosorožtek menší (*Pentodon idiota*). Spomedzi zástupcov motýľov je významný výskyt obaľovača kosého (*Cochylimorpha obliquana*), ktorý sa považuje za indikačný druh slanísk. Jeho húsenice sa živia stonkami hostiteľskej rastliny, ktorou je palina slanomilná (*Artemisia santonicum*). Slanomilné biotopy sú silne ohrozené rozorávaním, zarastaním a čiernymi skládkami (Dítě et al., 2011).

B; Mokrá séria

Brehové porasty a lužné lesy – brehový porast je líniový ekosystém pri vodnej ploche alebo toku, obvyčajne do 15 m šírky. Pokiaľ je vlhkomilný les vyvinutý na väčšej ploche, hovoríme už o lužnom lese. Brehové porasty i lužné lesy sú za maximálneho stavu vody obvyčajne zaplavované, a predstavujú vlastne styčnú – ekotonovú plochu limnického biocyklu s arboreálom. Nadmorská výška má vplyv na nezreteľnú zonalitu týchto ekosystémov. Podľa toho:

- vo vyšších polohách dominujú vrbý (*Salix* spp.) a jelše, najmä jelša lepkavá (*Alnus glutinosa*) a jelša sivá (*A. incana*);
- v pahorkatinách dominujú vrbý (*Salix* spp.) a topole (*Populus* spp.);
- v nížinách popri vrbách a topoľoch stúpa podiel brestov (*Ulmus* spp.), duba letného (*Quercus robur*) a lokálne i jaseňa štíhleho (*Fraxinus excelsior*). Každé z týchto spoločenstiev vyžaduje osobitný odsek:

Vrbovo-topoľové, alebo «mäkké» lužné lesy

Ležia v bezprostrednej dotykovej zóne vody a súše, sú to vlastne náplavové terasy 1. stupňa. Bývajú pravidelne zaplavované – na jar pri topení snehu, cez leto po výdatných zrážkach. Toto spoločenstvo je veľmi bohaté, s často sa uplatňujúcim ekotonovým efektom. Porast v mäkkom lužnom lese je diferencovaný, rozvoľnený les sa strieda s hustejšími úsekmi. Krovinaté poschodie je slabo vyvinuté, porasty machov (tzv. vankúše) chýbajú. Bylinný podrast je dosť vysoký a hustý, ale monotónny (malý počet hygromilných a nitrofilných druhov). Stromy môžu lokálne dosahovať nadštandardné rozmery. Mäkké lužné lesy sú závislé od pravidelných záplav, ktoré im prinášajú dostatok živín (nitrofilné stanovištia). Vplyvom odvodňovania a regulácie tokov tieto spoločenstvá vysychajú a degradujú.

Byliny: chrastnica trsteníkovitá (*Phalaroides arundinacea*), pľháva dvojdomá (*Urtica dioica*), čerkáče (*Lysimachia* spp.), deväťsily (*Petasites* spp.) čistec močiarny (*Stachys palustris*), vrbica vrboľistá (*Lythrum salicaria*), kosatec žltý (*Iris pseudacorus*), žabník skorocelový (*Alisma plantago-aquatica*), bleduľa letná (*Leucorum aestivum*), z podrastových drevín ostružina ožinová (*Rubus caesius*).

Indikačné druhy fauny: jantárovka veľká (*Succinea putris*), slizniak *Deroceras laeve*, chlpuľa lužná (*Craspedosoma simile*), „mrcinár“ plochý (*Hololepta plana*), fuzáč pižmový (*Aromia moschata*), fuzáč vrbový (*Lamia textor*), vrzúnik topoľový (*Saperda carcharias*), vrzúnik osikový (*S. populnea*), lišaj topoľový (*Laothoe populi*), lišaj pávooký (*Smerinthus ocellatus*), podobník sršňovitý (*Sesia apiformis*), drevotoč veľký (*Cossus cossus*), stužkavec topoľový (*Catocala elocata*), stužkavec vrbový (*C. electa*), bielopásovec topoľový (*Limenitis populi*), vzácna babôčka vrbová (*Nymphalis xanthomelas*), užovka obojková (*Natrix natrix*), užovka fľakaná (*N. tessellata*), volavka popolavá (*Ardea cinerea*), volavka purpurová (*A. purpurea*), chavkoš nočný (*Nycticorax nycticorax*), mlynárka dlhochvostá (*Aegithalos caudatus*), kúdeľníčka lužná (*Remiz pendulinus*), ondatra pižmová (*Ondatra zibethica*), bobor vodný (*Castor fiber*), vydra riečna (*Lutra lutra*) a pod.

Dubovo-brestovo-jaseňové, alebo «tvrdé» lužné lesy

Tvrdý lužný les leží na o niečo vyššie položených náplavových terasách 2. stupňa. Zaplavovaný býva len zriedka za veľmi vysokých stavov vody. Kvôli tejto skutočnosti (a úrodnej aluviálnej pôde) boli tieto spoločenstvá skoro všade zlikvidované a premenené na poľnohospodársku pôdu. Tvrdé lužné lesy preto patria k najohrozenejším ekosystémom strednej Európy. Našťastie je niekoľko lokalít tohto typu chránených na južnom a JZ Slovensku formou rezervácií. Tvrdý lužný les je priestorovo i vekovo zreteľne diferencovaný porast zväčša rozvoľneného charakteru s dobre vyvinutým stromovým, krovitým i bylinným poschodím s vysokou diverzitou (u bylín je výrazný jarný aspekt). V prírodne zachovalých podmienkach môžu niektoré stromy, najmä duby, dosahovať mimoriadne rastové dimenzie a vek niekoľko sto rokov. V krovinovom poschodí sa okrem zmladzujúcich stromov vyskytujú čremcha obyčajná (*Padus*

avium) a baza čierna (*Sambucus nigra*). Byliny: cesnačka lekárska (*Alliaria petiolata*), hluchavka škvrnitá (*Lamium maculatum*), zvonček pľh'avolistý (*Campanula trachelium*), netýkavka nedotklivá (*Impatiens noli-tangere*), čarovník obyčajný (*Circaea lutetiana*); na jar kvitnú cesnak medvedí (*Allium ursinum*), chochlačka dutá (*Corydalis cava*), krivec žltý (*Gagea lutea*), blyskáč jarný (*Ficaria verna*) a i.

Fauna je mimoriadne bohatá, s „duplovaným“ ekotonovým efektom: Na jednej strane sem preniká veľké množstvo druhov mäkkých luhov, na druhej strane množstvo druhov listnatých lesov, najmä dúbav. Vyslovene indikačných druhov je málo a sú obyčajne menej známe: pavúk *Diaea livens* (= *pictilis*) z čeľade Thomisidae, mravec *Liometopum microcephalum*, drobník *Zyras ruficollis*, pestroš *Dermestoides* (= *Aporthopleura*) *sanguinicollis*, krasoň *Anthaxia manca*, poterník *Menophilus cylindricus*, chrobák *Aulonium trisulcum* (čeľaď Colydiidae), reliktný chrobák *Rhysodes germari* (čeľaď Rhysodidae, príbuzná bystruškám), a i. Väčšinou ide o veľmi vzácne a chránené druhy.

(Pod)horské jelšové lužné lesy

Vyskytujú sa obyčajne na nevelkých plochách v (sub)montánných polohách v alúviách potokov, prameniskách a pod.; tieto ekosystémy majú skoro vždy ekotonový charakter. Porast nebýva tak zreteľne diferencovaný, stromy úctyhodných dimenzií sa vyskytujú len výnimočne. Indikačné druhy: jelša lepkavá (*Alnus glutinosa*), jelša sivá (*Alnus incana*), vŕba purpurová (*Salix purpurea*), kuklík potočný (*Geum rivale*), zádušník brečtanovitý (*Glechoma hederacea*), hluchavka škvrnitá (*Lamium maculatum*), slezinovka striedavolistá (*Chrysosplenium alternifolium*), škarda močiarna (*Crepis paludosa*).

Živočíšne druhy, striktné viazané na toto spoločenstvo, vlastne ani nenájdeme: Prenikajú sem viaceré druhy z mäkkých, vŕbovo-topoľových lužných lesov, ale aj z okolitých lesných porastov. Na čistinách a okrajových lemoch tohto spoločenstva sa vyskytujú aj mnohé druhy vlhkých, podmäčianých lúk. Podhorské a horské jelšové lužné lesy majú stabilizačnú funkciu a pôsobia ako významné biokoridory v krajine. Najmä v osídlených územiach sú ohrozované výrubom.

Rašeliniská

Vyskytujú sa obyčajne v chladnejších regiónoch na miestach s dostatkom zrážok alebo povrchových vôd a s málo priepustným podkladom. Vhodné podmienky pre vznik rašeliniska sú najmä v terénnych depresiách na flyši a kryštaliniku, menej vhodné na vulkanických substrátoch a najmenej vhodné na vápenci. Určujúcim faktorom rašeliniska sú porasty rašelinníkov (*Sphagnum* spp.). Tieto machy smerom nahor dorastajú, no smerom nadol odumierajú. V tomto mokrom a chladnom prostredí s nedostatkom O₂ dochádza k špecifickému pomalému rozkladu – tzv. rašelineniu. Vznikajú niekoľko dm i metrov hrubé vrstvy černastej rašeliny. **Flóra** rašelinísk je hlavne bylinná – k typickým druhom patria: páperník pošvatý (*Eriophorum vaginatum*), kľukva drobnoplodá (*Oxycoccus microcarpus*), brusnica barinná (*Vaccinium uliginosum*), rosička okrúhlostá (*Drosera rotundifolia*), nátržnica močiarna (*Comarum palustre*), rojovník močiarny (*Ledum palustre*), plavúnc zaplavovaný (*Lycopodiella inundata*), bublinatky (*Utricularia* spp.), z drevín krovité vŕby (*Salix* spp.), borovica barinná (*Pinus mugo* subsp. *uncinata*) a iné.

Fauna je relatívne chudobná, vysoko však dominujú špecializované, často reliktné chladnomilné druhy severského charakteru. Indikačné druhy: skaliarka *Gnaphosa microps*, strehuň *Pirata uliginosus*, križiak *Larinioides silvicultrix*, šidlo *Aeshna subarctica*, vážka *Leucorrhinia dubia*, bystruška *Carabus menetriesi*, perlovec mokrad'ový (*Boloria aquilonaris*), perlovec rašelinný (*Procllossiana eunomia*), žltáček čučoriedkový (*Colias palaeno*), modráčik striebroškvinný (*Vacciniina optilete*) a ďalšie, menej známe druhy. Uvedené druhy sú veľmi vzácne a chránené! Z fauny aj flóry môžu okrem citovaných pristupovať aj niektoré druhy slatín (↓), najmä u rašelinísk prechodného typu.

Rašeliniská (aj slatiniská a močiare) majú v krajine nesmierny ekologický význam. Predstavujú cenné a ohrozené spoločenstvá s výskytom vzácných druhov rastlín a živočíchov. Majú v krajine „vododržnú“ (retenčnú) funkciu. Ohrozované sú odvodňovaním a rašeliniská aj ťažbou rašeliny.

Slatiny a podmäčané lúky

Sú to mokré lúky prevažne nerašelinového charakteru, kde hladina spodnej vody vystupuje len 5, maximálne 15 cm nad úroveň povrchu pôdy, preto možno použiť slovné spojenie «nižšie močiare».

Celkový charakter **vegetácie** určujú byliny, najmä niektoré ostrice (*Carex* spp.) a sitiny (*Juncus* spp.), spoľahlivé určenie však obyčajne vyžaduje skúseného botanika. Z drevín sa môžu vyskytovať krovité vrby (*Salix* spp.) a jeľše (*Alnus* spp.). Z ďalších bylín sú to niektoré vzácne orchidey: kruštík močiarny (*Epipactis palustris*), vstavač strmolistý (*Dactylorhiza incarnata*), trčnček jednolistý (*Malaxis monophyllos*) a hľuzovec Loeselov (*Liparis loeseli*); páperníky (*Eriophorum* spp.), všivec močiarny (*Pedicularis palustris*), diablík močiarny (*Calla palustris*), prvosienka pomúčená (*Primula farinosa*), fialka močiarna (*Viola palustris*), tučnica obyčajná (*Pinguicula vulgaris*). Bohatý je výskyt niektorých druhov machov (určenie začiatočníkov obyčajne nezvládne), v prímеси sú časté aj rašelinníky (*Sphagnum* spp.). Pokiaľ zastúpenie rašelinníkov v machovom poschodí rastie, hovoríme o slatinno-rašelinných lúkach, a tie už majú veľmi blízko k prechodným rašeliniskám.

Fauna je bohatá s výrazným ekotonovým efektom, najmä na lokalitách s menšou plochou. Indikačné druhy: drobné ulitníky z rodu *Vertigo*, čelústnatka trstinová (*Tetragratha extensa*) a 3 – 4 príbuzné druhy, lovčík pobrežný (*Dolomedes fimbriatus*), niektoré križiaky z rodu *Larinioides*, perlovec *Brenthis ino*, hnedáčik *Melitaea diamina*, modráčiky *Eumedonia eumedon*, *Maculinea teleius* a *M. nausithous*, ohniváčik *Lycaena hippothoe*, očkáň *Coenonympha tullia*, trsteniariky (*Acrocephalus* spp.), myška drobná (*Micromys minutus*), hraboš močiarny (*Microtus agrestis*), a i.

Vyššie močiare

Na rozdiel od „nižších“ močiarov (♣) v tomto spoločenstve je hladina spodnej vody 20 až 50 cm nad povrchom pôdy (niekedy i viac), a časté sú súvislé vodné plochy. Močiare všeobecne sú ekotonovým prvkom limnického a terestrického biocyklu – no kým ‘nižšie’ močiare majú bližšie k terestrickému, ‘vyššie’ majú bližšie k limnickému biocyklu. **Vegetácia** je už len bylinná s výškou v priemere 2 – 3 m. Tvorí ju pálka (*Typha* spp.), trst' obyčajná (*Phragmites australis*), smlz sivý (*Calamagrostis canescens*), škripinec jazerný (*Schoenoplectus lacustris*), steblovka vodná (*Glyceria aquatica*), puškovec obyčajný (*Acorus calamus*), ježohlavy (*Sparganium* spp.); a kde je súvislejšia vodná plocha, sa vyskytuje aj leknica žltá (*Nuphar lutea*) a lekno biele (*Nymphaea alba*).

Fauna nie je veľmi bohatá, ale špecializovaná: spriadavka *Clubiona phragmitis*, vzácny a chránený lovčík močiarny (*Dolomedes plantarius*), vzácna skákavka *Marpissa radiata*, veľmi vzácna bystruška *Carabus clatratus*, behúniky *Odacantha melanura* a *Demetrias* spp. (čel'ad' Carabidae), drobný *Manda mandibularis*, chrobák *Oedemera croceicollis* (čel'ad' Oedemeridae z príbuzenstva poterníkov), trsteniariky (*Acrocephalus* spp.), fúzatka trstinová (*Panurus biarmicus*), svrčiak slávikovitý (*Locustella luscinioides*), bučiak trst'ový (*Botaurus stellaris*), bučiačik močiarny (*Ixobrychus minutus*), kalužiak červenonohý (*Tringa totanus*), kaňa močiarna (*Circus aeruginosus*), potáпка červenokrká (*Podiceps griseigena*) a pod.

Kontrolné otázky:

1. Ako ovplyvnilo pleistocénne zaľadnenie biotu Slovenska?
2. Ktoré glaciálne relikty fauny a flóry sa vyskytujú na území Slovenska?
3. Ktoré aktivity človeka v minulosti najviac ovplyvnili pôvodnú biotu Slovenska?
4. Ako sa odlišuje prirodzená a druhotná vegetácia Slovenska?
5. Do akej základnej fytogeografickej oblasti (až po úroveň podobvodov) začleňujeme územie Slovenska podľa Futáka (1980, 1984)?
6. Územie Slovenska sa nachádza na rozhraní niekoľkých faunistických regiónov. Prienik ktorých súborov prvkov fauny predstavuje?
7. Aké je zoogeografické členenie Slovenska podľa Jedličku a Kalivodovej (2002)?
8. Ktoré druhy reprezentujú kozmopolitné, holarktické, palearktické, eurosibírske, európske, mediteránne, boreoalpínske, boreomontánne faunistické prvky a endemity na území Slovenska?
9. Ktoré zonálne a azonálne spoločenstvá bioty reprezentujú územie Slovenska a aké sú ich charakteristické vlastnosti?

II. ZÁKLADY EKOLÓGIE

Druhá časť učebnice obsahuje prehľad základných poznatkov ekológie, v niektorých aspektoch so zvláštnym zreteľom k ekológii živočíchov. Text je doplnený aj vybranými kapitolami zo zoochorológie, ktorá sa s ekológiou živočíchov čiastočne prelína, resp. ju dopĺňa.

II. 1 Obsah, delenie, hraničné a pomocné odbory ekológie

Ekológia (z gréckeho *oikos* = dom, obydlie a *logos* = náuka, veda) je jednou z kmeňových disciplín biologických vied. **Ekológia skúma a analyzuje vzťahy medzi jednotlivými druhmi živých organizmov, ako i časopriestorovú štruktúru a toky látok a energie v celých spoločenstvách živých organizmov.** Táto veda sa začala vyvíjať začiatkom 19. storočia, no najväčší rozmach dosiahla až v posledných troch – štyroch desaťročiach. Haeckel považoval ekológiu za «ekonómiu prírody». Odum (1977) ju definoval ako «štúdium štruktúry a funkcie prírody» počínajúc vyššími systémami, ako je organizmus (Losos et al., 1984). [Štúdiom «funkcie prírody» na úrovni organizmu sa zaoberá fyziológia – poznámka autorov.]

Základným atribútom každej vedy je definovanie jej obsahu, predmetu skúmania. Predmet skúmania ekológie možno formulovať viacerými spôsobmi, napr. i vetou v predchádzajúcom odstavci. Obsah tejto vedy, ako jasne vyplýva z jej definície, je neobyčajne široký. Ekológia sa totiž zaoberá vzťahmi medzi všetkými živými organizmami, vrátane rias, húb i mikroorganizmov, a to vo všetkých hlavných životných médiách (v časti I sme ich nazvali biocykly) a vo všetkých možných prostrediach nad zemou i pod zemou. Byť ozaj dobrým, erudovaným ekológom preto vôbec nie je jednoduché. Vyžaduje to veľmi solidný rozhľad v základných taxonomických disciplínach biológie,¹⁸ a navyše i v iných prírodných vedách. Dobrý ekológ by sa mal preto snažiť byť predovšetkým komplexným prírodovedcom; čo, mimochodom, dosť koliduje so súčasným trendom príliš úzkej špecializácie vo vede.

Ekológia ako prierezová a zastrešujúca disciplína biologických vied čerpá predovšetkým zo základných kmeňových biologických disciplín – zoológie, botaniky, mykológie, ale i algológie, lichenológie, mikrobiológie a pod. S poznatkovým systémom týchto vied sa priamo prelína. Dokonca sa dá povedať, že rozvoj týchto viac-menej taxonomických disciplín bez seriózneho zohľadňovania ekologických aspektov už ani nie je možný. Veľký význam majú pre ekológiu aj poznatky z anatómie, fyziológie a evolúcie organizmov, bez ktorých by nebolo možné vysvetliť výskyt a rozšírenie mnohých druhov. Okrem toho čerpá ekológia mnohé významné poznatky z iných prírodných vied – hovoríme o tzv. pomocných vedách:

- chémia (chemizmus prostredia, pôsobenie rôznych chemických látok na živé organizmy...);
- fyzika (fyzikálne vlastnosti prostredia, pôsobenie rôznych fyzikálnych faktorov, podmienky pohybu...);
- geológia, pedológia a príbuzné disciplíny (geologické zloženie skúmaných regiónov, utváranie zemského povrchu a podobne);
- matematika, najmä matematická štatistika, ktorá je potrebná pri vyhodnocovaní získaných údajov.

Dôležité postavenie majú niektoré disciplíny z okruhu geografických vied, najmä klimatológia a hydrológia. V osobitnom postavení je pedológia, náuka o pôde, ktorá podľa niektorých klasifikácií patrí ku geologickým (teda «abiotickým») vedám, podľa iných je hraničnou disciplínou biologických, resp. ekologických vied. Osobne sa prikláňame k vyložene hraničnému, interdisciplinárnemu chápaniu pedológie – pôda je zložitý fenomén, frekventovaný v geologických vedách, poľnohospodárskych i lesníckych aplikáciách, navyše sa na vzniku pôdy významne podieľajú organizmy – mikroskopické i makroskopické. Pôda bez biotickej zložky je vlastne iba «na drobno rozdrvenou horninou». Význam slova *bios* v pedológii podčiarkuje aj skutočnosť, že takmer všetky cievnaté rastliny a viac než 50 % živočíchov v podmienkach vnútrozemského prostredia je svojím životom priamo viazaných na pôdu (trochu odlišná je situácia iba v morskom biocykle)¹⁹.

¹⁸ v súčasnosti „módne“ podceňovanie taxonomického prístupu však môže byť veľkou prekážkou tak potrebnej širokej profilácie ekológa;

¹⁹ relatívne menej početný parazitický biocyklus sa svojou plochou vlastne prelína so zvyšnými biocyklami

Názory na členenie ekológie sú dosť ustálené. Ekologické vedy možno v podstate štrukturovať vo vertikálnom a horizontálnom smere.

Vertikálny smer odráža stúpajúcu hierarchiu úrovní.

Autekológia skúma ekologické nároky a vzťahy jednotlivých druhov. Možno povedať, že «autekologický aspekt» je prirodzeným hraničným prvkom zoológie/ekológie a botanika/ekológie, resp. je už neoddeliteľnou súčasťou moderných taxonomických disciplín.

Demekológia alebo populačná ekológia študuje populácie a ich vlastnosti. Osobitne významným problémom v tejto oblasti je sledovanie kolísania hustoty populácií živočíchov v prírode – týka sa to jednak druhov škodlivých²⁰, ale aj indiferentných, alebo, na druhej strane, ohrozených a ustupujúcich.

Synekológia sa zaoberá štúdiom celých spoločenstiev živých organizmov. Skúma vnútornú štruktúru a vývoj spoločenstiev, vzťahy medzi hlavnými zložkami, kolobeh látok a energie, stabilitu spoločenstiev a ich celkovú produktivitu z hľadiska prírody, ale i ľudského využívania.

Horizontálna štruktúra ekologických vied je zložitejšia.

Z **taxonomického aspektu** môžeme študovať ekológiu rýb, ekológiu obojživelníkov, ekológiu cicavcov, ekológiu hmyzu, ekológiu rastlín, ekológiu húb, ekológiu mikroorganizmov...

Z **aspektu biotopu** môžeme hovoriť o morskej ekológii, ekológii vodných tokov, ekológii rašelinísk, ekológii lesa, ekológii veľhôr, ekológii intravilánu, ekológii stepí a lúčnych porastov, ekológii púští, o ekológii jaskynných priestorov a pod.

II. 2 Terminologické problémy ekológie a príbuzných disciplín

Počet druhov dnes známych živých organizmov presahuje číslo 1,5 milióna, kým skutočný počet druhov je ešte asi niekoľkonásobne vyšší. Samozrejme, že aj vzťahov a interakcií medzi týmito druhmi je obrovský počet (mnohé z nich – zrejme väčšinu, ešte ani nepoznáme). V ekológii a príbuzných (hraničných) vedách sa používa bohatý terminologický aparát na označenie životných prejavov a vzťahov medzi organizmami. Tieto termíny sú však často nejednotne alebo nepríliš presne vykladané a používané, nájdu sa slová archaické a málo používané, niekedy sa vyskytuje nadbytočná multiplicita... Celkove možno povedať, že v terminológii ekologických vzťahov vládne nejednotnosť. Preto sme sa v tabuľke 6 na nasledujúcej strane pokúsili o prehľadné spracovanie častejších termínov, používaných v ekológii a hraničných vedách. Ide najmä o termíny, používané **na označenie vzťahov** k faktorom prostredia, ako i vzťahov medzi organizmami. V tabuľke nie sú analyzované zoogeografické termíny používané v predchádzajúcej hlavnej časti (azda okrem slova boreoalpínsky) a, samozrejme, ani termíny z iných oblastí biologických vied.

II. 2. 1 Ďalšie základné pojmy významné (nielen) v ekológii

Adaptácie

Termín pochádza z latinského *adapto*, čo znamená vhodne prispôbiť. V ekológii a biologických vedách všeobecne sa pojem adaptácia používa často. Pod adaptáciou rozumieme znak alebo súbor znakov určitého druhu alebo i vyššieho taxónu, ktoré sa vyvinuli v dôsledku prispôbenia sa na určitý spôsob života, mechanizmus pohybu, typ a spôsob prijímania potravy, a pod. Adaptácie môžeme rozdeliť na tri základné skupiny:

1. anatomické (alebo anatomicko-morfologické),
2. fyziologické,
3. ekologické.

Toto rozdelenie je však len orientačné, pretože tieto tri aspekty sa navzájom prekrývajú a podmieňujú. V podstate sú adaptácie komplexné, pretože živočích (i rastlina) sa prispôbuje svojmu prostrediu sfarbením, stavbou svojho tela, utváraním jednotlivých orgánov, charakterom a priebehom fyziologických procesov a životných cyklov, a u živočíchov aj správaním, čím sa zaoberá vedná disciplína etológia.

²⁰ slovo škodlivý „čistá“ ekológia nepozná, ide o antropocentrickú konštrukciu, s ktorou však často operujú lesníci, poľnohospodári... Každý druh má v prírode význam už len tým, že existuje v určitom spoločenstve a plní si tam svoju niku

Adaptácie sú väčšinou prirodzené – vznikali a vznikajú pôsobením určitých faktorov prostredia, ale aj antropogénne podmienené, ku ktorým dochádza napr. pri domestikácii (tomuto fenoménu je venovaná krátka podkapitola). V ďalšom texte (pokračovanie na str. 86 dole) si uvedieme niekoľko príkladov.

Tab. 7. Etymologický prehľad vybraných slov v terminológii ekologických vzťahov [príloha II. 2 ↑]

Termín / koreň	Najčastejšie použitie	Jazykový koreň a pôvodný preklad	Súčasný význam
abysál(ny)	← detto	lat. <i>abyssum</i> priepasť, hĺbočina	žije v morských hĺbinách
acido-	a-fyt (hlavne)	lat. <i>acidus</i> kyslý	preferuje pôdy s kyslou reakciou
akvatický	← detto	lat. <i>aqua</i> voda	vodný (všeobecne)
-alpín-	a-sky, sub-sky	lat. ? <i>alpes</i> hole, «alpy» nad HHL	v horách nad hornou hranicou lesa (HHL)
anemo-	a-chória, a-filia	gréč. <i>anemo-</i> so ~ k vetru	šírenie semien vetrom, vetroopelivosť
arbori-	a-kol	lat. <i>arbor</i> strom	žije vo ~ k stromom (široký pojem!)
arch(a)eo-	iba a-fyt	gréč. <i>archaeo-</i> starobylý, pôvodný	dávno zavlečená, no zdomácnená rastlina
-biont	mnohé zloženiny!	gréč. <i>z</i> → <i>bios</i> život	žije v alebo na – dôraz na viazanosť! (konkretizácia v predpone)
bore(o)-	b-álny, b-omontánný, b-oalpínsky	lat. <i>boreus</i> severský	len na severe alebo aj v horách (veľhorách) v južnejších regiónoch
cecido-	c-fágia, c-fág(ny)	gréč. <i>cecidia</i> rastlinný novotvar	žije v „hrčkách“, rastlinných novotvaroch
detrito-	d-fil, d-fág, d-fágny	z lat. <i>detritus</i> drvina, častice a pod.	žije vo ~ k organickému detritu, zvyškom
edafický	← detto	gréč. <i>edaphos</i> týkajúci sa pôdy	týkajúci sa pôdy (všeobecne)
entomo-	e-fágia, e-filia	gréč. <i>entomos</i> hmyz	hmyzožravosť, hmyzoopelivosť
eurý-	e-ekný, e-topný	gréč. <i>eurý-</i> pravidelný, častý a p.	žije v širokej škále podmienok prostredia
-fág(ny)	mnohé zloženiny	gréč. <i>phageo</i> žrať, konzumovať	živiaci sa... (konkretizácia v predpone)
-fil, -filný	mnohé zloženiny!	gréč. <i>phileo</i> milovať, inklinovať k	vzťah k substrátu, faktoru, prostrediu...
-filia (botan.)	entomof-, anemof- a i.	gréč. <i>phileo</i> milovať, inklinovať k	hmyzoopelivosť, vetroopelivosť
flori-	f-kol	lat. <i>flos</i> kvet	zdržuje sa najmä na kvetoch
foveo-	f-fil (archaicky foleofil)	lat. <i>fovea</i> diera, dutina (neveľká)	žije v (stromových) dutinách, norách a p.
fungi-	f-kol	lat. <i>fungi</i> huby	žije na hubách a v hubách
-fyt, (-)fyt-	mnohé zloženiny!	gréč. <i>fyto-</i> so ~ k rastlinám	častý koreň slov, v botanike -fyt = rastúci v...
geo-	g-fyt (hlavne)	gréč. <i>geos</i> zem	vegetačný kľud prežíva v zemi*
halo-	h-fil, h-fyt	gréč. <i>halos</i> slaný	výrazná väzba na zasolené pôdy
helio-	h-fil, h-fyt	gréč. <i>helios</i> slnko	preferuje plné slnečné svetlo
herbi-	h-kol	lat. <i>herba</i> vňať	žije na zelených častiach rastlín**
humi-	h-kol	lat. <i>humus</i> pôda, zem, prst	žije v povrchovej vrstve pôdy
hydro-	mnohé zloženiny	gréč. <i>hydro-</i> so ~ k vode	vodný, týkajúci sa vody
hygro-	mnohé zloženiny	gréč. <i>hygro-</i> so ~ k vlhku	vlhkomilný, so vzťahom k vlhku
-chória	zoo-, anemo- a iné	gréč. <i>choreo</i> šíriť, postupovať	šírenie (semien), konkretizácia v predpone
kalci-	k-fyt	lat. <i>calcium</i> vápnik	preferuje pôdy na karbonátovom podklade
kampi-	k-kol	lat. <i>campus</i> pole, roľa	žije na poliach, «kultúrnej stepi»
kaverni-	k-kol	lat. <i>caverna</i> jaskyňa, dutina	žije v jaskyniach (starší výraz)
kerato-	k-fág (hlavne)	gréč. <i>keratos</i> roh, rohovina...	živí sa zvyškami peria, srsti, kože a pod.
-kol, -kolný	mnohé zloženiny!	gréč. <i>oikos</i> → <i>ekos</i> dom, obydlie	žije v alebo na... (súčasť mnohých slov)
kopro-	k-fil, k-fág	gréč. <i>kopro-</i> so ~ k výkalom	žije vo výkaloch a v pôde pod nimi
(-)kortici-	k-kol, subk-kol	lat. <i>cortex</i> kôra, lyko	žije v kôre a pod kôrou
kreno-	k-biont, k-fil	gréč. <i>kreno-</i> prameň, vyvierat'...	druh žijúci v prameniskách
kryo-	k-fyt (hlavne)	gréč. <i>kryo-</i> mráz, chlad	žije (hlavne rastie) na studených miestach
ligni-	l-vorný (dost' zried.)	lat. <i>lignum</i> drevo	drevožravý
litori-	l-kol	lat. <i>litoralis</i> pobrežný	druh brehovej zóny vodných plôch a tokov
mezo-	mnohé zloženiny	gréč. <i>mezos</i> stredný, prostredný	mierne, v strednej miere, stredný
mikro-	mnohé zloženiny	gréč. <i>micros</i> malý	málo, nízko

* geofyt (= kryptofyt) je *terminus technicus*; týmto slovom sa označujú rastliny, ktoré prežívajú nepriaznivé obdobie v podzemných orgánoch – cibuliach, hl'uzách a pod. [chochlačka (*Corydalis* spp.), cyklámen (*Cyclamen* spp.), krivec žltý (*Gagea lutea*) a mnohé ďalšie ľaliovité rastliny]

** z tohto termínu nemusí vždy vyplývať, že ide o druh rastlinožravý (fytofágny), napr. kobylka dubová (*Meconema thalassinum*) a bzdocha húseničiarka (*Picromerus bidens*) trávia väčšiu časť života na listoch, sú to však predátory.

Tab. 7 (pokračovanie)

Termín/koreň	Najčastejšie použitie	Jazykový koreň a pôvodný preklad	Súčasný význam
mono-	m-fág(ny) m-voltinný	gréc. <i>mono-</i> jeden, jediný	prijíma len 1 druh potravy, alebo má len 1 generáciu za rok (u hmyzu a i.)
(-)mont-	m-ánny, subm-ánny	lat. <i>mons</i> vrch, hora	horský a podhorský
musci-	m-kol	lat. <i>musci</i> machy	preferuje život v machových vankúšoch
myceto-	m-fil, m-fág	gréc. <i>myceto</i> so ~ k hubám	žije vo vzťahu k hubám
myrmeko-	m-fil, m-fág, m-chória	gréc. <i>myrmeko-</i> so ~ k mravcom	má rôzny vzťah k mravcom
nekro-	n-fil, n-fág	gréc. <i>necros</i> mŕtvy, odumretý	väzba na odumreté živočíchy a ich zvyšky
nemori-	n-kol (dnes už zried.)	lat. <i>nemora</i> les, háj (hlavne listnatý)	žije v lesoch, hlavne listnatých
neutro-	n-fyt	lat. <i>neuter</i> žiadny z oboch, neutrálny	nezávislý, vyžaduje neutrálnu pH
nidi-	n-kol	lat. <i>nidus</i> hniezdo, obydlie	obyvateľ hniezd, brlohov a nôr
nitro-	n-fyt	gréc. <i>nitrum</i> sóda → lat. <i>nitrogenium</i>	rastie na miestach so väčším obsahom N
obskuri-	o-kol	lat. <i>obscurus</i> tmavý	zdržuje sa na tmavých miestach
oligo-	o-fág a iné zloženiny o-trofný	gréc. <i>oligo-</i> málo, málopočetný	živí sa užšou škálou potravy, alebo nenáročný na živiny (o vodách, pôdach)
omni-	o-vorný (menej časté)	lat. <i>omnis</i> všetok, každý	všežravý, týkajúci sa všetkého a pod.
oreo-	(hlavne) o-fyt	gréc. mytol. <i>Oreas</i> nymfa hôr	žije (hlavne rastie) v horách
paludi-	p-kol	lat. <i>palus</i> močiar	žije na močaristých miestach
panto-	p-fág (= euryfág)	gréc. <i>panto-</i> všetko, všetok...	všežravec
pelo-	p-fyt	gréc. <i>pelo-</i> bahno, usadenina, íl	žije (hlavne rastie) v bahnatej pôde
petro-	(hlavne) p-fyt	gréc. <i>petra</i> skala, balvan	žije (hlavne rastie) na skalách
poly-	p-fág a iné zloženiny	gréc. <i>poly-</i> mnoho, množstvo	má širokú škálu potravy; so ~ k množstvu
prati-	p-kol	lat. <i>pratium</i> lúka	žije na (mezofilných) lúkach a pasienkoch
psamo-	p-fil, p-fyt	gréc. <i>psammos</i> piesok, piesčité	výrazná väzba na piesčité biotopy
psychro-	p-fil, p-fyt	gréc. <i>psychro-</i> chlad, chladný	druh preferuje chladné (a vlhké) biotopy
pyro-	p-fyt	gréc. <i>pyros</i> oheň	druh adaptovaný na časté požiare
reo-	r-fil (hlavne), menej r-fyt	gréc. <i>reo-</i> pohyb, prúdenie	druh tečúcich vôd
sapro-	s-fág a iné zloženiny (s-xylofág a pod.)	gréc. <i>sapro-</i> so ~ k hnilobe, rozkladu	žije vo ~ k rôznym hnilým organickým látkam (konkretizácia v prípone)
saxi-	s-kol (hlavne)	lat. <i>saxeus</i> skalnatý	žije v skalných puklinách, sutiach a pod.
scio-	s-fyt (hlavne)	gréc. <i>scio-</i> tieň	žije (hlavne rastie) na tienistých miestach
sfagni- /-o-	s-ikol, s-ofyt	lat. <i>sphagnum</i> rašelinník	výrazný vzťah k rašeliniskám
siliko-	s-fyt	lat. <i>silicium</i> kremík	preferuje pôdy v vysokom obsahu SiO ₂
silvi-	s-kol	lat. <i>silva</i> les, hora	žije v lese (všeobecne, široký pojem)
sklero-	s-fyt	gréc. <i>scleros</i> (s)tvrdnúť	majúce zvýšený podiel skleren. pletív
stagni-	s-kol	lat. <i>stagnum</i> stojatá voda	druh stojatých (pomaly tečúcich) vôd
steno-	s-ekný, s-topný, s-fág	gréc. <i>steno-</i> úzky, tesný, zúžený	toleruje len úzke rozpätie ekolog. faktorov
stygo-	s-biont	gréc. <i>Styx</i> vodný tok v podzemí	žije v podzemných vodách
sub-	mnohé zloženiny	lat. <i>sub-</i> pod, poníže	zjemnenie pôsobenia určitého faktora
temperátny	← detto	lat. <i>temperatus</i> mierny, pokojný	mierny, o klimatických výkyvoch
ter(r)i-	t-kol	lat. <i>terra</i> zem	žije v hlbších vrstvách pôdy
term-	mnohé zloženiny	lat. <i>thermae</i> teplé, najmä kúpele	so vzťahom k teplu; súčasť veľa slov
-top, -ný, -ický	mnohé zloženiny!	gréc. <i>topos</i> miesto	so ~ k miestu, lokalizácii; súčasť slov
torfi-	t-kol	lat. <i>turfa</i> rašelina	žije hlavne na rašeliniskách
troglo-	t-fil, t-biont	gréc. <i>troglos</i> jaskyňa, podzemie	žije v jaskyniach
tyrfo-	t-biont, t-fyt	lat. <i>turfa</i> rašelina	výrazná väzba na rašeliniská
-vorný	mnohé zloženiny!	lat. <i>voru</i> žrať, hltáť	živiaci sa... (konkretizácia v predpone)
xero-	(sub)x-fyt, x-(termo)fil...	gréc. <i>xeros</i> suchý	so vzťahom k suchu
xylo-	x-fil, x-fág	gréc. <i>xylo-</i> so ~ k drevu	žije vo vzťahu k drevu (široký pojem!)

K adaptáciám **anatomicko-morfologického charakteru** patrí napríklad:

- pneumatizácia kostí u vtákov, vďaka tomu je telo odľahčené, čo je jedným z hlavných predpokladov aktívneho letu;

- niekedy až nápadná plochosť tela, u podkôrneho hmyzu: z chrobákov je to napr. čeľaď Cucujidae [patrí sem napr. plocháč červený (*Cucujus cinnaberinus*), chránený podľa slovenskej legislatívy i podľa prílohy Natura 2000], bzdochy podkôrničky (čeľaď Aradidae), z čeľade Histeridae je nápadne plochá *Hololepta plana* (ostatné druhy sú značne konvexné), a to isté platí i o pavúkovi *Coriarachne depressa* z čeľade Thomisidae;
- stavba zloženého oka u hmyzu s nočnou aktivitou (superpozičný typ), vyskytuje sa u veľkej väčšiny tzv. nočných motýľov (Heterocera), ale i u zlatoočiek (*Chrysopa* spp.) a niektorých chrobákov [fuzáč hrubý (*Prionus coriarius*), fuzáč drsnotykadlový (*Megopis scabricornis*), z kováčikov je to napr. vzácny druh *Stenagostus rhombeus* (= *villosus*)] a u mnohých iných;
- prítomnosť hrabavých predných nôh u krta (*Talpa europaea*), ale i u krtonôžky (*Gryllotalpa gryllotalpa*), v tomto prípade ide o krásny príklad konvergenzie (↓ nasledujúca podkapitola);
- plávacie nohy u potápnikov (Dytiscidae), ale i u bzdôch chrabtoplávok (Notonectidae);
- úplná redukcia schránky u niektorých ulitníkov [slizniaky (Limacidae), slizovce (Arionidae) a i.], vďaka čomu sa síce stali zraniteľnejšie, umožňuje im to však obratne zaliezať do rôznych puklín, pod kamene a podobne, s čím majú druhy s ulitou často problémy.

Adaptáciou **anatomicko-fyziologického charakteru** je napr. hrubá vrstva podkožného tuku u veľrýb (Cetacea) a plutvonožcov (Pinnipedia), ako aj prítomnosť značného množstva hnedého tuku u pravých hibernantov (➔ str. 102 hore).

Príkladom adaptácií **fyziologického charakteru** je:

- mechanizmus exkrécie u vtákov: odpadovým produktom metabolizmu je kyselina močová, vďaka tomu je moč vtákov koncentrovaný a má malý objem (odľahčenie tela, adaptácia na let);
- zvýšený obsah erytrocytov u vysokohorských cicavcov: kamzík (*Rupicapra rupicapra*), kozorožec vrchovský (*Capra ibex*), lama vikuňa (*Lama vicugna*), žijúca v Andách, a i.

Adaptáciou **ekologicko-fyziologického charakteru** je hibernácia u netopierov (sčasti s výnimkou trópov). Veľká väčšina netopierov sú entomofágne predátory, loviace hmyz za letu – ktorý, samozrejme, v zimných mesiacoch nelieti. Práve preto sa vyvinula aj táto adaptácia, charakteristická pre tento rad.

K adaptáciám prevažne **ekologického charakteru** patrí:

- deficit pigmentu a redukcia očí u jaskynnej fauny (troglobionty);
- redukcia krídel u mnohého vysokohorského hmyzu, napr. u väčšiny bystruškovitých (Carabidae). Let je v drsnom vysokohorskom prostredí značne riskantná záležitosť: letiaci jedinec môže byť nárazmi vetra strhnutý aj o stovky metrov nižšie do nevhodného prostredia;
- prítomnosť symbiotických mikroorganizmov v tráviacom trakte bylinožravcov (prežúvavce – Ruminantia), ale i xylofágneho hmyzu [termity (Isoptera), larvy píloviek (Siricidae), fuzáčov (Cerambycidae), ale i črvotočov (Anobiidae)].

Práve pri adaptáciách sa dá veľmi vhodne vysvetliť Lamarckov zákon, známy aj ako «zákon účelnosti» alebo «zákon o používaní orgánov». Podľa tohto zákona orgán, ktorý sa nepoužíva, postupne atrofuje, kým orgán používaný sa vyvíja (a pri nadmernom používaní až hypertrofuje – poznámka autorov).²¹ Napríklad typické jaskynné chrobáky sú svetlé, depigmentované, úplne slepé a bezkrídle – pigment, oči ani krídla nepotrebujú. Príroda evidentne pracuje podľa zásady účelnosti: Načo budú troglobiontom oči, keď ich zrejme nikdy v živote nepoužijú? Príroda si nemôže dovoliť takýto „luxus“.²² Stačí si predstaviť

21 nadmerným jedákom sa (okrem ukladania tuku) časom zväčší aj žalúdok, výsledkom nadmerného kulturistického tréningu je až neestetická hypertrofia svalstva, a pod.

22 v prírode sa však predsa len stretávame s „luxusnými orgánmi“, a to dokonca často. Týka sa to samcov, ktoré bývajú u mnohých druhov vybavené nápadnými výrastkami, rohmi na hlave a štíte (napr. nosorožky – Dynastinae), alebo hypertrofickými hryzadlami (väčšina roháčov – Lucanidae). Keď pozorujeme tento hmyz živý, máme dojem, že spomínané „ozdoby“ im skôr zavadzajú. To isté, mimochodom, platí i o chvostoch viacerých kurovitých vtákov (páv korunkatý – *Pavo cristatus*), o bizarných perových „golieroch“ rajok (Paradiseidae), a do tejto kategórie by mohli patriť aj parohy jeleňovitých prežúvavcov (Cervidae). Všetky tieto orgány vznikli vo viac-menej zreteľnom rozpore s účelnosťou. Sú to všetko sekundárne pohľavné znaky samcov, ktoré sa uplatňujú pri svadobných rituáloch, iný účel nemajú. Podnetné úvahy na túto tému nájde záujemca v publikácii M. Mierscha (2001).

taký zložitý orgán, ako sú oči. Telo musí pri utváraní každého orgánu syntetizovať rôzne, často veľmi špecializované organické látky, čo ho stojí mnoho energie. A energia patrí v prírode medzi najúzkoprosfitejšie „tovar“... Striktne myrmekofilný drobník *Lomechusoides strumosus* prežije podstatnú väčšinu života v tme mraveniska, oči aj krídla však má. Za určitých okolností totiž potrebuje mravenisko opustiť (hoci to býva obvyčajne len jediný krát za život), aby vyhľadal jedinca opačného pohlavia, alebo ak mravčej kolónii z nejakých dôvodov hrozí zánik. Pohlavné jedince termitov (Isoptera) oči aj krídla majú, hoci ich potrebujú opäť len jedenkrát za život – pri rojení. Hneď potom sa samiciam krídla odlamujú, aby im nezavadzali, pretože na ne čakajú náročné «kráľovské» povinnosti. Samce, ako to v prírode často býva, zakrátko potichu odchádzajú do zabudnutia.

Divergencia a konvergencia

Tieto dva pojmy si budeme definovať spolu, pretože k sebe patria, ako mocnina a odmocnina v matematike. Možno s trochou fantázie tvrdiť, že sú to „inverzné“ pojmy. **Divergencia** (z latinského *di* = dva, a *vergo* = chýliť sa, smerovať) je rozbiehavosť v určitých vlastnostiach, znakoch, životných stratégiách... Veľká väčšina ľudí, vrátane vzdelaných, má len dosť matnú predstavu o obsahu tohto pojmu. O divergencii hovoríme, keď znaky istého orgánu alebo časti tela živočíchov, ale i rastlín (obvyčajne zásadného charakteru), sa vplyvom odlišných životných podmienok začnú od seba vzdďaľovať – rozbiehať sa. Tieto odlišné podmienky prostredia musia, samozrejme, pôsobiť relatívne veľmi dlhú dobu v takmer nemennej miere! Toto je, okrem iného, zásadný princíp a mechanizmus **speciácie** – vzniku biologických druhov.

Divergentné štruktúry majú jednu spoločnú vlastnosť: vznikli zo spoločného predka alebo vývojovej (evolučnej) línie, no v dôsledku dlhodobého pôsobiacich odlišných podmienok prostredia²³ sa začali od východiskového stavu postupne vzdďaľovať. Najlepšie pochopíme tento zdanlivo zložitý a abstraktný proces na príkladoch. Predstavme si napr. končatinu u stavovcov, ktorá vznikla zložitou modifikáciou „pahýľovitých“ plutiev starobyľných lalokoplutvých (alebo násadoplutvých) rýb zo skupiny Crossopterygii. Je až neuveriteľné, že tak odlišné orgány, ako sú hrabavé nohy krta, nohy koňa, krídla netopiera, krídla vtáka a „plutvy“ veľryby vznikli divergentnou cestou z toho istého fylogenetického základu! Analogický prípad predstavujú končatiny u článkonožcov, ktoré vznikli sklerotizáciou a artikuláciou pôvodne dvojvetvových parapódií obrúčkavcov, presnejšie mnohoštetinavcov, resp. ich predkov. Nebiológ ťažko akceptuje, že tak rozdielne orgány, ako sú chelicery pavúkov, hryzadlá u hmyzu, klepetá raka, skákavé nohy kobyľky a plávacie nohy potápnika, majú ten istý pôvodný „stavebný plán“!

S pojmom divergencia úzko súvisí pojem **adaptívnej radiácie** (bol naznačený už „medzi riadkami“ predchádzajúceho textu). Pokiaľ sa určitý druh živočicha (alebo iného živého organizmu) dostane do nového, ale nie ekologicky neprijateľného prostredia, kde sú viaceré niky neobsadené, môže dôjsť k adaptívnej radiácii – pomerne rýchlemu rozbiehaniu znakov, ktorých spočiatku je málo, neskôr i zásadnejšie modifikácie umožnia predovšetkým efektívnejšie obsadenie príslušných ník. Pokiaľ budú tieto sprvoti jemné zmeny u konkrétneho druhu (alebo vývojovej línie) prospešné, u ďalších generácií potomkov budú fixované a zdokonaľované... a proces adaptívnej radiácie môže viesť k postupnému vzniku ďalších druhov, rodov, čeľadí. Takýto proces adaptívnej radiácie zrejme prebiehal kedysi veľmi dávno v druhohorách, keď predkovia cicavcov prenikli na súš. Postupne sa z nich vyderencovali hlavné vývojové línie (dnes rady), a o niečo neskôr čeľade, rody a druhy, z ktorých (asi) väčšia časť žije dodnes. Niektoré cicavce sa však druhotne „vrátili“ do morského biocyklu, z ktorého sa kedysi dávno zrodili, a podstúpili tak ďalekosiahlu (a ireverzibilnú) adaptáciu, že pri náhodnom vyhodení na pobrežie hynú, hoci dýchajú, tak isto ako všetky cicavce, pľúcami! Predpokladám, že veľká väčšina študentov vie, že hovoríme o veľrybách (Cetacea). Veľryby sú, mimochodom, jedným z najkrajších dôkazov Dollovho zákona ireverzibility v živočíšnej ríši a v biosfére našej planéty vôbec.

Definovať **konvergenciu** bude možno jednoduchšie, pretože príklady sú ešte viac markantné a pojem je väčšinou ako-tak vysvetlený aj na stredných školách. Aj preklad termínu je „inverzný“, pretože neznamená rozbiehavosť znakov od seba, ale «zbíhavosť k sebe». V živočíšnej, ale i rastlinnej ríši často pozorujeme, ako sa určité orgány a štruktúry nápadne na seba podobajú, hoci patria nepríbuzným skupinám organizmov:

²³ biocyklov, geobiómov, biochorov, alebo len odlišných topicko-trofických ník

1. Hydrodynamický „rybovitý“ tvar tela väčšiny rýb,²⁴ žralokov (Selachiformes), delfinov (Delphinidae), ale i vyhynutých tzv. rybojašterov (*Ichthyosaurus* spp.).
2. Torpédovitý až prúdnicový tvar tela potápnikov (Dytiscidae) a vodných bzdôch, napr. štipavka obyčajná (*Ilyocoris cimicoides*), aj keď patria do fylogeneticky vzdialených radov.
3. Hrabavé predné nohy krta (*Talpa europaea*), austrálskeho vačkovca krtovca piesočného (*Notoryctes typhlops*) a krtonôžky (*Gryllotalpa gryllotalpa*). V tomto prípade je zvlášť nápadné a aj nebiológom zrejme, že ide o úplne nepríbuzné živočíchy – krt a krtovec patria do podkmeňa stavovcov (a medzi Deuterostomia), krtonôžka patrí k článkonožcom (a medzi Protostomia).
4. Silne predĺžená predohruď a lapavé, alebo tzv. lúpeživé predné nohy u modliviek (Mantodea) a u vzácnnej čeľade Mantispididae zo sieťokrídleho hmyzu, ktorý je modlivkám nie príbuzný.
5. Nápadná plochosť tela podkôrneho hmyzu – z chrobákov je to napr. čeľaď plocháčovitých (Cucujidae), z bzdôch sú to podkôrníčky (čeľaď Aradidae), z chrobácej čeľade Histeridae je navyše nápadne plochá *Hololepta plana*, kým ostatné druhy sú značne konvexné; a to isté platí i o pavúkovi *Coriarachne depressa* z čeľade Thomisidae. V týchto prípadoch ide o zjavnú adaptáciu na podkôrny spôsob života.

Priklady konvergenzie však nájdeme aj v rastlinnej ríši:

6. Sukulentý sa celkovým vzhľadom nápadne podobajú, hoci ide o zástupcov odlišných čeľadí: kaktusy (Cactaceae), mliečniky (*Euphorbia* spp.) z rovnomennej čeľade,²⁵ a mnohé druhy z čeľade Aizoaceae: patria sem najmä „kvitnúce kamene“ (*Lithops* spp.). Okrem toho poznáme aj tzv. listové sukulentý, ktoré tiež patria aspoň do troch čeľadí: Crassulaceae,²⁶ Aloaceae a Agavaceae; slovenské názvy sú obdobné.
7. Trnky u rastlín sú podobné, hoci môžu mať rôzny pôvod – u trnky (*Prunus spinosa*) sú stonkového pôvodu, u agáta bieleho (*Robinia pseudacacia*) sú to modifikované prilistky, u ruží (*Rosa* spp.) sú emergentného pôvodu, u kaktusov listového pôvodu.

Konvergenzia názorne ukazuje, čo dokáže vplyv prostredia s organizmami. V biotopoch, kde je vplyv prostredia obzvlášť silný a podmienky niekedy až extrémne,²⁷ vznikajú celé, pre daný biotop charakteristické „vzorce znakov“. Napr. veľká väčšina troglobiontov je konvergentne depigmentovaná a slepá, aby-sálne (hlbokomorské) živočíchy sú konvergentne slepé – alebo, naopak, majú obrovské oči, mnohé z nich majú bioluminiscenčné orgány; u mnohých, i nepríbuzných skupín endoparazitov dochádza konvergentne k redukcii tráviacej sústavy, a pod.

Introdukcía, aklimatizácia a domestikácia

Niektoré druhy živočíchov i rastlín sa v minulosti objavili v oblastiach, kde sa predtým nevyskytovali; tento proces, nazývaný **introdukcía** (z latinského *introduco* = uviesť dnu, vpustiť) však prebieha i v súčasnosti. Organizmy menia, v prípade introdukcie rozširujú, svoj areál v zásade dvoma spôsobmi:

1. **prírodná cesta** – semená rastlín, spóry húb, ale i drobné živočíchy môžu byť prenesené na stovky i tisíce kilometrov pri búrkach, môžu byť splavené vodou, opäť aj na dlhé vzdialenosti, alebo môžu byť transportované inými živočíchmi – na perí vtákov a srsti cicavcov môžu byť prichytené mnohé semená, ale i drobné živočíchy a ich vajíčka. U niektorých bezkrídlych článkonožcov (roztoče, ščúriky a i.) sa často vyskytuje forézia: nechávajú sa prenášať hmyzom, ktorému inak neškodia.
2. **antropogénna cesta** – organizmy sú prenášané do nového prostredia vplyvom človeka, predovšetkým pri doprave.

Organizmus sa po prenesení do cudzieho prostredia zväčša dostáva do problémov, a to obvyčajne tým väčších, čím ďalej sa dostal od svojej domoviny. V cudzom prostredí mu môže vadit' odlišná klíma, iná vegetácia, alebo – a to môže byť najväčšia prekážka, iný spôsob obsadenia topicko-trofických ník, než doma. Ak

24 tvar tela niektorých rýb môže byť odlišný: u plates (Pleuronectidae) je nápadne sploštený, u dvojzubcov (Diodontidae) je pri nafúknutí až guľovitý, kým pri úhoroch (Anguillidae) je telo hadovito predĺžené. Súvisí to s odlišným spôsobom pohybu a získavania potravy, u dvojzubcov to odráža charakteristickú úkrytovú a obrannú stratégiu;

25 u nás rastú z tejto čeľade len bylinné formy z rodu *Tithymalus* (v starších publikáciách = *Euphorbia* spp.)

26 z čeľade tučnolistovitých u nás rastie napr. skalnica horská (*Sempervivum montanum*) a rozchodníky (*Sedum* spp.)

27 sú to napr. hlbiny oceánov, chladné, temné a prevažne vlhké jaskyne, drsné alpske spoločenstvá, alebo spoločenstvá parazitov v telových dutinách hostiteľov;

si s týmito problémami poradí, môže sa čiastočne, alebo i úplne začleniť do spoločenstva organizmov nového regiónu. Proces, ale i výsledok prispôsobenia sa novým podmienkam (nielen klimatickým)²⁸ sa nazýva **aklimatizácia**. Organizmus, ktorý sa (prirodzenou či antropogénnou cestou) objavil v novom prostredí, môže mať však niekedy aj výhody. Veľkou výhodou u živočíchov je deficit predátorov a parazitov z pôvodnej domoviny, u rastlín je to iné zloženie fytofágov v novom prostredí, ktoré novú, neznámu rastlinu nepoznajú a nekonzumujú (môže byť pre ne dokonca jedovatá). Čítankovým príkladom je introdukcia a následná aklimatizácia pásavky zemiakovej (*Leptinotarsa decemlineata*) zo Severnej Ameriky do Európy v období 1. svetovej vojny. Rýchlu expanziu pásavky podporoval aj fakt, že tento druh s horkou hemolymfou (a výstražným sfarbením) nekonzumovali a ešte i dnes len zriedka konzumujú európske hmyzožravé predátory. V podobnej situácii je agát biely (*Robinia psaudacacia*), pochádzajúci tiež zo Severnej Ameriky. Celá rastlina je (okrem nektáru!) jedovatá, a európske fytofágy i xylofágy ju prakticky ignorujú.

Problémom sa v poslednej dobe²⁹ stávajú nepôvodné druhy rastlín, ktoré – pokiaľ neexistujú regulačné mechanizmy ich šírenia, obsadzujú rýchlo rozsiahle plochy v sekundárnych, ale aj polopôvodných spoločenstvách, z ktorých sa dajú len veľmi ťažko vytlačiť. Ide o **invázne druhy rastlín** – o tejto problematike existuje v súčasnosti veľké množstvo vedeckých prác i populárno-vedeckých článkov. Patrí k nim napr. zlatobyľ obrovská (*Solidago gigantea*), boľševník veľkolepý (*Heracleum mantegazzianum*), netýkavka žliazkatá (*Impatiens glandulifera*), krídlatka japonská [*Reynoutria* (= *Fallopia*) *japonica*] a ďalšie. Významnou expanzívnou drevinou v južnejších regiónoch Slovenska je už spomínaný agát – rastlina navyše vylučuje koreňmi do pôdy určité látky – fytoncidy, ktoré inhibujú rast iných rastlín. Menej známym problémom sú introdukované druhy živočíchov, ktoré prenikajú do voľnej prírody. Patrí k nim napr. americká korytnačka písmenkovaná (*Pseudemys scripta*). Tieto korytnačky niektorí nezodpovední „teraristi“ vypustili do prírody, v snahe sa ich zbaviť. Korytnačky písmenkované sa čiastočne aklimatizovali, žijú vo voľnej prírode už niekoľko rokov, no zatiaľ sa pravdepodobne nerozmnožujú, hoci ani to sa nedá vylúčiť. Horšie je, že svojou cudzorodou prítomnosťou obsadzujú niky, ktorá za normálnych okolností patrí autochtónnemu, veľmi vzácnemu a ohrozenému druhu – korytnačke močiarnej (*Emys orbicularis*).

Introdukované živočíchy môžu (podobne ako rastliny) vážne narušiť prírodnú rovnováhu v novej vlasti, pretože vďaka deficitu predátorov a parazitov môže dôjsť v niektorých prípadoch až ku katastrofálnemu premnoženiu týchto druhov. Príkladom môže byť premnoženie králikov (*Oryctolagus cuniculus*) v Austrálii začiatkom 20. storočia, alebo jeleňa (*Cervus elaphus*) na Novom Zélande po 2. svetovej vojne. Introdukované živočíchy môžu navyše vážne zasiahnuť do života niektorým pôvodným druhom fauny, najmä ak ide o vzácne druhy s malým areálom (endemity). Príkladom môže byť archaický jašter hatéria bodkovaná (*Sphenodon punctatus*), endemit Nového Zélandu. Populácie tohto vzácného druhu veľmi utrpeli príchodom domácich zvierat, najmä psov a mačiek, ktorých opustené jedince môžu čiastočne spätne zdívieť. Tieto zvieratá spôsobili silný ústup hatérie, takže z jej pôvodného areálu zostalo už len niekoľko malých neprístupných ostrovov v zálive Plenty Bay.

Podľa miery pôvodnosti rozoznávame v strednej Európe, ale i v ktoromkoľvek regióne na Zemi:

- **autochtónne druhy** fauny i flóry, ktoré sú v príslušnom regióne pôvodné, a
- **alochtónne druhy**, ktoré sú nepôvodné, introdukované z iných zoogeografických oblastí.

Domestikácia

Je zvláštnou formou cielenej, antropogénnej adaptácie. Pri domestikácii človek umelým výberom, viac-menej cieľavedome zameraným na hospodársky úžitok, šľachtí významné divo žijúce druhy živočíchov pre svoje potreby. Stojí za zmienku, že človek začal s domestikáciou prvých živočíchov (pes, predkovia tura domáceho, predkovia kury domácej...) už v predhistorickej dobe, kedy, samozrejme, nemal ešte ani matnú predstavu o genetike. Pri domestikácii dochádza k ďalekosiahlym adaptáciám anatomicko-morfologického, genetického, ekologického, ale i etologického charakteru. Mení sa sfarbenie zvierat od

²⁸ termín pochádza z latinského slova *clima* = podnebie, klíma (prevzatého z gréčtiny!), pri aklimatizácii sa však druh musí prispôbiť nielen novej klíme, ale celému radu iných odlišných abiotických i biotických faktorov;

²⁹ expanzia nepôvodných rastlín v našej prírode bola určite aktuálna i v minulosti – zdá sa však, že tento fenomén nebol botanikmi a ekológmi tak sledovaný, ako dnes.

pôvodného smerom k čiastočnému až úplnému albinizmu (ošipané, ovce, husi, králiky),³⁰ domestikované formy majú zvýšenú tendenciu k rastu svaloviny, ale i tuku, u domestikovaných vtákov sa zvyšuje znáška vajec. Dochádza však aj k zmenám v biorytmoch – zo zvierat pôvodne monoestrických³¹ sa stávajú polyestrické, ktoré sa môžu rozmnožovať po celý rok, v správaní zvierat sa potláča teritorialita a mizne prirodzená plachosť. Je zaujímavé si uvedomiť, aký mocný a tvárny, i keď umelý „ekologický faktor“ je človek pri domestikácii. U niektorých zvierat človek domestikáciou dosiahol tak širokú škálu rás a plemien, že sa zdá, akoby plemená na opačných stranách „mantinelu“ patrili k úplne iným biologickým druhom – stačí si porovnať niektoré rasy psov, ale i holubov. Rozdiely medzi týmito rasami sú často väčšie, než u divo žijúcich zástupcov týchto čeľadí v prírode.

Kontrolné otázky a tézy na zamyslenie:

1. Vedeli by ste zaradiť hraničné odbory ekológie podľa dôležitosti?
2. Zamyslíte sa nad vzťahom ekológie a biogeografie. Čo vám pripomína dualita týchto vedných disciplín?
3. Ekológia a odvodeniny tohto slova sa dnes príliš často používajú. Viete, kedy je používanie tohto slova nevhodné a neadekvátne?
4. Invázne rastliny sú už medzi verejnosťou dosť známa téma. Čo viete povedať o inváznych živočíchoch?
5. Prečo sa živočíchom v procese domestikácie mení sfarbenie, správanie, biorytmy?
6. Prečo je hlavným hybným motorom evolúcie divergencia, a nie konvergencia?

II. 3 Organizmus a prostredie

Živé organizmy v prírode obývajú veľmi rozmanité prostredia. Prostredie predstavuje súbor všetkých vonkajších činiteľov, pôsobiacich na organizmy, ktoré na ne reagujú. V zásade, aspoň z aspektu vonkajšieho dýchania, rozoznávame prostredie plynné – atmosférické a vodné – akvatické. (Endoparazity s prevažne anaeróbnym dýchaním sú špecifickou skupinou, o ktorej sa v učebnici hovorí na viacerých miestach.) Takéto „rozdelenie“ je však nanajvýš nepodrobné. Už na strane 3 sme načrtli ďalšiu stratifikáciu bioty, počnúc biocyklami a končiac lokálnymi ekosystémami. Každý druh obýva určité prostredie – širšiu, užšiu, alebo dokonca veľmi malú súčasť zemského povrchu. Kamzík (*Rupicapra rupicapra*) žije na kamenistých zrázoch nad hornou hranicou lesa v Tatrách a Alpách, diviak (*Sus scrofa*) žije v listnatých lesoch miernejších častí Eurázie, slizniak fatranský (*Deroceras fatrense*) žije v horských lesoch na nevelkej ploche len vo fatranskom regióne. Tieto, a samozrejme i ďalšie druhy, sú však podmienkam svojho prostredia dobre prispôbené, aby tu mohli žiť, prijímať potravu a rozmnožovať sa.

Životné prostredie³² každého druhu sa skladá z dvoch, resp. troch hlavných zložiek:

1. **Abiotická zložka**, ktorá zahŕňa všetky fyzikálne a chemické vlastnosti prostredia (teplota a prúdenie vzduchu, teplota, prúdenie a salinita vody, sklon terénu, intenzita slnečného svitu, charakter materského substrátu, geografická šírka a nadmorská výška stanovišťa, a pod.).
2. **Pôda** ako zložitý komplex abiotických faktorov, ktorý je však viac-menej výrazne ovplyvnený účinkami pôsobenia biotických faktorov. Tradičné, akoby „vynútené“ zaradovanie pôdy iba medzi abiotické zložky prostredia naráža najmä na už konštatovaný fakt, že pôda bez zložky bios vlastne nie je pôdou. Vlastnosti pôdy (štruktúra, textúra, obsah vody, chemizmus – pH a pod.) závisia od mnohých abiotických faktorov (typ substrátu, zrážkový režim, oslnenie...), ale aj od pôsobenia rastlín, živočíchov a pôdnych mikroorganizmov, ktoré na danom stanovišti žijú, a svojimi životnými prejavmi určujú jeho ráz.

³⁰ albinizmus je v prírode zriedkavá recesívna aberácia, pretože majiteľa znevýhodňuje (svetlý jedinec je nápadnejší pre predátorov), u zvierat chovaných v zajatí tento faktor odpadá;

³¹ väčšina stavovcov sa rozmnožuje len raz do roka (z gréckeho *mono* – jeden a *estrus* = ruja)

³² toto slovné spojenie vo význame environment, environmentálny (z angličtiny, resp. z francúzštiny) má však dosť odlišné, prevažne antropické vymedzenie v okruhu tzv. environmentálnych vied, ktoré sa s ekológiou prelínajú len na pomerne malom úseku;

3. **Biotická zložka** vlastne predstavuje všetky organizmy určitého prostredia – stanovišťa, lokality: horskej doliny, koryta potoka, stromovej dutiny, konkrétnej jaskyne, morskej zátoky a podobne; spolu so vzájomnými vzťahmi. Tieto vzťahy, ako bude v ďalšom texte analyzované, môžu byť priame a nepriame; indiferentné, negatívne i pozitívne (antropomorfná interpretácia v zmysle „nepriateľských“ a „priateľských“ vzťahov je v ekológii a prírodných vedách nežiaduca a zavádzajúca).

Po úvodných slovách môžeme pristúpiť k vymedzeniu pojmu ekologický faktor. Pojmom **ekologický faktor** označujeme každú, merateľnú i ťažšie merateľnú vlastnosť prostredia, ktorá priamo či nepriamo ovplyvňuje životné funkcie jednotlivých druhov organizmov, populácií a spoločenstiev.

Samozrejme, že existuje veľmi veľké množstvo ekologických faktorov. Dokonca sa zdá, že väčšiu časť ekologických faktorov ešte nepoznáme, resp. ich len tušíme. Pochopí to každý, kto študuje tak zložitý ekosystém, ako je les. Skúsme napr. sledovať spoločenstvo pavúkov alebo chrobákov v listovej opadanke, alebo pod starou kôrou. Čoskoro zistíme, že určité druhy, obyčajne bežnejšie, sa vyskytujú pravidelne, no iné druhy (ktorých je väčšina) nájdeme len na malej ploche, alebo len v dutine jedného stromu. O 100 alebo 1000 metrov ďalej ich už neobjavíme, akokoľvek sa snažíme, hoci les dookola je «stále rovnaký». Aké faktory ovplyvňujú prítomnosť určitého druhu v prostredí, a aké faktory „mu v tom zabraňujú“, i keď sa stále pohybujeme v «takom istom lese»? Aj dlhoročný znalec prírody mnohokrát iba tuší, ktorý faktor alebo komplex faktorov o takýchto zdanlivo jednoduchých veciach rozhoduje... Ekologické faktory môžeme rozdeliť podľa viacerých aspektov; pozri nasledujúcu schému. Tieto rozdelenia

↗ fyzikálne ↗ biotické ↗ topické ↗ s priamym pôsobením ↗ zásadného a
 ↘ chemické ↘ abiotické ↘ trofické ↘ s nepriamym pôsobením ↘ podružného charakteru

majú však v mnohých, alebo dokonca vo väčšine prípadov spoločnú vlastnosť – neexistuje ostrá hranica medzi alternatívami v hornom (↗) a dolnom (↘) riadku.³³ Len pomerne málo faktorov sa dá presne a jednoznačne zaradiť do jednej z desiatich hore uvedených kategórií (výnimkou je väčšina fyzikálnych a chemických, ale i abiotických, hlavne klimatických faktorov).

Stručné vysvetlenie by si zasluhovalo ešte pomerne zriedkavé rozdelenie ekologických faktorov na topické a trofické – preklad by mohol byť priestorové a potravné vzťahy. Zložitosť a vrstevnatosť týchto vzťahov si vysvetlíme na príklade známych druhov (↓ tabuľka 8).

Tab. 8. Príklady topických a trofických vzťahov vybraných arborikolných živočíchov

Druh (<i>Species</i>)	Vzťah k prostrediu starých stromov, kôry a pod.	
	larva (juvenil)	imágo (adult)
križiak podkôrny (<i>Nuctenea umbratica</i>)	len topický (entomofágny predátor)	
fuzáč škvrnitý [<i>Rutpela</i> (= <i>Strangalia</i>) <i>maculata</i>]	topický aj trofický	indiferentný*
črvotoč mramorovaný (<i>Xestobium rufovillosum</i>)	topický aj trofický	
plocháč červený (<i>Cucujus cinnaberinus</i>)	len topický (larva aj imágo sú entomofágne predátory)	
potemník hubový (<i>Diaperis boleti</i>)	topický, len nepriamo trofický (larva aj imágo žijú na stromových hubách)	
brhlík európsky (<i>Sitta europaea</i>)	topický aj trofický (vtáky sa na stromoch zdržujú aj hľadajú si tam potravu)	
raniak hrdzavý (<i>Nyctalus noctula</i>)	iba topický (tento netopier sa v dutinách stromov iba ukrýva, potravu loví za letu)	

* dospelé fuzáče škvrnité sa zdržujú na kvetoch (živia sa peľom a sú súčasne aj opeľovače – polinátory), stromy navštívi len ♀ pri kladení vajíčok, čo platí pre viaceré druhy tejto čeľade

33 matematicky ostrá hranica medzi dvoma fenoménmi je, ostatne, v biologických vedách zriedkavá. Dva ekosystémy, geobiómy ani taxóny nemajú (resp. aspoň v minulosti nemali) ostrú hranicu.

Osobitne významné, i keď nie vždy celkom jasné postavenie medzi ekologickými faktormi má fenomén limitujúceho ekologického faktora. Je to faktor, ktorý pôsobí najmenšou intenzitou – inak povedané ten, ktorý je v nedostatku. Presné rozhodnutie, ktorý ekologický faktor je v konkrétnom prípade limitujúci, býva často veľmi ťažké. Problematika si vyžaduje vysvetlenie aspoň na niekoľkých aspoň ako-tak známych príkladoch.

Organizmy okrem živočíchov – zjednodušene rastliny a huby, sú charakteristické veľmi obmedzenou pohyblivosťou, netýka sa to len diaspór – semien a výtrusov, ktoré niekedy môžu hravo prekonávať tisícikilometrové vzdialenosti. U rastlín majú limitujúci charakter najmä podmienky klíčivosti semien. Rastlinné individua sú chýlostivé najmä na začiatku ontogenézy krátku dobu po vyklíčení, a tam sú aj najväčšie straty. Problémom môže byť prítomnosť nepôvodných, najmä expanzívnych druhov flóry, ktoré môžu takmer úplne znemožniť klíčenie. Inak veľká väčšina semien pri klíčení toleruje len dosť malé kolísanie vlhkosti, teploty a iných ekologických faktorov. U húb sú limitujúcimi faktormi najmä pH pôdy, prítomnosť mykorrhíznych drevín, mikroklima a vodný režim stanovišťa. U živočíchov je situácia zložitejšia najmä pre komplikovanosť topicko-trofických vzťahov a ďalších životných prejavov.

Dravce – predátory sú vo veľkej väčšine prípadov známe ako polyfágy (bližšie súvislosti tohto veľmi frekvencovaného termínu ➔ str. 126 hore, str. 151 a inde). A skutočne, prísna špecializácia dravcov na typ prijímanej potravy je veľmi vzácna výnimka. Limitujúce faktory (ne)výskytu predátorov môžu byť preto zvlášť tvrdým orieškom. V tomto prípade budú mať zrejme limitujúci charakter faktory súvisiace s rozmnožovaním, najmä s inkubáciou vajíčok. Celú túto málo známu, ale veľmi zaujímavú problematiku by sme mohli rozdeliť do dvoch „mantinelov“:

«Limitácia zdola» – mnohé dravce sú viac-menej výrazne teplomilné, hoci je pravdou, že dostatok potravy by našli aj v horských, možno i vysokohorských regiónoch. Čo im teda bráni preniknúť tam? Sú to reprodukčné bariéry, súvisiace s inkubáciou vajíčok. Ich teplomilnosť závisí najmä od toho, že vajíčka pre úspešnú inkubáciu vyžadujú určité «úhrnné teplo». Znamená to najmä určitý počet dní vo vegetačnej sezóne, kedy teplota prostredia aspoň na 8 hodín vystúpi nad 30 °C. V chladnejšom prostredí, hoci by tam mali nadbytok potravy, trvale žiť nemôžu – presnejšie povedané, nemôžu sa tam rozmnožovať. Do tejto kategórie patrí stepník červený (*Eresus moravicus*; ➔ pozn. 17 na str. 76), skaliarka veľká (*Gnaphosa lucifuga*), krátkonôžka štíhla (*Ablepharus kitaibeli*) a jašterica zelená (*Lacerta viridis*).³⁴

Opakom sú niektoré (vysoko)horské druhy, u ktorých môžeme hovoriť o «limitácii zhora». Sú viac-menej výrazne chladnomilné, s dlhou dobou inkubácie vajíčok, pričom u niektorých z nich už mierne zvýšená teplota (nad 25 °C) môže znamenať smrteľné riziko. Patrí sem napr. sľedič vysokohorský (*Pardosa nigra*), bystruška Fabriciova (*Carabus fabricii*) a očkán vysokohorský (*Erebia pandrose*). Vrcholom v tejto oblasti je niekoľko zástupcov archaického radu Grylloblattodea (kohorta Polyneoptera) z vysokých hôr Severnej Ameriky a Japonska, ktoré údajne hynú už pri teplotách nad 16 °C! (Obenberger, 1955).

Teplota je limitujúcim faktorom aj u viacerých druhov rýb, v tomto prípade však limitácia súvisí skôr s klesajúcim obsahom kyslíka vo vode pri zvýšenej teplote. Napr. pstruh potočný (*Salmo trutta* m. *fario*) žije v horských potokoch a horných úsekoch riek s rýchlym prietokom, kde teplota počas roka nekolíše o viac ako 12 °C. Vo vodných tokoch, kde teplota čo i len krátkodobo vystúpi nad 20 °C, pstruh potočný nemôže žiť, aj keď by tu mal masívny nadbytok potravy! Na druhej strane iné ryby, napr. karas (*Carassius carassius*) a lieň (*Tinca tinca*) znesú aj veľmi nízky obsah O₂ vo vode. Karasy sa dokonca dokážu pri vysychaní vodných plôch zahrabať do bahna niekoľko decimetrov hlboko, a tak prežiť nepriaznivé obdobie.

U trofických skupín okrem predácie sa, naopak, relatívne často vyskytuje aj oligofágia a vzácne aj monofágia. U týchto živočíchov je už sama potravná špecializácia väčšinou limitujúcim ekologickým faktorom. U stavovcov je monofágia veľmi vzácna – výnimkou je koala (*Phascolarctos cinereus*), živiaca sa len istými druhmi eukalyptov a panda veľká (*Ailuropoda melanoleuca*), viazaná na bambus. U bezstavovcov, najmä u hmyzu, monofágiu pozorujeme častejšie, ale aj tak ide o výrazne minoritnú záležitosť.

34 príbuzná tmavo sfarbená jašterica živorodá (*Lacerta vivipara*) žije, naopak, v chladnejších a vlhkých biotopoch vyšších polôh. S nepriaznivými podmienkami prostredia sa vysporiadala tak, že je živorodá – počas inkubácie vajíčok sa dlhé hodiny slní na vyvýšených miestach, vďaka čomu sa môžu vajíčka v jej tele vyvíjať.

Príkladmi môžu byť niektoré motýle, napr. priadka morušová (*Bombyx mori*), ktorá žije na moruši bielej (*Morus alba*), pestroň vlkovec (*Zerynthia polyxena*), ktorého húsenice žerú vlkovec európsky (*Aristolochia clematitis*) a vzácny modráčik bahňákov (*Maculinea nausithous*), viazaný na krvavec lekársky (*Sanguisorba officinalis*). Z chrobákov je to fuzáč javorový (*Rhopalopus ungaricus*), ktorý žije na javore horskom (*Acer pseudoplatanus*) a endemický fuzáč zemolezový [*Pseudogaurotina* (= *Gaurotes*) *excellens*], ktorého larvy žijú v kmienkoch zemolezu čierneho (*Lonicera nigra*). Mimoriadnym zjavom je monofág spomedzi mycetofágov – hubových druhov. Je ním chrobák *Mycetoma suturale* z príbuzenstva poterníkov. Žije lokálne v starých pralesovitých porastoch v plodniciach drevnej huby *Ischnoderma benzoinum*. Pre úplnosť treba uviesť, že ani u týchto potravných špecialistov nemusí byť prítomnosť živnej rastliny jediným limitujúcim faktorom – isto nie na každej lokalite, kde rastie vlkovec európsky, nájdeme aj pestroňa vlkovecového. Aj modráčik bahňákov nie je „odkázaný“ iba na krvavec lekársky. Kým jeho húsenice v prvých instaroch konzumujú krvavec, staršie húsenice prechádzajú na myrmekofilný spôsob života (typické pre viaceré modráčiky), preto život tohto vzácného druhu závisí aj od prítomnosti istých mravcov (*Myrmica* spp., najmä *Myrmica rubra*) na vhodnej lokalite.

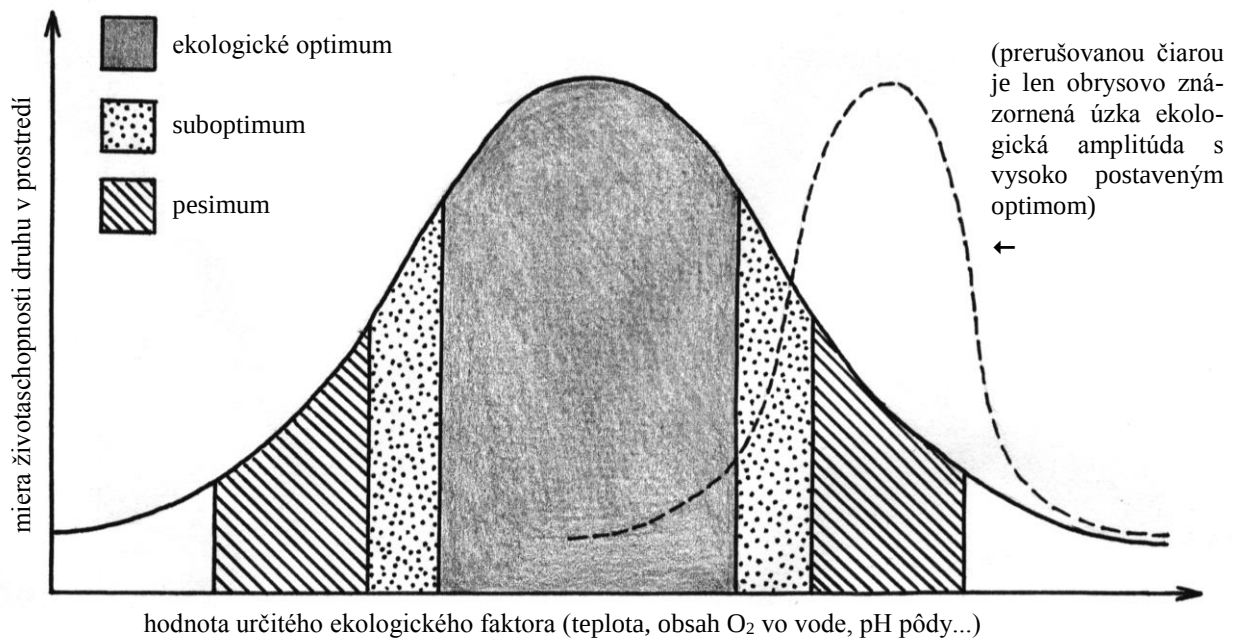
Vo všeobecnosti možno povedať, že limitujúcimi faktormi výskytu väčšiny živočíchov sú obyčajne:

- dostatok vhodnej potravy v štruktúre vyhovujúcej pre juvenilné (larválne) štádiá i dospelé jedince,
- dostatok vhodných miest na úkryt a diapauzu (hibenáciu),
- u rýb je to navyše dostatok vhodných miest na trenie, chemizmus vody, obsah O₂, charakter okolitých porastov a iné,
- u vtákov je to dostatok hniezdnych možností,
- v negatívnom smere je limitujúcim faktorom premnoženie predátorov (v prírode výnimočný jav), skôr možno uvažovať o premnožení parazitov a parazitoidov.

Keby sme mali dospieť k zovšeobecňujúcej poučke, **limitujúcim ekologickým faktorom** neprítomnosti určitého druhu v ekosystéme je nedostatok vhodných topicko-trofických ník a reprodukčných možností alebo substrátov pre konkrétny druh.

V súvislosti s limitujúcimi ekologickými faktormi sa niekedy spomína **zákon minima**, ktorý prvýkrát verejne prezentoval J. Liebig v roku 1840. Hoci bol formulovaný na základe životných prejavov a potrieb rastlín, dá sa aplikovať na všetky živé organizmy. Zákon minima hovorí o tom, že limitujúci faktor, pokiaľ sa vyskytuje v prostredí v nedostatočnej kvantite, negatívne ovplyvňuje výskyt a životné funkcie určitých druhov, aj keď by ostatné faktory mohli byť prítomné v nadštandardnej miere. Napríklad vodný tok, kde obsah kyslíka čo i len krátkodobo klesne pod 10 mg · l⁻¹, nie je vhodným pre život pstruha potočného. Tento druh tu nemôže žiť, hoci by tu bol akýkoľvek nadbytok potravy. Podobne larvy aj imága ploskoroha škvrnitokrídleho [*Libelloides* (= *Ascalaphus*) *macaronius*] by určite nalovili dostatok potravy napr. na hrebni Veľkej Fatry; trvale tu však žiť nemôžu, pretože v tunajšej drsnej horskej klíme by nemohol prebiehať reprodukčný cyklus tohto druhu. Začiatkom 20. storočia boli vykonané viaceré pozorovania a pokusy v prírode i v laboratóriu. Tieto pokusy potvrdili, že pre život organizmov nemajú význam len minimálne, ale i maximálne hodnoty alebo intenzity pôsobiacich faktorov. Na základe týchto výskumov formuloval V. A. Shelford roku 1913 zákon tolerancie, podľa ktorého každý druh toleruje určité rozpätie konkrétného ekologického faktora, pričom najlepšie v svojom prostredí prosperuje, ak sa hodnoty tohto faktora pohybujú v istom intervale, ktorý nazývame optimum. Rozpätie hodnôt ekologického faktora (najmä ak ide o faktor limitujúci) sa označuje ako **ekologická amplitúda** – obr. 42 (↓).

Tento graf si vyžaduje stručný komentár. Za **ekologické optimum** považujeme to rozpätie ekologického faktora, ktoré je pre konkrétny druh najvhodnejšie – v tomto rozpätí sa druh najlepšie cíti a prosperuje, v tomto intervale sa najlepšie uplatňujú jeho životné potreby a prejavy: príjem potravy, pre druh charakteristické biorytmy (➡ str. 99/100) a, samozrejme, reprodukčné aktivity. Pokiaľ hodnota ekologického faktora mierne klesne alebo stúpne, dostávame sa do pásma **ekologického suboptima**. V tomto pásme druh ešte trvale žije, ale je už vystavený určitému tlaku menej vhodných podmienok, ktoré vníma ako fyziologickú alebo ekologickú (najmä trofickú) frustráciu. V pásme suboptima sa už väčšia časť populácie nerozmnožuje; rozmnožovacieho procesu sa príležitostne zúčastňujú len nadpriemerne zdatné individua. Ak hodnota ekologického faktora ešte viac klesá alebo stúpa, dostávame sa už do „hraničného pásma“ existencie, a ním je pásmo **ekologického pesima**. Tu už životné podmienky pre druh začínajú byť citelne nevhodné. Druh v pásme pesima môže síce aj dlhodobejšie prežívať (silný jedinec), k rozmnožovaniu však



Obr. 42. Grafické znázornenie ekologickej amplitúdy, konkurencia môže modifikovať tvar ideálnej Gausovej krivky

už nedochádza, a druh sa usiluje toto prostredie opustiť – hľadá si vhodnejšie stanovište, mikrobiotop a pod. Pokiaľ sú slabšie jedince nútené dlhšie prežívať v pásme pesima, skôr či neskôr hynú. Problematiku najlepšie pochopíme na príklade známeho druhu – svišťa (*Marmota marmota*). Svišť je vysokohorský hlodavec, jeho výškové optimum je v rozpätí 1 600 – 1 900 m n. m., tesne nad súvislou kosodrevinou. O niečo nižšie (tesne nad hornou hranicou lesa), resp. vyššie, na kamenitých alpínskych zrázoch, leží jeho suboptimum. Súvislejší les, resp. drsné hrebeňové partie Tatier s chudobnou roztrúsenou vegetáciou, znamenajú pre svišťa pásmo pesima – tu už trvale žiť nemôže a ak sa na takéto miesta náhodou zatúla, usiluje sa odtiaľ čím skôr dostať do vhodnejšieho prostredia.

V zásade rozoznávame druhy, ktoré tolerujú viac-menej široké rozpätie určitého ekologického faktora (–ov). Tieto druhy so širokou ekologickou valenciou bývajú v rôznych terminologických aplikáciách označované ako **euryeknné**, **eurytopné** a pod. Tieto druhy sa vyskytujú na širokej škále stanovišť vrátane lokalít značne ovplyvnených ľudskou činnosťou a obyčajne bývajú hojné. Patrí k nim napr. lienka sedembodková (*Coccinella septempunctata*), babôčka pávooká (*Inachis io*), obrúbnica šťavelová (*Coreus marginatus*) a mnohé iné. Slovo „mnohé“ nie je celkom priliehavé, pretože typicky euryeknných bežných druhov je v našej a asi i svetovej faune asi 5 %. (Situácia v oblasti botaniky je zrejme analogická.) Iné druhy sú, naopak, pri výbere lokality náročnejšie a nájdeme ich len na stanovištiach určitého charakteru. Sú to druhy **stenoeknné** alebo **stenotopné**. Vhodných miest pre ich život obyčajne nebýva veľa (aj keď i tu existujú výnimky), a tieto druhy väčšinou patria k menej hojným až veľmi vzácnym prvkom fauny i flóry. Samozrejme, že k nim patria takmer všetky chránené druhy na Slovensku i v okolitých krajinách. Príklady zrejme ani netreba uvádzať. Stačí zalistovať v (dobrom, podrobnom) atlase alebo určovacom kľúči, a človeka prvýkrát až prekvapí, ako často sa vyskytuje poznámka „veľmi vzácny“. Napríklad z našich asi 250 druhov fuzáčov (Cerambycidae) nájdeme túto poznámku zhruba v tretine prípadov, a u krasoňov (Buprestidae), kováčikov (Elateridae) a májok (Meloidae) možno ešte častejšie. Vzácnosť výskytu je mimochodom záležitosť dosť relatívna a často diskutovaná. Počas jedného výletu pod Poľanou je možné vidieť za 2 – 3 hodiny niekoľko desiatok kusov fuzáča alpského (*Rosalia alpina*), ktorého výskyt je inak hodnotený ako „dosť vzácny“. V júli 2006 južne od Rimavskej Soboty zas poletovalo viac ako 30 exemplárov vzácného bielopásovca hrachorového (*Neptis sappho*). Hromadný výskyt vzácného a chráneného krasoňa jedľového (*Eurythyrea austriaca*) bol pozorovaný v Starohorskej doline (Zach, in verb). Podobných prípadov a zážitkov by sme mohli uviesť viac. Túto kapitolu by sme mohli ukončiť pokusom o stručné zodpovedanie jednej otázky, ktorú občas dostávame od študentov: „Prečo sú niektoré druhy hojné až všadeprítomné, kým iné sú veľmi vzácne? Veď aj vzácne druhy, citované v predchádzajúcich vetách (a mnohé iné), vedia dobre lietať.“ Odpoveď na túto niekedy ťažkú otázku treba hľadať v ekológii, najmä v autekológii konkrétnych druhov:

- vzácnosť určitých druhov nie je odrazom ich obmedzenej mobility,³⁵ ale súvisí s tým, že majú špecializované nároky na životný priestor, potravu a pod. (ekológ by povedal, že vzácne sú najmä tie druhy, ktoré v jednotlivých ekosystémoch obsadili veľmi špecifické topicko-trofické niky);
- vzácne druhy sú citlivé na narušenie ich životných podmienok, navyše relatívne stabilné pomery na stanovišti (mikrohabitate) musia byť často dlhodobé. Napríklad viaceré druhy chrobákov vyvíjajúcich sa v dutých stromoch potrebujú na svoj larválny vývin 3 až 5 rokov, pričom každý zásah do prostredia, ktorý by narušil mikroklimu dutiny, môže spôsobiť úhyn celej populácie. Do tejto kategórie patria napr. roháč veľký (*Lucanus cervus*), zlatoň ligotavý [*Protaetia* (= *Cetonischema*, *Potosia*) *aeruginosa*], pižmovec hnedý (*Osmoderma eremita*) a mnohé iné;
- vzácne sú obyčajne aj fylogeneticky starobylé druhy, ktoré nemávajú tendenciu k hromadnému výskytu a lavínovitému rastu populácie [zriedkavou výnimkou je tŕňochvost americký – *Xiphosura* (= *Limulus*) *polyphemus*];
- genetik by povedal, že „vzácnosť“ je zakódovaná v skutočnosti už v génoch jednotlivých druhov;
- mnohé druhy sú vzácne najmä „vďaka“ človeku, ktorý necitlivými zásahmi do prírody likviduje ich biotopy (mokrade, rašeliniská, slaniská, pôvodné porasty pralesového charakteru).

Ekologické faktory

Vonkajšie činitele v určitom prostredí nie sú stále, mení sa množstvo tepla, svetla, vlhkosti a pod. Rovnako sa prostredie mení životnou činnosťou organizmov, ktoré spätne pôsobia na svoje prostredie, a tak neustále ovplyvňujú podmienky svojej existencie. Ekologické faktory, ktoré vplyvajú na existenciu organizmov, možno rozdeliť na abiotické (klimatické, edafické), biotické či antropické. Ich pôsobenie na organizmy môže byť priame (teplota, svetlo), či nepriame (reliéf). Žiadny z týchto faktorov nepôsobí na organizmus samostatne, ale takmer vždy spolupôsobí s ostatnými, napr. svetlo a teplo, teplota a vlhkosť vzduchu a pod. (Seko et al., 1998).

II. 3. 1 Abiotické ekologické faktory

II. 3. 1. 1 Klimatické ekologické faktory

Život organizmov na zemskom povrchu ovplyvňujú klimatické faktory, ako žiarenie (svetlo, teplo), zrážky, vlhkosť a cirkulácia vzduchu, a pod. Súborny týchto faktorov označujeme ako **klíma** (podnebie). Priame pôsobenie týchto faktorov je ďalej modifikované topografickými faktormi ako geografická šírka, nadmorská výška, či reliéf terénu a samozrejme činnosťou samotných organizmov, ktoré môžu lokálne ovplyvniť klimatické podmienky. Nezanedbateľnú úlohu pri zmene klimatických podmienok zohráva človek, ktorý svojou činnosťou (budovanie sídiel, priemyslu, dopravy, rozvoj poľnohospodárstva...) významne modifikuje pôsobenie klimatických faktorov na rozsiahlych územiach.

Žiarenie

Pre našu planétu je najväčším zdrojom žiarenia Slnko. Pritom naša Zem zachytí iba nepatrný zlomok žiarenia, ktoré Slnko nepretržite vysiela do okolitého priestoru. Pri strednej vzdialenosti Zeme od Slnka dopadá na vonkajšiu hranicu atmosféry ožiarenej strany zemegule približne konštantné množstvo energie. Toto množstvo označujeme ako solárnu konštantu, ktorej hodnota je $1,381 \cdot 10^3 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Hodnota tejto konštanty mierne kolíše, pričom maximum dosahuje každých 11 rokov. Pravdepodobne s týmito zmenami slnečnej aktivity súvisia aj niektoré klimatické zmeny na Zemi.

Okrem slnečnej energie dopadá zo všetkých smerov na našu Zem aj ďalšie žiarenie z okolitého vesmíru. Dohromady toto mimozemské žiarenie (slnečné + okolitý vesmír) dodáva Zemi 99,98 % energie. Zvyšok 0,02 % pripadá na geotermálnu energiu, pochádzajúcu z vnútra Zeme. Žiarenie podľa vlnovej dĺžky delíme na:

³⁵ čiastočnou výnimkou môžu byť niektoré aptérne alebo celkove málo pohyblivé druhy s prirodzene obmedzeným životným priestorom (troglobionty, ulitníky alebo bystrušky izolovaných horských celkov, a endemity vôbec)

1. pod 3 nm je **rádioaktívne**, a to má letálne, pri nižšej intenzite silne mutagénne účinky na takmer všetky živočíchy;
2. do cca 360 nm je **ultrafialové** (UV), ktoré je pre mnohé živočíchy škodlivé, pre niektoré (dážďovky – Lumbricidae) má až letálne účinky. UV žiarenie v intervale 280 až 300 nm má pozitívny účinok – podporuje tvorbu vitamínov skupiny D a histamínu, ktorý stimuluje metabolizmus, produkciu žalúdočných štiav, peristaltiku čriev a rozširovanie kapilár;
3. od 360 do 760 nm je viditeľné (presnejšie človeku viditeľné) žiarenie, teda **svetlo**;
4. od 760 nm do 0,4 mm je tepelné, **infračervené žiarenie** (IR). Niektoré živočíchy, na rozdiel od človeka, majú schopnosť vnímať IR žiarenie. Napr. komáre (Culicidae), ploštica posteľná (*Cimex lectularius*) a štrkáče (*Crotalus* spp.) si podľa tepelného vyžarovania zamerajú korisť i v úplnej tme.

Svetlo je najdôležitejším ekologickým faktorom prevažnej väčšiny organizmov. Predstavuje základnú podmienku fotosyntézy, tvorby organickej hmoty rastlinami a existencie všetkých ďalších trofických úrovní. Podľa nárokov na svetlo rozlišujeme:

- **heliofily** (v rastlinnej ríši heliofyty), kam patrí väčšina (asi dve tretiny) druhov hmyzu, význačných zloženými očami apozičného typu; pavúky, ktoré lovia korisť pomocou zraku (Lycosidae, Pisauridae, Salticidae), všetky naše plazy a vtáky s výnimkou dvoch nočných radov (sovy – Strigiformes a lelky – Caprimulgiformes). Z rastlín sú to druhy neznášajúce zatienenie. Vyžadujú minimálne 40 % plného svetla, napr. breza previsnutá (*Betula pendula*), borovica lesná (*Pinus sylvestris*), dub plstnatý (*Quercus pubescens*) či smrekovec opadavý (*Larix decidua*). Z bylín je to väčšina lúčnych druhov a pionierske druhy, ktoré obsadzujú holé plochy, púštne, stepné, tundrové a vysokohorské druhy;
- **heliosciofily** (v rastlinnej ríši heliosciofyty) – polosvetlomilné druhy, rastliny sú tolerantné k 100 % priameho svetla, avšak znášajú aj zatienenie rôzneho stupňa (napr. brečtan popínavý – *Hedera helix* kvitne pri 100 – 22 % ožiarenosti);
- **sciofily** (v rastlinnej ríši sciofyty) – tieňomilné druhy, ktorým nevyhovuje priame svetlo, ale žijú v prostredí s rozptýleným svetlom až tieňom. Do tejto kategórie patrí väčšina lesného hmyzu, pavúkovcov, mäkkýšov, no i stavovcov. Z rastlín sú to druhy schopné existovať aj pri menej ako 20 % priameho svetla, napr. kyslička obyčajná (*Oxalis acetosella*) kvitne pri max. 1 – 2 % oslnení. Medzi tieňomilné druhy patria aj prízemné druhy dažďových pralesov, machy, ale aj mnohé druhy húb a lišajníkov;
- **heliofóbné (lucifúgne, afotné)** druhy – patria sem svetloplaché živočíšne druhy, priamemu svetlu sa snažia obyčajne urýchlene vyhnúť. Patrí sem väčšina abysálnych živočíchov,³⁶ druhy hlbších pôdných horizontov (terikoly) a troglobionty, a nakoniec je to i väčšina exogénnych živočíchov s nočnou aktivitou. Patria k nim napr. nočný hmyz so zloženými očami superpozičného typu,³⁷ ropuchy (*Bufo* spp.), ježe (*Erinaceus* spp.), plchy (Glirinae), lelek lesný (*Caprimulgus europaeus*) a vlastne všetky sovy.³⁸

Svetloplachosť niektorých živočíchov je z hľadiska fyziologického veľmi interesantná záležitosť. Vezmime si napr. svrčika mraveniskového (*Myrmecophilus acervorum*), žižiavku *Platyarthrus hoffmannseggii*, kriváka *Niphargus tatrensis*, stonožičku bielu *Scutigera immaculata*, kyjorožca *Claviger longicornis*, jaskynné behúniky z rodu *Antroherpon*



Obr. 43. Adaptáciou vysokohorského druhu plesnivca alpského (*Leontopodium alpinum*) pred nadmerným množstvom UV žiarenia sú trichómy. Chránia ho aj pred vplyvom mrazu (Foto R. Pouš, 2014)

36 niektoré abysálne živočíchy však majú často nápadné bioluminiscenčné orgány (a v tom prípade samozrejme aj oči), ktoré im slúžia na vyhľadanie koristi alebo jedinca opačného pohlavia;

37 mnohý nočný hmyz (napr. motýle) lieta pri vyrušení, prekvapení a pod. aj cez deň. Stavba očí im to umožňuje (superpozičné oči fungujú za nízkej i vysokej svetelnosti), problém bude skôr v tom, že nočný hmyz môže byť počas denného pohybu napadnutý neobvyklým predátorom;

38 niektoré sovy, napr. pôtik kapcavý (*Aegolius funereus*), v čase núde lietajú a lovia aj cez deň.

alebo jaskynné „šesťočky“ (čelad' Dysderidae) z rodu *Stalita* a mnohé iné – všetky tieto druhy majú jedno spoločné: sú úplne slepé. Napriek tomu však na svetlo reagujú nepokojom a snahou ukryť sa v tme! Znamená to, že v ich tele ostali rudimenty zrkovitého pigmentu a zrejme aj nejakých fyziologických mechanizmov percepcie svetla ešte z čias, keď ich predkovia oči mali, o čom žiadny zoológ nepochybuje. Tieto záhadné procesy však ešte len čakajú na vysvetlenie.

Svetlo má zásadný význam pre fotosyntetickú asimiláciu rastlín, ktorá je základnou formou získavania energie pre chod celej biosféry. Intenzita svetla určuje aj vertikálnu štruktúru viacetážových rastlinných spoločenstiev. V horných etážach sú rastliny svetlomilné, v dolných etážach tieňmilné. Na svetlo sa rastliny adaptovali úpravou asimilačných orgánov, a to jednak ich priestorovou orientáciou (fotické reakcie listov), jednak tvorbou asimilačných farbív, ktoré sú prispôsobené na rôznu kvantitu svetla (premiestňovanie chloroplastov). Iným mechanizmom (okrem ochrany pred chladom) na zníženie osvetlenia je kryt listov **trichómami**, napr. plesnivec alpský (*Leontopodium alpinum*, ► obr. 43), či **nízky vzrast** svetlomilných rastlín pri nadmernom osvetlení (ružicovité rozostavenie listov). Svetlomilné druhy drevín majú **hrubšiu borku** (dub korkový – *Quercus suber*) ako tieňmilné (buk lesný – *Fagus sylvatica*). Rastliny pri nedostatočnej intenzite svetla vykazujú **fototropizmus**: etiolizujú a „ťahajú sa“ za svetlom. Nadbytok svetla škodí tieňmilným rastlinám. Aj náhla silná zmena intenzity osvetlenia, ktorú za normálnych okolností rastlina toleruje, môže vyvolať poškodenie rastliny, napr. ak rastlinu, dlhý čas žijúcu v tieni, odrazu vystavíme intenzívnemu osvetleniu, čo pôsobí ako stres a vyvoláva jej defoliáciu.

Svetlo má ďalekosiahly vplyv na sfarbenie veľkej väčšiny živočíchov aj rastlín – 90 % rastlín je entomogamných, preto sú kvety farebné. Dalo by sa špecifikovať niekoľko **stratégií sfarbenia** živočíchov:

1. **Kryptické (maskovacie) sfarbenie** – umožňuje živočíchovi splynúť s prostredím, so substrátom. Je to zrejme najčastejší typ sfarbenia. Jeho princípom je nenápadné mramorovanie a tmavšie škvrny na svetlejšom (belavom, žltkastom, sivohnedom a pod.) podklade. Pokiaľ živočích sedí bez pohybu na povrchu pôdy, na skalách alebo kôre (často s machmi a lišajníkmi), je takmer neviditeľný. Typické je toto sfarbenie pre väčšinu morovitých (Noctuidae), piadiviek (Geometridae), pre bzdochy z čelade Aradidae, kosce z čelade Trogulidae, splošťuľu bahennú (*Nepa cinerea*) a mnohé iné druhy. Aj samicu jarabice (*Perdix perdix*), prepelice (*Coturnix coturnix*) alebo škovránka (*Alauda arvensis*), pokiaľ sedí nepohnute na hniezde nezbadáme skôr, ako nám vyletí doslova kúsok od nohy. Sluka hôrna (*Scolopax rusticola*) so svojím sivohnedým mramorovaním je v lesných húštinách tiež takmer neviditeľná. Kačica divá (*Anas platyrhynchos*) má podobné sfarbenie, kačer si však „môže dovoliť“ byť pestrý. Zvláštnym typom kryptického sfarbenia je **mimetizmus**. Živočích v tomto prípade sfarbením, no často i tvarom napodobňuje nejakú časť rastliny alebo iný indiferentný objekt. Niektoré druhy sa nápadne podobajú suchému konáriku alebo paličke – platí to najmä pre húsenice piadiviek (Geometridae) a pre štíhle pakobylky (Phasmida), kde dokonalosť vizuálneho dojmu ešte zvyšujú nepravidelné trnky. Iné pakobylky, najmä listovky (*Phyllium* spp.) dokonale pripomínajú list tvarom, farbou i naznačenou žilnatinou. To isté platí pre indickú babôčku *Kallima inachus*, ktorá sa na nerozpoznanie podobá suchému listu – vrátane stopky, žilnatiny a nepravidelných škvŕn od hrdzí. Náš drevotoč obyčajný (*Cossus cossus*) sediac so zdvihnutou prednou časťou tela na kôre, pripomína krátky suchý vrbový pahýľ. Liskavka *Hispa atra* verne pripomína otŕnené semeno mrkvovitých rastlín. Vyklenulce (*Byrrhus* spp.) v pokoji so zatiahnutými nohami i tykadlami vyzerajú ako zrnko pôdy alebo malý kamienok. Časté je napodobovanie v prírode tak indiferentného objektu, ako je vtáčí trus. V tomto prípade je živočích sfarbený nenápadne sivohnedo so svetlejšou špinavobielou, obyčajne excentrickou škvrnou. Dojem vtáčieho trusu (pokiaľ sa majiteľ nepohybuje) je dosť dokonalý u križiaka *Araneus* (= *Atea*) *sturmi*, u chrobákov z čelade Anthribidae (*Anthribus albinus*, *Platyrhinus resinosus*), u niektorých fuzáčov (*Pogonocherus* spp.), u obaľovača záhradného (*Hedya nubi-ferana*), niektorých piadiviek, napr. u piadivky bršlenovej (*Ligdia adustata*) a i.

2. **Dekompozičné (rozkladacie) sfarbenie** – je charakteristické kombináciou tmavej (obyčajne čiernej alebo tmavohnedej) a bielej, príp. svetložltej farby. Tieto farby sú obyčajne ostro oddelené, neprechádzajú jedna do druhej. Takáto kombinácia vyzerá na jednofarebnom pozadí veľmi nápadne, ale v prírode, najmä v lese alebo pri vode, kde normálne funguje zložitá hra svetla a tieňov, sa takýto živočích stráca. Väčšie plochy svetlej farby na tmavom podklade opticky rozkladajú siluetu živočicha. Takéto sfarbenie má napr. vodnár (*Cinclus cinclus*), bocian čierny (*Ciconia nigra*), chochlačka vrkočatá (*Aythya fuligula*), muchárík

bielokrký (*Ficedula albicollis*), kuna skalná (*Martes foina*); z exotických druhov skunk americký (*Mephitis mephitis*), panda veľká (*Ailuropoda melanoleuca*), zebra Burchellova (*Equus burchelli*) a mnohé iné.

3. **Výstražné sfarbenie** – niektoré živočíchy majú až príliš nápadné, často až „gýčovité“ sfarbenie, preto by mali byť prednostne objektom záujmu predátorov. Opak je však pravdou – takéto sfarbenie útočníka varuje, že jeho majiteľ je jedovatý alebo nechutný. Takéto sfarbenie majú napr. lienky (Coccinellidae) s odporne horkou hemolymfou, vretienky (Zygaenidae), ktoré naviac pomaly lietajú a ľahko sa nechajú chytiť, ich hemolymfa však obsahuje aj kyanaté zlúčeniny. Podobne húsenica lišaja mliečnikového (*Hyles euphorbiae*) je zďaleka viditeľná (kombinácia čiernej, červenej a bielej farby), hmyzožravé vtáky jej však dajú pokoj, pretože sa živí jedovatými rastlinami (mliečniky – *Tithymalus* spp.), a preto je i sama jedovatá. To isté platí pre májkovité chrobáky z rodu *Mylabris*, ktoré obsahujú v hemolymfe prudko jedovatý kantharidin. Z exotických druhov sú výstražným sfarbením typické juhoamerické motýle z čeľade Heliconiidae, cirkumtropická babôčka sťahovavá (*Danaus plexippus*), juhoamerické žaby stromárky (Dendrobatidae) s jedovatým kožným sekrétom, ktorý obsahuje jeden z najprudších jedov batrachotoxín, a pod. Viac informácií o tejto zaujímavej problematike nájde záujemca v publikácii Jedovatí živočíchové (Kůrka & Pflieger, 1984).

Špeciálnym prípadom výstražného sfarbenia sú **mimikry** – živočíchy vtedy sfarbením, tvarom a často i pohybom napodobujú jedovaté, potenciálne nebezpečné živočíchy; hoci samé sú úplne neškodné. Napr. sršňa prekvapujúco dobre napodobuje podobník sršňovitý (*Sesia apiformis*), pílovka veľká (*Urocerus gigas*), ale i kyjačka žltkastá (*Cimex lutea*); osy pripomínajú niektoré pestrice (*Syrphus ribesii*, *Scaeva pyrastris*, *Volucella inanis*), pestrica trúdovitá (*Eristalis tenax*) vyzerá ako včela; a napokon čmele pripomínajú chlpačka veľká (*Bombylius major*), lišaj zemolezový (*Hemaris fuciformis*) a pestrice *Volucella bombylans* a *Cheilosia illustrata*.

4. **Úľakové sfarbenie** funguje na princípe prekvapenia. Poznáme ho najmä u niektorých motýľov. Sediaci motýľ s kryptickým sfarbením predných krídel je veľmi nenápadný. Pokiaľ ho predsa len spozoruje predátor (napr. hmyzožravý vták), motýľ tesne pred tým, ako by mal skončiť v zobáku, vyštartuje. V tom momente sa ukáže kontrastné, svietivé sfarbenie zadných krídel. Útočník sa na zlomok sekundy zarazí a ten čas obyčajne stačí na to, aby sa motýľ bleskurýchlym kľukatým letom stratil z dohľadu. Takéto sfarbenie má lišaj pávooký (*Smerinthus ocellatus*), stužkavce (*Catocala* spp., *Ephesia* spp.), ale i niektoré spriadače, napr. spriadač hluchavkový [*Panaxia* (= *Callimorpha*) *dominula*], spriadač kostihojový [*Euplagia* (= *Panaxia*) *quadripunctaria*], spriadač medvedí (*Arctia caja*), spriadač špenátový (*A. villica*) a i. U spriadačov ide skôr o kombináciu úľakového a dekompozičného sfarbenia (predné krídla).

Rastliny aj živočíchy často vykazujú **sezónnu periodicitu určitých javov** – v určitom čase sa rozmnožujú, v inom čase sa sťahujú, upadajú do hibernácie a pod. Tieto pravidelné oscilácie v ich živote označujeme ako **biologické rytmy** (skrátene **biorytmy**). Biologické rytmy môžu mať rôzne príčiny. Ak sú navodené zmenami v dĺžke svetlej časti dňa – fotoperiódou, hovoríme o **fotoperiodizme**. Tento je obzvlášť výrazný u organizmov žijúcich v miernom a polárnom pásme, kde sa fotoperiódou pravidelne skracuje alebo predlžuje, a naviac sa ešte strieda teplé obdobie s chladným. V tropických oblastiach, kde sa dĺžka dňa takmer nemení, preberá funkciu periodického časovača teplota a vlhkosť.

Vlastnosťou väčšiny živých organizmov, ktorá súvisí so svetelným režimom dňa a noci, resp. aj v jednotlivých ročných obdobiach je **fotoperiodizmus**. Zaujímavým javom lesných ekosystémov v jarnom období je tzv. jarný aspekt, kedy kvitnúce byliny ako napr. snežienka jarná (*Galanthus nivalis*), chochlačka dutá (*Corydalis cava*) či zubačka deväťlistá (*Dentaria enneaphyllos*) kvitnú ešte pred olistením drevín; čím sa účinne vyhnú konkurencii v „boji“ o svetlo. Dĺžka slnečného svitu počas dňa vo vegetačnom období rozdeľuje rastliny na **druhy krátkeho dňa** (tropické, subtropické druhy – dlhá tmavá periódou) a **druhy dlhého dňa** (mierne pásmo – krátke vegetačné obdobie, ale dlhé dni).

Striedanie dňa a noci (svetlej a tmavej fázy) vyvoláva u väčšiny živočíchov a rastlín pravidelné **cirkadiánne rytmy**. Trvajú približne 24 hodín a spôsob ich udržiavania je pomerne málo známy (často sa hovorí o tzv. „biologických hodinách“). Podľa doby aktivity rozoznávame druhy **denné** (diurnálne), **nočné** (nokturnálne), **súmravné** (krepuskulárne) a **indiferentné** (arytmické). Doba aktivity jednotlivých živočíšnych druhov odráža najmä špecifiká ich spôsobu života a stratégiu získavania potravy. Druhy z niektorých významných a veľkých živočíšnych taxónov majú pravidelnú dennú aktivitu, napr. spevavce (Passeriformes), denné motýle (Rhopalocera),³⁹ jašterice (Lacertidae), pavúky skákavky (Salticidae), chrobáky

39 termíny Rhopalocera a Heterocera (denné a nočné motýle) sa v modernej entomologickej terminológii už zväčša vôbec nepoužívajú, spomíname ich skôr z historických dôvodov. Medzi tzv. nočnými motýľmi nájdeme viacero výnimiek, ktoré „nie sú nočné“ – dennú aktivitu majú napr. podobníky (Sesiidae), vretienky (Zygaenidae), adély (Adelidae), okán bukový (*Aglaia tau*), lišaj marinkový (*Macroglossum stellatarum*) a mnohé ďalšie

krasone (Buprestidae) a mnohé iné. Nočnou aktivitou sú charakteristické netopiere (Chiroptera), ježe (*Erinaceus* spp.), plchy (Glirinae), sovy (Strigiformes, ➔ pozn. 38 pod čiarou), ropuchy (*Bufo* spp.), pavúky križiaky (Araneidae), väčšina tzv. nočných motýľov (Heterocera)³⁹ a i. Krepuskulárna aktivita je charakteristická pre viaceré druhy hmyzu, najmä chrobákov – typickým zástupcom zo známejších druhov je pomerne vzácny fuzáč drsnotykadlový (*Aegosoma scabricorne*). Druhy špecifických, uzavretých habitatov (jaskyne, pukliny, hlboké vrstvy pôdy, mraveniská) sú pravidelne arytmičné – ich aktivita od striedania dňa a noci väčšinou vôbec nezávisí.

Počas 24 hodinového cyklu sú živočíchy aktívne iba určitú dobu, a inú dobu odpočívajú. Podľa toho rozoznávame druhy:

- **Monofázické** – za 24 hodín majú jednu dobu aktivity a jednu dobu odpočinku. Niektoré sú aktívne cez deň (svišť, veverica), iné v noci (plchy, hraboše). Do tejto skupiny patrí napr. aj denný a nočný hmyz, vtáky, človek v aktívnej fáze života.
- **Difázické** – za 24 hodín vystriedajú dve doby aktivity a dve doby odpočinku. Spravidla sú aktívne ráno a večer (jелеňovité prežúvavce, šelmy).
- **Polyfázické** – počas 24 hodín sú niekoľkokrát aktívne a niekoľkokrát odpočívajú (hlodavce, ryby).

Cirkadiánna aktivita sa u živočíchov môže počas životného cyklu meniť. Doba aktivity sa často mení v značne pozmenenom (neprirodzenom) prostredí. Vplyvom umelého osvetlenia, hluku, dopravy a iných ľudských aktivít bývajú živočíchy často aktívne v inú dobu, keď nie sú natoľko vyrušované.

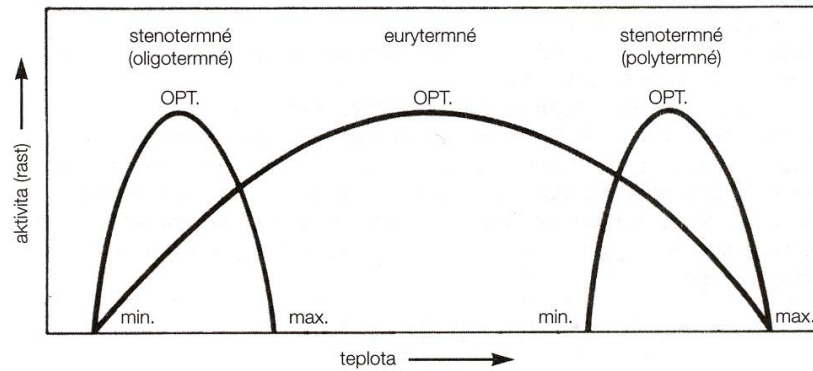
Lunárne (mesačné) rytmy súvisia s cyklom Mesiaca. Sú známe najmä u morských živočíchov, u ktorých vplyvom slapových javov (prílivu a odlivu) pripadá doba rozmnožovania na určitú mesačnú fázu. Dobré známe je lunárny cyklus u niektorých mnohoštetinavcov, napr. palola zeleného (*Eunice viridis*), žijúceho v Tichom oceáne. Rozmnožuje sa v októbri a novembri vždy počas novu mesiaca.

Tepló patrí spoločne so svetlom k najdôležitejším ekologickým faktorom. Jeho zdrojom je najmä infračervená zložka žiarenia predstavujúca až 40 % z celkového slnečného žiarenia, ktorá úzko súvisí s intenzitou svetla. Teplota, ktorá na organizmy pôsobí predstavuje limitujúci faktor rozšírenia a existencie spoločenstiev. V živých organizmoch teplo stimuluje priebeh chemických reakcií a tak umožňuje priebeh rozličných nervových, hormonálnych a metabolických procesov. Život sa vyskytuje vo veľmi širokom rozmedzí teplôt (–270 °C až +150 °C). Príčinami zániku života pri extrémnych teplotách sú fyzikálne zmeny vody obsiahnutej v bunkách. Pri nízkych teplotách vznikajú v cytoplazme kryštáliky ľadu, ktoré ničia bunkové štruktúry. Naopak, pri vysokých teplotách sa voda vyparuje, bielkoviny sa zrážajú a tuky rozpúšťajú.⁴⁰

Podľa teplotných nárokov rozoznávame organizmy **stenotermné** a **eurytermné** (➔ obr. 44). Stenotermné organizmy obývajú prostredia, kde sú teplotné výkyvy iba minimálne, eurytermné organizmy naproti tomu znášajú aj veľké teplotné výkyvy. Oligostenotermné (**psychrofilné**) organizmy preferujú studené prostredia jaskýň, studených prameňov a morí, ale aj polárnych a vysokohorských oblastí. Môžu sa vyskytovať aj na snehu a ľade – kryobiontné a **kryofilné** druhy, napr. chvostoskok snežný (*Entombrya nivalis*), srpica zimná (*Boreus hiemalis*). Polystenotermné druhy (**termofilné**) sú charakteristické hlavne pre tropické a subtropické oblasti, ako aj pre horúce pramene.

Rastliny a živočíchy pochádzajúce z teplých oblastí hynú chladom už pri teplotách blízkyh 0 °C, napr. aligátor pri 4 °C. Exotermné organizmy, ktoré majú domov v miernom podnebnom pásme, tolerujú

40 organizmy žijúce v extrémnych teplotných podmienkach majú mnohé prispôsobenia, aby týmto javom odolali. Produkujú napríklad látky, ktoré zabráňujú tvorbe ľadových kryštálikov – antifrízy, znižujú obsah vody v bunkách na minimum, syntetizujú látky odolné voči vysokým teplotám, ktoré chránia citlivé časti organizmu ako tepelný štít.



Obr. 44. Porovnanie pomerných hraníc tolerance teploty stenotermných a eurytermných organizmov. Pri stenotermných organizmoch je ekologická tolerancia úzka, pri eurytermných široká (upravené podľa Moravec et al., 1994)

aj teploty pod bodom mrazu, napr. trávy odolávajú mrazíkom, na snehu a ľade sú aktívne chvostoskoky a rastú tam aj niektoré riasy atď. Nároky na teplotu sú u rôznych organizmov, resp. skupín organizmov rôzne, pričom teplotné pomery sa líšia aj v jednotlivých geografických šírkach. Určitá teplota môže byť podnetom pre vývin organizmov. Nízke teploty sú napr. podmienkou pre vývoj niektorých rastlín mierneho pásma. Pre rozvoj niektorých druhov v arktických podmienkach je dôležitá vyššia teplota aj pre uzavretie vegetačného cyklu (Barabas & Labunová, 2009).

Pre rastliny je rozhodujúce nie len množstvo tepla, ale aj jeho rovnomerné, či nerovnomerné pôsobenie. Rastliny nemajú termoregulačné mechanizmy ako niektoré živočíchy, preto ich teplota závisí od okolitého prostredia. Výpar (evapotranspirácia) ich ochladzuje, pri dýchaní sa tiež uvoľňuje teplo do prostredia, čo pôsobí ako chladiaci mechanizmus. Podľa nárokov na priemernú ročnú teplotu rozlišujeme v rastlinnej ríši **megatermy** (nad 20 °C, tropické druhy), **mezotermy** (15 – 20 °C, subtropické druhy) **mikrotermy** (0 – 14 °C, druhy mierneho až boreálneho pásma) a **hekistotermy** (pod 0 °C, subarktické a vysokohorské druhy).

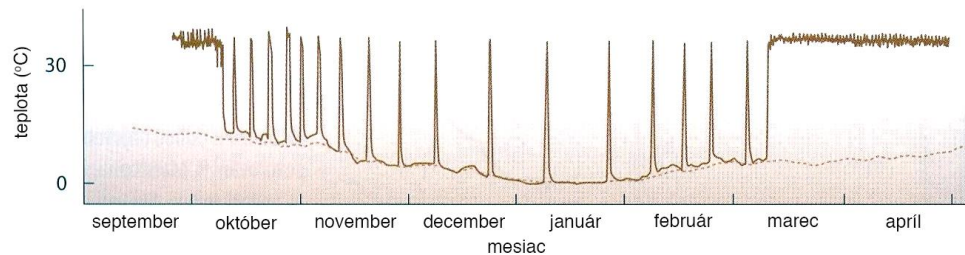
Morfologické **adaptácie rastlín** na vonkajšiu teplotu sú rôzne. Nízke teploty a mráz nepriaznivo pôsobia na fyziologické procesy rastu, fotosyntézy, narušujú vodný režim rastliny a spôsobujú deštrukciu buniek v dôsledku zamŕznania tekutín v bunke. Príliš vysoké teploty spôsobujú vysušenie, dehydratáciu, spálenie, inaktiváciu, resp. denaturáciu enzýmov. Rastliny v chladných cirkumpolárnych a horských polohách sú podstatne menšie ako tie, ktoré vyrastajú v teplejších oblastiach, napr. **trpasličie formy** púpavy v horách alebo trpasličie brezy a vŕby v tundre. Horské rastliny sa často chránia pred chladom aj hustým **ochlpením**, napr. plesnivec (➔ obr. 43 na str. 97), poniklec a iné (Vanková et al., 2007). Pre rastliny je výhodné, ak **znížia** pri prechode do mrazivého obdobia svoj **obsah vody** – zvyšuje sa tým odolnosť proti mrazu. Mnohé druhy sa v dobe vegetačného pokoja **zbavujú nadzemných orgánov**, nepotrebných a najmä príliš citlivých na chlad (opad listov). Zvýšením obsahu niektorých účinných látok, ako napr. cukru (napr. pri druhoch rodu hruštička – *Pyrola* sp.) sa tvorí ľad až pri –31°C, čím sa zvyšuje odolnosť proti chladu. Väčšina stálezelených rastlín premieňa pri poklese teploty zásoby škrobu na tuk. Viaceré druhy vykazujú **spánkové nyktinastické pohyby** s cieľom znížiť tepelné vyžarovanie a transpiráciu. Príkladom je skladanie čepelí lístkov zložených listov k sebe (kyslička, d'atelina), vertikálna poloha listových čepelí (netýkavka), pohyby kvetov v súkvetí – jeho skláňanie (fialka), a zatváranie úborov (astrovité, napr. púpava) a i. (Slavíková, 1986 in Križová et al., 2007).

Organizmy teplo z prostredia nielen prijímajú, ale musia byť schopné aj udržiavať si teplo uvoľnené pri metabolických procesoch, a prípadné prebytky odvádzať do okolitého prostredia. Podľa schopnosti termoregulácie rozlišujeme dva základné typy živočíchov:

- **poikilotermné (exotermné)** organizmy produkujú iba málo tepla a ľahko ho strácajú. Dokážu však rýchlo prijímať teplo zo svojho okolia a tak dorovnávať jeho rýchle straty. V závislosti na zmenách teploty okolia sa mení aj teplota ich tela. V podstate do tejto skupiny patria všetky organizmy okrem vtákov a cicavcov. Tradične sa sem zaraďujú všetky bezstavovce, ryby, obojživelníky a plazy, ale rovnako sem možno zaradiť aj všetky ostatné organizmy, ktoré nie sú schopné udržiavať stálu teplotu tela (rastliny, huby i všetky mikroorganizmy);

- **homoiotermné (endotermné)** organizmy udržujú svoju telesnú teplotu na určitej výške nezávisle od zmien vonkajšej teploty. Patria sem vtáky ($39\text{ }^{\circ}\text{C} - 42\text{ }^{\circ}\text{C}$) a cicavce ($36\text{ }^{\circ}\text{C} - 38\text{ }^{\circ}\text{C}$), pričom zväčša platí, že menšie druhy majú vyššiu teplotu tela ako väčšie druhy.⁴¹

Od homoiotermných živočíchov sa vyčleňuje ešte tretí typ – **heterotermné** živočichy, ktoré v obdobiach s nepriaznivými teplotami upadajú do určitej strnulosti, ich metabolizmus sa značne znižuje, všetky životné funkcie sa redukujú na minimum a teplota tela klesá niekedy až na úroveň teploty okolia. (U stenotermných živočíchov, ku ktorým patria takmer všetky vtáky a väčšina cicavcov, sa teplota tela udržiava na prakticky konštantnej úrovni.) V miernom pásme upadajú niektoré živočichy počas zimy do **zimného spánku (hibernácie)**. V tomto stave sa im spomalí srdcová frekvencia o 90 – 95 % a podobne sa zníži aj úroveň metabolizmu. Teplota tela klesá u netopierov na $2\text{ }^{\circ}\text{C} - 10\text{ }^{\circ}\text{C}$, u svišťov na $3\text{ }^{\circ}\text{C}$, u ježov na $1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ a u plchov na iba $0,2\text{ }^{\circ}\text{C} - 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Hibernanti spia celkovo 5 – 6 mesiacov, no tento spánok



Obr. 45. Zmeny telesnej teploty hibernujúceho sysľa pasienkového – *Spermophilus citellus* (nepretržovaná čiara) a teploty pôdy v hĺbke jeho nory (upravené podľa Hut et al.; 2002 in Townsend et al., 2010)

nie je súvislý, pretože sa počas neho niekoľkokrát prebudia. Do hibernácie upadajú aj kolibríky, lelký, niektoré vačkovce a lemury z rodov *Microcebus* a *Cheirogaleus*. Nepraví zimní spáči, ako medveď a jazvec, znižujú úroveň metabolizmu iba o tretinu a teplotu udržiavajú na $30 - 31\text{ }^{\circ}\text{C}$. Od zimného spánku sa fyziologicky nijako nelíši **letný spánok (estivácia)**, ktorý sa vyskytuje u živočíchov žijúcich v teplých a suchých oblastiach. Medzi estivantov patrí napríklad syseľ *Citellus columbianus* žijúci v aridných oblastiach severnej Ameriky. Tento syseľ patrí k rekordmanom v dĺžke spánku, pretože prespí 8 – 9 mesiacov.

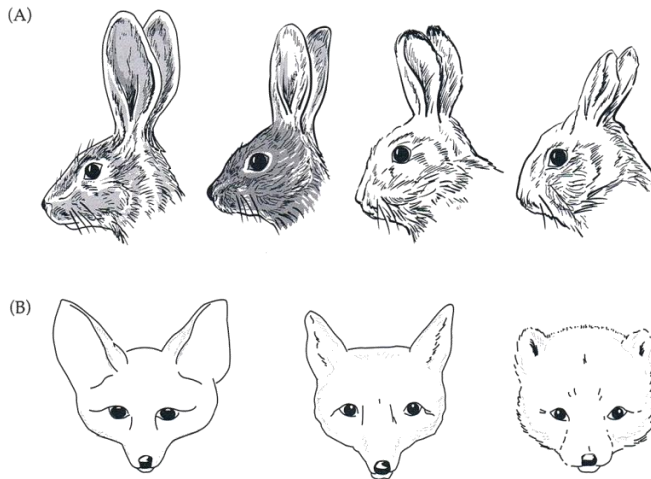
Medzi poikilotermiou a homoiotermiou existuje mnoho prechodných foriem. U ježury austrálskej (*Tachyglossus aculeatus*) kolíše telesná teplota v rozmedzí $26 - 34\text{ }^{\circ}\text{C}$. Mláďatá vtákov a cicavcov sú skôr poikilotermné a schopnosť udržiavať si telesnú teplotu získavajú až počas vývinu.

Na vzťahu k vonkajšej teplote sú založené **klimatické pravidlá** vyjadrujúce vzťah niektorých telesných znakov homoiotermných živočíchov k teplote prostredia, prípadne k iným ekologickým faktorom. Ich platnosť nie je všeobecná, boli potvrdené iba pre niektoré blízko príbuzné druhy homoiotermných živočíchov:

1. Bergmanovo pravidlo. U teplokrvných živočíchov sa pri poklese primeranej teploty miestnej klímy zväčšuje veľkosť ich tela a neskôr pohlavne dozrievajú. Príkladom môže byť veľkosť poddruhov medveďa hnedého. Eurázijský poddruh (*Ursus arctos arctos*) dosahuje v dospelosti hmotnosť od 100 až po 300 kg, medveď grizly (*Ursus arctos horribilis*) vyskytujúci sa v Kanade a na severe USA dosahuje hmotnosť 180 do 680 kg, medveď kodiak (*Ursus arctos middendorffi*) žije na juhozápade Aljašky a dosahuje od 230 do 635 kg. Dobrým príkladom sú aj tučniaky. Najväčší druh tučňiak cisársky (*Aptenodytes forsteri*) žije na pobreží Antarktídy a dosahuje 120 cm výšky a má hmotnosť 34 kg. Naopak najmenší tučňiak galapážsky (*Spheniscus mendiculus*) žije na súostroví Galapágy, dorastá do výšky 50 cm a váži len 2,5 kg.

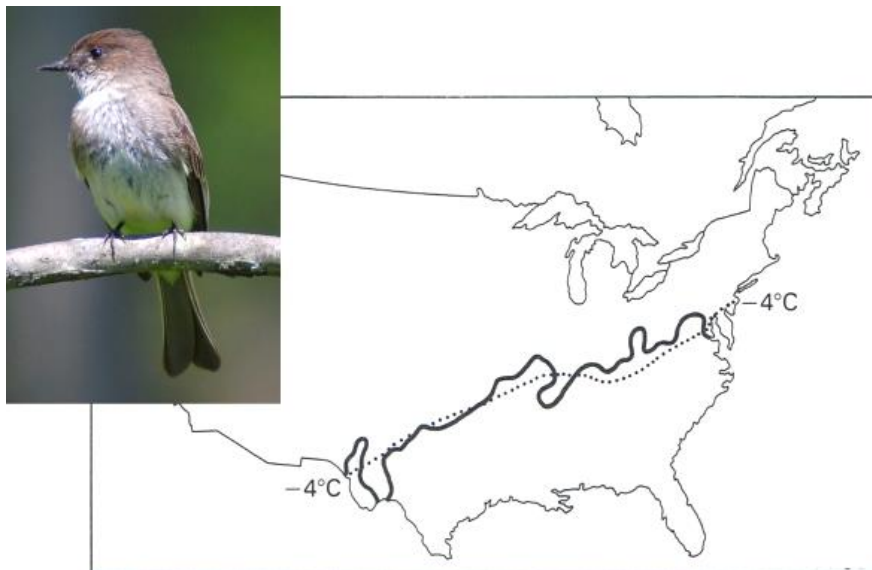
⁴¹ tento jav súvisí s rýchlosťou metabolizmu, pretože menšie druhy majú rýchlejší metabolizmus. Rýchly metabolizmus vyrovnáva veľké straty tepla, ktoré sú u malých druhov spôsobené nepriaznivým pomerom plochy k objemu tela. Čím menší je organizmus, tým je relatívne väčší povrch jeho tela (vyžarujúci teplo) v porovnaní s malým vnútorným objemom, ktorý teplo produkuje.

2. Allenovo pravidlo (Allen, 1878). Niektoré homoiotermné živočíchy v chladnejších oblastiach majú kratšie telesné výstupky (ušy, zobáky, chvosty, končatiny), ako ich príbuzné formy z teplejších oblastí. Ako dobrý príklad môžu poslúžiť líšky. Fenek berberský (*Fennescus zerda*) žijúci v púšti má veľké uši a dlhý, úzky pysk. Naša líška obyčajná (*Vulpes vulpes*) má kratšie uši aj pysk a líška polárna (*Alopex lagopus*) obývajúc tundru má kratučké uši aj krátky pysk (→ obr. 46).



Obr. 46. Dva klasické príklady Allenovho pravidla: variabilita vo veľkosti uší a nosov blízko príbuzných druhov. (A) zľava: zajac ušatý (*Lepus alleni*), zajac snežný (*L. americanus*) a zajac polárny (*L. arcticus*). (B) zľava: fenek berberský (*Vulpes zerda*), líška hrdzavá (*V. vulpes*) a líška polárna (*Alopex lagopus*). V oboch prípadoch sa druhy vľavo vyskytujú v teplých púštnych oblastiach, zatiaľ čo druhy vpravo v chladných oblastiach tundry. Druhy uprostred obývajú temperátne oblasti (Lomolino et al., 2010).

3. Glogerovo pravidlo. V teplejších a vlhkejších oblastiach sú niektoré homoiotermné živočíchy tmavšie ako ich príbuzné formy v chladnejších a suchších oblastiach. Napr. tiger ussurijský (*Panthera tigris altaica*) žijúci na Sibíri má bledšiu srst' ako jeho príbuzný tiger indický (*Panthera tigris tigris*).



Obr. 47. Severná hranica zimného rozšírenia pamuchára východného – *Sayornis phoebe* (plná linia) v Severnej Amerike porovnaná s minimálnou januárovou izotermou -4°C (Root, 1998; Cox & Moore, 2010), fotografia prevzatá z <<http://en.wikipedia.org/>>

Voda

Život na našej planéte je úplne závislý na vode. Predpokladá sa, že počiatky života sú bezprostredne späté s vodným prostredím, ale ani po prechode na súš sa život nezaviazal svojej tesnej závislosti na vode. Je prostredím, v ktorom organizmy žijú dočasne alebo trvalo, tvorí od 30 do 95 % hmotnosti organizmov a jej množstvo v priebehu života jedincov sa mení. Biochemické a fyziologické procesy všetkých organizmov stále prebiehajú vo vodnom prostredí, uzavretom v orgánoch či bunkách. V tomto vnútrotelovom

vodnom roztoku je rozpustených mnoho minerálnych látok, od ktorých závisia osmotické javy, voda umožňuje transport živín, hormónov a enzýmov, voda je nevyhnutná pre udržiavanie homeostázy vnútorného prostredia, ako aj pre rozmnožovanie organizmov.⁴² Odpadové látky, ktoré už telo nepotrebuje, sa rozpúšťajú vo vode (pokiaľ sú rozpustné) a vylučujú močom. Voda tak slúži niektorým (presnejšie takmer všetkým) organizmom ako „čistiaci prostriedok.“

Voda je schopná akumulovať obrovské množstvo tepla, vďaka čomu jej prítomnosť značne zmierňuje teplotné výkyvy. Klíma prímorských oblastí je oveľa miernejšia ako vo vnútrozemí práve vďaka tejto schopnosti vody. Podobne pôsobí aj v organizme. Voda v telových tekutinách a v bunkách tlmí teplotné rozdiely spôsobené prostredím a umožňuje tak rovnomernejší priebeh biochemických reakcií. Odparovaním ochladzuje telo a zabraňuje jeho prehriatiu. Práve chladenie je pre suchozemské organizmy mimoriadne dôležité, pretože vplyvom slnečného žiarenia môže ľahko dôjsť k ich prehriatiu a poškodeniu. Platí to rovnako pre živočíchy, rastliny i ostatné organizmy. Chladenie je nevyhnutné pre rastliny, ktoré vystavujú listy priamemu slnečnému žiareniu. To, že sa v krátkom čase neprehrejú a nevyschnú, zabezpečuje transpirácia, neustály prúd vody, ktorú pomocou koreňov čerpajú z pôdy a vyparujú prieduchmi listov.⁴³ Spolu s vodou cez korene prenikajú aj rozpustené minerálne látky, bez ktorých by nebola možná fotosyntéza, resp. by rastliny nemohli syntetizovať nič okrem cukrov.

Jedinečnou vlastnosťou vody je, že najväčšiu hustotu dosahuje pri teplote 4 °C. Na rozdiel od iných látok, voda pri ďalšom ochladzovaní svoj objem neznižuje, ale naopak zvyšuje. Zamrznutie tak spôsobuje zväčšovanie objemu (a znižovanie hustoty) vody. Preto je ľad ľahší ako voda a pláva na hladine. Vďaka tejto vlastnosti kontinentálne vody a moria počas studených období nepremrznú až po dno a život v nich tak nie je ohrozený. Ľad zároveň chráni vodu pred ďalším prenikaním chladu a pôsobí ako izolačná vrstva. To isté platí aj o snehu. Vzduch uzavretý medzi jeho ľadovými kryštálkami je zlým vodičom tepla a tak izoluje pod ním ležiacu pôdu ešte lepšie ako ľad. Špecifickým podmienkam vodného prostredia sa venujeme aj v podkapitole I. 2. 3 (➡ obr. 18).

Zdrojom vody je atmosféra, pôda, geologický substrát, toky i vodné plochy. Podľa vzťahu k pôdnej vlhkosti rozdeľujeme rastliny na:

- hydrofyty – vodné rastliny,
- hygrofyty – rastliny mokrých pôd,
- mezofyty – rastliny vlhkých, čerstvo a mierne vlhkých pôd,
- xerofyty – rastliny suchých pôd.

Pre organizmy majú veľký význam nielen fyzikálne (teplota, hustota, viskozita, povrchové napätie, tlak, prúdenie, priehľadnosť), ale aj chemické (obsah plynov a minerálnych látok, salinita, konduktivita, pH) vlastností vody. Pre existenciu heterotrofných vodných organizmov je limitujúcim činiteľom obsah rozpustených plynov a chemických látok, ďalej pH vody a až potom nasleduje teplota a svetlo. Z rozpustených plynov má najväčší význam obsah O₂. Kyslíkový režim určujú faktory fyzikálne (teplota a tlak vzduchu), mechanické (pohyby vody) a biologicko-chemické (fotosyntéza, respirácia, rozklad organických látok); viac v podkapitole II. 9. 2. 2 (➡ str. 154).

Vlhkosť vzduchu je veľmi dôležitým faktorom ovplyvňujúcim vodnú bilanciu suchozemských organizmov. Vzniká ako výsledok pôsobenia mnohých činiteľov, napr. evapotranspirácie (vyparovanie zo všetkých povrchov živej a neživej hmoty), kondenzácie vody v ovzduší a jej následné vypadávanie vo forme zrážok, cirkulácie vzduchu, rozdelenia zemského povrchu na kontinenty a vodné plochy, prítomnosti lesov, lúk, mestskej zástavby, a pod. Predovšetkým je však množstvo vodných pár vo vzduchu závislé od zmien teploty, a preto značne kolíše.

42 voda slúži na transport pohlavných buniek aj u suchozemských organizmov. Vytvára totiž prostredie, v ktorom sa môžu pohybovať spermie, aby sa dostali k vajíčku. Miniaturný „bazénik“ je pre oplodnenie stále nevyhnutný, aj keď má podobu napr. iba kanáliku, ktorým prechádza jadro peľovej bunky k vajíčku kvitnúcich rastlín;

43 tlak, ktorý pritom vzniká, umožňuje vytlačiť vodu cievnymi zväzkami stromov až do výšky vyše 100 metrov proti gravitácii. Jediný stredne veľký buk vyparí len počas jedného letného dňa viac ako 400 litrov vody. Aj to je jeden z dôvodov, prečo sú lesy nevyhnutné pre udržanie normálneho zrážkového cyklu a hydrologických pomerov na danom území i na celej Zemi.

Suchozemské druhy sa pohybujú v ovzduší, ktoré má oveľa nižší obsah vody ako ich telá. Všetky majú preto tendenciu strácať vodu. Tieto straty musia následne dopĺňať príjmom vody zo svojho okolia. Podľa tolerance k vlhkosti rozoznávame druhy **stenohygrické**, ktoré neznášajú kolísanie vlhkosti a **euryhygrické**, ktoré sú nenáročné na vlhkosť. **Hygrofilné** (vlhkomilné) druhy preferujú prostredie s vysokou vlhkosťou vzduchu a uprednostňujú vlhké až mokré stanovištia. Patria k nim napr. obojživelníky, pôdne živočíchy, machy, paprade atď. **Mezofilné** druhy majú stredné nároky na vlhkosť, a tých je väčšina. **Xerofilné** (suchomilné) druhy sú prispôsobené suchým a teplým stanovištiam. Neznášajú príliš zvýšenú vlhkosť a vyskytujú sa napr. na skalách, pieskoch, v púšťach a polopúšťach. Ostrá hranica medzi uvedenými formami, samozrejme, neexistuje a v prírode sa vyskytuje mnoho prechodných foriem.

Pre rozšírenie rastlinných spoločenstiev na zemskom povrchu je najdôležitejšia pôdna a vzdušná vlhkosť. Ovpľyňuje ich najmä chod atmosférických zrážok a teplota. Pre rast a vývoj vegetácie je okrem celkového ročného zrážkového úhrnu rovnako dôležitá aj ich rozloženie počas roka. Na ochranu voči narušeniu vodnej bilancie sa vyvinuli rôzne mechanizmy. Regulácia hladiny vody v tele rastlín sa uskutočňuje **transpiráciou**. Odpar sa reguluje uzatváraním prieduchov, prípadne aj voskovými povlakmi na listoch. Viaceré rastliny roní nadbytočnú vodu vo forme kvapiek (**gutácia**). Na periodicky dlhodobý nedostatok vlhky sa rastliny prispôbili buď **vytváraním zásob vody** a jej obmedzeným výdajom v čase sucha (**sukulenty** – šťavnaté, trváce rastliny so silne vyvinutým vodnatým parenchýmom v listoch alebo v byliach – kaktus, baobab), **sklerofytnou stavbou** – **sklerofyty** (zhrubnutá kutikula, voskové listy, bohatý koreňový systém, redukcia listov, opadávanie listov) alebo fyziologickou schopnosťou stratiť značný podiel vody a prejsť do **latentného stavu anabiózy**. Niektoré vysychavé rastliny, najmä lišajníky a sinice, môžu stratiť vodu až na 5 % pôvodného obsahu. V trópoch a subtrópoch, oblastiach s periodickými obdobiami sucha, sa vytvoril geobióm opadavých lesov, v ktorom stromy strácajú listy v suchom období. U rastlín, ktoré rastú na trvalo zamokrených, barinatých pôdach, sa vytvárajú špecifické adaptácie na nedostatok kyslíka v pôde. Tvorí **dýchacie korene**, alebo **barlovité korene**, ktoré sú trvalo nad pôdnym povrchom, alebo tvoria **aerenchymatické** – prevzdušňovacie **pletivá** v stonkách rastlín (pálka – *Typha*, kosatec – *Iris* a i.). Rastliny s väčšou sacou silou koreňov ako druhy susedné (ak prijímajú vodu zo spoločného priestoru) sú konkurenčne zvýhodnené v prípade nedostatku prístupnej pôdnej vlhkosti. **Schopnosť čerpať vodu** je dôležitý medzidruhový konkurenčný faktor v spoločenstve.

Nadbytok vody v prostredí sa prejavuje premáčaním pôdy a záplavami, ktoré majú väčšinou katastrofálne následky pre živočíchy v danej oblasti. Následkom nedostatku kyslíku hynú pôdne živočíchy, a tak isto aj drevokazné druhy hmyzu žijúce v chodbičkách v dolných častiach kmeňa. Nadmerná vlhkosť vzduchu podporuje rast plesní a baktérií, ktoré môžu spôsobiť rôzne choroby a následný úhyn živočíchov. Zvýšená vlhkosť tiež brzdí spriadanie pavučín u pavúkov i tvorbu vlákna pri zapriadaní húseníc, či tvorbe kokónov parazitických blanokřídlcov.

Tlak a prúdenie vzduchu

Vzduch má existenčný význam pre organizmy. Rozhodujúce je najmä chemické zloženie vzduchu (stály obsah O_2 a CO_2) ale aj jeho znečistenie. Medzi fyzikálne vlastnosti vzduchu, ktoré sú súčasne aj ekologickými faktormi patria hustota a tlak vzduchu.

Hoci je **hustota vzduchu** v porovnaní s hustotou vody nepatrná, napriek tomu vzduch tvorí dôležitý životný priestor pre mnoho druhov mikroorganizmov, živočíchov ako aj rastlín. Vo vzduchu sa neustále vznášajú drobné organizmy tvoriace tzv. **aeroplanktón**. Na rozdiel od planktónu vo vode, vzdušný planktón sa pohybuje iba pasívne a vo vzduchu nie je schopný sa rozmnožovať. Mimoriadny význam má tento priestor pre lietanie živočíchov. Hoci sa to možno na prvý pohľad nezdá, 78 % všetkých živočíšnych druhov je schopných aktívneho letu! Z tohto množstva, samozrejme, najviac druhov tvorí hmyz – 98,9 %, vtáky tvoria 0,98 % a netopiere iba 0,11 %. Okrem toho je u niektorých druhov rýb, žiab, plazov a cicavcov vyvinutá schopnosť kĺzavého letu (Losos et al., 1984).

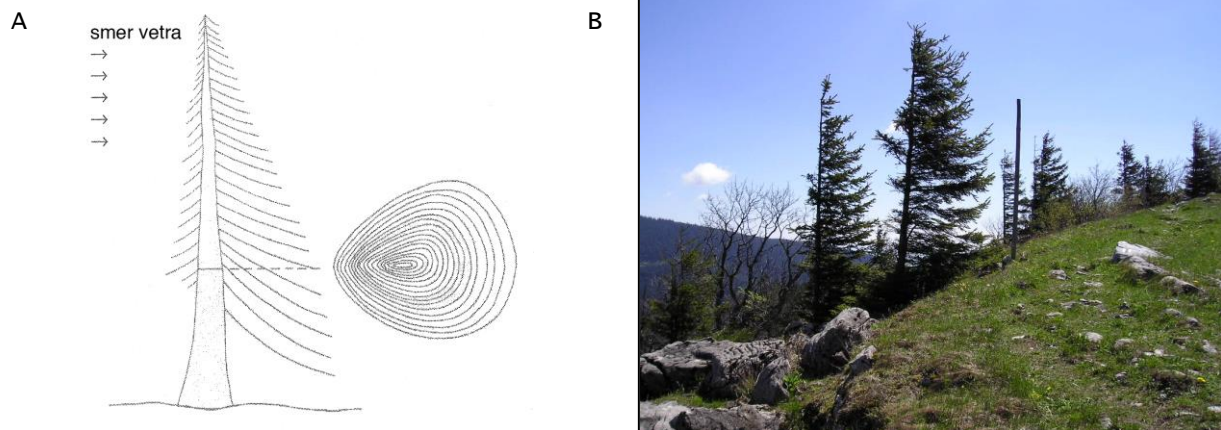
Zmeny **atmosférického tlaku** na zemskom povrchu, ktoré vznikajú za normálnych poveternostných okolností, ovplyvňujú organizmy iba minimálne. Za normálny tlak vzduchu sa pri tom považuje hodnota 101 325 Pa. S rastúcou nadmorskou výškou táto hodnota klesá a tieto zmeny už majú väčší ekologický význam. Vo výške 6 000 m n. m. je tlak vzduchu polovičný a vo výške 7 800 m n. m. dosahuje už iba tretinu normálneho tlaku vzduchu. So znižovaním tlaku klesá aj obsah kyslíka vo vzduchu a u živo-

číchov nastávajú problémy s dýchaním. Okrem toho dochádza u živočíchov, ale aj u rastlín k značným stratám vody transpiráciou, pretože voda sa z organizmu v podmienkach nízkeho atmosférického tlaku ľahko vyparuje. Veľmi dobre sa s týmito problémami vyrovnávajú hlavne vtáky, ktoré lietajú vo veľkých výškach ako sú napr. husi, žeriavy, supy, orly, krkavce a i. Za hornú hranicu súvislého rozšírenia homoio-termných živočíchov sa považuje výška okolo 6 000 m n. m. U človeka je úplná adaptácia možná do výšok okolo 5 000 m n. m. Nad touto hranicou klesá obsah kyslíka pod 12 %, čo vyvoláva značné problémy pri dýchaní. Hraničnou hodnotou pre pobyt človeka je obsah kyslíka 7,2 %. Pod touto hodnotou je už pobyt človeka nebezpečný a nemožný. Značne odolné voči nedostatku kyslíka a nízkemu tlaku sú bezstavovce, hlavne hmyz a pavúky. Väčšina druhov znáša zníženie tlaku takmer až na úroveň vákua.

Prúdenie vzduchu (vietor), ako dôsledok vyrovnávania rozdielnych termodynamických vlastností vzduchových hmôt priamo či nepriamo, pozitívne či negatívne ovplyvňuje živé organizmy. Vietor umožňuje vetroopelivým druhom rastlín, ako breza, topoľ či ihličnaté dreviny, ich rozmnožovanie (**anemofília**). Podieľa sa tiež na šírení feromónov a pachov. Mnohým, hlavne drobným druhom, spóram a semenám rastlín vietor umožňuje pasívny transport na veľké vzdialenosti, čím sa takéto aj málo pohyblivé (prípadne úplne nepohyblivé) druhy môžu rozšíriť na obrovských územiach. Takémuto spôsobu rozširovania sa hovorí **anemochória** (topoľ, breza, púpava). Okrem toho na územiach vystavených stálym a silným vetrom (morské pobrežia, rozsiahle stepi, vysokohorské polohy) podnietilo toto neustále silné prúdenie vzduchu vznik brachyptérnych (s redukovanými krídlami) alebo až aptérnych (bezkrídlych) foriem hmyzu.

U živočíchov vyvoláva vietor rôzne smerové a polohové reakcie, ktoré sa súborne nazývajú **anemotaxie**. Napr. v pokoji mnoho vtákov otáča hlavu proti vetru (havran – *Corvus frugilegus*, čajka – *Larus* spp.). Bylinožravce týmto spôsobom zachytávajú pach svojich predátorov. Vietor má veľký význam i pri plachtiacich druhoch vtákov, ako napr. albatros sťahovavý (*Diomedea exulans*), kondor veľký alebo golierikátý (*Vultur gryphus*), a vlastne všetky dravce (Falconiformes) väčších rozmerov.

V lokalitách s extrémne silným prúdením vetra sú rastliny unášanými čiastočkami (zrnká piesku, soli či kryštálky ľadu) neustále poškodzované, a vznikajú rôzne rastové formy (zástavovitá, bajonetová, stolová forma; ➡ obr. 48). U plytko koreniacich druhov (smrek) dochádza k vývratom a polomom.



Obr. 48. Priečný rez kmeňom zástavovitého smreka. Znázorňuje slzovitý tvar a excentrické usporiadanie letokruhov (Plesník & Zatkalík, 1996), B: Zástavovitý tvar koruny smreka (*Picea abies*) nad hornou hranicou lesa na Kozom chrbte (Starohorské vrchy) (foto M. Škodová, 2011).

Silné vetry majú značný podiel aj na erózii pôdy, hlavne v oblastiach so značnou rozlohou poľnohospodárskych monokultúr. Takisto nezanedbateľný je aj vplyv vetra na zvetrávanie hornín, ktoré sú vystavené jeho pôsobeniu. Tento účinok sa ešte zvyšuje pokiaľ vzdušné masy obsahujú veľké množstvo drobných zrníek piesku, či prachu. Tieto potom pôsobia ako „brúsny papier“ a urýchľujú degradáciu hornín. Tento jav sa nazýva **abrázia**. Abrázia často pôsobí aj na rastliny. Hlavne vrcholky stromov môžu byť týmto spôsobom „zbrúsené“, čo následne vedie k ich usychaniu.

Mnohé druhy (hmyz, lišajníky, mäkkýše, ihličnaté dreviny, vysokohorské druhy) sú citlivé na znečistenie ovzdušia (emisie škodlivín z energetiky, priemyslu, vykurovania a dopravy). Hlavné problémy predstavujú predovšetkým zlúčeniny síry a dusíka a v súvislosti s tým kyslé dažde a acidifikácia (okysľovanie) celého prostredia.

Kontrolné otázky a tézy na zamyslenie:

1. Ako vnímate rozdiely v chápaní slova „prostredie“ medzi ekológom a environmentalistom?
2. V ekológii často hovoríme o limitujúcich ekologických faktoroch jednotlivých druhov. Mohli by sme hovoriť aj o limitujúcich ekologických faktoroch celého spoločenstva?
3. Kedy je trofická nika totožná s topickou a kedy nie? Uveďte príklady.
4. Ako sa rôzne skupiny živočíchov vyrovnávajú so „smrtiacim“ fenoménom mrazu?
5. Prečo majú plazy úsporný metabolizmus? Napr. väčšie hady prijímajú potravu len raz za 2 týždne. Vysvetlite tento fenomén.
6. Vysvetlite, prečo majú malé druhy cicavcov intenzívnejší metabolizmus, než stredne veľké a veľké druhy.
7. Viete si predstaviť skutočné príčiny hibernácie u rôznych cicavcov: krt, svišť, netopiere? Čím sa zásadne líšia praví a nepraví hibernanti?
8. Bielopásovec hrachorový je vzácny motýľ, a to napriek tomu, že hrachor je bežná lesná rastlina. Skúste vysvetliť tento v prírode častý paradox.

II. 3. 1. 2 Ekologické faktory vodného prostredia

Vodné prostredie predstavuje najrozsiahlejší biotop našej planéty. Najviac vody je zhromaždených v oceánoch,⁴⁴ ktoré zaberajú 70,8 % zemského povrchu. Plocha svetového oceánu zaberá 361,18 miliónov km² a vytvára najväčší súvislý životný priestor na Zemi (plocha súše 149,39 miliónov km²). Priemerná hĺbka oceánu je približne 3 795 m a jeho maximálna hĺbka dosahuje 11 034 m (Mariánska priekopa). Moria a oceány tak predstavujú globálny ekosystém, ktorý nie je až tak striktno ohraničený klimatickými pásmami ani geografickou šírkou a nemá z hľadiska veľkosti na našej planéte obdobu. To však neznamená, že rozšírenie všetkých organizmov je kozmopolitné a rovnomerné. Aj relatívne menšie rozdiely v teplote vody, morské prúdy a ďalšie ekologické faktory spôsobujú, že pre mnohé taxóny je príznačná diskontinuita areálov ich rozšírenia.

Okrem svetového oceánu sa vodné ekosystémy nachádzajú aj vo vnútrozemí kontinentov. Zväčša ide o sladké vody, ktoré predstavujú iba 2,5 % celkového množstva vody na Zemi. Z toho väčšina je viazaná v ľadovcoch (cca 2,25 %). Kontinentálne vodstvo môžeme podľa typu, stability a periodicity rozdeliť na nasledovné skupiny:

1. **podzemné vody** – vyplňajúce rôzne pukliny, napr. v krasových oblastiach, a vody vyplňajúce drobné medzery v jemných sedimentoch;
2. **povrchové vody** – tieto môžu byť buď **tečúce** (lotické) – pramene, pramenné stružky, horské potoky, rieky, veľtoky; alebo **stojaté** (lenitické) – veľké vodné nádrže, prirodzené aj umelé, trvalé alebo periodické (jazerá, priehrady, rybníky, staré riečne ramená), trvalé alebo periodické drobné vodné nádrže (dažďové a snehové mláky, nádržky v priehlbínach skál (litotelmy), stromov (dendrotelmy) a vytvorené rastlinami, napr. broméliami (fytotelmy); saliny (so zvýšeným obsahom solí), zazemňované a prechodné biotopy (močiare a rašeliniská). Každý z týchto biotopov sa vyznačuje špecifickými vlastnosťami, stáva sa domovom pre iné typy organizmov, a panujú v ňom iné podmienky. Napriek tomu sa v ďalšom texte pokúsime načrtnúť niektoré spoločné faktory, ktoré ovplyvňujú život vo všetkých typoch vôd.

Svetlo

Svetlo prenikajúce vodným stĺpcom rýchlo stráca na intenzite a zároveň sa mení aj jeho spektrálne zloženie. Časť svetla sa odráža už na hladine a nepreniká hlbšie. Svetlo, ktoré prenikne pod hladinu, sa

⁴⁴ slovo oceán pochádza z gréckeho *ókeanos*, čo v preklade znamená niečo ako veľká rieka, obtekajúca celú Zem. Je to veľmi výstižné, pretože svetový oceán skutočne tvorí súvislý vodný obal celej našej planéty so spoločnou hladinou.

pomerne rýchlo rozptyľuje na anorganických a organických častočkách a na planktóne, ktorý sa vo vode vznáša. Látky rozpustené a rozptýlené vo vode svetlo nie len rozptyľujú ale ho aj postupne pohlcujú. Vplyvom rozdielnej absorpcie jednotlivých zložiek spektra sa kvalita svetla smerom ku dnu mení. Najskôr sú absorbované okrajové zložky viditeľného svetla, kým zložky strednej časti spektra prenikajú najhlbšie. Tomuto stavu sa prispôbili aj riasy a v rôznych hĺbkach sa vyskytujú druhy s rozličnou schopnosťou absorbovať jednotlivé zložky spektra. Táto adaptácia umožňuje riasam využiť na fotosyntézu ten druh svetla, ktorý sa v danej hĺbke najviac vyskytuje. Preto sa zelené riasy vyskytujú pri povrchu a v plytkých vodách, kde ešte nie je absorbovaná červená časť spektra. Vo väčších hĺbkach sa vyskytujú červené riasy využívajúce modrú a zelenú časť spektra, ktoré prenikajú najhlbšie. V hĺbke kde sa vplyvom úbytku svetla vyrovnáva intenzita fotosyntézy s dýchaním, leží **kompensačný bod**. Pod týmto bodom už nie je dostatok svetla na fotosyntézu a preto tu prevláda rozklad organických látok nad ich tvorbou pri fotosyntéze. Všetky organizmy žijúce v hĺbkach pod týmto bodom sú troficky priamo či nepriamo odkázané na produkciu organickej hmoty vo vyšších sférach. Hĺbka, v ktorej sa kompenzačný bod nachádza, závisí od priehľadnosti vody. V čistej vode oceánov a otvorených morí leží kompenzačný bod v hĺbke okolo 200 metrov, v zakalených vodách pobreží často iba v niekoľkých metroch. V kontinentálnych vodných nádržiach a tokoch kolíše intenzita osvetlenia v krátkych obdobiach v závislosti na zákale (turbidite), znečistení a rozvoji fytoplanktónu. Kompensačný bod sa v týchto typoch vôd môže nachádzať v hĺbkach od niekoľko desiatok centimetrov po niekoľko desiatok metrov.

Teplota vody

Teplota ovplyvňuje väčšinu životných procesov vodných organizmov, pretože tieto sú takmer všetky poikilotermné. Rast, vývinové cykly, ako i produktivita celého systému závisia od teploty. Voda v kvapalnom stave má vysokú mernú tepelnú kapacitu. Preto sú vodné ekosystémy v porovnaní so suchozemskými teplotne stálejšie – sezónne výkyvy v jednotlivých klimatických pásmach sú menšie ako na súši. Pri rovníku dosahujú asi 1 °C, v stredných geografických šírkach 4 °C až 6 °C. Vo väčších hĺbkach (viac ako 100 – 150 m, niekde až 500 m) je teplota vody pomerne stála a pohybuje sa v rozpätí –1,9 °C⁴⁵ až 5 °C, na povrchu sa teplota čiastočne mení podľa podnebia a morských prúdov. Pri rovníku môže vystupovať až na 30 °C, zatiaľ čo pri pólach dosahuje zvyčajne najviac 5 °C. V kontinentálnych vodách sa teplota mení zvyčajne počas dňa aj počas roka, s nadmorskou výškou a s rozsahom brehových porastov. V tródoch je však ročné kolísanie teploty minimálne. Ovplyvniť ju môžu prítoky alebo vývery podzemnej vody. Teplota riek v miernom pásme sa pohybuje počas roka zvyčajne medzi 0 °C a 25 °C. Výnimočne vysoké teploty (až cez 40 °C) môžu dosiahnuť toky v púšťach, čo je blízko hranice tolerancie rýb adaptovaných na takéto teplotné extrémny. Denné výkyvy teploty vody sú všeobecne vyššie u tokov a nádrží vo vyšších nadmorských výškach, na púšťach a v odlesnených oblastiach, kde pobrežná vegetácia tienением netlmí prehrievanie počas dňa. Bolo pozorované, že letné maximálne teploty vody vzrástli po odlesnení povodia až o 6,5 °C. Mnohé vodné toky pramenia vo vysokých nadmorských výškach, odkiaľ stekajú do teplejších nížin. Preto je pravidlom nárast teploty pozdĺž toku. Nízke kolísanie teploty pozorujeme u pramenných tokov, pretože teplota podzemnej vody, ktorá ich napája sa pohybuje okolo priemernej ročnej teploty vzduchu. Denné výkyvy teploty klesajú s veľkosťou toku alebo nádrže, pretože väčšie množstvo vody je teplotne stálejšie. Najvyššie denné kolísanie teploty teda pozorujeme u tokov stredných veľkostí.

Špecifikom stojatých vôd je vznik vertikálneho teplotného rozvrstvenia vodného stĺpca – **teplotná stratifikácia**. Najteplejšia je vrstva vody tesne pri hladine a s hĺbkou teplota rýchlo klesá. Stabilitu takéhoto usporiadania podporuje znížená hustota ohriatej vody. Počas slnečných, bezveterných, letných dní dôjde k rozvrstveniu vody do troch vrstiev. Vrstva tesne pod hladinou s najteplejšou vodou sa nazýva **epilimnion**. Táto vrstva môže siahať do hĺbky niekoľkých metrov, v závislosti od veľkosti, hĺbky a tvaru vodnej nádrže. V rámci tejto vrstvy sa teplota vody s hĺbkou mení iba nepatrne. Pod touto vrstvou sa nachádza tenšia prechodná (skočná) vrstva – **metalimnion (termoklína)**. V tejto vrstve prudko klesá teplota vody (na 1 m aj o niekoľko °C). Pod skočnou vrstvou sa až po dno nachádza tzv. **hypolimnion**, vrstva v ktorej teplota vody opäť klesá miernejšie až pri dne dosahuje približne 4 °C. Vplyvom poveternostných podmienok a striedania dňa a noci sa počas leta môže premiešavať iba voda v epilimnion. V noci, keď sa

45 vzhľadom na vysoký obsah solí v morskej vode, môže teplota vody vo veľkých hĺbkach klesnúť aj pod 0 °C a nezamrznúť.

voda pri hladine ochladí, klesá v dôsledku zvýšenej hustoty dole, až narazí na vrstvu rovnako studenej vody – metalimnion a hlbšie už klesnúť nemôže. Takto sa počas leta zachováva stále rozvrstvenie vody – **letná stagnácia**. Na jeseň teplota epilimnia stále klesá a do cirkulácie sú vťahované stále hlbšie a hlbšie vrstvy vody – metalimnion sa posúva do čoraz väčšej hĺbky. Pri teplote vody 4 °C dochádza k premiešaniu celého vodného stĺpca – **totálna jesenná cirkulácia**. Pri tom sa vyrovná v celej nádrži nielen teplota vody, ale aj obsah kyslíka, živín a pod. Ďalším ochladzovaním vody sa vytvorí inverzné zvrstvenie vody – **inverzná (zimná) stratifikácia**. Pri nej sa vrchné ochladené vrstvy vody opäť stávajú ľahšími ako voda s teplotou 4 °C, ktorá postupne klesá na dno. Po rozmrznutí ľadu nasleduje **jarná totálna cirkulácia** vody, po ktorej sa postupným ohrievaním opäť vytvorí skočná vrstva (metalimnion) a nastane letná stagnácia. V moriach a oceánoch je situácia podstatne komplikovanejšia, pretože na usporiadanie vodných mas tu okrem teploty vplyva aj rozdielny obsah solí a pohyb morských prúdov.

Kyslík

Obsah kyslíka vo vodnom prostredí je značne premenlivý. Jeho množstvo nepriamo úmerne závisí od teploty vody. Kyslík rozpustený vo vode pochádza jednak zo vzduchu a jednak z asimilačnej činnosti fotosyntetizujúcich vodných organizmov. Vo všeobecnosti sa dá povedať, že obsah kyslíka s hĺbkou klesá. Vo vrchných vrstvách morí a oceánov (do hĺbky približne 150 m) dosahuje koncentrácia kyslíka 7 ml · l⁻¹ až 8 ml · l⁻¹, a s hĺbkou jeho koncentrácia klesá na 3,0 ml · l⁻¹ až 0,5 ml · l⁻¹. Obsah kyslíka v stojatých vodách je ovplyvnený hlavne teplotnou stratifikáciou. Počas letnej stagnácie sa na kyslík bohatá voda z vrchnej vrstvy nemôže premiešavať s vodou pod metalimnionom. V týchto hlbších vrstvách dochádza k výraznej spotrebe kyslíka. Nedostatok tohto plynu výrazne ovplyvňuje druhové zloženie týchto oblastí a stáva sa limitujúcim faktorom pre existenciu mnohých druhov. V tečúcich vodách ovplyvňuje obsah kyslíka okrem spomínaných faktorov aj rýchlosť prúdenia vody. Prudšie tečúce úseky horných tokov riek sú bohatšie na kyslík, ako pomaly tečúce úseky dolných tokov.

Salinita

Obsah solí (salinita) sladkých vôd je ovplyvnená predovšetkým ich polohou a geologickým podkladom. Zvyčajne sa pohybuje medzi 0,05 a 0,4 ‰. Čiastočne sa salinita mení aj počas roka. V blízkosti ústia riek sa mieša sladká voda so slanou morskou vodou a vzniká **brakická voda**. Voda oceánov obsahuje priemerne 35 ‰ solí (35 g na liter vody). Voda vnútrozemských morí má nižšiu salinitu, napr. Baltské more 2 – 8 ‰, Čierne more 18 ‰. Organizmy žijúce vo vodách s rozličnou salinitou sa musia vysporiadať s rozličnými problémami. Sladké vody majú nižší obsah solí ako bunky. Sladkovodné druhy sa preto musia brániť prenikaniu vody do ich tiel a vodu aktívne vylučovať. Morské druhy väčšinou tento problém nemajú. Morská voda má približne rovnaký obsah solí ako ich telá, čo predstavuje ideálny izotonický stav, pri ktorom nie je potrebné vydávať energiu na vyrovnávanie osmotických rozdielov. Jedine morské stavovce majú nižší obsah solí a musia sa brániť neustálemu vylučovaniu vody z ich tiel. Morské ryby preto musia nepretržite piť morskú vodu a prijaté soli opäť z tela vylučovať.⁴⁶ Z hľadiska **obsahu rozpustených minerálnych látok** rozdelíme vody na:

- sladké: do 0,5 ‰,
- brakické: 0,5 ‰ – 30 ‰,
- slané: 30 ‰ – 40 ‰,
- hyperslané: nad 40 ‰.

Iba málo druhov živočíchov dokáže žiť v morskej, brakickej i sladkej vode. Patria medzi ne napr. losos obyčajný (*Salmo salar*), či niektoré druhy jeseterov. Aj tieto druhy však potrebujú na prechod z jedného prostredia do druhého určitú dobu na adaptáciu. Do brakických vôd preniká viac morských ako sladkovod-

46 tento poznatok prispel k objasneniu fylogénzy stavovcov. Dlho sa totiž predpokladalo, že stavovce, tak ako ostatné skupiny živočíchov, sa vyvinuli v mori. Až v 30. rokoch minulého storočia paleontológovia zistili, že prvé známe stavovce podobné rybám zo silúrskeho a devónskeho vrstiev sa nachádzajú iba v sladkovodných usadeninách. Približne v tom čase si aj fyziológovia všimli prekvapujúcu skutočnosť, že morské ryby majú nižšiu osmotickú hodnotu telových tekutín ako morská voda. Tieto poznatky viedli k záveru o sladkovodnom pôvode rýb a ich následnom osídlení mora.

ných živočíchov. Významnú úlohu pri tom zohráva aj teplota vody a obsah vápnika. Pri nižších teplotách znesie živočíšny organizmus väčšie kolísanie obsahu solí v prostredí. Rovnaký účinok má aj zvýšený obsah vápnika vo vode. Oba tieto faktory totiž znižujú permeabilitu bunkových membrán a chránia tak organizmus pred vplyvom kolísania obsahu solí vo vode. Požiadavky na **pH vody** diferencujú druhy na:

- acidofilné (pH 4,5 – 5,5): druhy žijúce v rašeliniskách, vrchoviskách,
- neutrofilné (pH 6,5 – 7): väčšina sladkovodných druhov,
- alkalofilné (pH nad 7): morské druhy.

Hustota a tlak vody

Hustota vody je približne $1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, čo je asi 775 krát viac ako hustota vzduchu. Hustota vody sa mení a je ovplyvňovaná teplotou a obsahom rozpustených solí. Dobre známa je **anomália vody** – voda má na rozdiel od iných látok najvyššiu hustotu pri 4°C a so zvyšujúcou aj znižujúcou sa teplotou jej hustota klesá. Veľká hustota vody má prenikavý vplyv na stavbu tela vodných organizmov. Kým suchozemské organizmy musia mať dobre vybudované orgány opory tela a orgány umožňujúce pohyb, vodným organizmom stačia na zabezpečenie opory a pohybu aj menej výkonné orgány a kostry. Hranice telesného rastu suchozemských organizmov sú obmedzené pevnosťou kostry a schopnosťou končatín udržať hmotnosť tela a zabezpečiť dostatočný pohyb. Toto obmedzenie odpadá u vodných organizmov, ktoré sú nadľahčované vodou. Z vodných cicavcov dosahujú najväčšie rozmery veľryby, napr. vráskavec obrovský (*Balaenoptera musculus*) – dĺžka 30 m a hmotnosť nad 100 ton. Z bezstavovcov je najväčším asi krak *Architeuthis dux* s dĺžkou 18 m a viac, čo niekoľkonásobne prevyšuje najväčšie suchozemské druhy. Medzi najväčšie druhy súše patrí slon africký (*Loxodonta africana*), ktorý pri dĺžke 3,5 m váži cca 6 ton.

Tlak vody s hĺbkou prudko rastie. Na každých 10 m hĺbky stúpne tlak približne o 10 kPa. V kontinentálnych vodách zvyčajne hydrostatický tlak (na rozdiel od morí) nehrá veľkú úlohu. Výnimkou sú len niektoré hlbšie jazerá a umelé nádrže. Oveľa podstatnejším je tento faktor v moriach a oceánoch, kde sú hlbokomorské druhy vystavené obrovským tlakom. Voči tomuto faktoru nemajú vodné organizmy žiadne špecifické adaptácie. Vonkajší tlak sa vyrovnáva vnútorným tlakom tekutín, a pokiaľ dochádza ku zmenám tlaku pozvoľne, znášajú vysoké tlaky aj druhy žijúce v plytkých vodách. Nebezpečné sú prudké zmeny tlaku.⁴⁷ Vo všeobecnosti platí, že lepšiu odolnosť voči vysokým tlakom majú tie druhy živočíchov, ktoré nemajú v tele priestory vyplnené vzduchom.⁴⁸ Z hľadiska tolerance voči zmenám tlaku rozdeľujeme vodné živočíchy na stenobatické a eurybatické. K prvej skupine patria okrem živočíchov, ktoré majú v tele dutiny vyplnené vzduchom, aj niektoré hlbokomorské druhy prispôbosené na život v prostredí s vysokým tlakom, ktoré neznášajú prudký pokles tlaku pri vynáraní. Eurybatické sú najmä planktónne organizmy, ktoré vykonávajú cirkadiánne migrácie v rozpätí 200 – 600 m. Niektoré planktónofágne ryby a veľryby putujú za touto potravou a znášajú zmeny tlaku v rovnakom rozsahu. Dravý vorvaň tuponosý (*Physeter catodon*), živiaci sa hlbinnými hlavonožcami, sa za touto potravou ponára až do hĺbky 1 000 m.

Špecifické podmienky života v stojatých vodách

Jazerá a ich človekom vytvorené „napodobeniny“ – umelé vodné nádrže (priehrady, rybníky, zdrže) sa od tečúcich vôd odlišujú predovšetkým neprítomnosťou permanentného prúdenia vody, z čoho vyplývajú zásadné rozdiely vo fungovaní ekosystémov jazier a vodných tokov. Navyše sú jazerá v porovnaní s vodnými tokmi iba krátkovekými štruktúrami, pretože podliehajú postupnému procesu zazemňovania. Jazerá nachádzame takmer vo všetkých častiach sveta, najviac však na severe severnej pologule, čo je výsledkom pleistocénneho zaľadnenia. Jazerá sa od seba odlišujú rozmermi, teplotným režimom, chemizmom a čistotou vody atď. Najhlbšie a najobjemnejšie jazero Bajkal dosahuje hĺbku 1 620 m a obsahuje asi

47 zvyšovanie tlaku totiž spôsobuje zmeny v napätí plynov rozpustených v telových tekutinách a bunkovej plazme. Pri náhlom znížení tlaku môže dôjsť za určitých okolností k uvoľneniu rozpustených plynov a vzniknuté bublinky môžu spôsobiť plynovú embóliu (kesónová choroba u potápačov);

48 plyny sú totiž vplyvom tlaku oveľa viac stlačiteľné ako tekutiny (tie sú takmer nestlačiteľné). U potápajúcich sa cicavcov, vtákov a rýb s plynovým mechúrom dochádza pri zvyšovaní tlaku k veľkým objemovým zmenám vzduchu v pľúcach (plynovom mechúre). Určitý objem vzduchu je v hĺbke 10 m stlačený na polovicu svojho pôvodného objemu a v hĺbke 40 m na pätinu.

20 % vody všetkých jazier. Čo do plochy je najrozsiahlejšie Kaspické more (436 400 km²). Vysokohorské jazerá sú často veľmi chudobné na rozpustené chemické látky, kým – naopak – v Mŕtvom mori je obsah solí taký vysoký, že umožňujú existenciu iba extrémne odolných organizmov. Čo sa týka rozmerov jazier, dôležité sú hĺbkové pomery a morfológia dna, ako aj tvar a dĺžka pobrežnej čiary.

Životný priestor každej nádrže môžeme rozčleniť na oblasť voľnej vody – **pelagiál** a na oblasť dna (a brehov) – **bentál**. Organizmy pelagiálu plávajú vo voľnej vode a iba niektoré zostupujú pravidelne alebo občasne na dno. Naproti tomu organizmy bentálu žijú počas celého života alebo časti vývinového cyklu na dne. Pelagiál a bentál sa vertikálne aj horizontálne členia podľa svetelného gradientu. Vo vrchnej, presvetlenej vrstve vody (**epipelagiále**) prevláda fotosyntetická asimilácia, a túto vrstvu nazývame aj **trofogénna vrstva**, v spodných vrstvách s nedostatkom svetla (**batypelagiále**) fotosyntetická produkcia chýba – **trofolytická vrstva**. Hranicou medzi týmito vrstvami je kompenzačný bod, teda hĺbka, v ktorej sa produkcia a respirácia vyrovnávajú. Rozsah jednotlivých vrstiev je daný faktormi, ktoré znižujú priepustnosť vodného stĺpca pre svetlo, predovšetkým turbiditou a sfarbením vody. V oblasti dna bentále zodpovedá epipelagiálu **litorál**, batypelagiálu zodpovedá pásмо dna nazývané **profundál**. Najhlbšie oblasti dna nazývame **abysál**. Charakter a rozsah jednotlivých častí bentálu je určený morfológiou nádrže a priepustnosťou vody pre svetlo. V **oligotrofných** (na živiny chudobných) nádržiach (rašeliniská, nízke pH) zasahuje litorál až do hĺbky niekoľkých desiatok metrov, v **eutrofných** (na živiny bohatých) nádržiach iba do hĺbky niekoľkých decimetrov až metrov. Mnohé prirodzené nádrže, ako močiare či slepé riečne ramená, sú plytké, takže nemajú vyvinutý profundál, a celá plocha dna je litorálom. Takéto nádrže sa zvyčajne vyznačujú vysokou produkciou, čo je dané dostatkom svetla a prehrievaním vody.

V hlbokých jazerách sa voda nikdy nepremieša až ku dnu. Tieto jazerá nazývame **meromiktické**. V hĺbkach takýchto jazier je nedostatok alebo absencia kyslíka, preto je život sústredovaný v povrchových vrstvách. Opačným extrémom sú plytké **polymiktické** jazerá, v ktorých sa vrstvy vody neustále premiešavajú. Medzi týmito dvoma pólmi sú tzv. oligomiktické jazerá, v ktorých sa voda premiešava v pravidelných intervaloch počas roka (pozri odsek Teplota vody). Sem patrí aj väčšina našich jazier.

Pelagiál a bentál poskytujú rozdielne životné podmienky. Pelagiál je obývaný jednak **planktónom** (drobné organizmy trvalo sa vznášajúce vo vode; ich schopnosť aktívne sa premiestňovať je značne obmedzená), a jednak **nektónom** (väčšie živočíchy s aktívnym pohybom, schopné prekonávať aj silné prúdenie vody). Bentál je obývaný spoločenstvom organizmov nazývaným **bentos**, ktoré je reprezentované druhmi žijúcimi na pevnom podklade ako aj v usadeninách dna. Aj hladina vôd je osídlená špecifickým spoločenstvom organizmov, ktoré žijú na povrchovej blanky vody. Toto spoločenstvo tzv. **neustón** môžeme rozdeliť na **epineustón** tvorený prevažne mikroskopickými organizmami vyskytujúcimi sa na povrchu vodnej blanky (riasy, prvoky) a **hyponeustón** tvorený druhmi zavesenými odspodu na túto blanku (larvy komárov, niektoré perloočky). Spoločenstvo neustónu musí odolávať pomerne extrémnym podmienkam (silné UV žiarenie, kolísanie teplôt, kolísanie koncentrácie solí). Navyše na toto spoločenstvo pôsobí dvojité predátny tlak, pretože tieto organizmy sú vystavené útoku predátorov zospodu (z vody) aj zvrchu (zo vzduchu). Na druhej strane sa tu vyskytuje dostatok potravy, ktorá sem padá zhora i stúpa od dna. Živočíchy, ktoré sa pohybujú po povrchovej blanky, vytvárajú spoločenstvo – **pleustón**. Patria sem napr. korčuľarky z rodu *Gerris*, hladinárky z rodov *Velia* a *Microvelia*, vodomerky z rodu *Hydrometra* a chrobáky krútnavce z rodu *Gyrinus*.⁴⁹

Kolobeh látok v jazerách je do značnej miery uzavretý. Prevláda prísun látok z prítokov, atmosféry a pobrežnej zóny nad odnosom hmoty odtiekajúcimi riekami a aktivitami organizmov (výlet imág vodného hmyzu, výlov rýb vodným vtáctvom ap.). Preto dochádza k postupnému hromadeniu organických i anorganických látok na dne nádrže a k jej postupnému zanášaniam. V záverečnej fáze keď je hĺbka tak malá, že makrofyty korenia po celej ploche dna sa proces rapídne zrýchľuje, jazero sa mení na močiar, a nakoniec prechádza na terestrický vývojový stupeň.

49 slovenské pomenovanie čeľade (krútnavce) by mohlo vyvolávať dojem, že tieto chrobáky žijú „v krútnavách“ (teda v rýchlo tečúcich horských potokoch), v skutočnosti však žijú v stojatých a pomaly tečúcich vodách. Názov súvisí s charakteristickým krúživým – „krútivým“ pohybom, ktorý vykonávajú imága na vodnej hladine, pri čom lovia drobný hmyz, ktorý spadol na hladinu.

Špecifické podmienky života v tečúcich vodách

Charakteristickou vlastnosťou tečúcich vôd je samozrejme ich prúdenie. Rýchlosť prúdenia, ako aj teplota vody, úzko súvisia s geologickými a topografickými podmienkami určujúcimi spád toku. Pohyb vody je brzdený dnom a oboma brehmi, pričom sa výrazne uplatňujú aj porasty makrovegetácie. Najväčšiu rýchlosť dosahuje prúd v 1/3 vodného stĺpca. Tesne pri dne je vrstvička takmer stojacej vody (do 2 mm), čo umožňuje niektorým druhom so splošteným telom udržať sa v prúde (larvy podeniek). Tečúce vody sú súčasťou určitých riečnych systémov, v rámci ktorých sa môžu rozširovať ich obyvatelia. Ústím sú spojené s morom, čo umožňuje prenikať niektorým druhom do susedného ekosystému (úhory, lososy, niektoré lastúrniky a i.). Potoky a rieky sa dajú v pozdĺžnom profile rozdeliť, z ekologického hľadiska, na tri úseky: **krenál**, **rhitrál** a **potamál**.

Krenál zahŕňa vlastný prameň (**eukrenál**) a pramenný jarček (**hypokrenál**). Väčšinou ide o málo vodnaté toky (prietok do 20 l. s⁻¹) s pomerne stálou teplotou vody a dostatkom kyslíka. Spoločenstvá týchto úsekov sú tvorené stenotermnými organizmami, náročnými na vysoký obsah kyslíka a čistotu vody, ktoré zvyčajne neznášajú väčšie kolísanie teploty. **Rhitrál** vzniká spojením niekoľkých pramenných jarčiek. Člení sa na tri podzóny:

1. **Epirhitrál**. Vodnatejší tok s kamenitým dnom, veľkým spádom a letnou teplotou vody do 16 °C. Maximálna teplota vody je dôležitý ekologický faktor, ktorý limituje výskyt jednotlivých druhov, a tým determinuje spoločenstvo vodného toku. Charakteristickou rybou sú pstruhy [pstruh pontokaspický (*Salmo labrax* m. *fario*) v povodí Dunaja a Tisy, resp. pstruh atlantický (*Salmo trutta* m. *fario*) v povodí Popradu a Dunajca], hlaváč európsky (*Cottus gobio*), hlaváč pásoplutvý (*C. poecilopus*), niekedy čerebl'a pestrá (*Phoxinus phoxinus*) a mihule [mihul'a ukrajinská (*Eudontomyzon mariae*) v povodí Dunaja, mihul'a potiská (*Eudontomyzon danfordi*) v povodí Tisy, resp. mihul'a potočná (*Lampetra planeri*) v povodí Popradu a Dunajca]. Bentos je veľmi rôznorodý. Reprezentujú ho ploskule (najmä *Dugesia gonocephala*), kôrovce (*Gammarus fossarum*, *G. balcanicus*), viacero druhov potočníkov (napr. rody *Goera*, *Anabolia*, *Micrasema*, *Stenphyllax*, *Glossoma*), larvy muškovitých (Simuliidae), larvy pošvatiek (rody *Perla*, *Dinocras*), ako aj larvy a imága viacerých druhov drobných chrobákov (rody *Elmis*, *Hydraena*), a najmä larvy veľkého množstva druhov podeniek (rody *Baetis*, *Epeorus*, *Ecdyonurus*, *Rhitrogena*).
2. **Metarhitrál**. Do tejto zóny patria toky s prietokom v priemere okolo 1 m³ · s⁻¹. Medzi rybami prevláda pstruh potočný, z nižších úsekov sem môže zasahovať lipeň tymiánový (*Thymallus thymallus*). Spoločenstvo bentosu je podobné ako v epirhitrále s prímiesou druhov hyporhitrálu. Objavujú sa máloštetinavce (*Tubifex* spp.), hojnejšie sa vyskytuje rak riečny (*Astacus astacus*).
3. **Hyporhitrál**. Zaradíme sem vodnatejšie toky, ktoré vznikli sútokom niekoľkých potokov. Dno je tvorené menšími kameňmi s hojným výskytom piesčitých a štrkovitých plôch. Letné teploty vody môžu byť nad 20 °C. Charakteristickou rybou je lipeň tymiánový, ale postupne sa objavuje aj ploska pásavá (*Alburnoides bipunctatus*), jalec hlavatý (*Leuciscus cephalus*) a ďalšie druhy. Bentos tejto zóny je podobný bentosu v metarhitrále. Charakteristickými zástupcami fauny podeniek sú zástupcovia rodov *Ecdyonurus*, *Epeorus*, *Baetis*. Hojné sú dravé pošvatky rodu *Perla*, potočníky rodov *Hydropsyche* a *Rhyacophila*, vysokú diverzitu dosahujú Diptera.

Časť toku **potamál** sa opäť člení na tri podzóny, z ktorých dve sú aj na Slovensku. Tretia podzóna – hypopotamál, je úsek toku pred ústím do mora, ovplyvňovaný morskou vodou.

1. **Epipotamál** tvoria podhorské rieky so širokým, plytkým korytom, kde sa striedajú kľudné (fluviatilné) úseky s rozčerenými (torentilnými) úsekmi. Dno je kamenito-pieskovité s vyšším podielom detritu. Letné teploty vody vystupujú až na 25 °C. Charakteristickou rybou je mrena severná (*Barbus barbus*), a vyskytuje sa aj vzácna hlavátka eurázijská (*Hucho hucho*). Zasahujú sem ryby z vyšších aj nižších pásiem. Bentos je druhovo veľmi bohatý, žije tu viac druhov pijavíc, napr. chobotnatka rybia (*Piscicola geometra*), kôrovcov [napr. žižavica vodná (*Asellus aquaticus*), krivák trojzubý (*Gammarus roeselii*)], z podeniek *Oligoneuriella rhenana*, *Ephemerella ignita*, *Potamanthus luteus*, rody *Heptagenia* a *Caenis*. Objavujú sa tu aj larvy vážok, napr. šidielko obyčajné (*Coenagrion puella*). Zooplanktón je veľmi chudobný, zastúpený niekoľkými druhmi vírnikov a veslonôžok.
2. **Metapotamál** sú nížinné úseky riek v širokých údoliach a na nížinách, s veľkým prietokom, značnou hĺbkou a malým spádom. Často vytvárajú rôzne typy ramien, kde sú životné podmienky veľmi rôznorodé, zvyčajne odlišné od hlavného toku, v dôsledku čoho sa tu formujú špecifické biocenózy. Dno je prevažne pieskovité, pri brehoch hlinito-pieskovité. Letná teplota vody môže prevyšovať 25 °C, kyslíkové pomery

sú veľmi variabilné. V metapotamále sa výraznejšie prejavuje vodná makrovegetácia. Druhovú zloženie a množstvo zooplanktónu je bohatšie najmä v ramenných systémoch. Podobná charakteristika platí aj pre bentos, pri ktorom druhová pestrosť síce postupne klesá, naproti tomu sa však zvyšuje počet jedincov. Z rýb je prevládajúcim druhom plotica červenooká (*Rutilus rutilus*), hrebenačky (rod *Gymnocephalus*) a belička európska (*Alburnus alburnus*), charakteristickými druhmi sú pleskáče (rod *Abramis*), z dravcov sumec západný (*Silurus glanis*), štika severná (*Esox lucius*) a zubáče (rod *Stizostedion*). Bentos prietochných ramien a hlavného toku je charakteristický výskytom podeniiek rodu *Palingenia*, *Ephoron virgo* a vážok čeľadí Gomphidae a Calopterygidae.

Vnútrozemská delta. Pod týmto pojmom sa rozumie ploché, sezónne zaplavované územie (inundačné územie) lemujúce rieku s jej bočnými ramenami a trvalými alebo dočasnými jazerami. Vnútrozemská delta vzniká v potamále, teda tam, kde spád koryta rieky náhle klesá, rýchlosť prúdu sa spomaľuje, klesá jeho unášacia schopnosť a nastáva usadzovanie materiálu z vyššie položených úsekov. Tvorí sa nánosy, v ktorých si rieka razí koryto. Vznikajú meandre, ktoré časom menia tvar a môžu stratiť spojenie s riekou. Vnútrozemská delta je typickým znakom záplavových riek. Sú to rieky, ktorých prietok je nepravidelný a mení sa sezónnymi zrážkami, alebo prítokom vody z topiacich sa ľadovcov. V čase zvýšených prietokov voda z koryt riek vybrežuje a zaplavuje priľahlé územie. Typickými európskymi záplavovými riekami sú napríklad Dunaj a Volga. Rozdiel medzi nimi je v ich hydrologickom režime: v Dunaji sú najvyšší prietoky a záplavy v lete, čo spôsobujú topiace sa alpské ľadovce, kým vo Volge sa zvýšený prietok a záplavy vyskytujú na jeseň a na jar, čo je spôsobené atmosférickými zrážkami, resp. topiacim sa snehom v týchto obdobiach. Meandrovanie rieky a sezónne cyklické zaplavovanie inundačného územia dáva vznik rôznym typom trvalých alebo dočasných vodných plôch, ktoré sa vzájomne líšia hydrologickým režimom, chemickým zložením vody a v dôsledku toho aj biologickým osídlením.

Hyporeál (intersticiál) je špecifickým typom biotopu. Nachádza sa vlastne pod riečnym dnom do tej hĺbky, kam ešte presakuje voda z rieky. Niekedy môže spájať rieku s podzemnými vodami. Toto spoločenstvo býva druhovo značne bohaté, pretože sa tu vyskytujú nielen druhy patriace k bentosu, ale aj druhy prenikajúce z podzemných vôd. Pri regulácii rieky vybetónovaním dna, alebo stiahnutím jej vody do potrubia, sa toto spoločenstvo úplne zničí!

Kontrolné otázky a tézy na zamyslenie:

1. Porovnajte rieku tečúcu v prírodnom koryte s brehovým porastom s napriameným a regulovaným vodným tokom. Ktorá rieka je biologicky hodnotnejšia, ale i „bezpečnejšia“ pred povodňami?
2. Vodné ekosystémy sú najviac ohrozené znečistením biosféry. Zdôvodnite túto skutočnosť.
3. Sladkovodné ekosystémy majú najmenšiu plochu, ale najvyššiu biodiverzitu na jednotku plochy. Vysvetlite tento paradox.
4. Prečo majú biotopy tečúcich vôd výraznejšiu stratifikáciu, než stojaté vody?
5. Do akej kategórie (kategórii) by ste zaradili vodné toky v okolí vášho bydliska?
6. Idete sa napiť z lesnej studničky. Kedy si môžete byť (na základe fauny) istí, že je voda čistá?

II. 3. 1. 3 Ekologické faktory pôdy

Pôda (pedosféra) je najvrchnejšou vrstvou zemskej kôry. Leží na materskej hornine a predstavuje veľmi zložitý systém biotických a abiotických zložiek, ktorý sa vyvinul pôsobením pôdotvorných faktorov. Vývoj pôdneho systému je v raných fázach silne ovplyvnený materskou horninou a reliéfom. Neskôr sa do popredia dostávajú vplyvy klimatické a biotické (vrátane činnosti človeka). Neživá časť pôdy je zastúpená minerálnou zložkou (vrátane pôdneho roztoku a vzduchu) a organickou zložkou – humusom. Živú zložku predstavuje edafón (spoločenstvo pôdnych organizmov) a koreňový systém rastlín.

Každá pôda sa postupne vyvíja z materskej horniny (alebo sedimentu) až po stav plnej zrelosti. Počas pôdotvorného procesu sa vytvárajú jednotlivé vrstvy s odlišnou štruktúrou, zrnitosťou a odlišným zastúpením minerálnych a organických látok. Tieto vrstvy označujeme ako **pôdne horizonty**. Čím je pôda zrelšia, tým dokonalejšie sú jednotlivé horizonty odlišené. Navzájom sa líšia farbou, konzistenciou, zrnitosťou, štruktúrou a ďalšími vlastnosťami. Pôdne horizonty vždy zachovávajú určitú postupnosť a vytvárajú tzv. **pôdny profil**, ktorý je charakteristický pre každý typ pôdy a tiež pre jednotlivé vývojové

stupne. V praxi rozoznávame 3 základné pôdne horizonty, ktoré sa označujú veľkými písmenami (A, B, C). Každý horizont môže byť ešte rozdelený na dielčie subhorizonty, ktoré sa potom označujú malým indexom k príslušnému horizontu (A_m, B₂, C₁ a pod.) Základné pôdne horizonty sú tieto:

1. Horizont A – humusový horizont. Je tvorený humusom. Máva niekoľko vrstiev, z nich najvrchnejšia sa nazýva **opadanka** (opad) a je tvorená z nezmenených rastlinných zvyškov (ihličie, listy, vetvičky, mach, kôra). Pod opadankou leží vrstva mechanicky a fermentačne pozmenených rastlinných zvyškov obsahujúca množstvo organických látok a zvýšené množstvo uhlíka. Táto vrstva je pomocou pôdnych živočíchov a vody premiešavaná s minerálnymi zložkami pôdy a vzniká **mydát**. Na rozdiel od vrchnejšieho humusu, mydát obsahuje prevažne anorganické látky.

Humus je veľmi dôležitou súčasťou pôdy. Tvorený je prevažne mŕtvou organickou hmotou rastlinného a živočíšneho pôvodu vrátane produktov látkovej výmeny. Táto vrstva významne ovplyvňuje fyzikálne, chemické a biochemické procesy v pôde, ako aj životné podmienky edafónu. Humus je nepostrádateľným faktorom v hydrológii lesných pôd, pretože zachytáva zrážky, ovplyvňuje rozdelenie vody do hĺbky a kolobeh vody v pôde. Je rozhodujúcim faktorom pri presakovaní, vyparovaní a odtoku vody, čím ovplyvňuje celý hydrologický cyklus daného územia. Vrstva humusu chráni pôdu pred vodnou a veternou eróziou. Ďalší význam humusu spočíva v jeho vplyve na pH pôdy, na kolobeh živín (hlavne uhlíka, fosforu a dusíka), na tvorbu CO₂ a urýchlenie zvetrávacích procesov v pôde. Rovnako humus ovplyvňuje biologickú aktivitu pôdy a vývoj edafónu, jeho množstvo a druhové zloženie.

Humus podlieha zložitým zmenám. Proces zložitej biochemickej premeny primárnych organických látok na humusové látky sa nazýva **humifikácia**. Celý proces je podmienený aktivitou pôdnych mikroorganizmov a z časti aj živočíchov. Rovnako je tento proces závislý aj na niektorých abiotických podmienkach (pH pôdy, vlhkosť, zmeny teploty atď.). Rozkladom organických zvyškov nemusí vždy vznikať humus. V dobre prevzdušnených, teplých, suchých a na vápnik bohatých pôdach (napr. piesky subtropických a tropických oblastí) majú pôdne organizmy takú vysokú aktivitu, že rastlinné a živočíšne zvyšky odbúravajú až na CO₂, vodu a minerálne látky. Pri takomto rýchlom rozklade sa humus netvorí.

2. Horizont B – metamorfovaný (stredný) horizont je tvorený prevažne jemnými minerálnymi časticami s jemne zrnitou štruktúrou. Do jeho vrchnej časti môže presakovať humus. V spodnej časti sa často vyskytujú oxidované zlúčeniny železa, ktoré sfarbiajú pôdu do hneda, okrova alebo do červena.

3. Horizont C – substrátový (spodný) horizont tvorí nezvetraná, alebo len málo zvetraná materská hornina, z ktorej pôda vzniká. Táto vrstva je pôdnymi živočíchmi osídlená iba veľmi málo.

Pôda ponúka veľmi špecifické životné podmienky odlišné od podmienok na vzduchu, či vo vode. Živé organizmy sa v pôde môžu vyskytovať iba v stiesnených priestoroch medzi časticami pôdy, ktoré sú vyplnené buď vzduchom, alebo vodou. Život týchto organizmov je ovplyvnený fyzikálnymi a chemickými vlastnosťami pôdneho vzduchu a vody, a tiež mechanickými vlastnosťami pôdy.

Edafón – spoločenstvo pôdnych organizmov (mikroorganizmov, baktérií, plesní, húb, siníc, rias, rastlín a živočíchov) môžeme rozdeliť na **fytoedafón** a **zooedafón**. Organizmy vyskytujúce sa v pôde majú charakteristické adaptácie, ktoré im umožňujú žiť v tomto špecifickom prostredí a využívať jeho zdroje. Všeobecne označujeme tieto druhy ako **edafobionty**. Stupeň ich prispôsobenia a viazanosti na pôdne prostredie je rôzny, závislý na vonkajších podmienkach, vývojovom štádiu, veku a pod. Obvykle v edafóne rozlišujeme **geobionty** – úzko špecializované druhy žijúce iba v pôde, **geofily** – v pôde sa vyskytujú iba v určitom vývinovom štádiu a **geoxény** – druhy, ktoré sa v pôde vyskytujú iba náhodne. Podľa veľkosti môžeme edafón roztriediť na ① **mikrobiotu** – voľným okom neviditeľné organizmy do veľkosti 0,2 mm (baktérie, sinice, riasy, mikroskopické huby, prvoky), ② **mezobiotu** – voľným okom viditeľné, drobné pôdne organizmy do 2 mm (drobné druhy hmyzu a iných článkonožcov, máloštetinavcov a hlíst, ale i väčšie druhy prvokov – napr. niektoré druhy riasničkavcov sú veľké aj okolo 1 mm) a ③ **makrobiotu** – väčšie druhy do 200 mm (väčší hmyz, dážďovky, pôdne stavovce).

Z mechanických vlastností pôdy, život edafónu najviac ovplyvňujú textúra, štruktúra a pórovitosť. **Textúra** (zrnitosť) vyjadruje veľkostné zloženie častíc pôdy, ako **štruktúra** sa označuje spôsob, akým sú tieto častice usporiadané a aké pôdne agregáty vytvárajú. Na tvorbe pôdnych agregátov sa značnou mierou

podieľajú pôdne mikroorganizmy, korene rastlín a pôdne živočíchy. Častice pôdy sú navzájom spájané nielen hýfami húb a drobnými koreňkami rastlín, ale aj hlienovými výlučkami živočíchov. Pôda nie je jednoliatym celkom, ale predstavuje systém s veľkým objemom vnútorných pórov, ktoré tvoria **pórovitosť** pôdy. Póry sú sčasti vyplnené vodou a sčasti vzduchom. Podľa veľkosti rozoznávame póry **kapilárne** (priemer menší ako 0,2 mm) a póry **nekapilárne** (priemer väčší ako 0,2 mm). Čím sú pôdy ľahšie, tým vyššia je ich pórovitosť a prevzdušnenosť. Pôdna fauna vo veľkej miere pomáha zvyšovať pórovitosť pôdy. Svojou činnosťou pôdu kypria, premiešavajú humus s minerálnou zložkou a napomáhajú rýchlej výmene vody a vzduchu v pôde. Najväčší význam pri týchto procesoch majú dážďovky. Bolo zistené, že v Európe môžu za rok vytvoriť na povrchu pôdy novú vrstvičku s hrúbkou 1 – 5 mm.

Pôdna vlhkosť je takisto veľmi dôležitou vlastnosťou. Hlavným zdrojom vlhkosti v pôde je zrážková voda. Časť tejto vody sa z povrchu pôdy a z vegetácie odparí späť do atmosféry (evapotranspirácia), časť odtече do povrchových vôd a zvyšok presakuje pôdou v smere gravitácie až na nepriepustnú horninu. Tam sa táto voda môže hromadiť a vytvárať zásoby podzemnej vody (vodonosný horizont). Odtiaľ môže voda opäť vzlínať a prenikať do vrchnejších vrstiev, kde ovplyvňuje pôdnu vlhkosť.

Pôdny vzduch je v tesnom vzťahu s pôdnou vodou. Pri vysychaní pôdy klesá jej vlhkosť a zvyšuje sa množstvo vzduchu. Samozrejme to platí aj opačne. Obsah vzduchu v pôde závisí od jej štruktúry a objemu pórov. Dostatok vzduchu je hlavným predpokladom pre existenciu všetkých pôdných živočíchov. Každý pôdny typ obsahuje určité množstvo vzduchu, ktoré nazývame **vzdušnou kapacitou pôdy**. Najviac vzduchu obsahuje lesná opadanka (80 – 90 %), najmenej ťažké ílovité pôdy (do 10 %). Zloženie pôdneho vzduchu sa líši od zloženia atmosféry hlavne obsahom kyslíka a CO₂. Vzduch do pôdy preniká z atmosféry výlučne difúziou v smere koncentračného spádu. Kyslík tak preniká do pôdy kde je jeho koncentrácia cca o 0,5 % nižšia a oxid uhličitý uniká z pôdy, kde sa jeho koncentrácia pohybuje medzi 0,25 % až 0,7 % (vzduch 0,03 %).

Teplota pôdy spolu s ďalšími faktormi výrazne podmieňuje prítomnosť pôdných organizmov. Vonkajšia klíma ovplyvňuje pôdnu mikroklimu väčšinou do hĺbky 30 – 50 cm. Naopak pôdna mikroklima môže ovplyvniť vonkajšiu klímu až do výšky 2 m. Na utváraní vzájomných vzťahov oboch klím sa výrazne podieľa vegetačný kryt, jeho výška, zloženie, hustota a pod. Teplota pôdy osciluje rýchlejšie ako teplota vody a pomalšie ako teplota vzduchu. Najviac teplota kolíše vo vrchných vrstvách pôdy a smerom do hĺbky sa teplotné rozdiely postupne vyrovnávajú. Najväčšie výkyvy teploty sa pozorujú na surových, suchých, piesčito-vápenatých pôdach, hlavne na južných expozíciách. Na Zemi najviac kolíše teplota na povrchu púští, ktorých vrchná vrstva sa pri nedostatku vlhkosti veľmi rýchlo počas dňa ohrieva a v noci zase rýchlo chladne. Povrchová vrstva púšte môže mať v noci nižšiu teplotu ako hlbšie ležiace horizonty. V našich podmienkach má pôda najvyššiu teplotu v auguste a minimum dosahuje vo februári. Holá, snehom nepokrytá pôda u nás premrzá do hĺbky 0,8 – 1,5 m. Odlišná situácia je v severských oblastiach za polárnym kruhom, kde sa objavujú **trvalo zamrznuté pôdy – permafrosty**. Pôda premrzá do hĺbky 18 – 50 m (v oblasti Jakutska až 118 m). Tieto extrémne podmienky značne ovplyvňujú pôdnu faunu, ktorá je tu slabo zastúpená, prípadne úplne chýba. Severná hranica rozšírenia krta (*Talpa europaea*) v podstate súhlasí s hranicou súvislého permafrostu. Hraboše v tejto oblasti žijú hlavne v machu a opadanke a iba zriedka ryjú chodby do zamrznutej pôdy. Polárna liška (*Alopex lagopus*) si hrabe zložené nory na slnečných a hlbšie prehrievaných svahoch s ľahšími pôdami.

Vzťah rastlín a pôdy je veľmi úzky. Pôda tvorí podklad, zdroj živín a vody pre väčšinu rastlín. Rastliny predstavujú zdroj organických látok a podieľajú sa na pôdotvornom procese. Z hľadiska adaptácie na edafické pomery delíme rastliny na:

- **psamofyty** sú rastliny adaptované na rast na piesočných substrátoch, u nás je to napr. kyjanka sivá (*Corynephorus canescens*), kostrava piesočná (*Festuca psammophila*), dúška materina (*Thymus serpyllum*). Znášajú extrémne rozdiely teplôt, zavievanie pieskom, majú typický silne vyvinutý koreňový systém, regulačné mechanizmy zabraňujúce stratám vody, a prevláda vegetatívna forma rozmnožovania;
- **litofyty** sú prispôbené pre prichytenie na skalný podklad, majú sukulentný charakter, dobre znášajú výkyvy teplôt (rozchodníky, skalnice, machy, lišajníky);
- **chasmofyty** sú rastliny prispôbené životu v štrbinách, ide o vegetáciu, ktorá je nenáročná na vodu, teplo a znáša extrémne podmienky (borovica lesná – *Pinus sylvestris*).

Rastliny rozdeľujeme podľa nárokov na živiny na **oligotrofné** – rastúce na pôdach s malým až nedostatočným obsahom živín (na kyslých horninách ako napr. kremence, granity, svory; napr. *Luzula luzuloides*, *Vaccinium myrtillus*, *Vaccinium vitis-idaea*, *Avenella flexuosa*), **mezotrofné** – rastú na pôdach stredne zásobených živinami (*Poa nemoralis*, *Lathyrus vernus*, *Mycelis muralis* a i.) a **eutrofné** – rastúce na pôdach veľmi dobre zásobovaných živinami s priaznivým vodným režimom (vulkanity; napr. *Valeriana tripteris*, *Vicia cassubica*, *Lathyrus niger*, *Astragalus glycyphyllos*, *Dentaria glandulosa* a i.).

Obsah H a OH iónov vytvára predpoklady pre existenciu pôd extrémne kyslých (pH pod 3) a pôd extrémne zásaditých (pH nad 9). V oboch prípadoch sa objavuje poškodenie protoplazmy koreňových buniek. Pod hodnotou pH 4,0 – 4,5 obsahujú minerálne pôdy tak vysokú koncentráciu Al_3^+ iónov, že sú pre rastliny toxické, v opačnom prípade môže ísť o nedostatok iónov. pH pôd ovplyvňuje predovšetkým pôdotvorný substrát (hornina), kvalita opadu a podmienky (spôsob) jeho rozkladu. Najnižšie pH je na rašelinných substrátoch. Najvyššie hodnoty pH sú na slaných a sodných pôdach a v okolí alkalických minerálnych prameňov. Podľa medze tolerancie pH rozdeľujeme rastliny na:

- **acidofilné** na stanovištiach s pH od 3 – 6. Okysľovanie pôdy spôsobuje rozklad organickej hmoty a vznik organických kyselín pri nedostatku vzduchu, vo vlhkom prostredí, na kyslom podloží, aj v nižších nadmorských výškach (čučoriedka obyčajná – *Vaccinium myrtillus*, vres obyčajný – *Calluna vulgaris*);
- **bazofilné druhy (alkalofyty)** žijú na pôdach zásaditých s pH 7,5 – 11 (ostrica nízka – *Carex humilis*, jasenec biely – *Dictamnus albus* a i.);
- **neutrofilné druhy** s pH 6,5 – 7,4 (psiarka lúčna – *Alopecurus pratensis*).

Dusík sa do pôdy dostáva rozkladom organických látok alebo zo vzduchu. Vzdušný dusík sú schopné viazať len niektoré druhy rastlín pomocou nitrifikačných baktérií (agát biely – *Robinia pseudoacacia*). Rastliny, ktoré neznášajú nadbytok dusíka nazývame **nitrofóbné**, napr. rojovník močiarny (*Ledum palustre*), naopak rastliny viazané na vyšší obsah dusíka v pôde nazývame **nitrofilné**. Charakteristické nitrofilné spoločenstvá sú v sutinových lesoch, kde v pôdach dobre prebieha nitrifikácia a prevažujú nitrofyty ako napr. bažanka trváca (*Mercurialis perennis*), pakost smradľavý (*Geranium robertianum*), cesnačka lekárska (*Alliaria officinalis*) a i., ale aj rumiskové rastliny, napr. prhláva dvojdomá (*Urtica dioica*) a i. Pôdy na vápencoch líšia štruktúrou, slabou vodržnosťou, reakciou, rýchlejšou mineralizáciou dusíkatých látok. Rastliny, ktoré sú viazané svojim výskytom na pôdy obsahujúce vápnik sa nazývajú **kalcifyty** alebo **kalcikolné**, vápnomilné rastliny. Je to napr. ostrevka vápnomilná (*Sesleria varia*), lomikameň metlinatý (*Saxifraga paniculata*), a i. Rastliny striktne viazané na nevápenaté podklady sa označujú ako **kalcifóbné**, napr. rosička okrúhlostá (*Drosera rotundifolia*), vres obyčajný (*Calluna vulgaris*) a i. (Križová et al., 2007). Toxicky na vegetáciu pôsobí obsah soli v pôde, predovšetkým uhličitany a chloridy, menej toxicky pôsobia sírany. Zasolenie vzniká v teplých a suchých podmienkach s výparným režimom pôd a s dostatočným obsahom soli (neogénne sedimenty). Kapilárnymi silami sa soli dostávajú na povrch, prípadne do určitej vrstvy pôdy, kde sa hromadia. Rastliny, ktoré majú vytvorené mechanizmy na život v takomto extrémnom prostredí (slanobyľ draslomilná – *Salsola kali*, panónsky endemit soľníčka panónska – *Suaeda pannonica*) vytvárajú spoločenstvá **halofytov**. Vyskytujú sa najmä na morských pobrežiach, v blízkosti minerálnych prameňov, na slaniskách, extrémnych stanovištiach obnažovaných brehov a dien slaných jazier a periodicky zaplavovaných zníženín.

II. 3. 1. 4 Oheň ako ekologický faktor

Špecifickým, priamo pôsobiacim ekologickým faktorom je **oheň**, ktorý formuje svojráznym spôsobom biotickú zložku. Účinok tohto činiteľa má dve polohy. Prvá poloha je deštruktívna, druhá poloha je obohacujúca. Ľahké prízemné požiare pomáhajú dekompozitorom rozkladať telá mŕtvych organizmov a uvoľňovať živiny do pôdy. Vysoké katastrofické požiare, vyskytujúce sa raz za dlhé obdobie, môžu zničiť všetko rastlinstvo a sú limitujúce pre väčšinu organizmov. Požiare periodické, často vyvolané človekom, znamenajú zmenu biocenóz v krátkom časovom úseku, a biocenóza sa nedokáže zregenerovať. Postihnuté spoločenstvo sa musí vyvíjať celkom od počiatku a jeho regenerácia trvá veľa rokov. Nie všetky taxóny sú schopné regenerácie a dochádza k prirodzenému výberu taxónov, ktoré sú odolnejšie. V niektorých prípadoch je oheň predpokladom rozmnožovania niektorých taxónov. Sekvoja sa môže rozmnožovať vďaka vyhoreniu podrastu, čím sa uvoľní priestor a obohatí sa pôda o živiny, hlavne o uhlík. Vysoká teplota, vznikajúca pri horení, nedokáže poškodiť dospelé jedince s hrubou borkou (kôra), ale na druhej

strane strata vody v plodoch zabezpečuje uvoľňovanie semien (borovica stočená – *Pinus contorta*). Druhy, ktoré sú závislé od požiarov, nazývame **pyrofyty** (Barabas & Labunová, 2009). Existuje však aj pyrofilný hmyz, napr. krasoň *Melanophila acuminata* naletuje na ohorené smrekové drevo, a na zhoreniskách sa vyskytuje aj vzácna bystruška *Sericoda quadripunctata*.

Verejnosť na Slovensku hodnotí požiare v prírode väčšinou negatívne, no napriek tomu sa tento jav často opakuje, najmä na jar počas tzv. vypaľovania trávy (➡ obr. 49), ktoré je, mimochodom, v rozpore so zákonom. Treba podotknúť, že v podmienkach stredoeurópskej prírody a krajiny je vypaľovanie skôr nežiaduce než prospešné. Niekedy pri ňom dochádza k vznieteniu príľahlých lesných porastov, ale i budov a k úrazom osôb. Zvlášť odsúdeniahodné je vypaľovanie trávnatých a krovinatých strání neskôr na jar, keď v plameňoch hynie množstvo hmyzu, pavúky, plazy a mláďatá hniezdiacich vtákov.



Obr. 49. Jarné vypaľovanie vegetácie je stále rozšíreným „zlovykom“
<<http://www.forestportal.sk/lesne-hospodarstvo/ochrana-lesa/poziare/>>

II. 3. 1. 5 Reliéf ako ekologický faktor

Reliéf by sa dal jednoducho definovať ako vzhľad povrchu krajiny (makroreliéf), či stanovišťa (mezoreliéf, mikroreliéf). Pôsobenie parametrov reliéfu ako sú nadmorská výška, sklon, expozícia svahu **nie je priame**, ale prejavujú sa modifikáciou klimatických (najmä teploty, svetla a vlhkosti), hydrických a edafických faktorov. Pôsobenie týchto faktorov môže vplyv reliéfu značne pozmeniť, zosilniť či oslabiť. Vplyv mikroreliéfu je evidentný predovšetkým v nižších pohoriach, vo vyšších pohoriach sa kombinuje s vysokohorskou kontinentalitou, a tiež polohou (náveternou a záveternou). Masívnosť a výška pohoria vplývajú na biosféru cez zvýšenú kontinentalitu podnebia. Nižšie pohoria majú jednotnú schému diferenciácie biosféry (stupňovitosť). Horizontálna diferenciácia je zanedbateľná.

Vplyv **nadmorskej výšky** na teplotu je pomerne známy. So stúpajúcou nadmorskou výškou priemerná teplota klesá. Na Slovensku je to v priemere o 0,65 °C na každých 100 m nadmorskej výšky. Naopak, s pribúdajúcou nadmorskou výškou sa zvyšuje intenzita slnečného žiarenia a všetkých jeho zložiek. Vysokohorské druhy sa preto museli vyrovnat' s účinkami pomerne vysokej intenzity UV žiarenia, ako aj so zvýšenou radiáciou spôsobenou vyššou intenzitou dopadajúceho kozmického žiarenia. Podobne ako žiarenie, pribúdajú so zvyšujúcou sa nadmorskou výškou aj zrážky. Následkom toho s pribúdajúcou výškou pribúda aj vlhkomilných a chladnomilných organizmov. Pribúdajúce množstvo zrážok a klesajúca teplota spôsobujú postupné striedanie vegetačných stupňov (➡ str. 43). V súvislosti s reliéfom a celým komplexom podmienok (najmä dĺžka vegetačného obdobia) sa mení priebeh **hornej hranice lesa**, ktorá ohraničuje súvislý les, ktorý sa pozvoľne rozpadá na skupiny stromov a jednotlivé solitéry. Jej výška môže byť v rôznych geografických šírkach rozličná (➡ tab. 8). Ovplyvňuje ju aj expozícia a kontinentalita klímy.

Sklon svahu je uhol, ktorý zvierá vodorovná rovina s rovinou svahu. Meria sa v stupňoch a môže byť maximálne 90°. Čím je sklon svahu väčší (čím je svah strmší) tým väčšie je aj riziko erózie pôdy vplyvom stekajúcej vody a vetrov. Na strmom svahu sa udrží iba slabá vrstvička pôdy, v ktorej sa ťažko

Tab. 8. Priebeh hornej hranice lesa v rôznych pohoriach sveta (m n. m.)

Pohorie	HHL	Pohorie	HHL	Pohorie	HHL
Kamčatka	300	Alpy	2 050	Kilimandžáro	3 000
Ural	1 100	Mount Washington	1 290	Jáva	2 800
Sajany	2 200	Balkán	1 850	Andy	2 400
Sudety	1 250	Pamír	3 600	Aconcagua	3 500
Altaj	1 200 – 2 400	Etna	2 200	Novozélandské Alpy	1 300
Vysoké Tatry	1 600	Orizaba	3 200	Ohňová Zem	550

HHL – horná hranica lesa; podľa Kele & Mariot (2004)

uchytáva vegetácia, ktorá by svojim koreňovým systémom mohla zabrániť ďalšej erózii. Preto sa v horských oblastiach budujú „kľukaté“ turistické chodníky a je zakázané skracovať si cestu priamym výstupom, takzvanou direktissimou. Každý váš krok mimo takýto chodník zničí uchytávajúci sa porast a predĺži tak obdobie erózie a odnosu pôdy o ďalšie roky! Sklon svahu modifikuje aj rozloženie vlhkosti. Keďže voda vždy steká po svahu dole, bývajú spodné časti svahu podstatne vlhkejšie a v pôde sa vlhkosť udrží dlhšie ako v horných častiach svahu. Podobne ako voda steká po svahoch aj studený vzduch. Ten sa potom drží v údoliach a priehlbínach, kde môže byť chladnejšie aj o niekoľko stupňov. V zime môžu byť takéto oblasti postihnuté extrémnymi mrazmi. Z týchto dôvodov sa v spodných častiach svahov často stretávame s vegetáciou, ktorá dobre znáša chladné a vlhké prostredie, a ktorá by sa mala vyskytovať vo vyšších nadmorských výškach, a až vo vyšších častiach svahu sa objavuje vegetácia zodpovedajúca danej nadmorskej výške. Tomuto javu hovoríme **inverzia vegetačných stupňov**.

Expozícia je orientácia svahu voči svetovým stranám. Z vlastnej skúsenosti už viete, že južné svahy bývajú teplejšie a suchšie ako severné svahy. Severné svahy bývajú zároveň aj menej osvetlené slnečným žiarením. Najteplejšie a najsuchšie svahy s najväčšími rozdielmi teplôt medzi dňom a nocou sú svahy juhozápadné. Dôvod je jednoduchý. Na juhovýchodné svahy začína slnečné žiarenie dopadať ráno, keď sa na vegetácii ešte vyskytuje rosa. Jej vyparovanie ochladzuje svah a zabraňuje prudkému zvýšeniu teploty. Na juhozápadný svah sa slnečné žiarenie dostáva až okolo obeda, kedy tam už rosa nie je a prudkému prehriatiu už nič nebráni. Expozícia svahu značne ovplyvňuje vplyv predchádzajúcich faktorov. Pritom nemusí ísť iba o veľké svahy. Stačí aj drobná vyvýšenina, či priehlbinka na lúke, brázda na poli, či kmeň v lese a už je viditeľný rozdiel medzi severnou a južnou stranou.

Kontrolné otázky a tézy na zamyslenie:

1. Súhlasíte s tým, že pôda nie je len abiotickou zložkou terestrických ekosystémov? Zdôvodnite to.
2. Prečo jašterica zelená nemôže žiť na hrebeni Nízkych Tatier, hoci by si tu našla dostatok potravy?
3. Prečo sa medzi fytofágmi často vyskytuje monofágia, kým u predátorov je skôr výnimočná?
4. Pestré sfarbenie môže byť pre živočíchy rizikové, no napriek tomu sa často vyskytuje. Aké môžu byť biologické funkcie pestrého sfarbenia u rôznych skupín živočíchov?
5. Niektorí „milovníci prírody“ vytrhávajú vysokohorské rastliny aj s koreňmi, a sadia si ich doma na skalke. Napriek tomu, že ich dobre polievajú, rastliny neprosperujú až hynú. Prečo?
6. Ako poznáte teplé lokality skoro na jar, ešte pred tým, ako sa objaví vegetácia a fauna?
7. Viete, čo je to ekologická inverzia? Vysvetlite, za akých podmienok konfigurácie terénu možno tento jav často pozorovať. Ako sa prejavuje?

II. 3. 2 Biotické faktory

II. 3. 2. 1 Typy interakcií v ekosystémoch

V predchádzajúcom texte sme na viacerých miestach konštatovali, aká je zložitá škála medzidruhových vzťahov vo všetkých biocykloch a vo väčšine ekosystémov. Povedali sme si, že vzťahy – interakcie môžu byť priestorové (topické) a potravné (trofické), pričom toto rozdelenie je neostré, pretože tieto kategórie sa často prelínajú a podmieňujú. Táto kapitola má charakter stručného zhrnutia a zovšeobecnenia (↓ tab. 9). Predtým sa pokúsime definovať si ešte jeden aspekt vzťahov, ktorý by sme mohli nazvať

„aspekt polarity“. Tu sa však môžeme dostať do problémov, keby sme sa nechali zlákať „rozprávkovou“ antropomorfizáciou medzidruhových vzťahov podľa schémy «vlk a zajac». Termín kladné vzťahy nemôžeme nahrádzať slovom „priateľské vzťahy“ a v podobnej situácii sme u prídavného mena „nepriateľský“. Prírodovedec – ekolog vie, že citové zafarbenie pri týchto slovách je vo vede nežiaduce.

Kladné vzťahy v medzidruhových interakciách sú také, kde kladný aspekt vzťahu **dominuje**; a presne také isté je to i pri **záporných vzťahoch**. Je samozrejmé, že vzťah predátora ku koristi, ani parazita k hostiteľovi, nemôže byť priateľský a „láskyplný“, ale v žiadnom prípade nie je antagonisticko-likvidačný! Veď aj predátory a parazity (prítomné v tisícoch druhov vo všetkých ekosystémoch) majú v prírode svoju funkciu, inak by nositelia týchto nik už vyhynuli. Stojí za zmienku, že v zachovalých horských regiónoch, kde sa ešte vyskytujú veľké šelmy – rys (*Lynx lynx*) a vlk (*Canis lupus*), bývajú pozorované, resp. i lovené (človekom!) kapitálne kusy raticovej zveri. Šelmy totiž lovia hlavne staršie a zoslabnuté jedince – lov zdravých a silných zvierat vyžaduje enormné množstvo energie, a navyše môže byť riskantný. Podobne parazit nie je len „škaredý príživník“. Vyzerá to dokonca tak, že pôsobenie parazitov a ich metabolitov môže mať v istých prípadoch aj stimulujúce účinky na imunitný systém hostiteľa (➔ str. 23 dole).

Tab. 9. Schematický prehľad medzidruhových vzťahov v ekosystémoch [upravené podľa Losos et al. (1984)]

	Populácie ➔ ↓ Typ interakcie	nie sú v in- terakcii		sú v in- terakcii		Pomer druhov A a B
		A	B	A	B	
Kladné vzťahy	Neutralizmus	0	0	0	0	A, B sú nezávislé – indiferentné
	Protokooperácia	0	0	+	+	A a B sú kooperátori, spolužitie je prospešné, ale nie je nutné
	Komenzalizmus	–	0	+	0	A komnezál má zo vzťahu úžitok, B hostiteľ je neovplyvnený
	Mutualizmus	–	–	+	+	A, B sú partneri, vzájomný vzťah je veľmi prospešný a nevyhnutný *
Záporné vzťahy	Amenzalizmus	0	0	–	0	A amenzál stykom trpí, B inhibitor je nedotknutý
	Kompetícia	0	0	–	–	A, B sú kompetitori, obaja spolužitím trpia (obyčajne si topicky alebo i troficky konkurujú)
	Predácia	–	0	+	–	A je predátor, B korisť, ktorá stykom trpí – hynie
	Parazitizmus	–	0	+	–	A je parazit, B hostiteľ, ktorý stykom trpí, ale hynie iba zriedka!

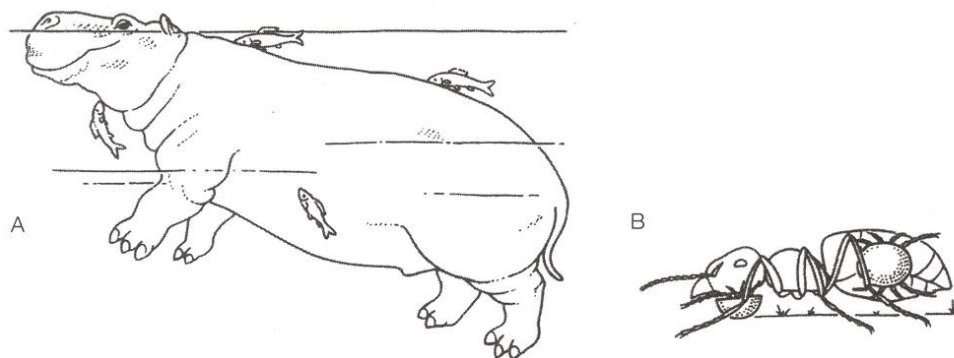
K tomu je možné si uviesť niekoľko vysvetlení a príkladov. O **neutralizme** má zmysel hovoriť iba vtedy, ak populácie dvoch druhov majú možnosť vzájomnej interakcie, no napriek tomu sa nijako vzájomne neovplyvňujú. (Populácia ľadového medveďa a tučniaka cisárskeho sa tiež vzájomne nijako neovplyvňuje ale o neutralizme sa tu nedá hovoriť, pretože populácie týchto dvoch druhov žijú na opačných póloch planéty.) K neutralizmu dochádza vtedy, keď sa ekologické niky dvoch (resp. viacerých) druhov diametrálne líšia. **Protokooperácia** je napr. vytváranie spoločných zimných krdľov rôznych druhov sýkoriek, či spoločné hniezdenie viacerých druhov vtákov (najmä morských), čo zvyšuje obranyschopnosť hniezdneho spoločenstva. Na afrických savanách sa často spolu zdržujú zebry a pštrosy – jedny majú jemný čuch a druhé ostrý zrak, takže to zvyšuje bezpečnosť pred blížiacimi sa predátormi. Častejší je **komenzalizmus** – napr. mnohé roztoče sa zdržujú na ochlpení hmyzu, najmä pri ústach, kde im „kradnú“ zvyšky potravy, švehla mravenisková (*Atelura formicaria*) „kradne“ mravcom kúsky potravy od úst, mnohé rybky vyhľadávajú medúzy a aktínie (kvôli zvyškom potravy), v kloake obojživelníkov žijú opalinky (Opalinida), a človek má tiež viacerých komenzálov (➔ str. 24 hore). Najmä v trópoch majú charakter komenzalizmu početné **epifytické rastliny**, ktoré rastú v korunách stromov, obyčajne v pazuchách väčších konárov. Epifyty stromu nijako neškodia – nemajú haustória (ako napr. imelo), „hostiteľský“ strom je iba substrátom pre ich rast. K epifytom patria napr. stovky druhov orchideí (Orchidaceae) a bromélií (Bromeliaceae), u nás sú to najmä lišajníky (bradatec srstnatý – *Usnea hirta* a príbuzné druhy).

Mutualizmus (*↑) môže byť **parciálny**, kedy symbiont bez hostiteľa žiť nemôže, no hostiteľ bez symbionta áno – platí to o väčšej časti myrmekofilov, najmä v kategórii symfílov (➡ str. 146 dole). Žižiavka *Platyarthrus hoffmannseggii*, svrčík *Myrmecophilus acervorum*, hmatavec *Batrisus formicarius*⁵⁰ a *Claviger longicornis*,⁵¹ drobník *Lomechusoides strumosus*⁵² ani blyskáčik *Amphotis marginata*⁵³ bez mravcov vôbec nemôžu žiť, mravce však nepociťujú žiadnu ujmu, ak žijú bez myrmekofilov – často skôr naopak.

Totálny, **bilaterálny mutualizmus** znamená, že symbiont a hostiteľ sú na seba navzájom odkázané. Takúto obligátnu, prísne špecializovanú symbiózu nájdeme u niektorých endosymbiotických prvokov – napr. druhy z radu Entodiniomorpha žijú v bachore prežúvavcov, kde sa podieľajú na trávení celulózy. Podobný prípad je bičíkovec *Polymastix melolonthae* z čreva lariev niektorých chrobákov z čeľade Scarabaeidae [zlatone (Cetoniinae), nosorožtek hnedý (*Oryctes nasicornis*), chrústy (*Melolontha* spp.)], alebo symbiotické prvky z čreva termitov (*Joenia*, *Oxymonas*, *Trichonympha* spp. a i.), lariev fuzáčov (Cerambycidae). Podobnú mikrofóru má v tráviacom trakte vytvorenú aj človek. Tieto symbiotické mikroorganizmy produkujú niektoré vitamíny (K, H) a podieľajú sa na trávení mnohých zložiek našej potravy. Je to vlastne obligátna „fyziologická symbióza“ (➡ symbiontofágia na str. 129 hore). K bilaterálnemu mutualizmu možno zaradiť aj celú, často zložitú, škálu vzťahov medzi rastlinami a ich opel'ovačmi, ako aj rozširovanie semien pomocou živočíchov.

Tradične sa ako príklad mutualizmu uvádza aj vzťah medzi mravcami a voškami, tzv. **trofobióza**. Vošky produkujú sladkú tekutinu – medovicu, ktorú mravce s obľubou konzumujú. Zato poskytujú voškám ochranu, a v prípade zhoršenia vonkajších podmienok ich prenášajú na vhodnejšie lokality. Tento vzťah je skôr hraničným príkladom patriacim niekde medzi protokooperáciou a mutualizmom. Mravce aj vošky dokážu existovať aj samostatne, ale pokiaľ sa stretnú na jednej lokalite, vytvorí sa medzi nimi pomerne tesné vzťahy („zvyknú“ si na seba a „spoliehajú sa“ na služby toho druhého), a po odstránení jedného z partnerov populácia toho druhého stráda.

O **amenalizme** (v botanike **alelopatii**) sa hovorí vtedy, keď 1 druh – inhibítor pôsobí svojimi metabolitmi negatívne (brzdí rast, rozmnožovanie, alebo pôsobí letálne) na iný druh – amenzála, pričom sám inhibítor je vzťahom nedotknutý. O týchto vzťahoch medzi živočíchmi sa vie zatiaľ len málo. Do okruhu amenalizmu patria aj účinky rôznych tzv. repelentných sekrétov [mnohonôžky (Diplopoda), viaceré bzdochy (Heteroptera) a bystruškovité (Carabidae)], alebo priamo jedovatej hemolymfy (často v kombinácii s výstražným sfarbením!); príkladom sú motýle vretienky (Zygaenidae) alebo májkovité chrobáky z rodu *Mylabris* a mnohé iné.



Obr. 50. Príklady interakcie medzi živočíchmi. A: mutualizmus medzi hrochom obojživelným (*Hippopotamus amphibius*) a jeho očistnými rybami *Labeo velifer*, B: komenzalizmus mravca rodu *Lasius* s roztočom *Antennophorus pubescens*, ktorý mravcovi požíra potravu (Dolinská, 2014)

50 žije výhradne u *Lasius brunneus*

51 žije u *Lasius umbratus*, menej u *L. brunneus*

52 žije u *Formica sanguinea*

53 žije iba u *Lasius fuliginosus*

Kompetícia je v živočíšnej ríši veľmi častým javom, najmä pri podobnej trofickkej (topickej) nike. Prirodzene si konkurujú napr. druhy žijúce sa dubovými listami – obaľovač *Tortrix viridana*, chrúst *Melolontha melolontha* (ten má však širšiu trofickú amplitúdu), lišaj dubový (*Marumba quercus*) a priadkovec dubový (*Lasiocampa quercus*); podobne si konkurujú napr. predátori húseníc – *Xylodrepa quadripunctata* (čelad' Silphidae), húseničiar pižmový (*Calosoma sycophanta*) a bzdochy *Troilus luridus* a *Picromerus bidens*. Do akej miery si však reálne konkurujú, je ťažko odhadnúť, lebo jednotlivé druhy sa môžu líšiť dobou výskytu počas roka a dňa, preferenciou určitých etáží v zložitom ekosystéme lesa, a pod. Ornitológovia však často upozorňujú na topickú kompetíciu dravých vtákov (sokolov, orlov a veľkých sov, najmä výra skalného), ktorým pri obsadzovaní vhodných hniezdnych stanovišť na skalách silne konkuruje krkavec čierny (*Corvus corax*). Silné kompetičné vzťahy vznikajú neuváženou introdukciou (úmyselnou, či náhodnou) nových, nepôvodných druhov. Introdukovaný druh zvyčajne nemá v novom prostredí prirodzených nepriateľov a vytláča pôvodné domáce druhy. Typickým príkladom môžu byť invázne druhy rastlín, napr. boľševník obrovský (*Heracleum mantegazzianum*), zlatobyľ obrovská (*Solidago gigantea*), agát biely (*Robinia pseudoacacia*) a i. Existuje aj kompetícia medzi autochtónnymi druhmi – existujú však aj účinné mechanizmy (adaptácie, stratégie) ako sa jej vyhnúť.

Predácii a parazitizmu sa podrobnejšie venujeme v kapitole II. 4, preto iba stručne pripomenieme niektoré základné súvislosti. V oboch prípadoch jeden druh profituje (predátor, parazit) a druhý stráda (korisť, hostiteľ). Predátor svoju korisť vždy rýchlo usmrtí a skonzumuje buď celú, alebo jej časť. Pritom je predátor väčší, alebo aspoň porovnateľne veľký ako jeho korisť. (Predátori loviaci väčšiu korisť vždy lovia vo svorkách.) Parazit je naproti tomu vždy podstatne menší a svojho hostiteľa nikdy okamžite nezabíja. (Pôsobenie parazita môže byť pre hostiteľa aj letálne, ale predtým sa parazit vždy musí rozmnožiť.) Kým predátori sú málokedy špecializovaní iba na jeden druh koristi, u parazitov je takáto špecializácia častá. Dokonca niekedy môže byť každé vývinové štádium parazita špecializované na iný druh hostiteľa (napr. motolice, pásomnice), prvý hostiteľ sa v tom prípade nazýva prechodný, alebo medzihostiteľ.

Na záver 1 poznámka k okruhu predácie a parazitizmu: Špecifický a veľmi rozšírený potravný vzťah **parazitoidizmus** [lumky (Ichneumonidae), lumčiky (Braconidae), chalcidky (Chalcidoidea), žihadlovky (Scoliidae), bystruše (Tachinidae) a mnohé iné] má oveľa bližšie k predácii, než k parazitizmu – hostiteľ totiž pred ukončením larválneho vývinu parazitoida vždy zahynie. Parazitoidizmus je špecifickým spôsobom života, pri ktorom samička využíva telo hostiteľa ako „živý inkubátor“ pre vajíčka. Samičky totiž kladú vajíčka priamo do tela hostiteľa (niekedy na jeho povrch). Larva sa vyvíja ako parazit, pričom vyžiera telo hostiteľa z vnútra. V počiatočných fázach sa larva živí iba tukovými zásobami hostiteľa (u niektorých druhov dokonca larva v prvom a druhom instare nemá vytvorený ústny otvor ani tráviacu dutinu a živiny prijíma iba osmoticky z hemolymfy hostiteľa), neskôr prechádza na svalovinu a nakoniec, tesne pred zakuklením, požíra aj všetky životne dôležité vnútorné orgány. Z kukly nakoniec vylieta dospelý jedinec, ktorý žije voľne. Poznámky k parazitizmu sme prebrali pri parazitickom biocykle (► str. 21).

Zamyslenie v úvode tejto kapitoly možno ešte ilustrovať príkladmi, ktoré potvrdzujú relativitu medzidruhových vzťahov:

1. Imága aj larvy myrmekofilného drobníka *Lomechusoides strumosus* sú mravcami kŕmené, za čo im dospelé chrobáky poskytujú sladkásty sekrét zvláštnych žliaz, ktorý tlmi prirodzenú agresivitu dravých mravcov, no má zrejme aj isté narkotizujúce účinky. Larvy tohto drobníka, i niektorých ďalších symfilov, však popri tom pôsobia ako predátori v dolných poschodiach mraveniska. Vidíme, že vzťah myrmekofil – mravec môže byť v štádiu imága «priateľský», kým v štádiu larvy je to presný opak!
2. Postavenie dravca a koristi sa môže v závislosti od ich vývinového štádia celkom presne vymeniť – veľmi vhodným príkladom je napr. šídlo veľké (*Aeshna grandis*) a skokan krátkonohý (*Rana lessonae*); v tomto prípade by sme mohli hovoriť o «pozičnom zvrate trofických vzťahov».

II. 3. 3 Antropické faktory

Človek, ktorý sa živil zberom plodov, lovom živočíchov pre svoju obživu, bol priamo súčasťou prírodného prostredia, teda z hľadiska ekológie mal postavenie predátora. V celom svojom vývoji sa človek prispôboval podmienkam prostredia ako ostatné živočichy, ale na rozdiel od nich ich začal postupne aj aktívne meniť, prispôbovať ich naopak svojim potrebám.

Vplyv človeka na rastlinstvo a živočíšstvo je čoraz väčší, takže sa stal jedným z najdôležitejších ekologických činiteľov. Rozsiahle odlesňovanie bolo spojené s rozvojom poľnohospodárstva, remesiel a neskôr v súvislosti so začiatkami priemyselnej revolúcie a rozmiestňovania výrobných činností v krajine. Jednostranné vysušanie a obrábanie pôdy, bezohľadný lov niektorých živočíchov a náhodné rozširovanie rastlinných a živočíšnych druhov – tým všetkým sa výrazne menili prírodné ekosystémy a narúšala sa pôvodná ekologická rovnováha v rozsiahlych oblastiach Zeme, čo spôsobovalo ďalšie zvýšenie vodnej a veternej erózie, devastáciu krajiny, vyhuby mnohých druhov rastlín a živočíchov. Vplyvy človeka na okolité prostredie nie sú už väčšinou lokálneho (miestneho) rázu, ale nadobudli globálny, celosvetový charakter. Zrýchlilo sa čerpanie a využívanie prírodných zdrojov, rozmiestňovanie rôznych ľudských výtvorov a výrobkov v prostredí a hromadenie najrôznejších odpadov. V súvislosti s celkovou chemizáciou prostredia sa do prírody dostávajú látky nezapaďajúce do ustálených biogeochemických cyklov. Dochádza k ovplyvňovaniu klímy (zvyšovanie obsahu skleníkových plynov v atmosfére, zvyšovanie teploty vzduchu), topeniu ľadovcov, zvyšovaniu hladiny svetového oceánu a i. Ohniská ťažby lesných porastov sa presunuli do rovníkových oblastí a na územia boreálnych lesov. Dochádza k likvidácii rastlinných a živočíšnych druhov a znižovaniu biodiverzity. Z najvýznamnejších **priamych antropických vplyvov** na biotu možno spomenúť:

- odlesňovanie,
- zmena druhového zloženia a štruktúry pôvodných lesných porastov,
- odvodňovanie, vysušanie alebo zavlažovanie biotopov,
- devastovanie kosodrevinových porastov,
- používanie ohňa, vrátane nezmyselného jarného vypaľovania trávy (➡ obr. 49 na str. 117),
- kosba, orba,
- používanie pesticídov (veľmi nebezpečný faktor, pôsobiaci zväčša neselektívne na celú biotu!),
- hnojenie,
- vplyv hluku a svetla.

Človek intenzívne mení aj svoje prostredie a tým aj faktory (klímu, pôdne pomery, vodné pomery, reliéf), ktoré priamo pôsobia na rastlinstvo a živočíšstvo. K najzávažnejším **nepriamym antropickým vplyvom** (niekedy i priamo pôsobiacim) patrí:

- stavebná činnosť (výstavba vodných diel, komunikácií, sídiel),
- regulácia tokov,
- zasoľovanie pôdy,
- erózia pôdy,
- znečisťovanie ovzdušia, vôd a pôd odpadom, imisiami, emisiami,
- akcelarovanie eutrofizácie,
- pasenie domestikovaných zvierat,⁵⁴
- ťažba nerastných surovín,
- introdukcia nepôvodných druhov.

Kontrolné otázky a tézy na zamyslenie:

1. Liany a epifytické rastliny sa nám vybavujú pri predstave tropického lesa. Vyskytujú sa však aj u nás, uveďte príklady.
2. Aké sú vaše poznatky o jedovatých živočíchoch a účinkoch živočíšnych jedov? Vysvetlite rozdiely medzi aktívne a pasívne jedovatými živočíchmi.
3. Niektorí nezodpovední teraristi vypúšťajú živočíchov, ktoré sa im „zunovali“ do prírody, často je to nepôvodná korytnačka písmenkovaná. Prečo je to nežiaduce a škodlivé?
4. Pozícia predátora a koristi sa môže u dvoch druhov úplne vymeniť. Viete uviesť konkrétne príklady?
5. Vysvetlite zásadný rozdiel medzi parazitizmom a parazitoidizmom. Skúste to na príkladoch.

⁵⁴ pozitívom pasenia (zvlášť extenzívneho) je však udržiavanie stepného charakteru cenných xerothermných lokalít. Naopak, pokiaľ sa s pasením prestane, lokality (azda okrem najextrémnejších) hrozí zarastanie sukcesiou. Takto sú ohrozené, resp. už zanikli viaceré lokality na južnom a najmä strednom Slovensku, vrátane chránených území!

II. 4 Trofológia (prehľad potravných vzťahov medzi organizmami)

V najvšeobecnejšom pohľade rozoznávame medzi živými organizmami dve, podľa niektorých publikácií tri základné trofické stratégie – autotrofia, chemotrofia a heterotrofia.

Autotrofné (často aj **fototrofné** alebo **fotoautotrofné**) **organizmy** sú zelené rastliny, ktoré sú troficky „sebestačné“ – pomocou chlorofylu za účasti slnečného svetla si vytvárajú z vody a CO₂ organické látky, potrebné na stavbu vlastných tiel. Slovo sebestačné sme nedali do úvodzoviek náhodou – život rastlín totiž závisí aj od ďalších živín, ktoré získavajú z pôdy, alebo (akvatické rastliny) z vody. Život mnohých drevín, ale aj bylín, by nebol možný ani bez určitých druhov mykorizných húb.

Chemotrofné (alebo **chemoautotrofné**) **organizmy** získavajú energiu z chemických väzieb. Jedná sa o chemoautotrofné baktérie, ktoré nie sú závislé od vytvorenej organickej hmoty, ani od hocikakej inej činnosti organizmov. Sú pokladané za pradávných obyvateľov našej zeme. Známejšie sú tri skupiny:

- **sírne baktérie**: rody sírnych baktérií *Beggiatoa* a *Thiothrix* oxidujú sírovodík H₂S, preto nutne žijú na rozhraní mikroaeróbných a anoxických pomerov, často v tenkej vrstve na hladine alebo pod ňou. Pri masovom výskyte sa makroskopicky javia ako žltkavé povlaky. V hlbších vrstvách pod nimi môže byť celkom aneaeeróbne prostredie. Okrem odpadových vôd sa vyskytujú aj v čistých sírnych prameňoch. Rod *Beggiatoa* oxiduje kyslíkom rozpusteným vo vode H₂S, svetlo pritom nepotrebuje. Všetky baktérie rodu *Thiothrix* prisadajú k podkladu, čím sa líšia od pohyblivého rodu *Beggiatoa*. V prvom stupni oxidujú sírovodík na elementárnu síru. Ak H₂S vymizne, nastáva druhý stupeň oxidácie skladovanej elementárnej síry na sírany;
- **železité a mangánové baktérie** (rody *Crenothrix*, *Leptothrix* a *Gallionella*) patria k bežnej autochtónnej mikroflóre prírodných vôd, podzemných i povrchových. Významnou vlastnosťou oboch skupín baktérií je schopnosť oxidovať dvojmocné zlúčeniny železa a mangánu na zlúčeniny viacmocné, ktoré sú vo vode nerozpustné. Energiu, ktorú týmito procesmi získavajú, využívajú na svoje metabolické procesy. Autotrofných železitých baktérií bez nároku na organický uhlík je známych asi 60 druhov, ďalšie môžu spracovávať aj zdroje uhlíka z minerálnej kyseliny uhličitej, no ostatné druhy je už treba zaradiť medzi heterotrofné organizmy, pretože nie sú schopné vôbec žiť bez zdroja organického uhlíka;
- **nitrifikačné baktérie**. Pre poľnohospodárstvo je veľmi dôležitá skupina baktérií rodu *Nitrobacter*, ktoré získavajú energiu oxidáciou amoniaku, resp. amónnych solí na dusitany a ďalej na dusičnany.

Kuriozitou medzi živočíchmi sú málo známe dlhé červovité hlbokomorské živočíchy z kmeňa Pogonophora, v moderných systémoch zaradované buď k druhoústovcom za Enteropneusta, alebo do príbuzenstva obrúčkavcov. V ich tráviacej sústave je zvláštne tkanivo trofozóm, ktorého bunky obsahujú chemoautotrofné baktérie. Žijú na miestach s podmorským vulkanizmom (najmä druhy rodu *Riftia*), kde voda obsahuje značné množstvo H₂S. Vďaka symbiotickým baktériám, ktoré poskytujú svoje metabolity hostiteľovi, sme tu svedkami unikátneho fenoménu – Pogonophora sú vlastne autotrofné živočíchy!

Heterotrofné organizmy získavajú organické látky a energiu z tiel alebo častí tiel iných organizmov – živých i odumretých, a viaceré aj z exkrementov živočíchov. Patria sem teda prakticky všetky živočíchy, huby, väčšia časť baktérií i prvokov, a nepatrné percento rastlín.⁵⁵ U niektorých organizmov však existujú aj **prechodné a zvláštne formy výživy**, ktoré si zasluhujú osobitný krátky komentár:

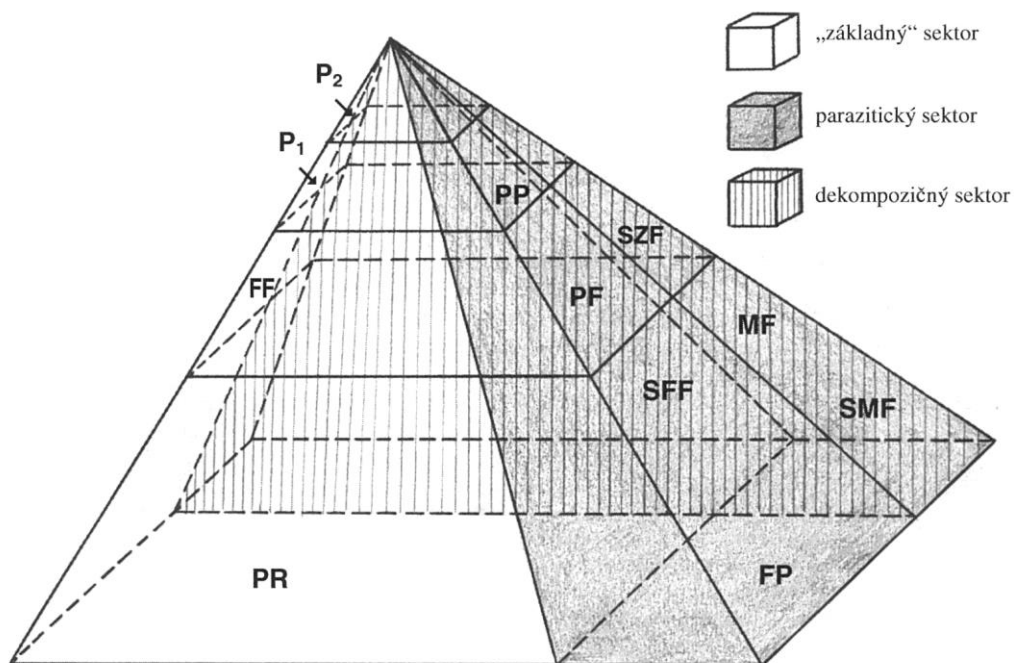
- **Mixotrofia**: Niektoré bičíkovce majú schopnosť za určitých okolností (nedostatok svetla, pôsobenie určitých chemických látok) prejsť z autotrofného spôsobu výživy na heterotrofný, pričom táto zmena môže byť reverzibilná aj ireverzibilná (*Euglena gracilis*, niektoré Heterochlorida).
- **Fytozoofágia** je nový termín, ktorého význam aj opodstatnenie treba vysvetliť. Termín „zoofág“ možno vlastne synonymizovať so slovom predátor, dravec, mäsožravec; týka sa však živočíchov. Aby sme odlišili, že v tomto prípade hovoríme o «mäsožravosti» rastlín, môžeme požívať tento nový termín.⁵⁶ Termínu mäsožravé rastliny treba dať prednosť pred slovom hmyzožravé – mäsožravé rastliny (najmä vodné) si troficky priliepujú (dusík, ktorý v pôde chýba) trávením nielen hmyzu, ale aj malých pavúkovcov, obrúčkavcov, prvokov, a dokonca aj rybieho plôdiku (Studnička, 1984). Známym príkladom mäsožravých rastlín v našej prírode je rosička okrúhloolistá (*Drosera rotundifolia*), z exotov spomenieme krčiazniky (*Nepenthes* spp.) z JV Ázie. Z vodných mäsožravých rastlín sa aj u nás vyskytuje niekoľko druhov z rodu bublinatka (*Utricularia*).

55 vzácné výnimky medzi zelenými rastlinami sú parazity (rozvedené nižšie). Pod termínom „rastliny“ myslíme v celej učebnici rišu «Plantae s. str.» (euglény a ďalšie tzv. rastlinné bičíkovce patria medzi prvoky);

56 nepovažujeme za vhodné používať adjektívny tvar „fytosoofágny“, najmä nie v slovnom spojení «fytosoofágne rastliny» (terminologicky nejasné), zrozumiteľnejšie je už zaužívané spojenie mäsožravé, príp. hmyzožravé rastliny.

- **Hemiparazitizmus:** Niektoré rastliny popri fotosyntéze získavajú živiny aj z tela hostiteľských dreív, na ktorých rastú, slúžia im na to premenené korene – haustória. Z našej flóry patrí do tejto kategórie imelo biele (*Viscum album*) a imelovec európsky (*Loranthus europaeus*).
- **Parazitizmus u rastlín** je pozoruhodnou, pomerne vzácnou výnimkou. Tieto rastliny sú úplne bez chlorofylu, u nás je to napr. kukučina ďatelinová (*Cuscuta trifolii*), ktorá parazituje na ďateline, zárafa žltá (*Orobanche lutea*) na bôbových, zubovník šupinatý (*Lathraea squamaria*) na koreňoch niektorých listnatých stromov. Vrchol adaptácie na parazitický spôsob života nachádzame u rastlín z rodu *Rafflesia* (JV Ázia), kde vegetatívne orgány sú silne redukované, takže skoro celú rastlinu predstavuje len veľký kvet.
- **Saprophytizmus:** Do tejto tiež dosť nepočetnej skupiny patria rastliny bez chlorofylu, prijímajúce živiny z rozkladajúceho sa substrátu, pričom dôležitú úlohu v tomto biochemicky zložitom procese zohrávajú mykorízne huby. Z našich druhov možno spomenúť napr. koralicu lesnú (*Corallorhiza trifida*), hniezdovku hlístovú (*Neottia nidus-avis*), a hniliak smrekový (*Monotropa hypopitys*).

Už niekoľko desaťročí sa na grafické znázornenie štruktúry potravných, ale i potravno-energetických vzťahov v ekosystéme používa princíp pyramídy. Prílohy k tomuto heslu mávajú rôznu podobu, väčšinou však ide o schematické, dosť jednoducho kreslené obrázky. Je samozrejmé, že nesmiernu zložitosť vzťahov v ekosystéme nemôže zachytiť akokoľvek dokonalá grafická schéma. Keďže ale z dostupných nákresov ekologickej pyramídy nemožno vyčítať žiadnu ďalšiu trofickú úroveň (okrem klasickej vertikálnej), pokúsili sme sa o trochu podrobnejšiu a možno i elegantnejšiu verziu tejto schémy (↓ obr. 51).



Obr. 51. Pyramída trofických vzťahov

Načrtnutá pyramída prevažne trofických vzťahov medzi organizmami vyžaduje ďalší komentár. Bude potrebné podrobnejšie vysvetliť obsah jednotlivých pojmov, ilustrovať vzťahy príkladmi, príp. uvažovať o podrobnejšom rozčlení niektorých skupín. Ďalší výklad kvôli prehľadnosti bude obsahovať skratky z obr. 51 (zoraďené tu v abecednom poradí).

FF fytofágy – rastlinožravce. Sú to organizmy (prakticky vždy živočíchy), živiace sa telami rastlín alebo ich časťami, pričom konzumujú rastlinu buď celú, resp. celé nadzemné časti (napr. turovité prežúvavce – Bovidae), alebo niektorú jej časť, napr. listy, drevo, plody a pod. Fytofág svojou konzumáciou spôsobuje viditeľnú fyzickú deštrukciu buď celej rastliny, alebo jej časti. Podľa toho, na ktorú časť rastliny je fytofág orientovaný, rozoznávame niekoľko variantov tohto potravného vzťahu:

- fytofágy (s. str.) sa živia zelenou hmotou rastliny: listami, vňaťou, a často i kvetmi. V ekologických a prírodovedných publikáciách sa pri slove „fytofágy“ obyčajne myslí toto zúžené chápanie termínu (s nie celkom presným slovenským ekvivalentom bylinožravce), pokiaľ v texte nie je inak uvedené. K fytofágom patrí mnoho stavovcov: turovité (Bovidae), jeleňovité (Cervidae), a veľké množstvo hmyzu, napr. liskavky (Chrysomelidae), húsenice prevažnej väčšiny motýľov (Lepidoptera), pahúsenice hrubopásych blanokridlovcov (Symphyta), väčšia časť nosáčikov (Curculionidae) a mnohé iné;
- xylofágy sa živia drevom, buď ešte (pomerne zriedka) živým, alebo (častejšie) už odumierajúcim, nesmie však už byť v pokročilejšom štádiu rozkladu, v tom prípade sa jedná o saproxylofágy. Typickými xylofágmi je väčšina fuzáčov (Cerambycidae), krasoňov (Buprestidae), z motýľov sú to podobníky (Sesiidae) a väčšina drevotočov (Cossidae), ku xylofágnyh blanokridlovcov patria pílovky (Siricidae);
- fruktofágy sa živia semenami a plodmi. Patria sem niektoré vtáky, napr. z väčšej časti pinkovité (Fringillidae), papagáje (Psittaciformes), chrobáky z čeľade zrnárkovitých (Bruchidae), niektoré nosáčky, napr. zrnár čierny [*Sitophilus granarius* (= *Calandra granaria*)], nosáčik lieskový (*Curculio nucum*) a i. Významnými fruktofágmi a škodcami sú niektoré larvy, napr. motýľov z čeľade Tortricidae [obaľovač jablkový – *Ernarmonia* (*Laspeyresia*) *pomonella*], múch z čeľade Trypetidae (vrtivka čerešňová – *Rhagoletis cerasi*). Prevažne fruktofágna je aj veverica stromová (*Sciurus vulgaris*).

Pokiaľ sledujeme zástupcov tejto trofickej skupiny medzi stavovcami a bezstavovcami, musíme si všimnúť dve trofické stratégie fytofágov (samozrejme, ani tu nenájdeme ostrú hranicu):

- pre bylinožravé prežúvavce je charakteristická prevažujúca výrazná polyfágia: zvieratá pri pastve konzumujú byliny bez zreteľného rozlíšenia druhu (i keď sa zrejme vyhýbajú bylinám veľmi aromatickým, horkým a trnitým),
- u fytofágneho hmyzu výrazne dominuje oligofágia, kým ľavý a pravý „mantinel“ (monofágia a polyfágia) sa vyskytujú len pomerne zriedka.

FP fytoparazity – parazity rastlín. Sú to organizmy s trochu odlišnou životnou stratégiou: nechať žiť a odčerpávať živiny hostiteľa pomaly, po častiach; a to tak, že táto činnosť zo začiatku nemusí byť ani viditeľná. Medzi fytoparazitmi a fytofágmi opäť neexistuje ostrá hranica, napr. činnosť xylofágov z radu chrobákov niekedy vyzerá ako typická fytofágia (s rýchlou a evidentnou deštrukciou substrátu), kým inokedy pripomína skôr fytoparazitizmus. Väčšina fytoparazitov patrí do ríše húb, sú to mnohé hrdze (Uredinales), sneti (Ustilaginales), ale aj 'vyššie' bazídiomycéty z radu Polyporales, napr. brezovník obyčajný (*Piptoporus betulinus*), sírovec obyčajný (*Laetiporus sulphureus*), práchnovec kopytovitý (*Fomes fomentarius*), pečeňovec dubový (*Fistulina hepatica*), ohňovce (*Phellinus* spp.), trúdniky (*Polyporus* spp.) a mnohé iné. U stromových húb je typický sukcesívny trofický trend – mnohé huby napádajú živnú drevinu ešte za života rastliny, a po jej uhynutí pokračujú v raste ako saproxylofyty. Zo živočíchov možno o fytoparazitizme hovoriť u niektorých drobných foriem, ako sú napr. niektoré háďatká (*Anguillulata*) alebo u mínujúcich lariet nosáčikov (*Rhynchaenus fagi*), krasoňov (druhy z rodu *Trachys*) a húseníc drobných motýľov. Mínujúce larvičky vyzerajú chodbičky v listovom parenchýme tak, že pokožka listu zostane neporušená. Typickými fytoparazitmi sú aj prisadnuté samice červcov (Coccinea) s rudimentálnymi končatinami a zanikajúcou segmentáciou, ktoré sa hmyzu ani nepodobajú.

MF mycetofágy – hubožravé organizmy. Do tejto skupiny patria predovšetkým viaceré, niekedy i troficky špecializované skupiny hmyzu. Z múch je to napr. celá čeľaď hubárkovitých (Mycetophilidae), ktoré prekonávajú v hubách svoj dosť krátky larválny vývin, kým chrobáky z čeľade hubárikovité (Ciidae), sa vyskytujú v hubách – najmä stromových, aj ako imága. Tento hmyz drobných rozmerov presne určí iba špecialista. Medzi chrobákmi však nájdeme aj relatívne väčšie mycetofágne druhy. Viac z nich patrí k potemníkom (Tenebrionidae), napr. potemník hubový (*Diaperis boleti*) alebo potemník fialový (*Platyedema violaceum*), ktorý žije na mäkkých stromových hubách (čeľaď Tremellaceae). K špecialistom medzi hubožravými chrobákmi patrí *Lycoperdina bovistae* (čeľaď Endomychidae zo skupiny Cucujoidea), ktorá žije len v hviezdovkách (*Geastrum* spp.), alebo *Mycetoma suturale* (čeľaď Tetratomidae z príbuzenstva

potemníkov), ktorá žije len v trúdnikovitej hube *Ischnoderma benzoinum* v pralesovitých bukových lesoch; obidva druhy sú vzácne. Fakultatívnymi mycetofágmi sú mnohé ulitníky, najmä slizniaky (Arionidae), ale aj niektoré hlodavce (veverice, ryšavky), raticová zver a iné.

P₁ predátory 1. rádu sa živia fytofágmi – v ekologickej terminológii, aby sme to upresnili, to budú fytofágy s. lat. Štruktúra tejto trofickej skupiny bude odrážať nanajvýš rozdielne vlastnosti koristi: Korisťou predátorov 1. rádu môžu byť niekoľko milimetrové liskavky (Chrysomelidae), ako aj hraboš poľný (*Microtus arvalis*), alebo jeleň (*Cervus elaphus*), vážiaci i okolo 200 kg! Spoločnou vlastnosťou predátorov je, že koristi pred konzumáciou usmrťia; potom ju môžu skonzumovať naraz (hady, pavúky a i.), alebo iba čiastočne, a určité diely koristi si odložia „do zásoby“ – niektoré mačkovité šelmy, napr. leopard (*Panthera pardus*), ktorý vyťahuje časti koristi vysoko do korún stromov, alebo strakoše (*Lanius* spp.), ktoré napichujú ulovený väčší hmyz alebo i malé plazy a hlodavce na trnité kríky.

P₂ predátory 2. rádu, príp. vyšších rádov, tvoria vrchol trofickej pyramídy. Sú to konzumenti iných, väčšinou menších predátorov, alebo – neselektívne, aj fytofágov. Patria sem obyčajne najväčšie dravce našej planéty: veľké hlavoňozce (medzi nimi nájdeme aj najväčšie bezstavovce vôbec – kraky z rodu *Architeuthis*), veľké dravé ryby (napr. tuniaky – *Thunnus* spp.), žraloky (Selachiformes), veľké dravé vtáky (napr. orly – *Aquila* spp., orliaky – *Haliaeetus* spp. a iné), veľké mačkovité a psovité šelmy, a nakoniec veľryby, ku ktorým patrí zrejme najväčší recentný predátor kosatka (*Orcinus orca*).

Poznámky k predácii:

- môže existovať aj viac trofických úrovní predačného cyklu, najmä ak prvá korisť je drobných rozmerov, a to vo vodnom prostredí, i na súši;
- u predátorov (stavovcov i bezstavovcov) výrazne dominuje polyfágia, pričom trofická špecializácia na úrovni monofágie prakticky vôbec neexistuje;
- trofické reťazce, najmä na vyšších úrovniach, môžu byť zložito prepletené, pričom postavenie dravca a koristi sa môže líšiť v závislosti od vývinového štádia. Mohli by sme hovoriť o «pozičnom zvrate trofických vzťahov»: ① Lovčík pobrežný (*Dolomedes fimbriatus*) často skonzumuje žubrienku, ale dospelý skokan bežne uloví pavúka; ② Larva potápnika príležitostne uloví rybi plôdik, no dospelá dravá ryba bez problémov zožerie larvu aj imágo potápnika. Podobných príkladov by sa dalo uviesť viac.

PF parazity fytofágov. Do tejto kategórie patria parazity (zvlášť endoparazity) bylinožravcov. Táto problematika je však veľmi málo preskúmaná, ako-tak sú známe parazity párnokopytníkov (Artiodactyla), nepárnokopytníkov (Perissodactyla) a niektorých hlodavcov (Rodentia), aj to hlavne v miernom pásme. Ďalšie informácie o tejto špecifickej téme nájdete záujemca pri hesle „parazitický biocyklus“ (podkapitola I. 2. 3. 4) a v nie príliš početnej odbornej literatúre (Kratochvíl, 1973). K parazitom fytofágov patria predovšetkým viaceré motolice (Trematodes = Digenea); pričom niektoré druhy môžu byť špecializované aj na jedného hostiteľa. K infikovaniu hostiteľa dochádza v tomto prípade konzumáciou zapuzdrených kľudových štádií – adoleskárií na vegetácii, obyčajne vlhkomilnej (pretože prechodným hostiteľom býva vodný ulitník z radu Basommatophora). Ďalšou prevažne parazitickou triedou sú hlísty (Nematodes), tu dochádza k infikovaniu najmä konzumáciou veľmi drobných vajčiek. Bylinožravé cicavce sú navyše medzihostiteľmi zapuzdrených „vyčkávacích“ štádií niektorých pásomníc, najmä z radu Cyclophyllidea.

PP parazity predátorov. Endoparazity mäsožravcov sú špecializované na iných hostiteľov, a majú obyčajne aj odlišnú stratégiu infikovania hostiteľa. Motolice, parazitujúce v mäsožravcoch, sa šíria buď priamo vo vode v štádiu cercárií (a sú často konzumované vodnými vtákmi, napr. zúbkozobcami – Anseriformes), alebo sa zapuzdrujú v tele medzihostiteľa – obyčajne ryby (v tomto štádiu sa nazývajú metacercárie), ktoré iba čakajú, kým bude ryba skonzumovaná rybožravým predátorom. Mäsožravé cicavce a vtáky sú navyše často infikované pásomnicami (Cestodes). U tejto veľmi špecializovanej triedy existujú v podstate tri stratégie infikovania hostiteľa – mäsožravca, prípadne všežravca:

- stratégia typu Pseudophyllidea (početný rad pásomníc): u nich prebieha zložitý životný cyklus koracidium (invázne štádium) → procerkoid (v tele kôrovca) → plerocerkoid (v tele ryby) → konečný hostiteľ, ktorým je obyčajne rybožravý cicavec alebo vták;
- stratégia typu Cyclophyllidea. Životný cyklus je zjednodušený, konečný hostiteľ sa nakazí konzumáciou zapuzdreného vyčkávacieho štádia (cysticercus, cysticercoid, coenurus a pod.), ktoré sa nachádza v tele medzihostiteľa;

- stratégia typu *Hymenolepis*. Životný cyklus niektorých obyčajne drobných pásomníc z radu Cyclophyllidea sa druhotne ešte viac zjednodušil. Tieto pásomnice už nepotrebujú medzihostiteľa ani zapuzdrené štádium, hostiteľ je infikovaný priamo mikroskopickými vajíčkami parazita. Tento posledný typ sa už ale netýka iba predátorov, ale aj pantofágov – všežravcov.

Hlisty (Nematodes) sa šíria tiež veľmi drobnými vajíčkami, ktoré nájdeme takmer všade v detrite a vlhkej pôde (geohelminthy), alebo tieto prekonávajú ranú časť ontogenézy v tzv. rezervoárových živočíchoch (napr. máloštetinavce), ktoré predátory prijímajú ako potravu, a s nimi sa veľmi drobné mikrofilárie dostávajú do ich tela (biohelminthy). Bližšie informácie nájdete záujemca v diele Použitá zoologie (Kratochvíl, 1973) alebo v inej dosť nepočetnej parazitologickej literatúre.

PR producenti. V pyramíde trofických vzťahov je táto skupina asi najmenej problémová. Základ trofickej pyramídy tvoria zelené rastliny, ktoré vďaka fotosyntéze predstavujú základňu života na našej planéte. Tento princíp výhradnej podmienenosti platí vo všetkých terestrických i morských ekosystémoch. Obmedzenú platnosť má len v limnickom biocykle, ktorý má zväčša líniový charakter, bezprostredne komunikuje s terestrickým biocyklom, odkiaľ sú doň živiny stále splachované. (V podobnej situácii sú ale aj abysálne spoločenstvá morských hlbín, ktoré tiež zdanlivo vôbec nezávisia od fotosyntetických procesov na povrchu Zeme.) Izolovaný a špecializovaný parazitický biocyklus tiež s producentmi zdanlivo vôbec nesúvisí – stačí si však uvedomiť prepojenia v životných cykloch a vzájomnú podmienenosť všetkého živého, aby si ekologicky mysliaci človek uvedomil, že aj parazity – hoci sprostredkovane, tiež závisia od producentov so schopnosťou fotosyntézy!

SFF saprofytofágy sú troficky viazané na rozkladajúcu sa rastlinnú hmotu. Touto skupinou sa začína «dekompozičný sektor» trofickej pyramídy, ktorý je veľmi významný, hoci si to veľká väčšina ľudí vôbec neuvedomuje. Dekompozitory alebo reducenty majú za úlohu „recykláciu“ – návrat odumretej organickej hmoty späť do kolobehu látok a energie v ekosystémoch. Dekompozičné procesy v prírode, i keď sa týkajú veľmi rozdielnych substrátov, majú jedno spoločné: Pri fyzickej realizácii rozkladu a recyklácie biomasy hrajú „prvé husle“ rôzne mikroorganizmy (najmä baktérie) a obyčajne tiež nepatrne huby, kým funkcia makroskopických živočíchov je iba podružná. Živý substrát saprofytofágov tvorí listová opadanka lesov, ale i záhrad a pod., ale aj uľahnutá a (polo)odumretá vegetácia lúčnych a stepných biotopov. Tento substrát sa pôsobením vody, vetra a činnosti pôdných (mikro)organizmov drobí na menšie úlomky – hovoríme o detrite. Pôdne živočíchy, troficky viazané na tento substrát, sú **detritofágy**. Patria k nim napr. mnohonôžky (Diplopoda), chvostoskoky (Collembola), ale vlastne i dážďovky (Lumbricidae), ktoré zaťahovaním kúskov rastlín do pôdy a konzumáciou detritu veľmi výraznou mierou zúrodňujú pôdu.

V zvláštnej pozícii sú tvrdé rastlinné pletivá, najmä drevo. Veľmi významnú funkciu pri rozklade dreva majú drevné huby. Viaceré z nich začínajú rásť ešte na živom strome ako parazity, no po odumretí rastliny pokračujú v raste ako saproxylofyty – pozri aj odsek fytoparazity (♣). Huby svojím rastom narušujú kompaktnosť dreva – pripravujú tak vlastne „pôdu“ pre život veľkého množstva špecializovaných živočíchov, ktoré nazývame **saproxylofágy**. V tejto trofickej skupine môžeme odlíšiť ešte aspoň dve fázy, alebo «sukcesné vlny» (► podkapitola II. 8. 4 na str. 144):

- druhy **počiatočného štádia rozkladu** žijú na dreve, ktoré je ešte pomerne tvrdé a kompaktné. Patria sem niektoré fuzáče, napr. fuzáč hrubý (*Prionus coriarius*), fuzáč zavalitý (*Ergates faber*), druhy z rodu *Rhagium*, črvotoč obyčajný (*Ptilinus pectinicornis*), črvotoč mramorovaný (*Xestobium rufovillosum*), niektoré krasone (druhy z rodu *Dicerca*) a iné;
- druhy **pokročilého štádia rozkladu** žijú na dreve, ktoré je už v štádiu prachu (suchého alebo vlhkého, to závisí od druhu húb), a postupne sa rozpadáva. Do tejto skupiny patria vlastne všetky roháče (Lucanidae) a celý rad vzácnych a ohrozených druhov: zlatoň ligotavý [*Protaetia* (= *Cetonia*) *schema*, *Potosia*] *aeruginosa*], zlatoň tmavý [*Protaetia* (= *Liocola*) *lugubris*], pižmovec hnedý (*Osmoderma eremita*), kováčik štvorškrnný (*Ampedus quadrisignatus*), kováčky z rodu *Lacon*... Patria sem ale aj africké goliáše (*Goliathus* spp.) a nosorožteky, vrátane *Dynastes hercules* z Južnej Ameriky, kde ♂ je dlhý asi 15 cm. Do tejto skupiny, napodiv, treba zaradiť aj dážďovku svietivú (*Eisenia lucens*), ktorá je oveľa viac saproxylofágom pokročilého štádia, než pôdnym živočíchom – detritofágom.

Ako saproxylofágy sa správajú aj niektoré sociálne žijúce druhy hmyzu – z mravcov je to napr. mravec drevokaz (*Camponotus ligniperda*), mravec čiernošedý (*Lasius fuliginosus*), alebo vzácny a chránený

druh *Liometopum microcephalum*; ako i mnohé, predovšetkým tropické druhy termitov (Isoptera), ktoré žijú v stromoch, ale i drevených stavbách. V prípade mravcov a termitov však môže byť situácia zložitejšia – niektoré druhy sú troficky viazané ani nie na drevnú hmotu, ale na isté druhy húb (tzv. ambróziové huby), ktoré vo vlhkom prostredí vyhlodaných priestorov „pestujú“. Nakoniec, viaceré druhy saproxylofágov (najmä druhy pokročilejšieho štádia rozkladu), doslova vyžadujú práchnivejúce drevo, prestúpené mycéliom určitých húb – v tomto prípade by sme už mali hovoriť o **saproxylomycetofágii**. Z hmyzu sú saproxylofágne obvyčajne len larvy – imága sa zdržujú často na kvetoch, kde konzumujú peľ a nektár, a pôsobia súčasne aj ako opel'ovače (viaceré fuzáče a zlatone). Imága roháčov žijú krátko, neprijímajú takmer žiadnu potravu, nanajvýš olizujú miazgu stromov a rastlinné šťavy.

SME **sapromycetofágy** sú potravné viazané na hnijúce, rozkladajúce sa huby. Huby, v porovnaní so zelenými rastlinami (a najmä drevom), sa rozkladajú veľmi rýchlo; výnimkou môžu byť len tvrdé plodnice rodov *Fomes*, *Phellinus*, *Daedalea* a pod. Pri rozklade húb sa uplatňujú predovšetkým iné druhy húb, najmä plesne (Phycomycetes), a niektoré baktérie. Živočíchov sa tu uplatňujú málo – fakultatívne prichádzajú do úvahy larvy niektorých múch a chrobákov.

SZF **saprozoofágy** (= **nekrofágy**). Ich úlohou je recyklácia odumretých živočíšnych tiel v ekosystémoch. Táto úloha je nie ľahká, pretože živočíšne telo (v porovnaní s rastlinným) je chemicky zložitejšie a heterogénnejšie, živočíchov je obrovské množstvo a k ich úhynu dochádza vo všetkých prostrediach, na súši i vo vode. Kvôli odlišnostiam iba krátky komentár:

- dekompozícia živočíšnych tiel vo vode je jednoduchšia: voda spôsobuje maceráciu tkanív, ktoré potom konzumujú rôzne, obvyčajne menej špecializované saprofágne živočíchov (ulitníky, rakovce, ostnatokožce...), uhynutý živočích vo vode je však obvyčajne ešte pred tým skonzumovaný rôznymi dravými alebo pantofágnymi rybami. V našich sladkých vodách mŕtve živočíchov obžierajú najmä raky (*Astacus* spp.), vodomil menší (*Hydrochara caraboides*), veľké potápniky (*Dytiscus* spp.) a i.;
- dekompozícia na súši je komplikovaná účinkami vzduchu, ktorý pôsobí smerom k dehydratácii, prípadne mumifikácii tela. Rozklad na súši má zreteľný charakter sukcesného procesu (podrobnejší komentár je v podkapitole II. 8. 7 na str. 147).

Pri rozklade živočíšneho tela na súši sa uplatňujú dve trofické skupiny i stratégie:

- mikroskopická: ide najmä o hnilobné baktérie (tie zvládnu dekompozíciu i samy, bez účasti živočíchov, trvá im to však potom dlhšie);
- makroskopická: tu sa uplatňujú prevažne troficky málo špecializované nekrofágne živočíchov. V trópoch dominujú zväčša fakultatívne nekrofágne stavovce, napr. supy (Aegypiinae), kondory (Cathartidae – tie zastupujú supy v Amerike), hyeny (Hyaenidae) a pod.; u nás sú príležitostne nekrofágne krkavce (*Corvus corax*) a medvede (*Ursus arctos*). V miernom pásme pri dekompozícii dominuje hmyz, predovšetkým rôzne muchy (z čeľadi Calliphoridae, Muscidae, Sarcophagidae a i.), potom sú to chrobáky z čeľade Silphidae, napr. hrobárik (*Necrophorus* spp.), zdochlinár červenoštitý (*Oiceoptoma thoracica*), zdochlinár vráskavý (*Thanatophilus rugosus*), ale aj iné skupiny.

Stojí za zmienku (vyslovenie hypotézy?), že nekrofágia u živočíchov sa zrejme vyvinula z predácie. Najbližší príbuzní nekrofágnych stavovcov (supov, kondorov, hyen) sú typické predátori. Málokto vie, že z hrobárikov, ktoré sú bežné na menších uhynutých živočíchoch, sú nekrofágne len larvy – dospelé chrobáky sú predátori, ktoré na mŕtvolách lovia larvy múch. Navyše, viaceré mäsožravce sa „uspokoja“ aj s nájdeným uhynutým živočíchom, pokiaľ si neulovia vhodnú korisť – platí to tak isto pre hmyz (bystrušky – *Carabus* spp., veľké potápniky – *Dytiscus* spp.), ako aj pre stavovce (mačkovité a psovité šelmy, niektoré dravé vtáky a i.).

Špecifickou kategóriou saprofágie je **koprofágia**. Život mnohých živočíchov, ale i niektorých húb, je troficky viazaný s exkrementmi stavovcov, najmä bylinožravcov. V tomto prípade je pomerne jednoduché vysvetlenie, že koprofágia sa vyvinula zo saprofytotáfie. Je dosť známou skutočnosťou, že potrava bylinožravcov je ťažšie stráviteľná než potrava striktných mäsožravcov. Preto môžeme predpokladať, že v exkrementoch bylinožravcov je ešte relatívny dostatok dostupných živín. Toto plne potvrdzujú tisíce druhov koprofágov, z ktorých podstatná väčšina žije v exkrementoch bylinožravcov. Koprofágy patria najmä do čeľade Scarabaeidae (populárnej už v starovekom Egypte); u nás je to napr. lajniak starostlivý

(*Copris lunaris*), lajniak skarabeusovitý (*Sisyphus schaefferi*) a veľa druhov z rodov *Onthophagus* a *Aphodius*. Koprofágov (prevažne fakultatívnych) však nájdeme aj v čeľadi Histeridae (niektoré *Hister* spp.) a dokonca medzi vodomilmi (Hydrophilidae) existuje takmer čisto koprofágný rod *Sphaeridium*. Koprofágy sú aj mnohé muchy v štádiu larvy, a to buď príležitostné (niektoré Calliphoridae a Muscidae), alebo aj špecializované, ako je napr. lajniarka žltkastá (*Scatophaga stercoraria*).

K zvláštnym spôsobom výživy (ktorý čiastočne súvisí s niektorými predchádzajúcimi) patrí **sym-biontofágia**. Týka sa predovšetkým viacerých striktných fytofágov a xylofágov. Celulóza a lignín sú totiž látky pre živočíchy takmer nestráviteľné. Xylofágne termity (Isoptera) majú v čreve a v slepých výbežkoch žalúdka (coeca) symbiotické bičikovce (*Oxymonas* spp., *Sauromonas* spp.), prežúvavce (Ruminantia) majú zas v svojich zložitých žalúdkoch symbiotické nálevníky z radu Entodiniomorpha (*Ophryoscolex purkyněi*, *Entodinium* spp., *Epidinium* spp.). Tieto špecializované mikroorganizmy im vlastne umožňujú zužitkovať takúto ťažko stráviteľnú potravu.

Druhým zvláštnym spôsobom výživy, ktorý stojí na prechode medzi fytofágiou a fytoparazitizmom, je **cecidofágia**; tento trofický vzťah je však natoľko špecifický, že si zasluhuje stručný odsek. Cecidofágne živočíchy sú zväčša trofickí špecialisti. Živia sa rastlinnými pletivami, ktoré samy „vytvárajú“, presnejšie povedané, provokujú živné rastliny, aby vytvárali **novotvary** na rôznych orgánoch, ktoré môžeme nazvať **hrčky**, v českej literatúre sa používa termín **hálky**. Ich larvy produkujú látky, ktoré pôsobia ako fyto-hormóny, a larvy sa potom bujnejším pletivom živia. Hrčky majú obvyčajne veľmi charakteristický tvar, takže často je možné podľa nich presne určiť hmyz (naopak, podľa určovacieho kľúča je to zväčša veľmi ťažká úloha!). K cecidofágnemu hmyzu patria mnohé hrčiarky (Cynipidae): na ružiach vytvára machovité útvary hrčiarka ružová (*Diplolepis rosae*), na dubových listoch vytvára asi 2 cm guľky, tzv. dubienky hrčiarka listová (*Cynips quercus-folii*), na dubových konároch spôsobuje dosť veľké (asi 4 cm), trochu hrboľaté okrúhle hrčky hrčiarka bezkrídla (*Biorhiza pallida*). Ešte menej sú známe drobné dvojkrídlovce z čeľade Cecidomyiidae; pokiaľ však na bukových listoch uvidíme červenkasté útvary v tvare drobného štíhleho citróna, môžeme si byť istí, že sme našli hálky byľomora bukového (*Mikiola fagi*).

Kontrolné otázky a tézy na zamyslenie:

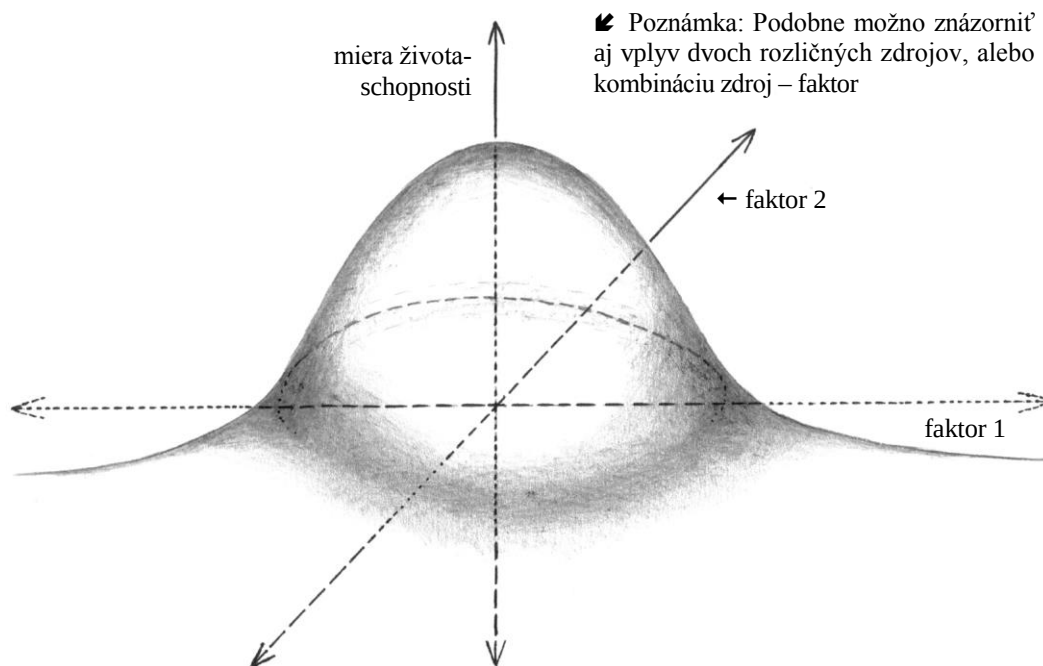
1. Ako bude vyzerat' pyramída trofických vzťahov v abysálnej zóne morských ekosystémov?
2. Stretli ste sa už s fenoménom mäsožravých (hmyzožravých) rastlín? Na akých stanovištiach rastú a ako táto interesantná ekologická adaptácia vznikla?
3. Poznate rastliny bez chlorofylu? Aká je ich životná stratégia – vysvetlite na príkladoch.
4. Čo sú to saprofágy a aký je ich význam v prírode – uveďte príklady. Aké je «fylogenetické» postavenie nekrofágie a koprofágie v štruktúre trofických vzťahov?
5. Celulóza je takmer nestráviteľná látka. Ako sa mnohé druhy živočíchov (najmä hmyzu) vysporiadali s jej trávením?
6. Skúste vysvetliť, prečo vývin larvy chrústa trvá 4 roky, kým vývin rovnako veľkej larvy bystrušky len pol roka.
7. Zamyslíte sa nad tým, do akej miery sú predátory „zlé“ (v zmysle rozprávkovej mytologizácie «zlého vlka» a «zákeřného hada»)? Aký je význam predátorov v ekosystémoch?

II. 5 Ekologická nika

Každý organizmus žije v určitom prostredí, preferuje určitú intenzitu pôsobenia jednotlivých faktorov, a zároveň toto prostredie mnohými spôsobmi využíva. O tom, či daný organizmus v prostredí prežije a či sa bude rozmnožovať, rozhoduje množstvo faktorov (klíma, dostupnosť potravy a iných zdrojov, prítomnosť predátorov, konkurencia atď.). Využívaním prostredia a jeho zdrojov sa každý organizmus začleňuje do určitého usporiadania prírody a zaujíma určitú úlohu (rolu), ktorá závisí práve od toho, akým spôsobom organizmus toto prostredie využíva. Pre súhrn všetkých podmienok, ktoré ovplyvňujú schopnosť prežitia a rozmnožovania a zároveň pre úlohu, ktorú organizmus v prostredí zohráva, sa používa termín **ekologická nika**. Znázorniť by sme ju mohli pomocou série grafov podobných tomu na obr. 42 (➡ str. 95). Na každom grafe by bola znázornená životaschopnosť daného druhu pri pôsobení iného faktora. Podobné grafy by sme museli zostrojiť aj pre všetky zdroje, ktoré daný druh potrebuje na prežitie.

Kombináciou všetkých týchto grafov by sme dostali grafické znázornenie ekologickej niky, resp. jej mnohorozmerného priestoru. Pravdaže, táto možnosť je iba teoretická. Faktorov a zdrojov, ktoré ovplyvňujú prežitie druhu, je takmer nekonečné množstvo. Navyše nedokážeme zostrojiť viac ako troj-rozmerný graf (↓ obr. 52). Celú situáciu ešte komplikuje vzájomná interakcia viacerých faktorov: Kým spolupôsobenie dvoch faktorov má synergický efekt (účinnok zosilňuje), u iných dvoch faktorov môže byť efekt práve opačný – zoslabujúci. Iná je schopnosť organizmu prežiť vysoké teploty v suchom prostredí, a úplne iná v prostredí so zvýšenou vlhkosťou.

Na ekologickú niku sa môžeme pozerat' z rozličných hľadísk podľa toho, či kladieme dôraz viac na súbor podmienok nutných na prežitie a rozmnožovanie skúmaného organizmu, alebo nás viac zaujíma úloha, ktorú daný organizmus v prírode plní. Ak sa zaujímate o súbor podmienok nutných na prežitie a rozmnožovanie, tak môžeme rozlíšiť **životné optimum** (súbor podmienok, v ktorých sa organizmu darí najlepšie) a **životné extrém (pesimum)**, teda limitné podmienky, v ktorých organizmus ešte môže prežiť. Väčšinou práve tieto extrém limitujú výskyt druhov v danom prostredí. Organizmy sa snažia žiť v optime, ale o ich prežití (i neprežití) rozhodujú extrém.



Obr. 52. Znázornenie pôsobenia dvoch faktorov

Keďže ekologická nika druhu predstavuje mnohorozmerný, existenčne nevyhnutný a druhom požadovaný priestor v prírode, môžeme si predstaviť, že príroda a každý ekosystém ponúka mnoho rozličných priestorov pre existenciu druhov. Týchto priestorov je tým viac, čím je väčšia druhová a priestorová rozmanitosť daného ekosystému. Tieto ponúkané priestory (niky) môžu ale nemusia byť obsadené. Čím sú si dva druhy príbuznejšie, tým podobnejšie niky obsadzujú. Nikdy však nemôžu trvale existovať v jednej a tej istej nike. Ani dva blízko príbuzné a takmer nerozlíšiteľné druhy nemôžu trvalo existovať v tej istej nike a využívať ponúkané zdroje rovnakým spôsobom. Takýto stav by viedol k príliš silnej konkurencii a následnému vytesneniu jedného z rivalov. Vždy, keď taký prípad nastane (napr. pri zavlečení či introdukcii nepôvodného druhu), jeden z konkurujúcich si druhov niku obsadí a druhý bude vytlačený. Často býva vytlačený práve pôvodný, domáci druh, pretože zavlečený konkurent má v novom prostredí iba málo, resp. žiadnych konkurentov. To ale neznamená, že by dva druhy nemohli niektoré zdroje využívať spoločne. Ekologické niky dvoch (aj viacerých) druhov sa môžu navzájom prekrývať, ale iba do tej miery, ktorá nebráni ich existencii. Miera tohto prekrývania sa dá sledovať a štatisticky vyhodnotiť. U každého druhu sa dá rozlíšiť **základná (fundamentálna) nika**, ktorá je teoretickým súborom všetkých požiadaviek a potrieb daného organizmu a **realizovaná nika**, teda súbor tých požiadaviek a potrieb, ktoré daný druh môže skutočne využívať v danom čase a mieste. Fundamentálna nika nezahŕňa vplyv konku-

rencie a predácie (ani parazitizmu, chorôb atď.), a dá sa približne zistiť v laboratóriu, pri umelom chove (pestovaní). Predstavuje vlastne súbor ideálnych podmienok, naproti tomu realizovaná nika je súborom tých podmienok, ktoré má skutočne k dispozícii, a ktoré druh môže reálne využívať.

Kontrolné otázky a tézy na zamyslenie:

1. Aké sú výhody (a nevýhody) úzko špecializovanej niky?
2. Klasická poučka hovorí o tom, že každý živočích v ekosystéme obsadzuje iba jednu niku. Kedy to nemusí (resp. nie je) pravda? Porozmýšľajte na príkladoch.
3. Prečo sa väčšina živočíchov vyvíja cez menej pohyblivú a zraniteľnú larvu, i keď je to zdanlivo nevýhodné? Ako to súvisí s nikou?

II. 6 Populácia

Živý svet nie je jednoliate kontinuum, ale je usporiadaný do určitých hierarchických úrovní. Každá z týchto úrovní je tvorená viac či menej oddelenými jednotkami, ako sú bunka alebo jedinec. Na ekologických procesoch sa vždy podieľajú konkrétne individua žijúce na konkrétnom mieste. **Skupinu konkrétnych jedincov patriacich k tomu istému druhu, žijúcich spoločne na jednom mieste, označujeme ako populácia.** Z uvedenej vety vyplýva, že populáciu tvorí homotypický súbor jedincov, teda jedincov patriacich k tomu istému druhu, a nie heterotypické kolektívy viacerých druhov. V takom prípade už ide o spoločenstvo (➔ kapitola II. 7 na str. 137). Do populácie patria všetky jedince vo všetkých vývinových štádiách vrátane vajíčok, spór, či iných zárodočných foriem. Tento fakt je dôležitý hlavne u hmyzu a ďalších bezstavovcov, ktorých populácie môžu byť v určitom období tvorené iba jedným vývinovým štádiom (populáciu vošiek v zime predstavujú iba oplodnené vajíčka). Priestor, v ktorom sa populácia vyskytuje, nemusí byť jedincami obsadený súvisle.

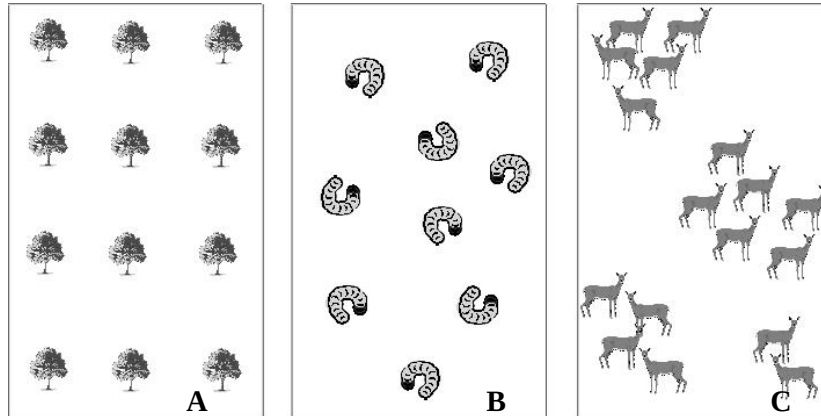
Populácie viazané na určité miesto sa nazývajú **lokálne populácie**. Lokálne populácie nie sú väčšinou uzavreté, ale individua medzi nimi môžu voľne migrovať. Pritom jednotlivé lokálne populácie môžu byť od seba aj značne vzdialené a v priestore nerovnomerne rozmiestnené. Môžu rýchlo vzniknúť na doposiaľ neosídlených ostrovčekoch priaznivého prostredia a rovnako rýchlo môžu aj zaniknúť. Súbor lokálnych populácií, ktoré sú navzájom prepojené prostredníctvom migrujúcich jedincov, označujeme ako **metapopulácia**. Dynamika metapopulácií zahŕňa vznik a zánik lokálnych populácií, ich vnútornú dynamiku a šírenie jedincov medzi nimi. Práve šírenie jedincov medzi jednotlivými časťami populácie je veľmi dôležité pre udržanie genetickej jednoty populácie a zabezpečenie voľného toku génov v populácii. Pokiaľ sa tento proces z nejakého dôvodu naruší (napr. izoláciou časti populácie vznikom bariéry), môže sa izolovaná časť populácie po určitom čase začať geneticky líšiť od pôvodnej populácie a stať sa základom pre vznik nového druhu. O týchto procesoch sa môžete viac dozvedieť štúdiom evolučnej biológie.

II. 6. 1 Populácia v priestore

Rozmiestnenie (rozptyl, disperzia) jedincov v priestore môže byť rôzne. V zásade sa dajú rozlíšiť tri spôsoby rozmiestnenia jedincov (obr. 53 ↓):

1. **Rovnomerné rozmiestnenie** je pomerne vzácné. Individua sú vzdialené v rovnakých a rovnomerných vzdialenostiach. U živočíchov sa vyskytuje iba ojedinele, skôr sa objavuje u rastlín. Najčastejšie sa s ním môžeme stretnúť pri pestovaní poľnohospodárskych plodín, kde takémuto rozmiestneniu dopomohol človek. Prirodzene sú takto usporiadané napr. niektoré púštne kríky s robustným koreňovým systémom, ktorým sa udržiavajú v rovnomerných vzdialenostiach vplyvom konkurencie o vodu.
2. **Náhodné rozmiestnenie** je v prírode rovnako vzácné. Vyskytuje sa v homogénnom, uniformnom prostredí u jedincov, ktorí nemajú tendenciu zhľukovať sa [hmyzí škodcov v obilí alebo múke, ako napr. potomník *Tribolium confusum* a plocháč skladový (*Oryzaephilus surinamensis*)].
3. **Hľúbkovité rozmiestnenie** je najčastejším prípadom v prírode. Individua vytvárajú skupinky, ktoré môžu byť v priestore rôzne, viac-menej nepravidelne usporiadané. **Agregácia** (zokupovanie) živočíchov má mnoho rozličných príčin a dochádza k nemu aj v niektorých fázach života samotárskych druhov. Individua sa môžu zhľukovať podľa heterogenity prostredia, úkrytových možností, dostupnosti potravy a vody,

zmien počasia, vplyvom rozmnožovania a sociálnych väzieb. Zhlukovanie má pre jedincov zvyčajne pozitívny prínos. Stádo kopytníkov dokáže lepšie odolávať útoku predátorov, ako osamotený jedinec.



Obr. 53. Rozmiestnenie jedincov v populácii (A – rovnomerné, B – náhodné, C – hlúčkovité)

Skupina jedincov si môže vytvárať vhodnejšiu mikroklímu v nepriaznivých obdobiach.⁵⁷ Na druhej strane môže agregácia jedincov zvyšovať konkurenciu vo vnútri skupiny o využívanie potrebných zdrojov (potrava, miesto na hniezdenie, úkryt a pod.). Zhlukovanie a osamocovanie (izolácia) živočíchov pôsobia navzájom antagonisticky, a sú jedným zo základných procesov, neustále prebiehajúcich v populácii. Rozmiestnenie organizmov v prírode je výsledkom pôsobenia agregáčnych a izolačných mechanizmov, a je závislé od mnohých faktorov a zmien vonkajšieho prostredia.

Denzita (hustota) populácie sa vyjadruje počtom jedincov na jednotku plochy (m^2) alebo objemu (m^3), výnimočne na jednotku hmotnosti substrátu (napr. počet mikroorganizmov v 1g pôdy). Hustota populácie sa môže vyjadriť aj v jednotkách hmotnosti, napríklad v kg čerstvej biomasy, či v g sušiny na jednotku plochy. Najčastejšie sa populačná hustota vyjadruje veľkosťou populácie na jednotku plochy biotopu, kde príslušný druh skutočne žije. Takto získame tzv. **ekologickú (špecifickú) hustotu populácie** (počet kamzíkov na km^2 Vysokých Tatier). Niekedy sa veľkosť populácie vyjadruje na jednotku celkového priestoru bez ohľadu na to, že sledovaný druh tam na niektorých biotopoch nemôže žiť. Tomuto hovoríme **hrubá hustota populácie** (počet kamzíkov na km^2 Slovenska). Početnosť populácie a tým aj jej denzita značne kolíše vplyvom vonkajších aj vnútorných činiteľov. Horná hranica je daná veľkosťou jedincov, rýchlosťou ich metabolizmu, trofickou úrovňou a produktivitou ekosystému atď. Dolná hranica početnosti nie je presne definovaná. Existuje však istá kritická hranica, pod ktorou sa už značne spomaľuje, ba až znemožňuje, čo vedie k vymretiu celej populácie. Táto hranica je pre každú populáciu iná a líši sa aj pre populácie toho istého druhu žijúce v rozličnom prostredí. Preto odhadnúť tento počet je veľmi ťažké, ba priam nemožné! Vo vyvážených ekosystémoch však fungujú väzby, ktoré udržiavajú populáciu v prirodzene rovnovážnom stave. Ľudia svojimi zásahmi často narušujú tieto mechanizmy, čo vedie buď k nadmernej populačnej hustote (premnoženie škodcov v monokultúrach), alebo naopak k výraznému poklesu početnosti až pod kritickú hranicu a následnému vyhynutiu populácie. Príliš vysoká a rovnako aj príliš nízka denzita sú pre populáciu vždy škodlivé – **Alleeho princíp**.

Rozptyl, šírenie a sťahovanie sú nápadné znaky hlavne u živočíšnych populácií. Všetky tieto pojmy sa týkajú pohybu populácií v priestore. U rastlín a prisadnutých (sesilných) živočíšnych druhov je tento pohyb obmedzený iba na juvenilné štádiá. Najjednoduchšou formou je pohyb jedincov v rámci priestoru populácie, teda **rozptyl (disperzia)**. Rozptyl je proces, pri ktorom individua unikajú z blízkosti svojich rodičov a susedov, a preto sú menej sústredené na jednom mieste. Rozptyl tak napomáha tomu, aby nedošlo k lokálnemu zahlteniu biotopu. Zároveň je rozptyl nevyhnutný na to, aby individua mali šancu prežiť v meniacom sa prostredí. Skôr či neskôr sa podmienky zmenia na každom stanovišti a individua, ktorí tam zostanú sú väčšinou odsúdení na zánik. Rozptyl dáva jedincom šancu na osídlenie vhodnejšieho miesta. Ak sa jedince pohybujú mimo plochu obývanú populáciou, hovoríme o **vystáňovaní (emigrácii)**. Opačným procesom je **pristáňovanie (imigrácia)** jedincov z okolia na plochu populácie. Oba tieto faktory značne ovplyvňujú početnosť populácie.

Rozptyl jedincov vedie bezprostredne k **šíreniu populácie**, čím sa rozširuje jej areál. Šírenie sa deje u väčších živočíchov aktívne. U menších živočíchov, rastlín a mikroorganizmov pasívne a to buď pôsobením vetra – **anemochória**, alebo vodnými prúdmi – **hydrochória**, alebo prostredníctvom iných živočíchov – **zoochória**. Niekedy sa na šírení iných organizmov podieľa aj človek – **antropochória**. Ak sa populácia šíri do oblastí, ktoré predtým neobývala, hovoríme o **expanzii (rozširovaní) areálu**. Opačný prípad, keď dochádza k zmenšovaniu areálu odchodom jedincov z ich pôvodného prostredia, nazývame **regresia**. Šírenie väčšiny organizmov prebieha logaritmicky. To znamená, že počet šíriacich sa jedincov klesá so vzdialenosťou od centra exponenciálne.

Sťahovanie s návratom (migrácia) je zvláštnym typom pohybu v priestore. Vyskytuje sa iba u živočíchov, je vrodené, pravidelné a zvyčajne postihuje celé populácie. Vždy ide o sťahovanie s návratom, populácie sa vždy v príslušnom období roka vrátia na miesto, odkiaľ vyšli. Ich početnosť však môže byť značne redukovaná vplyvom strát počas púte. Dokonca u niektorých druhov sa ani nevráti pôvodná generácia, ktorá odišla, ale až nasledujúca generácia (úhory, lososy, niektoré motýle). Migrácia môže byť podmienená buď nedostatkom potravy, ktorý je často podmienený zmenou klímy počas roka (striedanie ročných období), alebo rozmnožovaním. **Migráciu za potravou** vykonávajú populácie na rôzne vzdialenosti. Môže ísť o niekoľko stoviek metrov, alebo aj o tisíce kilometrov. Prvý prípad je napríklad zostup vysokohorských živočíchov do nižších polôh cez zimu, alebo pravidelné cirkadiánne migrácie planktónu v moriach. Podstatne väčšie vzdialenosti prekonávajú stáda afrických kopytníkov, či v minulosti amerických bizónov, ktoré putujú za pastvou zo severu na juh kontinentu a zase nazad. Podobne tiahnu aj húfy morských rýb. Najväčšie vzdialenosti prekonávajú sťahovavé vtáky, ktoré často preletia desiatky tisíc kilometrov (Rekord drží pravdepodobne rybár dlhochvostý – *Sterna paradisaea*, ktorý hniezdi za polárnym kruhom v Arktíde a na zimu sa sťahuje do Antarktídy, čím každoročne prekoná 32 000 km!). Rozšírený názor, že vtáky od nás odlietajú do teplých krajín kvôli chladu, nie je správny. Väčšina z nich je voči zimnému chladu dostatočne odolná, problém im však robí nedostatok potravy.⁵⁷ Migráciou kvôli rozmnožovaniu rozumieme sťahovanie živočíchov na miesta, kde sa rozmnožujú, čím si zaistia dostatočnú reprodukciu. Takto tiahnu napr. plutvonožce na pobrežia, morské korytnačky na určité ostrovy, kde kladú vajcia, ryby na miesta neresenia a pod. U rýb rozlišujeme **anadrómne migrácie**, pri ktorých migrujú morské druhy do riek (lososy atlantické – *Salmo salar* a l. tichomorské – *Oncorhynchus nerka*) a **katadrómne migrácie**, pri ktorých sa naopak sladkovodné druhy odchádzajú rozmnožovať do morí (úhor riečny – *Anguilla anguilla*, americký úhor – *Anguilla rostrata*). Na rozdiel od rýb, ktoré sa rozmnožujú iba na jednom konci svojej trasy, niektoré druhy motýľov sa rozmnožujú na oboch jej koncoch. Napr. motýľ monarch – *Danaus plexippus*, ktorý v lete žije na severe USA, sa tam rozmnožuje. Jeho potomkovia na jeseň odlietajú na juh USA, kde sa tak isto rozmnožujú. Ich potomkovia sa na jar vrátia na sever a celý cyklus sa takto opakuje. Podobne sa správajú aj niektoré naše druhy (babôčka admirálska – *Vanessa atalanta* a babôčka bodliaková – *Vanessa cardui*), ktoré sa rozmnožujú v oblasti Stredozemného mora.

Zloženie populácie (štruktúra) sa dá vyhodnotiť pomerne ľahko. Kritérií je niekoľko. U organizmov množiacich sa pohlavne je dôležitý hlavne **pomer pohlaví**. Ten sa určuje ako pomer samcov a samíc v danom časovom okamihu a je značne premenlivý v závislosti od veku jedincov, populačnej hustoty a často aj ročného obdobia. Rozlišujeme **primárny pomer pohlaví**, ktorý je geneticky fixovaný (chromozómy X, Y) v oplodnených vajíčkach, **sekundárny pomer pohlaví** – podiel samčiek a samičiek pri narodení a **terciárny pomer pohlaví** u dospelých jedincov. Pomer pohlaví nemusí byť vždy 1 : 1. Napr. u druhov, ktoré sa rozmnožujú partenogeneticky, je samčiek veľmi málo, prípadne nie sú žiadni. V populácii je rozhodujúci podiel samíc, pretože práve od nich závisí rast populácie.

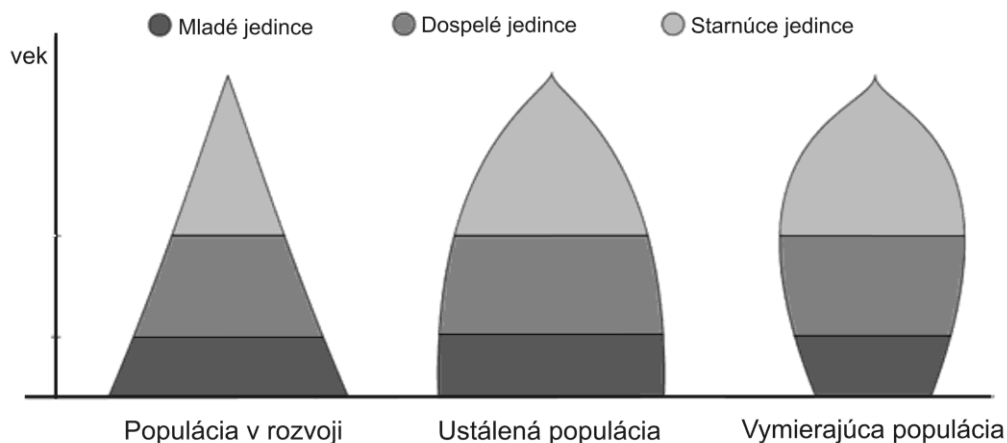
57 hraboše poľné (*Microtus arvalis*) si vytvárajú na zimu spoločné hniezdo, v ktorom dokážu zvýšiť teplotu vzduchu až o 20 °C v porovnaní s vonkajšími podmienkami. Podobne to funguje aj v hniezdach sociálneho hmyzu;

58 dôkazom môže byť bocian, ktorý v našom átriu bezproblémovo prežil zimu už viac než 10 rokov. Cez zimu však potrebuje viac ako dvojnásobné dávky potravy oproti letnému obdobiu. Ak by vtákom až natoľko vadil chlad, nemohli by sa ani sťahovať, pretože vo výškach, v ktorých lietajú, sú veľmi nízke teploty. Napr. hus indická (*Anser indicus*) pri svojom sťahovaní prelieta ponad Himaláje vo výške až 10 km, kde mráz dosahuje –55 °C a jeho účinok je ešte znásobený pôsobením vetra s rýchlosťou dosahujúcou v nárazoch až 200 km/h.

Veková štruktúra je daná počtom jedincov v jednotlivých vekových triedach (kategóriách). Vplyvom úmrtnosti počas ontogenézy sa počet prežívajúcich jedincov vo vekových triedach postupne znižuje. Zvyčajne sa rozlišujú tri základné vekové kategórie jedincov: **prerепrodukčná** (nedospelé jedince), **reprodukčná** (jedince pohlavne dospelé) a **postreprodukčná** (staré jedince neschopné rozmnožovania). Posledná kategória sa prirodzene v prírode vyskytuje iba zriedka. Výrazne vyvinutá je u človeka a niektorých veľkých cicavcov, vrátane morských (slony, veľryby, delfíny). U hmyzu je prerепrodukčná perióda zvyčajne veľmi dlhá, reprodukčná je pomerne krátka a postreprodukčná takmer úplne chýba. Podľa počtu jedincov v jednotlivých kategóriách sa dá posúdiť okamžitý stav populácie. Ak je v populácii najviac mladých jedincov, menej dospelých a najmenej starých jedincov, tak ide o mladú rozvíjajúcu sa populáciu. Na grafickom znázornení má veková štruktúra takejto populácie tvar pyramídy (obr. 54 ▾). Stála a vyvážená populácia má rovnaký podiel mladých a dospelých jedincov, starých je menej. Graf tejto populácie má tvar zvona. Populácia, v ktorej prevládajú dospelé jedince a je v nej málo mladých a starých, je vymierajúca. Grafické znázornenie má urnovitý tvar.

Hmotnostná štruktúra sa sleduje v prípade, keď nie je možné presne určiť vek jedincov (napr. hlodavcov). Pretože hmotnosť tela, často koreluje s vekom, alebo aspoň pohlavnou dospelosťou, je možné zistiť štruktúru podobnú vekovej. Okrem toho slúži hmotnostná štruktúra na zistenie biomasy a produkcie populácie.

Sociálna štruktúra je odrazom sociálnych vzťahov a väzieb v populácii. Zaoberá sa spoločenským postavením jedinca v populácii, vzťahmi nadriadenosti a podriadenosti, a vzťahmi medzi jednotlivými societami v populácii. Táto problematika prekračuje rámec ekológie a je náplňou etológie.



Obr. 54. Veková štruktúra populácie: pyramídový tvar – populácia v rozvoji, zvonovitý tvar – ustálená populácia, urnovitý tvar – vymierajúca populácia

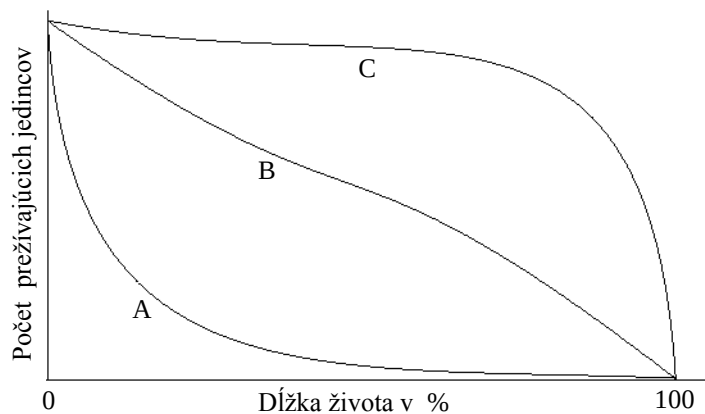
II. 6. 2 Populácia v čase

Spoločnou vlastnosťou organizmov je ich tendencia maximálne sa rozmnožiť. Každá populácia má preto potenciál zväčšovať sa geometrickým radom. Je zrejmé, že takýto exponenciálny rast nemôže dlho trvať a časom každá populácia narazí na medze prostredia. Z vlastných skúseností pritom vieme, že populácie rôznych druhov sú rôzne početné a ich početnosť sa v čase mení.

Základnou vlastnosťou každého živého organizmu je okrem metabolizmu (ktorý zachováva pri živote jedinca) rozmnožovanie (ktoré zachováva druh). Schopnosť rozmnožovať sa je základným predpokladom existencie každého druhu. Mierou tejto schopnosti je **natalita (množivosť)**, ktorá je určená počtom nových jedincov produkovaných za jednotku času. Pritom môžeme rozlíšiť ① **ekologickú (realizovanú) natalitu**, ktorá sa mení v závislosti od podmienok prostredia, zloženia populácie a jej početnosti a ② **fyziológickú (maximálnu) natalitu**, ktorá je stála pre každý druh a predstavuje teoretickú hodnotu maximálnej produkcie nových jedincov za ideálnych podmienok. V prirodzenom prostredí sa ekologická natalita môže blížiť fyziologickej iba v krátkom období počiatočného rastu. Rýchlosť, akou sa populácie množia, je

špecifická pre každý druh, pričom priamo závisí na rýchlosti metabolizmu a nepriamo na veľkosti živočícha (myši sa rozmnožujú rýchlejšie ako slony).

Mortalita (úmrtnosť) je prirodzeným protikladom rozmnožovania organizmov. Vyjadrujeme ju počtom jedincov uhynutých za jednotku času.⁵⁹ Podobne ako pri natalite, aj tu rozlišujeme ① **ekologickú (realizovanú) mortalitu**, ktorá sa mení podľa podmienok prostredia, je premenlivá a vyplýva z nej ekologická dĺžka života jedincov a ② **fyzilogickú (minimálnu) mortalitu**, ktorá je teoretickou, konštantnou úmrtnosťou za ideálnych podmienok. Ekologická mortalita je vždy väčšia ako fyzilogická, ktorá sa v reálnych populáciách objavuje iba ojedinele a na krátku dobu. S úmrtnosťou súvisia aj niektoré ďalšie pojmy. **Priemerná dĺžka života** je aritmetický priemer dĺžok života jedincov populácie, u ktorých sme dĺžku života zistili. Vyjadruje priemerný vek, akého sa individua v populácii dožívajú za podmienok, ktoré v populácii panovali pri zisťovaní tejto hodnoty. **Celková (ekologická) dĺžka života** predstavuje maximálny vek, akého sa individua za daných podmienok môžu dožiť. Celkovú dĺžku života možno vyjadriť ako 100 % a porovnávať tak vitalitu organizmov s rôznou dĺžkou života. Grafickým znázornením počtu prežívajúcich jedincov rozličného veku získame **krivku prežívania**. V zásade môžeme získať tri rozličné typy kriviek prežívania (obr. 55 ▾). ① Krivka, ktorá sa blíži uhlopriečke (obr. 55 B), je viac-menej teoretická, znamená, že vekovo špecifické prežívanie je konštantné. Inými slovami znamená to, že uhynie rovnaký počet organizmov každého veku. ② Extrémne vypuklá krivka (obr. 55 C) znamená, že zomiera malý počet juvenilných a dospelých jedincov a väčšina z nich uhynie až v pokročilom veku. ③ Naopak, silne vydatá krivka (obr. 55 A) vzniká vtedy, keď úmrtnosť juvenilných štádií je vysoká a postupne s narastajúcim vekom sa úmrtnosť znižuje. Tento prípad je v prírode najčastejší.



Obr. 55. Krivky prežívania jedincov

Rast populácie je jej charakteristickou vlastnosťou, súvisiacou s narastaním počtu jedincov. O tom, či počet jedincov v populácii narastá alebo klesá, rozhoduje pomer medzi natalitou a mortalitou. Rozmnožovanie sa väčšinou odohráva iba v určitej časti roka, naproti tomu vymieranie jedincov prebieha nepretržite. Preto je pre populáciu dôležité, koľko je v nej jedincov samičieho pohlavia a koľkým samičím potomkom dajú vznik v nasledujúcej generácii. Táto vlastnosť populácie sa vyjadruje prostredníctvom indexu nazvaného **miera reprodukcie**. Miera reprodukcie hovorí o tom, koľko potomstva samičieho pohlavia priemerne vyprodukuje jedna samica za svoj život. Rozlišuje sa **čistá miera reprodukcie**, pri ktorej sa počíta iba to potomstvo samičieho pohlavia, ktoré sa dožije dospelosti a **hrubá miera reprodukcie**, ktorá neprihliada na úmrtnosť potomstva, a vyjadruje priemerný počet všetkých samičích potomkov vyprodukovaných jednou samicom za život. Miera reprodukcie ovplyvňuje rast populácie. Čím je v populácii viac samíc, tým rýchlejšie rastie. Takýto exponenciálny rast však nie je možný do nekonečna. Po určitom čase každá rastúca populácia narazí na hraničnú hodnotu, ktorú nazývame **únosná kapacita prostredia**. Je to vlastne počet jedincov, ktorý je daný biotop schopný za daných podmienok „uniesť“ alebo užiť, skrátka pre ktorých je tento biotop schopný naplniť všetky ich potreby. Rast populácie je druhovo špecifický a je podmienený mnohými faktormi. Rozlišujeme rast uzavretý a otvorený.

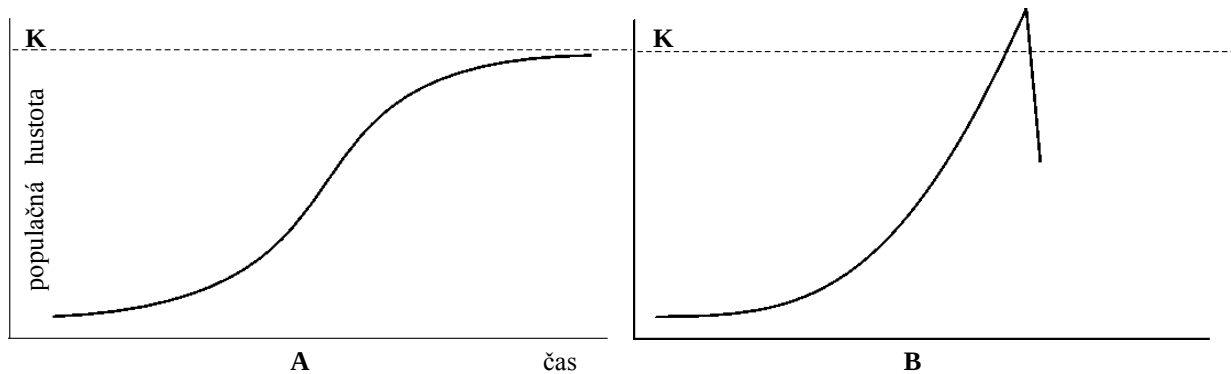
⁵⁹ mortalitu a natalitu možno vyjadriť aj ako podiel počtu uhynutých (novo narodených) jedincov z celej populácie alebo jej časti. Tak je to napríklad u ľudí, kde sa tieto hodnoty udávajú prepočítané na 1000 ľudí.

- **Uzavretý rast populácie** začína pomalým nárastom počtu jedincov (lag fáza). Postupne sa rast populácie zrýchľuje, až dosiahne svoju maximálnu rýchlosť (log fáza), a potom sa rast opäť spomaľuje. V konečnej fáze je dosiahnutý viac-menej vyvážený stav, a hustota populácie kolíše okolo hraničnej hodnoty (maximálnej hustoty), ktorá vlastne predstavuje únosnú kapacitu prostredia.
- **Otvorený rast populácie** takisto začína pomalým nárastom (lag fázou), po ktorom sa dostaví fáza prudkého rastu prebiehajúceho až po únosnú kapacitu prostredia, ktorú populácia rýchlo dosiahne. Prudký rast pokračuje „zotrvačnosťou“ ešte určitú dobu až sa náhle prudko zastaví. Toto prudké zabrzdenie má na svedomí prekročenie možností prostredia spojené s vyčerpaním zdrojov (nedostatok potravy, priestoru a pod.), alebo náhlou zmenou vonkajších podmienok (nástup zimy, sucho, skončenie obdobia rozmnožovania atď.). Po takomto zabrzdnení zvyčajne nasleduje prudký pokles populačnej hustoty, ktorá v priaznivých podmienkach začne opäť prudko rásť. Takáto forma populačného rastu je charakteristická najmä pre niektoré druhy hmyzu, jednoročné rastliny, sinice, riasy a iné organizmy.

Oba typy rastu sa znázorňujú graficky do tzv. rastových kriviek, kde sa dáva do vzťahu čas a počet jedincov tvoriacich v danom čase populáciu. Pre uzavretý rast je charakteristická sigmoidálna krivka (v tvare S) a pre otvorený rast je typická krivka tvaru J (obr. 56 ↓).

Kolísanie početnosti. Ako už vyplýva z predchádzajúcich odsekov, hustota populácie sa neustále mení. Rozsah týchto zmien je druhovo charakteristický a kolísanie početnosti je prirodzenou vlastnosťou populácie, ktorá sa prejavuje nielen v prirodzených podmienkach, ale aj pri laboratórnom chove v konštantných podmienkach. Rozlišujeme dva základné typy kolísania početnosti:

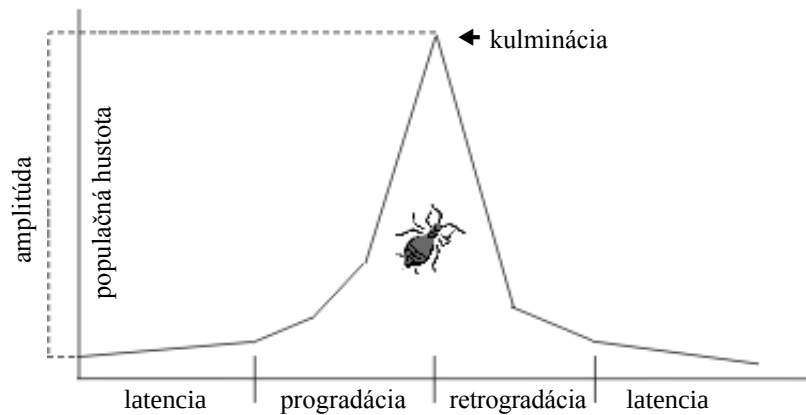
1. **Oscilácia** je kolísanie početnosti v priebehu jedného roka. Oscilácia sa najviac prejavuje u populácií žijúcich v stredných geografických šírkach u organizmov so sezónnym rozmnožovaním. Na začiatku sezóny je populačná hustota po prezimovaní veľmi nízka. Počas obdobia rozmnožovania natalita značne prevládne nad mortalitou a početnosť rastie, zvyčajne až do jesene, kedy dosiahne maximálnych hodnôt. S nástupom zimy začne početnosť opäť klesať až do jarného minima.



Obr. 56. Základné typy rastových kriviek: A – uzavretý rast (S-krivka), B – otvorený rast (J-krivka), K – únosná kapacita prostredia

2. **Fluktuácia** je kolísanie početnosti populácie vo viacročných cykloch, spôsobené rozdielmi medzi natalitou a mortalitou v jednotlivých rokoch. Fluktuácia zvyčajne prebieha v oblasti nízkej až strednej populačnej hustoty. Iba niektoré, tzv. gradačné, druhy (drobné hľodavce, mnohé druhy poľnohospodárskych škodcov) majú vo viac-menej pravidelných, viacročných cykloch tendenciu k premnoženiu (gradácii), pri ktorom rastúca populácia ďaleko presiahne únosnú kapacitu prostredia. Toto obrovské množstvo jedincov v premnoženej populácii vyčerpá svoje potravné zdroje, takže po období **kulminácie** (gradačného vrcholu) nasleduje prudký pokles početnosti (**retrogradácia**) až do minimálnych hodnôt. Potom sa populačná hustota drží v nízkych stavoch (**obdobie latencie**), až opäť začne narastať. Nárast je najskôr pomalý (**progradácia**) a následne prechádza do prudkého exponenciálneho rastu, až dosiahne ďalšiu kulmináciu (obr. 57 ↓). Takéto gradácie sú známe najmä u fytofágnych druhov, mikroorganizmov (najmä patogénov) a parazitov. U zoofágnych druhov môže byť kolísanie početnosti tiež zreteľné, ale amplitúda početnosti

(rozdiel maximálnej a minimálnej hodnoty) nemá nikdy až taký rozsah, ako u fytofágov. U predátorov sa vždy nástup rastu, kulminácie a poklesu početnosti oneskoruje oproti nástupu týchto fáz u ich koristi. Oneskorenie je spôsobené trofickou väzbou predátora na svoju korisť. Keď stúpne početnosť koristi, predátor má dostatok potravy a môže vychovať viac mláďat čím s určitým oneskorením stúpne jeho početnosť. Viac predátorov ale spotrebuje viac koristi, čo zníži populačnú hustotu koristi. Predátor už nemá dostatok potravy, aby vychoval toľko potomkov, ako v predchádzajúcej generácii, a následne klesne aj jeho populačná hustota. Nižší počet predátorov dáva šancu koristi, aby sa opäť zvýšila jej populačná hustota, a celý kolobeh sa takto bude opakovať.



Obr. 57. Gradačná krivka

Hustota všetkých populácií sa z dlhodobého hľadiska udržiava v určitých medziach. Mechanizmom, ktorý zabezpečuje tento proces, je **regulácia podmienená hustotou** zabezpečujúca, že zvýšenie populačnej hustoty vedie k zníženiu jej ďalšieho prírastku a naopak. Teda čím je populácia početnejšia, tým je jej rast pomalší. Pri určitej početnosti sa vyrovná natalita s mortalitou a celkový prírastok v populácii je nulový. V tomto okamihu populácia dosiahla **únosnú kapacitu prostredia**. Túto početnosť môže populácia prekročiť, lenže potom už prevládne mortalita, a početnosť opäť klesne. Za hlavný mechanizmus hustotne závislej regulácie sa považuje vnútrodrohová konkurencia. Čím viac je v populácii jedincov, tým menej zdrojov pripadá na jedinca. Rovnako dôležitú úlohu zohráva aj predácia (pozri záver predchádzajúceho odseku).

Kontrolné otázky a tézy na zamyslenie:

1. Ako by ste vysvetlili kolísanie (fluktuáciu) populácií a tzv. abundančné cykly. Čo ich spôsobuje?
2. Za akých podmienok môžeme pozorovať lavínovitý nárast populácie? Skúste uviesť príklady.
3. Prečo populácia predátora rastie vždy pomalšie, ako populácia koristi?
4. Pokúste sa zdôvodniť, prečo je disperzia populácie väčšiny živočíšnych druhov hlúčkovitá (hniezdovitá).
5. Akým spôsobom sa „nehybné“ rastliny starajú o kontinuitu svojich populácií? Vysvetlite spôsoby rozširovania semien v rôznych ekosystémoch.
6. Čo viete povedať o spôsoboch aktívnej a pasívnej migrácie živočíchov?
7. Aké sú životné prejavy anadrómnych a katadrómnych rýb a ich migrácia? Uved'te príklady.

II. 7 Spoločenstvo

Populácie rôznych druhov, ktoré sa vyskytujú na tom istom území a ktoré sú spojené zložitými vzájomnými väzbami, označujeme ako **spoločenstvo** (cenóza, biocenóza). Spoločenstvá sú teda heterotypické zoskupenia (zložené z populácií rôznych druhov), ktoré môžu mať rozličnú veľkosť a vyznačujú sa zložitou organizáciou (spoločenstvo lúky, lesa, hniezd vtákov, opadanky a pod.). Charakteristickým znakom každej biocenózy je jej **stabilita**, relatívna **nezávislosť** od okolitých spoločenskí a **schopnosť autoregulácie**. Stabilita pritom neznamená úplnú nemennosť spoločenskí, ale je vnímaná skôr v zmysle dynamickej rovnováhy, ktorá je zabezpečená mechanizmami spätnej väzby. Vďaka týmto mechanizmom

nedôjde k zničeniu spoločenstva ani pri jeho vážnom narušení (požiar, veterná smršť, iné katastrofické udalosti). V takýchto prípadoch je spoločenstvo schopné obnovy, pričom prechádza cez rôzne štádiá. Bližšie sa obnove spoločenstiev budeme venovať v časti venovanej sukcesii (➡ podkapitola II. 8. 7, bod 2). Každé spoločenstvo sa vyvinulo v závislosti na prostredí, v ktorom existuje, a je s ním veľmi tesne spojené. Toto prostredie označujeme ako **biotop**. Biotop je vlastne anorganickým prostredím biocenózy a vyznačuje sa špecifickými topografickými, klimatickými, edafickými a ďalšími podmienkami. Štúdiom spoločenstiev sa zaoberá časť ekológie nazvaná **biocenológia**, resp. jej parciálne odbory **fytocenológia** (rastlinné spoločenstvá) a **zoocenológia** (živočíšne spoločenstvá).

Vzájomné vzťahy medzi biocenózou a jej prostredím (biotopom) boli sformulované do troch **biocenotických princípov** (Losos et al., 1984).

1. Prvý biocenotický princíp: **Čím sú životné podmienky biotopu rozmanitejšie, tým viac druhov je v biocenóze zastúpených, pričom každý druh je zastúpený pomerne malým počtom jedincov.** (Na niekoľkých hektároch tropického pralesa sa nachádza viac druhov ako v celej Európe; pritom je ale jednoduchšie nazbierať v tropickom pralesi 100 rozličných druhov hmyzu, ako nájsť 100 jedincov toho istého druhu.) Platnosť tohto princípu je daná tým, že členitý a rozmanitý biotop poskytuje viac možností na úkryt, hniezdenie, získanie potravy atď., ako aj viac rozličných typov mikroklimy. To dáva šancu viacerým druhom nájsť v takomto prostredí vyhovujúce podmienky. Na druhej strane oblasti s vyhovujúcimi podmienkami sú pomerne malé, čo obmedzuje početnosť jednotlivých druhov.

2. Druhý biocenotický princíp: **Čím viac sa životné podmienky biotopu odchyľujú od optimálneho stavu, tým je biocenóza druhovo chudobnejšia, pričom populácie jednotlivých druhov sú značne početné** (tundra, vysokohorské oblasti, znečistené vody, zasolené pôdy). Tento princíp vyplýva z toho, že čím extrémnejšie sú podmienky v danej oblasti, tým menej druhov je schopných prispôsobiť sa životu v tejto oblasti, udržať sa v nej a úspešne sa rozmnožovať. Na takýchto miestach je potom pomerne nízka medzidruhovú konkurencia a aj predácia, čo vedie k vysokej početnosti populácií.

3. Tretí biocenotický princíp: **Čím stálejšie sú životné podmienky biotopu, tým je biocenóza druhovo bohatšia, vyrovnannejšia a stabilnejšia** (medzi najstabilnejšie patria spoločenstvá dažďových pralesov a koralových útesov). Stále a vyrovnané životné podmienky zabezpečujú organizmom „pokojný a ničím nerušený“ život bez častých výkyvov v pôsobení rôznych faktorov, a bez častých narušení. Je samozrejmé, že takéto pokojné prostredie vyhovuje mnohým druhom, ktoré tu nájdú vhodné podmienky pre svoj život. Vyrovnanosť a stabilita biocenózy stúpa priamo úmerne s počtom druhov.

II. 7. 1 Priestorová štruktúra spoločenstva

Biocenózu môžeme rozčleniť na menšie heterotypické kolektívy, ktoré považujeme za dielčie spoločenstvá. Tieto sú závislé na biocenóze ako celku, nie sú tak samostatné a majú nižšiu autoregulačnú schopnosť. Každú biocenózu môžeme rozdeliť na **fytocenózu** (spoločenstvo rastlín), **zoocenózu** (spoločenstvo živočíchov), **edafocenózu** (spoločenstvo pôdných organizmov), atď. Podobne môžeme vyčleniť dielčie spoločenstvá na základe ich príslušnosti k určitým taxonomickým skupinám. Takéto spoločenstvá potom nazývame **taxocenózy**, napr. ornitocenóza (spoločenstvo vtákov), entomocenóza (spoločenstvo hmyzu), malakocenóza (spoločenstvo mäkkýšov), ichtyocenóza (spoločenstvo rýb), atď.⁶⁰

Podľa priestorového usporiadania môžeme biocenózu rozčleniť vertikálne a horizontálne. **Vertikálne** členíme spoločenstvo na jednotlivé „poschodia“ – **etáže**. V lesných spoločenstvách rozlišujeme stromovú, krovinovú, bylinnú, machovú a koreňovú etáž. Každá z týchto etáží je charakteristická špecifickými podmienkami a druhmi, ktoré sú prispôbené na život v nich. **Horizontálne** môžeme v rámci prostredia biocenózy vyčleniť jednotlivé **biochóry (choriotopy)**. Sú to miesta, na ktorých sa organizmy koncentrujú viacej ako v okolí. Spoločenstvá týchto organizmov označujeme ako **choriocenózy**. Medzi takéto choriocenózy patrí napr. spoločenstvo obyvateľov vtáčieho hniezda (v hniezde sa okrem vtákov vyskytuje špecifické spoločenstvo rozličných druhov hmyzu, parazitov, iných bezstavovcov a samozrejme mikroorganizmov),

⁶⁰ názvy týchto dielčích spoločenstiev sa niekedy tvoria aj pomocou prípony –fauna, napr. entomofauna, ornitofauna, herpetofauna, malakofauna a pod.

spoločenstvo rozkladajúcich sa kmeňov, spoločenstvo machu a iné. Podobne môžeme vyčleniť napr. spoločenstvo stromových dutín, spoločenstvo mravenísk, spoločenstvo viazané na listy drevín alebo bylín, spoločenstvo viazané na stromy, spoločenstvo organizmov viazaných na brlohy cicavcov, a pod. Takéto spoločenstvá sa často označujú pojmom merocenóza alebo synúzia. Podrobnejšie o týchto spoločenstvách hovoríme v podkapitole II. 8. 7 (➔ str. 147).

Na miestach stretu dvoch cenóz vznikajú prechodné spoločenstvá – **ekotony**. Tieto oblasti sa vyznačujú nielen špecifickými podmienkami, ale aj špecifickým druhovým zložením. Pritom **ich druhové bohatstvo je väčšie** ako súčet druhov v susediacich biocenózach; tomuto javu v ekológii a príbuzných vedách hovoríme **ekotonový efekt**. V ekotonových zónach sa totiž vyskytujú nielen druhy typické pre susediace spoločenstvá, ale aj niektoré druhy viazané špecificky na tieto prechodné spoločenstvá. Šírka ekotonu závisí od susediacich spoločenstiev a od rozsahu meniacich sa klimatických podmienok, najmä svetelných. Medzi veľkými geobiómami, ako sú tundra, tajga a pod., to môže byť niekoľko desiatok km, u menších spoločenstiev – „lokálnych ekosystémov“, ako sú les a lúka, je to len niekoľko metrov.

Z hľadiska pôvodnosti výskytu spoločenstva na danom biotope môžeme biocenózy rozlíšiť na **primárne** (pôvodné) a **sekundárne** (druhotné, nepôvodné) spoločenstvá. Pôvodné biocenózy sú stále viac narušované činnosťou človeka a sú čoraz vzácnejšie. V kultúrnej krajine na ich miestach vznikajú nepôvodné, druhotné spoločenstvá, ktoré sú často umelo udržiavané ľudskou činnosťou (monokultúrne porasty na poliach a v lesoch). Niekedy sa sekundárne biocenózy dajú odlišiť iba ťažko. Napríklad lesy, založené na miestach, kde sa predtým vyskytoval les, sa môžu udržať aj bez ďalších ľudských zásahov, pokiaľ majú vhodné druhové zloženie zodpovedajúce podmienkam daného prostredia. Špecifickou kategóriou sú **synantropné spoločenstvá**. Vyskytujú a udržiavajú sa na miestach umelo vytvorených človekom (okraje ciest, okrajové oblasti miest, sídliská, rekreačné oblasti), pričom sú ľudskou činnosťou aj najviac ovplyvnené.

II. 7. 2 Charakteristika spoločenstiev

Podobne ako populácia aj spoločenstvo sa dá charakterizovať určitými znakmi, pomocou ktorých môžeme zhodnotiť stav, štruktúru a funkciu spoločenstva a porovnávať spoločenstvá navzájom. Jednou zo základných charakteristík každého spoločenstva je jeho **druhové spektrum** (aké druhy tvoria spoločenstvo) a **počet druhov**, ktoré ho tvoria. Keď prepočítame počet druhov na jednotku plochy alebo objemu, dostaneme **hustotu druhov**. Podobne môžeme vyjadriť aj **abundanciu**, čiže početnosť jednotlivých druhov spoločenstva. Táto charakteristika vyjadruje počet všetkých jedincov, bez ohľadu na druhovú príslušnosť, na jednotku plochy alebo objemu (vo fytoecológii sa abundancia používa vo vzťahu k druhom). Medzi počtom jedincov a počtom druhov v spoločenstve existuje určitá zákonitosť. V každom spoločenstve je iba málo druhov s veľkým počtom jedincov, a naopak – druhov so stredným a nízkym počtom jedincov je pomerne veľa. Vo veľmi nepriaznivých podmienkach (znečistenie, extrémne podmienky) sa značne znižuje počet druhov v biocenóze a zostanú iba druhy dobre adaptované na stresové situácie. Tieto druhy dosahujú vysokú početnosť. V extrémnom prípade môže spoločenstvo tvoriť iba jediný druh, ktorý má v spoločenstve 100 % zastúpenie.

Významným kvantitatívnym ukazovateľom je aj **biomasa**, ktorá udáva hmotnosť všetkých organizmov prítomných v biocenóze v danom časovom okamihu. Biomasa sa podobne ako hustota udáva prepočítaná na jednotku plochy (g/m^2) alebo objemu (g/m^3) a vyjadruje sa buď ako čerstvá, alebo ako biomasa v sušine, či v niektorom biogénnom prvku (väčšinou C alebo N). Niekedy sa biomasa udáva aj ako tzv. **bioenergia**. Je to vlastne množstvo energie viazané v telách všetkých jedincov tvoriacich spoločenstvo. Hodnotu energie môžeme vyjadriť na 1 g sviežej hmotnosti, alebo na 1 g sušiny (priemerná hodnota energie viazanej na 1 g hmotnosti tela živočíchov je 22 599 J v sušine).

Okrem druhového zloženia a hustoty druhov je dôležité vedieť aj to, ktorý druh je v spoločenstve najpočetnejší (zastúpený najväčším počtom jedincov). Túto charakteristiku označujeme ako **dominancia**, ktorá vyjadruje percentuálne zastúpenie jednotlivých druhov na štruktúre celého spoločenstva. Môžeme

ju vypočítať podľa vzorca $D = \frac{n}{s}$, kde n je počet jedincov určitého druhu a s je počet všetkých jedincov

biocenózy. Po vynásobení číslom 100, dostaneme výsledok v percentách. Hodnota dominancie závisí od celkového počtu druhov v biocenóze. S rastúcim počtom druhov sa dominancia relatívne znižuje, preto je u spoločenstiev s vysokým počtom druhov dominancia najpočetnejších druhov relatívne nižšia ako v spo-

členstvách druhovo chudobnejších. Dominancia sa vyjadruje v tzv. triedach dominancie, podľa ktorých sa rozlišujú nasledujúce kategórie:

- eudominantný druh – je v spoločenstve zastúpený viac ako 10 %,
- dominantný druh – v spoločenstve zastúpený 5 až 10 %,
- subdominantný druh – v spoločenstve zastúpený 2 až 5 %,
- recedentný druh – v spoločenstve zastúpený 1 až 2 %,
- subrecedentný – v spoločenstve zastúpený menej ako 1 %.

Frekvencia výskytu druhu udáva, ako často sa jednotlivé druhy vyskytujú v sérii vzoriek odobratých z toho istého spoločenstva. Frekvencia v podstate vypovedá o tom, ako často sa dané druhy podieľajú na štruktúre celej biocenózy. Výpočet je veľmi podobný dominancii. Frekvencia sa vypočíta pomocou

vzorca $F = \frac{n_i}{s}$, kde n_i je počet vzoriek, v ktorých sa sledovaný druh vyskytuje, a s je počet všetkých

odobratých vzoriek. Aj táto hodnota sa zvykne udávať v percentách. Dominantné druhy vykazujú aj najvyššiu frekvenciu výskytu. Podobne aj druhy s vyššou hustotou vykazujú vyššiu frekvenciu. Pri výpočte frekvencie si však treba dať pozor na disperziu jedincov. Pri rovnomernej disperzii poskytujú už aj malé vzorky vysokú frekvenciu; a naopak, pri náhodnej alebo hľúčkovitej disperzii je frekvencia druhu nízka a stúpa úmerne s veľkosťou odberovej plochy. Podľa rovnakého vzorca ako frekvencia sa počíta aj

konštantnosť výskytu určitého druhu, $K = \frac{n_i}{s}$. Rozdiel je však v tom, že pokiaľ zistíme konštantnosť,

tak neodoberáme všetky vzorky naraz z pomerne malej plochy ako pri zisťovaní frekvencie, ale odoberáme väčší počet vzoriek vo väčšom časovom odstupe, alebo z podstatne väčších vzdialeností, tak aby sme pokryli celú biocenózu. Konštantnosť nám tak vyjadri stálosť druhového zloženia spoločenstva buď v čase, alebo v priestore (podľa spôsobu odobratia vzoriek). Konštantnosť vyjadrujeme v triedach konštantnosti, ktoré sa označujú rímskymi číslicami I až V:

I	– druh vzácny	$K = 0 - 20 \%$
II	– druh riedko sa vyskytujúci	$K = 20 - 40 \%$
III	– druh často sa vyskytujúci	$K = 40 - 60 \%$
IV	– druh prevažne sa vyskytujúci	$K = 60 - 80 \%$
V	– druh takmer vždy prítomný	$K = 80 - 100 \%$

Diverzita čiže druhová rozmanitosť (pestrosť) vyjadruje pomer počtu druhov k počtu jedincov. Vyjadruje sa indexom diverzity H' . Na výpočet tohto indexu sa používa niekoľko vzorcov. Najčastejšie sa počíta tzv. **Shannon – Weaverov index diverzity**. Pri tomto spôsobe najskôr vypočítame pre každý druh pravdepodobnosť, že určitý jedinec patrí do druhu i . Túto pravdepodobnosť počítame nasledovne

$p_i = \frac{N_i}{N}$, pričom N_i udáva počet jedincov daného druhu a N počet všetkých jedincov v spoločenstve.

Index diverzity vypočítame potom nasledovne $H' = -\sum_{i=1}^s p_i \log_2 p_i$. Čím vyšší je index diverzity, tým

väčší je počet druhov v spoločenstve, a tým je celkový počet jedincov rozložený na viacero druhov. Inak povedané, keď všetci jedinci patria tomu istému druhu, má index diverzity najnižšiu hodnotu (je rovný nule). Naopak ak každý jedinec patrí inému druhu, je index diverzity najvyšší.

Všetky predchádzajúce znaky charakterizovali jedno spoločenstvo. V ekológii je často dôležité porovnávať viacero spoločenstiev navzájom. Takúto možnosť ponúka tzv. **faunistická podobnosť**, ktorá vyjadruje zhodu druhového zloženia dvoch alebo viacerých porovnávaných biocenóz. Najčastejšie sa vyjadruje **Jaccardovým indexom podobnosti**. Ak označíme počet druhov spoločne sa vyskytujúcich v dvoch porovnávaných biocenózach ako s , počet všetkých druhov jednej biocenózy ako s_1 a počet druhov druhej

biocenózy ako s_2 , potom Jaccardov index podobnosti $Ja = \frac{s}{s_1 + s_2 - s}$. Aj tento index sa väčšinou udáva

v percentách.

Kontrolné otázky a tézy na zamyslenie:

1. Existuje vzťah (priama úmera) medzi štrukturálnou diverzitou a stabilitou spoločenstva? Aké sú princípy tohto vzťahu z pohľadu ekologickej vedy?
2. Pri kalamite v Tatrách na jeseň 2004 vietor zničil veľkú plochu lesa na úpätí masívu, porasty na svahoch Slavkovského a Gerlachovského štítu však (až na vyvrátené sucháre) ostali skoro nedotknuté. Prečo?
3. Skúste si predstaviť, ako by ste vysvetľovali platnosť troch biocenotických princípov pri vyučovaní biológie.
4. Ako by ste zdôvodnili veľký význam ekotonového efektu v ekológii a biogeografii? Vedeli by ste vysvetliť tento fenomén aj laikom – nebiológom?
5. Aj sekundárne, človekom vytvorené spoločenstvá (parky, aleje, cintoríny) môžu byť refúgiom zaujímavých a dokonca i vzácnych druhov živočíchov. Kedy a za akého predpokladu?

II. 8 Mikroúroveň stratifikácie bioty – synúzia a merocenóza

Ekosystém je vnútorne veľmi členitý živý systém so zložitými vzťahmi k neživému – abiotickému prostrediu. Podrobnosť zaostrenia – alebo «zoom» prírodovedca, sa zďaleka nekončí pri slove les, nekončí sa však ani pri pojme listnatý les, a nekončí sa ani vtedy, keď fytocenológ presne špecifikuje lesné spoločenstvo (napr. *Querceto-Fagetum carpinetosum*). Les, ale aj iné ekosystémy, majú zložené vnútorné členenie – v rámci nich môžeme odlíšiť ďalšie vnútorné štruktúry – subsystémy, matematik by mohol použiť termín podmnožiny. Predstavme si listnatý les niekde na strednom Slovensku. Na povrchu pôdy leží rôzne hrubá vrstva listovej opadanky, detritu. Na toto prostredie je, samozrejme, viazané početné spoločenstvo organizmov, ktoré inde v lese nenájdeme. Ďalšie takéto „čiasťkové spoločenstvá“ nájdeme na listoch v korunách stromov, iné v stromových dutinách a pod kôrou, iné vo vlhkých vankúšoch machov na lesnom pramenisku, a pod. V ekológii sa takéto vnútorné štruktúry, „podmnožiny ekosystému“ nazývajú **synúzie**. Čím je ekosystém zložitejší, tým viac synúzií môžeme odlíšiť a skúmať. Synúziou môže byť aj niekedy prekvapujúco početné a zložené spoločenstvo živočíchov v jednom mravenisku. V ďalšom texte sa stručne zmienime o hlavných synúziách lesných, ale i nelesných ekosystémov, s ktorými sa môže človek stretnúť na exkurzii do prírody v regióne strednej Európy.

II. 8. 1 Edafické spoločenstvo

Spoločenstvo pôdných organizmov – jedným slovom často označované ako **edafón**, je možno najdôležitejšou «veľkou synúziou» v strednej Európe, ale aj inde vo svete v rámci terestrického biocyklu. Toto spoločenstvo, ako už v predchádzajúcej vete bolo naznačené, je vlastne komplexom synúzií:

1. **Synúzia epigeických** organizmov (termín sa používa prevažne vo vzťahu k živočíchom), jednoslovný variant je **epigeon**. Epigeické živočíchy sa väčšiu časť života pohybujú po povrchu pôdy, kde si hľadajú potravu. Väčšinou sú to predátori, menej detritofágy. Skupina nie je veľmi početná, k epigeickým predátorom patria napr. svižníky (*Cicindela* spp.), niektoré bystruškovité (Carabidae), bzdochy pobrežníčky (Saldidae), strehúne (*Pardosa* spp. a druhy príbuzných rodov), iné sa živia nízkymi prízemnými rastlinami (machy, lišajníky, riasy) a detritom, ako napr. chrobáky z čeľade Byrrhidae (po slovensky meravce alebo vyklenulce), a mnohé nosáčky: *Cleonus piger* a rovnako bezkridle druhy príbuzných rodov. Epigeický spôsob života vedú aj niektoré potemníky: z hojných druhov sú to potemník hladký (*Crypticus quisquilius*) a potemník pieskový (*Opatrum sabulosum*), z vzácnejších spomenieme *Oodescelis polita*. Troficky sú viazané na organické zvyšky, vhodný termín by bol saprodetritofágy.

2. **Synúzia detritofilov** (alebo **humikolov**) je spoločenstvo živočíchov, ktoré väčšinu života trávia v povrchovej, viac-menej sypkej vrstvy pôdy. Táto synúzia bezprostredne susedí s epigeickým spoločenstvom, od ktorého ju niektorí autori ani neoddeľujú. Druhy z tejto veľmi početnej synúzie volia skôr úkrytovú stratégiu, a získavame ich predovšetkým presievaním detritu. Po povrchu pôdy sa pohybujú málo, aj to najmä za zamračeného počasia a večer. K detritofilom patrí viac ako 60 % edafických živočíchov, napr. väčšina bystruškovitých (Carabidae), drobkíkov (Staphylinidae), veľa druhov pavúkov (Araneae), niektoré bzdochy (čeľade Cydnidae a Tingidae), väčšina chvostoskokov (Collembola) a mnohé iné.

3. **Synúzia terikolov** predstavuje spoločenstvo organizmov (najmä živočíchov) hlbších horizontov pôdy, ktoré za normálnych okolností nikdy nevychádzajú na povrch. Pokročilá špecializácia na život v pôde tu vedie k zreteľným zmenám: ide o živočíchov väčšinou depigmentovaných a úplne slepých. Pritom sú silne lucifúgne, pred svetlom unikajú (registrujú ho nejakými reziduami fotoreceptorických pigmentov alebo podobným záhadným spôsobom). Striktné terikoly sú veľmi citlivé na dehydratáciu i na vyššie teploty (už teploty nad 25° C môžu byť pre ne letálne). Sú to už zväčša menej známe živočíchov: stonožičky (Symphyla), málonôžky (Paupoda), vidličiariky (Diplura) a hmyzovky (Protura). Sú to konzervatívne, fylogeneticky starobylé článkonožce. Od striktných terikolov je veľmi blízko k živočíchom podzemných dutín a puklín, teda už k spoločenstvu jaskýň, ktoré je však natoľko špecifické, že si zaslúži samostatnú podkapitolu (➔ II. 8. 2).

4. Synúzia organizmov podmäčianých miest, najmä machových vankúšov v lese i mimo lesa. Spoločenstvo by sme mohli nazvať **synúzia muscikolov** (z latinského *musci* = machy). Hlavným limitujúcim faktorom druhov tejto synúzie je zrejme zvýšená vlhkosť. Patrí sem viacero fakultatívnych i špecializovaných druhov: mnohé bystruškovité (Carabidae), drobníčky (Staphylinidae) a viaceré pavúky prevažne drobných rozmerov, najmä z čeľade Linyphiidae (niektoré vzácne druhy sú viazané len na toto prostredie, ich určenie však zvládne iba špecialista). Špecifikom synúzie muscikolov sú dva kmene špecializovaných drobných živočíchov – pomalky (Tardigrada) a vírniky (Rotifera), ktoré za nepriaznivých podmienok, najmä za sucha, upadajú do anabiózy.

Na štruktúru edafického spoločenstva majú vplyv najmä tieto faktory:

- nadmorská výška,
- vlhkostné pomery lokality,
- pokryvnosť vegetácie (či sa stanovište nachádza v zapojenom horskom lese, v svetlom dubovo-hrabovom lese alebo priamo na xertermnej stráni),
- geologický substrát, ktorý čiastočne ovplyvňuje pH pôdy.

Netreba zabúdať aj na skutočnosť, že pôda je dočasným útočiskom pre kľudové štádiá – kukly väčšiny hmyzu (a to niekedy aj takých skupín, ktoré k pôdnemu edafónu inak nemajú žiadny vzťah, napr. veľa druhov motýľov). Príležitostní alebo i pravidelní obyvatelia mravenísk – myrmekofily, budú analyzované ako samostatná, veľmi špecifická synúzia.

II. 8. 2 Spoločenstvo kaverníkolov

Spoločenstvo kaverníkolov je pre ekológa, ale i evolučného biológa učebnicou niekedy až šokujúcich adaptácií na veľmi špecifické podmienky podzemných priestorov. Jaskynné priestory sa líšia od povrchových biotopov niekoľkými zásadnými rozdielmi (terikolné spoločenstvá hlbších horizontov pôdy a súť sú možno niekde na počeste):

- vysoká vlhkosť (vo veľkej väčšine prípadov 90 – 100 %),
- v hlbších jaskyniach takmer konštantná teplota (9 – 10° C, v ľadových jaskyniach asi 4 °C),
- vo vzdialenejších priestoroch absolútna tma,
- silný deficit organického materiálu, výnimkou sú exkrementy netopierov alebo detrit splavený vodou, príp. spadnutý cez vertikálne chodby z povrchu zeme.

Jaskynné živočíchov (kaverníkov, troglobionty) sa týmto podmienkam museli dokonale prispôbiť, aby mohli tieto nehostinné biotopy obývať trvale. Podľa miery špecializácie na toto prostredie rozoznávame dve hlavné skupiny:

1. **Troglobionty** – sú to živočíchov striktné viazané na jaskyne, ktoré v iných, relatívne podobných biotopoch (banské chodby, hlboké pivnice, tunely a pod.) nikdy nežijú. Na Slovensku je ich veľmi málo, patrí k nim napr. drobná *Eukoena spela* zo Slovenského krasu (rad Palpigradi). Troglobionty sú vždy úplne slepé a bez pigmentu. V jaskyniach južnej Európy ich žije mnoho druhov. Ojedinelý výskyt troglobiontov v strednej Európe býva odôvodňovaný pôsobením ľadových dôb (Baum & Buchar, 1973; Roubal, 1930); nebude to však zrejme jediný a ani postačujúci dôvod, pretože pôsobenie povrchového fenoménu ľadovcov na faunu, ktorá sa nachádzala (a nachádza) mnoho desiatok metrov pod povrchom zeme, je dosť diskutabilné.

2. **Troglofily** – vyskytujú sa v jaskyniach, ale okrem toho ich niekedy nájdeme aj vo vyššie uvedených priestoroch. Patria sem niektoré pavúky (*Nesticus cellulanus* a niektoré druhy z rodu *Porrrhomma*, na ktorých už vidieť začínajúcu redukciu očí), z mnohonožiek *Allorhiscosoma sphinx*, z chrobákov drobné bystrušky z rodu *Duvalius* alebo Pselaphidae, najmä *Bryaxis monstrosetibialis*, ktorý je považovaný za endemický druh slovenskej fauny. Z kôrovcov je to žižiavka *Mesoniscus graniger* alebo krivák *Niphargus tatrensis*.

Jaskynné živočíchy sú v podmienkach strednej Európy takmer vždy článkonožce, v iných regiónoch sveta pristupujú aj obojživelníky (napr. v južnom Taliansku a Francúzsku sa vyskytuje asi 10 cm dlhý mločík *Hydromantes genei*) alebo ryby (v južných častiach USA žije v krasových vodách rovnako dlhá bezfarebná a slepá ryba *Amblyopsis spelaea*). Do jaskýň prenikajú, zrejme skôr fakultatívne, aj niektoré kosce. Z našich druhov je to klepietkár karpatský (*Ischyropsalis manicata*), ktorý však ináč žije aj v tienistých horských lesoch, v úžľabinách pri potokoch a pod.; a veľmi vzácny *Holoscotolemon jaqueti*, ktorý bol okrem toho zistený aj v hlbokých horizontoch sutí. *Holoscotolemon* svojou žltkastou farbou naznačuje, že ide o troglofila už dosť pokročilého štádia. Záverom je potrebné sa zastaviť pri jednej skupine živočíchov, ktorá sa väčšine ľudí vybaví hneď, keď sa začne hovoriť o jaskynných živočíchoch. Áno, sú to netopiere (Chiroptera). Netopiere však napriek vžitým predstavám nie sú vôbec striktnými troglofilmi – jaskyne využíva väčšia časť druhov len ako miesto na denný odpočinok, resp. hibernáciu, kým celý život (lov potravy, rozmnožovanie) prebieha mimo jaskynného prostredia.

K obyvateľom podzemia patria aj živočíchy podzemných vôd, ktoré nazývame stygobionty. Môžu byť buď pričleňované ku kavernikolom, alebo majú postavenie samostatnej ekologickej skupiny. Ide pochopteľne opäť o málo známu skupinu. Patrí sem napr. hlbínovka slepá (*Bathynella natans*), môže sem však byť zaradovaný aj krivák *Niphargus tatrensis*.

II. 8. 3 Spoločenstvo herbikolov

Herbikoly (z latinského *herba* = vňať) sú topicky, alebo i troficky viazané na zväčša dužinaté zelené časti rastlín – bylín, kríkov, ale i stromov (spoločenstvo živočíchov na listoch v korunách stromov môže byť hodnotené ako samostatná synúzia). Spoločenstvá herbikolov sú bohaté z aspektu počtu druhov, a ešte viac z aspektu počtu jedincov. Ich štruktúru ovplyvňujú viaceré ekologické faktory – osobitne tie, ktoré majú priamy vplyv na zloženie vegetačného krytu. Spoločenstvo herbikolov je z hlavných synúzií pomerne najhomogénnejšie. Presnejšie povedané, nie je tu taká výrazná vnútorná stratifikácia, akú pozorujeme v edafickom i arborikolnom spoločensve. Preto nebola vytvorená ani podrobnejšia terminológia. Jednoduchšia je aj trofická štruktúra tohto spoločensva – herbikoly patria buď k fytofágom, alebo sú to predátoři. Špecializovanou formou predácie sú početné parazitoidy (➔ str. 24), najmä z radu blanokrídlorcov (Hymenoptera).

Slovom „**herbikol**“ sa označuje živočíšny druh, ktorý väčšinu života trávi na listoch rastlín. Patrí sem veľké množstvo fytofágov: prakticky celá čeľaď liskavkovitých (Chrysomelidae), väčšia časť nosáčikov (Curculionidae), väčšina cikád (Auchenorrhyncha), takmer všetky voškovce (Sternorrhyncha), viac ako polovica bzdôch (čeľaďe Miridae, Coreidae, Lygaeidae a skoro všetky Pentatomidae), rovnokrídlorice z podradu Caelifera a ďalšie. Z dravých herbikolov treba spomenúť snehuľčíky (Cantharidae), larvy aj imága lienok (Coccinellidae) a dlhokrčiek (Raphidioptera), niektoré bzdochy – napr. čeľaď Nabidae, niektoré Reduviidae, fymáta dravá (*Phymata crassipes*), bzdocha húseničiarka (*Picromerus bidens*), z čeľade Silphidae je to «zdochlinár» štvorbodkový [*Dendroxena* (= *Xylodrepa*) *quadripunctata*] a, samozrejme, všetky pavúky žijúce na vegetácii.

Pokiaľ živočích výraznejšie inklinuje ku kvetom, používa sa často termín **florikol** – druh preferujúci kvety, ostrá hranica medzi florikolmi a herbikolmi inak neexistuje. Príslušnosť do tejto skupiny sa však môže vzťahovať len na jedno štádium životného cyklu, alebo dokonca len na jedno pohlavie:

1. Florikolné sú len imága – dospelé fuzáče i krasone viacerých druhov sa zdržujú na kvetoch, kým larvy sú xylofágne; podobne aj imága zlatoňov, ktorých larvy sú saproxylofágne);
2. Samce niektorých dvojkrídlorcov sú florikolné a živia sa hlavne nektárom (pretože ich bodavocicavé ústne orgány sú slabé), kým samice sú hematofágne, cicajú krv – týka sa to ovadov (Tabanidae), komárov (Culicidae) a čeľade Simuliidae s rozpačitým, málo používaným slovenským pomenovaním „muškovité“.

Dravé florikoly sa zdržujú na kvetoch preto, že tam číhajú na korisť. Sú to napr. niektoré pavúky z čeľade Thomisidae (slovenský názov majú kvetáriky!),⁶¹ pestroš včelí (*Trichodes apiaris*), bzdochy, napr. niektoré Reduviidae, fymáta dravá (*Phymata crassipes*) a pod. Príležitostne sa na kvetoch zdržujú aj dravé muchy z čeľade Asilidae, tie však zvyknú číhať prakticky na všetkých vyvýšených predmetoch; väzba na kvety je teda aj v tomto prípade výlučne topická.

II. 8. 4 Spoločenstvo arborikolov

Arborikoly (z latinského *arbor* = strom) sú topicky, alebo i troficky viazané na stromy. Toto vnútorné značne členité spoločenstvo je veľmi bohaté na počet druhov, no nie až tak bohaté na počet jedincov, pretože sem patria mnohé špecializované a vzácne druhy, ktorých populácie sú obyčajne menej početné. Hoci sme si vedomí istej nepresnosti, vymedzili sme obsah tohto spoločenstva tak, aby bol limitovaný tým, čo «strom robí stromom», a tou hmotou je predovšetkým drevo. Spoločenstvo živočíchov na listoch stromov (a krovín) sa svojím zložením i životnými prejavmi jednotlivých druhov približuje skôr spoločenstvu herbikolov.

Spoločenstvo arborikolov môžeme skúmať na rôznych plochách a úrovniach, napr.:

- spoločenstvo arborikolov určitej lokality (Urpín pri Banskej Bystrici, NPR Boky pri Zvolene a pod.);
- spoločenstvo arborikolov istého užšieho priestoru, v prírode i v intraviláne (mestský park v Lučenci, stromoradie alebo cintorín na konkrétnom mieste, a pod.);
- spoločenstvo arborikolov jedného konkrétneho (obyčajne mohutnejšieho) stromu.

Na štruktúru spoločenstva arborikolov majú vplyv najmä nasledujúce faktory:

- nadmorská výška, expozícia, typ stanovišťa a všetky okolnosti, ovplyvňujúce typ lesného porastu;
- mikroklima, zrážkový režim a vlhkostné pomery lokality;
- druh, vek a zdravotný stav stromu (pokiaľ skúmame spoločenstvo arborikolov na jednom strome).

V rámci spoločenstva arborikolov môžeme hovoriť o týchto 'dielčích' synúziách, ktoré sa môžu navzájom čiastočne prelínať:

1. Synúzia korticikolov je spoločenstvo druhov na kôre a pod kôrou, najmä ak sa už začína oddeľovať od dreva (čiastočné odumieranie, počiatková fáza rozkladu). Druhy tejto synúzie sú zväčša nápadné plochým telom, ktoré je hlavnou adaptáciou na podkôrny spôsob života. Špecializovanou čeľad'ou prevažne podkôrnych chrobákov sú Cucujidae, patrí k nim aj chránený plocháč červený (*Cucujus cinnaberinus*). Larva aj dospelý chrobák sú dravce. Z prevažne saprofilnej čeľade tvrdých konvexných chrobákov Histeridae je to nápadne plochý «mrcinár» topoľový (*Hololepta plana*), ktorý je tiež dravý. Tvar tela prezradí podkôrny spôsob života aj u mycetofágnych bzdoch podkôrničiek (Aradidae) a u mnohých blyskáčikov (Nitidulidae) s nie ľahkým určovaním, ale aj u bystruškovitých, napr. u druhov rodu *Dromius*. Ploché sú aj niektoré pavúky preferujúce život pod kôrou: križiak podkôrny (*Nuctenea umbratica*) alebo *Coriarachne depressa* (čeľad' Thomisidae) a niektoré druhy z príbuzného rodu *Philodromus*. Odlišnú fyziológiu majú druhy, ktoré hľadajú priamo v kôre alebo tesne pod ňou vo vrstve lyka: ich telo má valcovitý prierez. Patria sem predovšetkým známe lykožrúty (Scolytidae), ale aj ich predátory, napr. pestroš mravcový (*Thanasimus formicarius*) a malé poterníky z rodu *Hypophloeus* (udávaný aj ako *Corticeus*).

2. Synúzia lignikolov (= xylofilov). Druhy tejto skupiny, na rozdiel od korticikolov, nebývajú na prvý pohľad morfológicky nápadné (ak neberieme do úvahy bizarné skulptúry a niekedy krásne farby na dreve žijúcich chrobákov, ktorých význam je skôr maskovací až adaptačný. Drevný hmyz, najmä chrobáky, sú však obyčajne dosť chitinizované a vybavené silnými hryzadlami, ktoré im slúžia pri vyhryzení sa z dreva – pokiaľ nevyužívajú chodbičky iných druhov, resp. pokiaľ sa nekuklia mimo drevo (motýle). V tejto veľkej synúzii výrazne dominujú xylofágy, ktoré sú na drevo viazané aj troficky. Patrí sem veľká väčšina fuzáčov (Cerambycidae) a väčšia časť krasoňov (Buprestidae), črvotočov (Anobiidae), prevažne vzácných drevárikov (Eucnemidae), ktoré sú príbuzné kováčikom; a ďalší zástupcovia iných, málo známych čeľadi. Xylofily z iných radov sú pomerne menej frekventované – z blanokridlovcov je to napríklad

61 hoci viaceré druhy sa vyskytujú práve tak na bylinách alebo v detrite na povrchu pôdy (*Ozyptila* spp.), a jeden nápadne plochý druh tejto čeľade (*Coriarachne depressa*) je dokonca prevažne podkôrny.

pílówka veľká (*Urocerus gigas*), ktorá je napriek hrozivému výzoru úplne neškodná, z motýľov sú to podobníky (Sesiidae) a drevotoče (Cossidae). Predátorov – aspoň z kmeňa článkonožcov – je na dreve pomerne málo: okrem niekoľkých, prevažne vzácných pestrošov (Cleridae) možno spomenúť niektoré pavúky, žijúce na konároch a kmeňoch. Sú to napr. niektoré menej známe skákavky (*Pseudicius encarpatus* a *Marpissa muscosa*), ale i kvetárík (!) *Pistius truncatus*. Málo známe sú aj parazitoidy drevného hmyzu. Za všetkých spomenieme lumka veľkého (*Rhyssa persuasoria*), ktorého larvy parazitujú v larvách väčších fúzáčov. Spektrum potravných vzťahov tejto synúzie dopĺňajú početné hmyzožravé stromové vtáky – d'atle (*Dendrocopos* spp.), sýkorky (*Parus* spp.), brhlík obyčajný (*Sitta europaea*), kôrovník dlhoprstý (*Certhia familiaris*) a ďalšie, ktoré isto patria k najvýznamnejším predátorom spoločenstva arborikolov. Nasledujú tri synúzie (3, 4 a 5), ktoré majú toľko styčných plôch, že môžu byť interpretované ako jedna «komplexná synúzia». Bude zrejme stručnejšie, ale i prehľadnejšie, keď informácie o každej z nich zhrnieme v tabuľke 10.

Tab. 10. Stručný prehľad synúzií saproxylofágov, foveikolov a xylomycetofágov

Synúzia	3. Saproxylofágy	4. Foveikoly	5. Xylomycetofágy
Limitujúce faktory	Dostatok vhodného práchnivejúceho dreva bez evidentného trofického vzťahu k hubám (príslušná mykoflóra je však podmienkou rozkladu dreva!)	Stromové dutiny so sypkým, priemerne vlhkým (nie mokrým ani vyložené suchým) detritom, ktorý vzniká rozpadom dreva; dôležitá je priaznivá mikroklima	Práchnivejúce drevo s mycéliom a plodnicami viacerých druhov drevných húb (rody <i>Laetiporus</i> , <i>Polyporus</i> , <i>Pleurotus</i> , <i>Daedalea</i> , <i>Pholiota</i> , <i>Hericium</i> , <i>Antrrodia</i> ...)
Špecifické znaky	Prevažujú stredne veľké druhy s 1- až dvojročným generačným cyklom, niektoré s nočnou aktivitou	Prevažujú väčšie druhy s 2- až 4-ročným generačným cyklom, niektoré s nočnou aktivitou	Prevažujú malé druhy s pestrú kresbou (↓3 čeľade↓) s 1-ročným vývinovým cyklom
Zástupcovia	Roháčovité (Lucanidae), <i>Rhysodes sulcatus</i> príbuzný bystruškám, mnohé Elateridae, napr. kováčik krvavý (<i>Ampedus sanguineus</i>), veľmi vzácny kováčik 4-škvrnný (<i>Ampedus quadrisignatus</i>), potemníky, napr. <i>Uroma rufa</i> , <i>Tenebrio opacus</i> , veľmi vzácny <i>Menephilus cylindricus</i> a celé špecializované čeľade, napr. Melandryidae	Nosorožtek hnedý (<i>Oryctes nasicornis</i>)*, zlatoň tmavý [<i>Protaetia</i> (= <i>Liocola</i>) <i>lugubris</i>], zlatoň ligoťavý [<i>Protaetia</i> (= <i>Cetonischema</i> , <i>Potosia</i>) <i>aeruginosa</i>], pižmovec hnedý (<i>Osmoderma eremita</i>), kováčik hrdzavý (<i>Elater ferrugineus</i>) a kováčik červenošitý (<i>Ischnodes sanguinicollis</i>), z pavúkov je to napr. veľmi vzácna <i>Midia midas</i> z čeľade Linyphiidae	Niektoré potemníky, napr. potemník hubový (<i>Diaperis boleti</i>), potemník fialový (<i>Platydema violaceum</i>), potemník mriežkovaný (<i>Boletophagus reticulatus</i>) a celé špecializované čeľade chrobákov, napr. Mycetophagidae, Erotylidae a Endomychidae, známe prevažne len odborníkom

* nosorožtek sa už v prírode vyskytuje veľmi vzácne. Častejší je na pilách a drevospracujúcich prevádzkach, kde sú dlhšiu dobu ponechané tlejúce kopy pilín a drevného odpadu bez nejakých rušivých zásahov (prevracanie, vyhadzovanie tohto „nepotrebného“ materiálu do kontajnerov)... Biotopy chráneného nosorožteka si zasluhujú ochranu!

Poznámka k synúziám 3, 4 a 5: Druhy, ktoré žijú na starých, často dutých stromoch, na dreve v určitom štádiu rozkladu (v priamom, či nepriamom vzťahu k hubám), sú na tento substrát takmer vždy (aspoň v štádiu larvy) priamo troficky viazané, preto sme aj v názvoch synúzií použili príponu –fágy. Pre tieto zaujímavé spoločenstvá je inak charakteristický pomerne vzácny výskyt predácie – pokiaľ neberieme do úvahy niektoré druhy pavúkov alebo menej známych drobčikov (Staphylinidae), ktoré sa tu vyskytujú pravidelne alebo fakultatívne. Dravé sú však niektoré, najmä posledné instary lariev istých druhov, príkladom je napr. vzácny kováčik hrdzavý (*Elater ferrugineus*). Súčasťou týchto pestrých synúzií sú určite aj mnohé parazitoidy, táto problematika je však celkove veľmi málo preskúmaná.

II. 8. 5 Spoločenstvo myrmekofilov

Po dlhšom zvažovaní si táto synúzia zaslúžila samostatné spracovanie, a to i napriek tomu, že sa čiastočne prekrýva so synúziou edafických i arborikolných organizmov. Obsahuje však natolik špecializované a ekologicky i bioindikačne tak významné druhy, že samostatná podkapitola je opodstatnená. Termín, ktorý vznikol z gréčtiny (► tab. 7 na str. 85 – 86) je dosť frekventovaný a naznačuje viac-menej

výrazný vzťah živočíchov (ale i niektorých rastlín, osobitne semien) k mravcom. Synúzie myrmekofilov sú tak komplikované, že ich musíme hodnotiť podľa dvoch faktorov (schéma ↓), ďalším faktorom bude druh hostiteľského mravca. Problematika si bude vyžadovať podrobnejší komentár.

Rozdelenie topické	↗ druhy stromových (drevných) kolónií → druhy zemných a podkameňových kolónií ↘ druhy detritických, čiastočne nadzemných kolónií	Rozdelenie trofické	↗ synechtry → synekenty ↘ symfily
--------------------	--	---------------------	---

Prehľad spoločenstiev myrmekofilov na Slovensku (i v strednej Európe) obsahuje tabuľka 11 (↓) na nasledujúcej strane. V tabuľke nie sú všetky druhy, resp. rody mravcov. Sú tam len tie druhy hostiteľských mravcov, u ktorých je myrmekofília častá, alebo sa týka známejších a významných druhov. Mravce, vytvárajúce mraveniská v dutých stromoch a pňoch (sektor „▲“ v tabuľke) na prvý pohľad vyzerajú ako saproxylofágy, situácia je však v skutočnosti oveľa zložitejšia [kombinácia predácie a saproxylo(myceto)fágie], a podobne zložité sú aj synúzie myrmekofilov u týchto mravcov. Mravcov žijúcich v zemných kolóniách, veľmi často pod kameňom (sektor „■“ v tabuľke) je viac druhov a ich synúzie myrmekofilov nie sú troficky tak zložité – skoro úplne napr. chýbajú synechtry (vysvetlenie týchto menej frekvencovaných termínov bude v nasledujúcom odseku). Verejnosti sú asi najznámejšie mravce tretieho typu, ktoré budujú mraveniská zo sypkej detritickej hmoty, pričom mravenisko je čiastočne nadzemné (známy „kopček“) a čiastočne podzemné. Sú to známe lesné až lúčne mravce z okruhu *Formica rufa* (sektor „◆“ v tabuľke). Synúzie myrmekofilov u týchto mravcov sú početné z hľadiska počtu druhov aj počtu jedincov a sú relatívne zložité, pomerne málo sa tu však vyskytujú špecializované formy – synechtry a symfily.

Trofické vzťahy medzi hostiteľskými mravcami a myrmekofilmi sú dosť zložité, tejto problematike sú venované mnohé vedecké práce. I keď ide o menej známu problematiku (alebo možno práve preto), považujeme za potrebné aspoň stručne charakterizovať tri základné trofické skupiny v synúziách myrmekofilov:

1. **Synekenty** (v staršej českej literatúre «trpení hostia») žijú s mravcami v relatívne indiferentnom vzťahu. Požierajú v mravenisku rôzny odpad, zvyšky potravy, tlejúce substancie, exúvie, príp. mŕtve mravce. Pre svoju bioasanačnú funkciu sú v mravenisku udržiavané, a tým aj pasívne chránené. Medzi synekenty patria predovšetkým drobné druhy drobčikov (Staphylinidae), zväčša ťažko určiteľné, a všetky myrmekofilné pavúky. V prípade synekentov sa ešte vôbec nedá hovoriť o symbióze, ide nanajvýš o parabiózu!

2. **Synechtry** žijú s mravcami v nepriateľskom pomere, konzumujú ich vývinové štádiá a napádajú aj oslabené imága. Patria sem najmä pohyblivé a takmer stredne veľké (4 – 6 mm) drobčiky z rodu *Zyras* [žijú najmä u stromových mravcov, hlavne u mravca čiernošedého (*Lasius fuliginosus*), dva veľmi vzácne druhy u *Liometopum microcephalum*], drobčik *Quedius brevis* a tri nanajvýš vzácne drobčiky z rodu *Myrmoecia*, ktoré stoja troficky na prechode medzi synechtriou a symfiliou. Žijú výhradne u *Tapinoma erraticum* na xerothermných biotopoch.

3. **Symfily** dosiahli najvyšší stupeň adaptácie na takmer permanentný život v mravenisku. Toto prostredie nikdy neopúšťajú, okrem krátkeho času (rádovo iba hodiny) aktívnej migrácie; pričom niektoré extrémne špecializované slepé a imobilné druhy (*Claviger* spp.) sa dokonca bez mravcov nemôžu ani rozširovať. Symfily sú v dospelom a často i larválnom štádiu mravcami kŕmené, za čo im poskytujú sladkastý sekrét zvláštnych žliaz, ktorý tlmí prirodzenú agresivitu dravých mravcov. Larvy niektorých symfilov sa navyše prejavujú ako predátori v dolných poschodiach mraveniska. K symfilom patria niektoré drobčiky: napr. jedným z najväčších v strednej Európe (6 – 7 mm) je *Lomechusoides strumosus*, ďalej niektoré vzácne Pselaphidae (aj v okolí Banskej Bystrice žijúca *Centrotoma lucifuga*, slepé imobilné druhy z rodu *Claviger*), ale i najmenší zástupca rovnokrídlovcov – svrčík mraveniskový (*Myrmecophilus acervorum*). Bližšie informácie o tejto málo známej, ale interesantnej téme nájdete v článku prvého autora v časopise Hmyz (Franc, 2001b). Záverom je potrebné zdôrazniť, že zo všetkých myrmekofilov jedine u symfilov môžeme hovoriť o pravej symbióze, aj to iba o parciálnej, pretože symfil bez hostiteľa žiť nemôže, ale mravec pokojne áno.

Tab. 11. Prehľad spoločenstiev myrmekofilov v stredoeurópskom regióne

ZTK*	Druh hostiteľského mravca	Trof. kategória**			↓ *** Príklady
		sek	sech	sym	
▲ Stromové	<i>Lasius fuliginosus</i>	++	+++	+	Col: <i>Zyras</i> spp., <i>Quedius brevis</i> , <i>Gyrophypnus atratus</i> , <i>Thiasophila inquilina</i> , <i>Oxypoda vittata</i> , <i>Homoeusa acuminata</i> , <i>Amphotis marginata</i> ...
	<i>Lasius brunneus</i>	+++		+++	Col: <i>Batrisus formicarius</i> , <i>Batrisodes</i> spp., <i>Cholerus</i> spp., <i>Euconnus pragensis</i> , <i>Euryusa</i> spp., <i>Thoracophorus corticinus</i> , <i>Haploglossa marginalis</i> , <i>Rhopalocerus rondanii</i> , <i>Pleganophorus bispinosus</i> ...
	<i>Liometopum microcephalum</i>	+	+		Col: <i>Zyras ruficollis</i> , <i>Z. hampei</i> , <i>Homoeusa paradoxa</i>
■ Zemné a podkameňové	<i>Lasius flavus</i> + <i>L. niger</i>	+++	(+)	+	Col: <i>Claviger testaceus</i> , <i>Hetaerius ferrugineus</i> , Auch: <i>Tettigometra atra</i> , Ort: <i>Myrmecophilus acervorum</i> , On: <i>Platyarthrus hoffmannseggii</i>
	<i>Lasius umbratus</i>			+	Col: <i>Claviger longicornis</i>
	<i>Myrmica</i> spp.			++	Col: <i>Lomechusa emarginata</i> , <i>L. paradoxa</i> , <i>Lamprinodes saginatus</i>
	<i>Formica sanguinea</i>	(+)		+	Col: <i>Lomechusoides strumosus</i> , <i>Dinarda dentata</i>
	<i>Formica lemani</i>	+			Ar: <i>Evansia merens</i>
	<i>Tetramorium caespitum</i>	++		++	Ar: <i>Acartauchenius scurrilis</i> , Th: <i>Atelura formicaria</i> , Col: <i>Satrapes sartorii</i> , <i>Centrotoma lucifuga</i> , <i>Chennium bituberculatum</i> , <i>Euconnus chrysocomus</i> , <i>Trogophloeus punctatellus</i> ...
	<i>Messor structor</i>	+		+	Ar: <i>Mastigusa arietina</i> , Col: <i>Attaepphilus arenarius</i> , <i>Thorictus</i> spp.
◆ Detritické	<i>Tapinoma erraticum</i>			++	Col: <i>Myrmoecia plicata</i> , <i>M. confragrosa</i> , <i>M. perezi</i>
	<i>Formica rufa</i> agg.	++	+	+	Col: <i>Quedius brevis</i> , <i>Thiasophila</i> spp., <i>Monotoma</i> spp., <i>Emphyllus glaber</i> , <i>Corticaria longicollis</i> , <i>Ptilium myrmecophilum</i> ...
	<i>Formica pratensis</i>	+++			Col: <i>Myrmetes paykulli</i> , <i>Stenus aterrimus</i> , <i>Thiasophila lohsei</i> , <i>Oxypoda pratensisicola</i> , <i>Dinarda dentata</i> , <i>Myrmecixenus</i> (= <i>Myrmecoxenus</i>) <i>subterraneus</i> ...

Vysvetlivky: *ZTK základná topická kategória, **sek synekenty, sech synechtry, sym symfily; ↓*** skratky radov článkonožcov: **Col** Coleoptera (chrobáky), **Auch** Auchenorrhyncha (cikády), **Ort** Orthoptera (rovnokrídlavce), **On** Oniscoidea (žížalky), **Ar** Araneae (pavúky), **Th** Thysanura (švehy); + početnosť zastúpenia trofickej kategórie

II. 8. 6 Spoločenstvo obyvateľov brlohov a nôr

Ide o ďalšiu málo známu synúziu, pre ktorú by sme mohli použiť termín **nidikoly** (z latinského *nidus* = hniezdo, obydlie, prenesene brloh), ktorý bol použitý už v starých prácach Roubala (1930). V detrite a podstielke hniezd a nôr nájdeme niekedy bohaté spoločenstvo rôznych roztočov (Acarina), malých drobkov (Staphylinidae), no hlavne bích (Siphonaptera) a švol (Mallophaga), z ktorých najmä medzi švolami sa nájdu monoxénne ektoparazity. [Vši (Anoplura) sú ektoparazity iba cicavcov, a zdržujú sa nie v podstielke, ale takmer výhradne v srsti hostiteľa.] K nidikolom môžeme zaradiť aj niektoré špecializované keratofágy, ktoré nájdeme na zvyškoch srsti, peria a koristi u dravcov. Sú to niektoré kožiare (Dermestidae) a druhy rodu *Trox* (čelad' Trogidae z príbuzenstva skarabeusovitých).

II. 8. 7 Merocenóza a sukcesia

Takmer všetky predchádzajúce synúzie sú svojím zložením prakticky konštantné (ak neberieme do úvahy striedanie ročných období). Existujú však synúzie, ktoré sa (rýchlejšie či pomalšie) menia, a to **vždy ireverzibilným spôsobom**. Sú to synúzie, ktorých zloženie je funkciou času, presnejšie povedané,

funkciou deštrukcie materského substrátu. Takéto synúzie nazývame **merocenózy** (z gréckeho *meros* = čiastkový, členený a *coenos* = spoločný → spoločenstvo). Nasledujúci príklad je doslova klasický:

Na okraji lesa uhynula liška. Možno vekom, možno parazitmi, možno na besnotu. Po niekoľkých hodinách prilietajú ♀ múch, aby na telo nakládli vajíčka. Larvy múch vždy začínajú s dekompozíciou. Po 3 – 4 dňoch (v závislosti od počasia) prilietajú hrobáriky. Snažia sa trochu podhrabať mŕtvolu a potom aj oni kladú vajíčka. Medzitým prvá generácia mušíc lariev dokončila vývin a je už v kuklách. Prilietajú ďalšie muchy, často iných druhov. Hnilobné baktérie v tejto dobe už dokončujú rozklad bielkovín. Proteolytické enzýmy štiepia peptidické väzby. Mŕtvola v tejto fáze rozkladu veľmi nepríjemne zapácha. Prilietajú ďalšie hrobáriky a im príbuzné chrobáky. Mŕtvola pomaly stráca vodu. Začína sa etapa saponifikácie tukov, uskutočňovaná zas inými baktériami. Dehydratácia pokračuje, zo svaloviny už nezostalo takmer nič. Ostala len kostra, pokrytá kožou a šľachy. Prilietajú kožiare, blyskáčky a ďalšie chrobáky. O mesiac na to už z lišky zostala len kôпка kostí a vysušeného väziva. Sú tu ešte niektoré špecializované (keratofágne) chrobáky, aby zužitkovali posledné zvyšky organických látok z tela ešte pred rokom peknej a bystrej hrdzavej šelmy.

To, čo sme na predchádzajúcich riadkoch opísali, bola stručná história jednej nekromerocenózy – dočasného spoločenstva nekrofágnych organizmov na tele jedného živočícha, ktorého funkcia v ekosystéme sa už skončila. Dekompozitory sa postarali o to, aby sa molekuly jeho tela opäť vrátili do kolobehu látok. Funkcia dekompozitorov – rozkladačov je v tomto prípade veľmi dôležitá, lebo hnijúce živočíšne telo je zdrojom mnohých jedovatých látok (pre ekosystém ako celok nežiaducich) a infekcie. Nebyť ich, tak lesy a celá príroda by boli zamorené odpadom primárnych producentov a uhynutými telami, a ekosystémy by vlastne vôbec nemohli existovať. Poznáme však aj iné typy merocenóz: Je to napr. spoločenstvo organizmov na vyvrátenom a práchnivejúcom strome alebo na hniúcich plodniciach húb. V oboch prípadoch sa štruktúra tohto spoločenstva mení v závislosti od postupujúceho rozkladu substrátu – zásadný rozdiel je iba v rýchlosti: Merocenózy na hniúcich hubách trvajú spravidla veľmi krátko, kým rozklad odumretého mohutného stromu trvá desiatky rokov.

Proces štrukturálnych zmien spoločenstva alebo jeho časti, ktorý prebieha v čase, sa nazýva **sukcesia** (z latinského *successio* nástupníctvo, prenesene postupnosť). Sukcesiu predstavuje nesezónny, smerovaný a spojený proces kolonizácie a zániku populácií jednotlivých druhov na určitom mieste. Tvorí ju mnoho sukcesných štádií, ktoré sa prejavujú v rôzne dlhých časových úsekoch a sú výsledkom pôsobenia rozličných základných mechanizmov (Begon et al., 1997).

V zásade môžeme hovoriť o sukcesii na dvoch úrovniach (v dostupnej prírodovednej, lesníckej a ekologickej literatúre sa obyčajne spomína a analyzuje tá druhá):

- **Sukcesia dekompozičná** sa týka vyššie opisovaných ‘čiastkových spoločenstiev’ – merocenóz. Konečným stavom dekompozičnej sukcesie je deštrukcia, presnejšie mineralizácia substrátu; spoločenstvo dekompozitorov na konkrétnom mieste zaniká. Samozrejme, že nezaniká úplne, len „sa presúva“ na iný mikrobiotop, kde sa vytvorili podmienky pre vznik takéhoto spoločenstva (úhyn zvierat’a, pád stromu).
 - **Sukcesia klimaxová** – prebieha na úrovni celého ekosystému cez niekoľko sukcesných štádií, pričom každé toto štádium je členom **sukcesnej série**. Jednotlivé štádiá sa od seba líšia druhovým zložením, priestorovou štruktúrou a podmienkami prostredia. Sú to kontinuálne navzájom prepojené stupne, kedy sú v spoločenstve súčasne druhy štádia minulého a druhy, ktoré sa novo do spoločenstva šíria, a ktoré sú už tu v dôsledku nových podmienok prostredia a sú nositeľmi nového štádia. Na terestrických – suchých, stanovištiach sa sukcesná séria nazýva **xeroséria**. Na biotopoch, kde nie je voda limitujúcim faktorom ide o **mezosériu**. Sukcesná séria pri zazemňovaní (zarastaní) vodných biotopov (mokradí) sa nazýva **hydroséria** (Križová, 2001). Sukcesia sa vyznačuje tým, že pri nej prebiehajú štrukturálne a funkčné zmeny (Vanková et al., 2008):
1. celková biomasa spoločenstva vzrastá, v klimaxe dosahuje maximum. Nízke druhy sú nahradzované vysokými s vyššou biomasou jedinca;
 2. jednoročné, príp. dvojročné rastliny sú nahradzované trvácimi, najskôr výbežkatými a trsnatými rastlinami (hemikryptofyty) a potom nasledujú kry a stromy (fanerofyty);

3. stúpa pokryvnosť a listová plocha. Horizontálna štruktúra porastu sa stáva zložitejšou, tým sa zdokonaľuje využitie slnečného žiarenia primárnymi producentami;
4. rastie celková vertikálna diferencovanosť, vytvára sa etážovitosť;
5. štruktúra celého ekosystému sa stáva zložitejšou a v klimaxe dosahuje maximum;
6. druhová diverzita spoločenstva často stúpa, tým väčšinou nastáva pokles dominancie a vzrastá vyrovnanosť spoločenstva;
7. celková primárna produkcia stúpa, neskôr sa ustáli. Hrubá produkcia biomasy prepočítaná na jednotku biomasy klesá a v klimaxe sa ustáli.

Predstavme si situáciu, že zo svahov vysokej hory spadne lavína. Značne pritom poškodí alebo i celkom zničí porast – vznikne tzv. lavínová dráha. Veľmi podobná situácia vznikne, ak je les vyrúbaný človekom a obnažená pôda je ponechaná na samovývoj. Dosť rýchlo, spravidla už na druhý rok, nastupuje prvé štádium sukcesie – **krovinatá vegetácia**: ostružiny (*Rubus* spp.), liesky (*Corylus avellana*), baza červená (*Sambucus racemosa*) a mnohé iné druhy. Porast sa v priebehu niekoľkých rokov „zahusťuje“ – pribúdajú krátkoveké stromy tzv. prípravného lesa: brezy (*Betula* spp.), vŕba rakyta (*Salix caprea*), osika (*Populus tremula*), na teplejších miestach aj javor poľný (*Acer campestre*), hloh (*Crataegus* spp.) a iné. Tomuto druhému štádiu sukcesie hovoríme aj **štádium iniciálneho lesa**. Prebieha tu boj o život a porast je často hustý, ťažko priechodný. Až o veľa rokov (25 – 30, alebo i neskôr), sa začínajú v poraste uplatňovať dlhoveké stromy (buky, duby, vo vyšších polohách smrek a jedle), ktoré postupne získavajú úplnú prevahu. Les po dlhej dobe (obyčajne je to 100 rokov alebo ešte o niečo viac) dospel do svojho finálneho štádia – **klimaxu**.

Klimaxové štádium najlepšie zodpovedá ekologickým (pôdnym, klimatickým, hydrologickým) podmienkam konkrétneho stanovišťa a (pokiaľ do neho nezasiahne človek alebo živelná katastrofa), má tendenciu zotrvať na tomto stanovišti veľmi dlhú dobu – rádovo stovky i tisíce rokov. Klimax ako záverečné štádium sukcesie je určený predovšetkým makroklimatickými podmienkami krajiny a vývojovo vyspelým stavom pôd odpovedajúcim makroklimatickým podmienkam a preto sa označuje ako **klimatický klimax**. V našej zemepisnej šírke je v nížinách až v podhorskom stupni klimaxom zmiešaný opadavý les rôzneho zloženia. V horskom stupni sú to smrečiny s horskými podzolmi, v subalpínskom pásme kosodreviny a v alpínskom pásme alpínske pralúky. Takéto klimaxové porasty sa u nás zachovali žiaľ už iba v lesných rezerváciách (našťastie je ich relatívne veľký počet), alebo na ťažko prístupných miestach v horách. V niektorých prípadoch sa stáva, že sukcesný sled nedospeje ku klimaxovému štádiu, ale, že sa zastaví v určitom štádiu vývoja. Je to vtedy, ak pôdne podmienky znemožňujú tvorbu vyspelých pôd, ak niektorá z abiotických podmienok je taká výrazná, že zablokuje ďalší sukcesný vývoj. Vznikajú trvale blokované sukcesné štádiá nazývané **edafický klimax**, napr. lužný les na riečnych alúviách, borina na pieskoch a skalách, skalné stepi a pod.

V literatúre sa môžeme stretnúť ešte s jedným aspektom – rozdelením sukcesie na primárnu a sekundárnu:

- **primárna sukcesia** prebieha na miestach, kde sa ešte nikdy predtým neutvorilo spoločenstvo živých organizmov. Dochádza ku nej jednak na prirodzených habitatoch ako sú pieskové duny, územia zasiahnuté lávou, masívnym zosuvom pôdy, či pohybom ľadovca a taktiež tých, ktoré boli vytvorené ľudskou aktivitou, napr. lomy či skládky odpadu. V týchto prípadoch môžeme sledovať vznik pôdy a celého ekosystému doslova od nuly. Zásadnú úlohu v prvých fázach primárnej sukcesie majú zrejme „pionierske organizmy“ – lišajníky a machy, až po niekoľkých rokoch (keď sa vytvorí aspoň tenká vrstva pôdy), môže nastúpiť bylinná, a ešte o niečo neskôr stromová vegetácia. Dĺžka primárnej sukcesie trvá obvykle niekoľko stoviek rokov (napr. sukcesia na území po ústupe ľadovca). K obnaženiu substrátu však dochádza aj na malých plochách, kde sa potom časový úsek skracuje, a je daný charakterom spoločenstva;
- **sekundárna sukcesia** sa týka všetkých ostatných prípadov sukcesných procesov v už existujúcich spoločenstvách na ploche, z ktorej bola čiastočne alebo úplne odstránená vegetácia, ale zachovala sa dobre vyvinutá pôda so semenami a diaspórami, čo umožňuje rýchlejší priebeh procesu. Sekundárna sukcesia na opustenom poli, v prípade, že bude plynúť kontinuálne bez narušenia, trvá približne 100 až 300 rokov (Begon et al., 1997).

Podľa Tilmana et al. (1988) in Begon et al. (1997) ovplyvňuje rýchlosť sukcesie množstvo živín. Schopnosť konkurencie jednotlivých druhov sa mení s množstvom dusíka v pôde a s jeho postupným pribúdaním v priebehu sukcesie sa mení dominantné postavenie druhov. Dostupnosť svetla sa však v priebehu sukcesie znižuje. Relatívna dostupnosť týchto zdrojov je preto považovaná za hlavné faktory ovplyvňujúce dominanciu druhov ktorejkoľvek fázy sukcesie suchozemských spoločenstiev. Okrem týchto faktorov však priebeh sukcesie ovplyvňuje aj mnoho ďalších faktorov napr. kolonizačná schopnosť druhov, maximálna rastová rýchlosť a reakcia na poškodenie pastvou.

S prihliadnutím na skutočnosť, že ekosystémy sú (ale aj v minulosti boli) permanentne narušované,⁶² teoretické zovšeobecnenie sukcesie si vyžaduje rozlišovať sukcesiu založenú na predpoklade konštantných vlastností prostredia (klasická koncepcia sukcesie) a sukcesiu založenú na predpoklade permanentných fluktuácií jeho ekologicky významných parametrov (Vološčuk, 2013).

Kontrolné otázky a tézy na zamyslenie:

1. Predstavte si spoločenstvo pôdných organizmov ako pyramídu trofických vzťahov (str. 124). Aké trofické kategórie tu môžeme pozorovať a skúmať?
2. Aký je význam pôdných organizmov (od najmenších po veľké) pre pôdotvorný proces?
3. U jaskynného hmyzu dochádza k redukcii očí, krídel i pigmentácie. Ktorý z hlavných zákonov biológie to vysvetľuje?
4. Demonštrujte na príklade herbikolov vzťahy medzi rastlinami a živočíchmi. Ktoré trofické skupiny herbikolov poznáte? Čím „pomáhajú“ živočíchy rastlinám?
5. Skúste aspoň stručne načrtnúť zložitú topicko-trofickú stratifikáciu spoločenstiev stromových (arborikolných) živočíchov. Aké sú predpoklady účinnej ochrany týchto živočíchov?
6. Merocenóza je dočasné spoločenstvo, ktoré sa končí vyčerpaním (mineralizáciou) substrátu. Aké mechanizmy zabezpečujú pokračovanie merocenózy v inom čase a na inom mieste?
7. Aký je rozdiel medzi ‘veľkou’ (ekosystémovou) a ‘malou’ (merocenotickou) sukcesiou? Čo je výsledkom prvej a čo druhej?

II. 9 Ekosystém

Ekosystém (ekologický systém) je štrukturálny a funkčný celok biocenózy a jej prostredia. Medzi spoločenstvom a prostredím (živou a neživou zložkou) prebieha neustála výmena látok, energie a informácií. Spoločenstvo je ovplyvnené a prispôbené prostrediu, v ktorom žije, no zároveň každé spoločenstvo spätne ovplyvňuje, mení a pretvára toto prostredie. Humorne by sa dalo povedať, že spoločenstvo si prispôsobuje svoje prostredie, a potom sa musí samo prispôbovať takto zmenenému prostrediu. Tieto vzájomné prispôsobovania pokračujú nepretržite od vzniku ekosystému až po jeho zánik.

Ekosystém je **základnou funkčnou jednotkou** prírody. Jeho hranice sú zvyčajne dané geomorfologickou štruktúrou krajiny alebo typom vegetácie. Ekosystémom môže byť les, lúka, močiar, jazero, potok, ale aj záhradka či skleník v nej. Najväčším ekosystémom je biosféra. Ekosystémy môžeme rozlíšiť na suchozemské a vodné, alebo na prirodzené (prírode blízke) a umelé.

- **Prirodzené ekosystémy** majú viac-menej uzavreté kolobehy látok a všetku energiu potrebnú na svoje fungovanie a udržanie svojej štruktúry čerpajú zo slnka.
- **Umelé ekosystémy** potrebujú okrem slnečnej energie ešte prísun dodatkovej energie. Túto energiu dodáva väčšinou človek svojou prácou (okopávanie záhradky, oprava ciest a budov...), resp. je do ekosystému dodávaná v podobe rôznych umelých – neprirodzených súčastí (umelé hnojivá, pesticídy a pod.). Pokiaľ by umelý ekosystém zostal bez tejto dodatkovej energie, jeho stabilita by bola narušená, došlo by k jeho degradácii a skôr či neskôr by bol nahradený prirodzeným ekosystémom.

⁶² nielen človekom, ale aj prírodnými disturbanciami (lavíny, víchrice, povodne, zemetrasenia, vulkanická činnosť)

II. 9. 1 Štruktúra ekosystému

Každý ekosystém sa skladá zo **štyroch základných funkčných zložiek**:

1. **Biotop**, ktorý predstavuje súhrn všetkých abiotických súčastí prírody. Biotop vlastne vytvára prostredie pre ostatné, živé zložky ekosystému. Biotop zahŕňa geologický podklad, abiotické zložky pôdy ale aj klimatické podmienky príslušného miesta. K abiotickej zložke prostredia patria aj všetky neživé organické látky (odumretá organická hmota, humusové látky a pod.).
2. **Producenti** sú autotrofné organizmy (➡ str. 127), ktoré dokážu vo svojom tele z prijatých anorganických látok vytvárať za pomoci energie organické látky, čím produkujú organickú hmotu, ktorá je priamo alebo nepriamo zdrojom potravy pre všetky heterotrofné organizmy. Producentmi sú všetky zelené rastliny obsahujúce chlorofyl (vyššie aj nižšie), ale aj všetky chemoautotrofné mikroorganizmy (nitrifikačné, sírne, metánové baktérie a pod.).
3. **Konzumenti** sú heterotrofní makrokonzumenti živiaci sa rastlinnou alebo živočíšnou organickou hmotou. Patria sem všetky živočíchy, ale aj vyššie nezelené rastliny bez chlorofylu.
4. **Dekompozítori** sú heterotrofní mikrokonzumenti rozkladajúci organickú hmotu, pričom uvoľňujú minerálne látky, ktoré môžu opäť využívať producenti. Patria k nim najmä baktérie, plesne a huby.

Tieto štyri zložky sú nevyhnutné pre fungovanie ekosystému. Prostredie ponúka priestor na osídlenie, niektoré zdroje, a vplýva na organizmy určitými faktormi. Producenti majú nezastupiteľnú úlohu pri produkcii organickej hmoty, ktorú využívajú všetky ostatné organizmy. Živočíchy sa ako predátori podieľajú na regulácii veľkosti populácií svojej koristi, a často tak zaisťujú koexistenciu druhov, ktoré by ináč nemohli kvôli vzájomnej konkurencii spolu existovať. Mnoho živočíchov navyše poskytuje rastlinám dôležité služby ako opelenie a šírenie semien. Huby a nespočetné množstvo mikroorganizmov sa podieľajú na rozklade organickej hmoty, čím zabezpečujú dostatok živín pre rastliny a ostatné autotrofné organizmy. Okrem toho často zohrávajú dôležitú úlohu ako symbionti, pomáhajúci ostatným organizmom využívať najrôznejšie zdroje.

Nie všetky druhy zohrávajú v spoločenstve rovnako dôležitú úlohu. Mnohé druhy sú vzájomne nahraditeľné, a ku zmenám fungovania ekosystému dôjde až po odstránení celého súboru týchto organizmov. Odstránenie iných druhov však môže mať katastrofálne následky. Tieto druhy patria buď medzi tzv. ekologické dominanty alebo medzi kľúčové druhy celého ekosystému. **Ekologické dominanty** predstavujú organizmy, ktoré tvoria značnú časť spoločenstva (napr. z hľadiska početnosti), a preto zásadným spôsobom určujú jeho štruktúru a dynamiku. Často priamo vytvárajú prostredie pre ostatné druhy. Typickým príkladom sú stromy v lesnom ekosystéme, tráv v stepných oblastiach, a koralové útesy na koralových útesoch. **Kľúčové druhy** sú také, ktorých význam pre štruktúru celého ekosystému je podstatne väčší, ako by zodpovedalo ich početnosti. Často sú to predátori regulujúci veľkosť populácií tých organizmov, ktoré ako potravný zdroj využívajú dominantu. Odstránenie týchto predátorov môže viesť priamo k ohrozeniu dominanty a tým aj celého spoločenstva. Niekedy kľúčové druhy zásadným spôsobom ovplyvňujú fyzikálne podmienky celého spoločenstva (napr. dažďovky zásadne ovplyvňujú vlastnosti pôdy). Medzi kľúčové druhy patria aj rôzne symbiotické organizmy, ktorých činnosť je úplne nenápadná a uvedomíme si ju, až keď začnú v ekosystéme chýbať. Bez detailných znalostí jemných väzieb medzi organizmami v ekosystémoch sa nedá odhadnúť, ktoré zmeny spôsobia aké následky. Každý druh môže potenciálne hrať určitú kľúčovú úlohu v dynamike celého systému. Aj druhy relatívne nahraditeľné sa za zmenených podmienok môžu stať kľúčovými.⁶³

Základnou funkčnou vlastnosťou každého ekosystému je kolobeh látok a jednosmerný tok energie. Tento prenos látok a energie prebieha cez sériu konzumujúcich a konzumovaných organizmov (➡ kapitola II 4), teda cez **potravný reťazec**. Potravný reťazec sa skladá z niekoľkých článkov – **trofických úrovní**. Počet týchto úrovní býva obmedzený zvyčajne na 4 až 5. Najbežnejším príkladom býva trofický reťazec začínajúci autotrofným producentom (rastlina). Na tento článok nadväzuje fytofágný konzument

⁶³ preto je dôležité chrániť všetky ohrozené druhy. Vyhynutie jedného z nich nemusí mať žiadne negatívne dôsledky, ale na druhej strane môže spustiť kaskádu reakcií, ktoré budú mať v konečnom dôsledku katastrofálne následky pre celý ekosystém. Nakoľko poznáme iba minimum interakcií prebiehajúcich v ekosystémoch, nevieme dopredu odhadnúť, ktorý druh akú úlohu zohráva, resp. čo nastane po jeho odstránení z ekosystému.

(bylinožravec), ktorý sa stáva potravou zoofágneho konzumenta (predátora). Tento reťazec môže ešte ďalej pokračovať predátorom loviacim iných (menších) predátorov. Takémuto potravnému reťazcu hovoríme **pastevno-koristnícky (herbivorný) potravný reťazec**. Charakteristickou črtou tohto reťazca je, že na jednotlivých trofických úrovniach sa zväčšuje veľkosť tela živočíchov a zmenšuje sa ich populačná hustota. Okrem tohto bežne známeho reťazca existujú v každom ekosystéme ďalšie dva základné typy potravných reťazcov: **Parazitický reťazec** začína hostiteľom, ktorý je základným zdrojom potravy, pokračuje parazitom a končí hyperparazitom (parazitoidom). Na jednotlivých trofických úrovniach sa v tomto reťazci veľkosť tela zmenšuje a ich početnosť sa zvyšuje. **Dekompozičný (detritový) reťazec** vedie od odumretej hmoty cez nekrofágy a saprofágy k mikroorganizmom, ktoré mŕtvu organickú hmotu premenia späť na minerálne látky. Na jednotlivých trofických úrovniach sa veľkosť tela dekompozítorov zmenšuje a ich populačná hustota sa zvyšuje až do veľmi vysokého počtu.

Všetky potravné reťazce bývajú pomerne krátke. Nie je úplne jasné prečo to tak je, ale pravdepodobne to bude tým, že pre mäsožravce nie je veľmi výhodné živiť sa inými predátormi, ktorí sú vo všeobecnosti dosť veľkí, silní, obratní a málo početní. Treba si uvedomiť, že na ulovenie „šikovného“ predátora je potrebné vynaložiť veľa energie, a tak je čistý zisk energie z potravy na vyšších priečkach trofického reťazca čoraz menší. Teoreticky, ak by potravné reťazce boli dlhšie, mohlo by sa na určitej úrovni stať, že zisk energie z potravy sa vyrovná jej výdaju pri love. Na vyšších priečkach by potom už predátor získal z koristi menej energie, ako vynaložil na jej ulovenie a paradoxne by «zahynul od hladu s plným žalúdkom». Energia sa totiž z potravného reťazca postupne stráca. Z organickej hmoty vyprodukovanej rastlinami spotrebujú živočichy asi 10 – 20 %. Zvyšok rozložia dekompozítori späť na minerálne látky, ktoré môžu rastliny opäť využiť. Energia, ktorá sa z rastlín dostane k bylinožravcom, sa opäť postupne stráca. Časť vo forme tepla vznikajúceho pri metabolizme, a časť uniká močom a exkrementami. Iba malé množstvo energie je premenené na biomasu príjemcu. Len táto malá časť je potom dostupná pre ďalšieho konzumenta na vyššej trofickej úrovni. Tento konzument dokáže z tejto energie využiť tak isto iba malú časť, a väčšinu stratí (teplo, moč, trus...). Potravné reťazce samozrejme nie sú v ekosystéme vzájomne izolované, ale nadväzujú na seba a vzájomne sa rôzne prelínajú. Podľa potravných nárokov môže jeden druh zaujímať jednu alebo viacero trofických úrovní.⁶⁴ U mnohých živočíchov sa potravné nároky počas života menia (u hmyzu je častým javom, že larva sa živí inou potravou ako imágo).⁶⁵ Takto sú trofické reťazce vzájomne pospájané na mnohých úrovniach do **zložitých potravných (trofických) sietí**, ktoré určujú dynamiku a zabezpečujú rovnováhu celého ekosystému.

Populácia každého druhu je v týchto zložitých vzťahoch ovplyvňovaná populáciami iných organizmov v spoločenstve. Rozhodujúce sú pri tom potravné vzťahy. Predátor závisí na koristi, ktorá ich spätne ovplyvňuje. Sám predátor sa môže stať korisťou iného predátora atď. Okrem týchto **priamych vzťahov** sa v ekosystéme uplatňuje aj **nepriame pôsobenie** populácií. Ak predátor redukuje populáciu koristi, ovplyvní tým nielen populáciu samotnej koristi (priame pôsobenie), ale aj populácie ďalších predátorov, ktorí sa živili tou istou korisťou (nepriame pôsobenie), a teda aj populácie ich koristi. Takýmito nepriamymi vzťahmi je prepojený celý ekosystém, a zmena ktorejkoľvek populácie môže ovplyvniť populácie všetkých ostatných druhov. Každá populácia je v spoločenstve ovplyvňovaná buď tlakom predátorov, alebo dostupnosťou a dostatkom potravy (koristi). Ak je veľkosť populácie limitovaná prevažne predátormi, hovoríme o **pôsobení (regulácii) zhora**. Nezáleží na tom, ako bude kolísať množstvo koristi, pretože jej bude vždy relatívny nadbytok. Ak bude pôsobenie predátorov menej výrazné, populácia koristi sa môže množiť až do tej miery, že rozhodujúci vplyv začne mať obmedzené množstvo zdrojov a vnútro-druhová konkurencia. Tomuto stavu hovoríme **pôsobenie (regulácia) zdola**. Každá populácia môže byť

64 existujú jazerá, v ktorých žijú iba dravé ryby, ktoré sa živia v dospelosti výhradne inými rybami. Prežiť môžu preto, že sa živia mladými rybami svojho vlastného druhu, ktoré sa živia bezstavovcami. Dva články potravného reťazca sú tvorené jedným druhom. Takáto rybia populácia (teda potravný reťazec) môže mať veľmi zložitú dynamiku: zvýšenie množstva dospelých rýb vedie k väčšej produkcii ikier, a zároveň k zníženiu počtu mladých rýb, teda vlastne k budúcnemu zníženiu počtu dospelých rýb. Tento zložitý proces ešte viac komplikuje vnútro-druhová konkurencia medzi rybami rovnakého veku;

65 a niekedy žije i v inom prostredí (alebo dokonca biocykle), takže možno oprávnené tvrdiť, že tie druhy obsadili vlastne dve, niekedy dosť odlišné niky: larva vodomila čierneho (*Hydrophilus piceus*) je sladkovodný predátor, kým imágo je fytofág; larva vážky je odvážnym predátorom v limnickom živle, kým imago je rovnako zdatným vzdušným lovcem, a pod.

regulovaná iba jedným spôsobom (pretože sa navzájom vylučujú). O tom, ktoré pôsobenie prevládne, rozhoduje postavenie danej populácie v potravnom reťazci. Populácie vrcholových predátorov sú regulované iba množstvom koristi (zdola), pretože už nad sebou nemajú žiadneho ďalšieho predátora. Na ich korisť bude pôsobiť veľký predачný tlak (regulácia zhora), takže sa nerozmnoží tak, aby svojou predáciou významne ovplyvňovala nižší článok trofického reťazca. Druhy na tomto nižšom článku sa teda môžu rozmnožiť až na úroveň, kde ich zadrží nedostatok zdrojov (budú regulované zdola) a budú silne ovplyvňovať nasledujúci článok reťazca. Efekt predácie sa takto prenáša do všetkých článkov potravného reťazca – hovoríme o **predачných kaskádach**. V typickom potravnom reťazci sa pravidelne striedajú populácie regulované predátormi (zhora) a regulované množstvom zdrojov (zdola).

Zložitá sieť potravných väzieb má veľmi tesný vzťah so **stabilitou spoločenstva**, a teda aj celého ekosystému. Čím bohatšia a rozmanitejšia je trofická štruktúra, tým stabilnejší je aj príslušný ekosystém. Trofická štruktúra ekosystému je, samozrejme, tým bohatšia a rozmanitejšia, čím väčšia je druhová diverzita biocenózy. Na tomto trofickom vzťahu funguje princíp závislosti medzi druhovou diverzitou a stabilitou ekosystému. Fungovanie tohto princípu sa dá ľahko vysvetliť pomocou potravných vzťahov medzi populáciami rôznych druhov. Predstavme si ekosystém, v ktorom by bola populácia predátora potravné viazaná iba na jediný druh koristi a naopak. Táto jediná trofická väzba by nebola schopná zabezpečiť stabilitu a celý systém by bol veľmi labilný. Malá početnosť predátora by spôsobila premnoženie koristi, to by viedlo k zvýšeniu početnosti predátora a vysoká početnosť predátora by mohla viesť k vyhubeniu koristi. Tým by následne vyhynula aj populácia predátora. Jediná trofická väzba by viedla k drastickým výkyvom početnosti oboch populácií. Ak ale bude predátor viazaný na dva druhy koristi, tak pri nedostatku jednej sa automaticky preorientuje na populáciu druhú. Tým sa zníži predачný tlak na prvú populáciu, ktorá sa opäť môže rozrásť. Toto striedanie sa bude opakovať, čo do značnej miery obmedzí prudké výkyvy početnosti. Čím väčší bude počet druhov potenciálnej koristi predátora, tým stabilnejšie a miernejšie bude kolísanie početnosti všetkých druhov v tomto systéme. K stabilite ekosystémov prispieva aj to, že žiadny druh koristi nie je potravou výlučne jedného druhu predátora. Tento princíp platí na všetkých trofických úrovniach. Ekosystém zložený z väčšieho počtu polyfágnych druhov bude omnoho stabilnejší, ako ekosystém z malého počtu monofágnych druhov. Dôkazom sú katastrofálne premnoženia škodcov v lesných a poľných monokultúrach. Komplexná a bohato rozvinutá sieť trofických väzieb (vrátane čerpania minerálnych živín rastlinami) je hlavným mechanizmom, ktorý riadi a udržiava vyvážený stav ekosystému. Trofická sieť je zároveň hlavným mechanizmom pôsobenia negatívnej spätnej väzby. (Negatívna spätná väzba je proces, ktorý pôsobí proti zmene, ktorá ho vyvolala. Napr. ak dôjde k premnoženiu koristi, vyvolá to následné premnoženie predátorov, čo vráti populáciu koristi späť do normálnej početnosti.) Vďaka pôsobeniu negatívnej spätnej väzby sa výchyľky ekosystému zo stabilného stavu spôsobené vonkajším zásahom vrátia naspäť do pôvodného stavu. Väčšie zásahy však môžu vyvolať reťaz ďalších zmien, ktoré ekosystém definitívne vychýlia z rovnováhy. To môže viesť k inému stabilnému stavu, ktorý z určitého pohľadu môže predstavovať katastrofu (vyhynutie všetkých druhov spoločenstva je tiež rovnovážny stav). Rôzne ekosystémy majú samozrejme rôznu schopnosť odolávať vonkajším zásahom. V ekológii stabilitu ekosystému rozlišujeme na **rezistenciu (odolnosť)** a **rezilienciu (pružnosť)**. Rezistencia je schopnosť priamo odolať vonkajším zásahom bez toho, aby v ekosystéme došlo k nejakým podstatnejším výkyvom. Reziliencia je schopnosť ekosystému vrátiť sa po určitom výkyve do pôvodného stavu.⁶⁶ Ekosystémy, ktoré dnes okolo nás existujú a pretrvali z minulosti, sú stabilné buď preto, že majú určité vlastnosti zaisťujúce vysokú rezistenciu a rezilienciu, alebo preto, že ich prostredie je dlhodobo stabilné. Stabilita ekosystémov so stabilným prostredím nemusí byť zaistená žiadnym zvláštnym mechanizmom, preto sú takéto spoločenstvá ľahko zraniteľné vonkajšími zásahmi, s ktorými sa v minulosti nemohli stretnúť. (Preto sú napr. dažďové pralesy, ktoré sa vyskytujú v relatívne nemennom prostredí, natoľko ohrozené ľudskou činnosťou.)

II. 9. 2 Kolobeh látok v ekosystéme

Základnou podmienkou fungovania ekosystému je uzavretý kolobeh látok a neprerušovaný tok energie. Kolobeh látok – **biogeochemický cyklus** má podobu neustálej premeny látok, ktorá prebieha vo viacerých uzavretých kruhoch. Rýchlosť tohto procesu je rôzna a závisí jednak od konkrétneho druhu látky a jednak od typu ekosystému a podmienok, ktoré v ňom panujú. Počas kolobehu sú biogénne (ale aj ostatné) prvky z anorganických formy transformované do rôznych organických zlúčenín a stávajú sa súčasťou

66 tieto pojmy si možno priblížiť na princípe stromu, ktorý odoláva vetru. Slabší vietor stromom ani nepohne – rezistencia stromu. Silný vietor strom ohýba, ale keď prestane fúkať, strom sa vyrovná do pôvodnej polohy – reziliencia stromu. Ešte silnejší vietor môže strom zlomiť – rezistencia aj reziliencia majú svoje hranice.

živých organizmov. Dekompozičným procesom sú potom uvoľňované medzi minerálne živiny. Kolobeh každého prvku prebieha v rámci jedného ekosystému iba z časti. Často sú minerálne živiny z ekosystému exportované a k rozkladu dochádza po zložitých cestách na iných miestach (zber úrody, odplavenie vodou, odvatie vetrom a pod.). Často sú minerálne látky na dlhú dobu uložené a do kolobehu látok sa počas tejto doby nedostávajú (fosfor v morských sedimentoch, uhlík vo fosílnych palivách...).

Anorganické látky vstupujú do kolobehu činnosťou producentov (autotrofných organizmov), ktoré využívajú tieto látky na produkciu organickej hmoty. Časť tejto hmoty sa cez herbivorné organizmy dostáva do pastevno-koristníckeho reťazca (5 – 20 %) a zvyšok sa dostane do dekompozičného reťazca. V telách fytofágov sa prijatá rastlinná potrava musí trávením rozštiepiť na jednoduché cukry, glycerol, mastné kyseliny a aminokyseliny, aby mohla byť vstrebaná a poslúžiť na výstavbu organizmu. Podobný proces musí pochopiteľne nastať aj pri každom prechode do vyšších článkov potravného reťazca. Na každom stupni potravného reťazca sa na výstavbu organizmu (produkciu biomasy) využije iba malá časť prijatých látok, zvyšok sa využije ako zdroj energie pre životné procesy, u živočíchov najmä na svalovú prácu (u homoiotermných stavovcov sa asi 85 % energie spotrebuje na udržovanie konštantnej telesnej teploty). Po odumretí organizmu sa všetky látky viazané v jeho tele dostanú do dekompozičného reťazca, v ktorom sú postupne uvoľňované všetky anorganické zložky, z ktorých bol tento organizmus vybudovaný. Rýchlosť rozkladného procesu je rozhodujúca pre rýchlosť celého kolobehu. Rozklad živočíšnych tiel prebieha veľmi rýchlo (s výnimkou kostí, peria, srsti a chitínu). oveľa pomalší je rozklad rastlinnej hmoty, najmä celulóza a lignín sú veľmi odolné. Čerstvo odumretá rastlinná hmota je pomerne rýchlo vyľuňovaná vodou, pričom sa z nej uvoľňujú rozpustné anorganické a organické látky. Anorganické látky sa dostávajú do pôdneho fondu živín (a sú opäť dostupné pre rastliny), rozpustné organické látky sú zdrojom energie pre mikroorganizmy a niektorých živočíšnych dekompozítorov.

Pre každý prvok periodickej sústavy by sme mohli vyhodnotiť kolobeh. Pre existenciu života sa ako najdôležitejší javí kolobeh vody, na ktorý je viazaný kolobeh väčšiny ostatných látok. Okrem poznania cyklov biogénnych prvkov je dôležité poznať aj kolobehy rôznych škodlivých a jedovatých látok, ktoré majú negatívny vplyv na životné prostredie človeka. Podrobný prehľad jednotlivých biogeochemických cyklov presahuje zámery tohto študijného textu, preto v nasledujúcom texte iba načrtujeme niektoré základné cykly. Podrobnejšie informácie nájdete záujemca v odbornej literatúre, napr. Losos et al. (1984).

II. 9. 2. 1 Hydrologický cyklus

Základným znakom tohto cyklu je výmena vody medzi zemským povrchom a atmosférou. Ekosystémy so svojou organickou zložkou nezohrávajú pri tejto výmene prvoradú úlohu. Hydrologický cyklus sa preto rozdeľuje na **veľký kolobeh** prebiehajúci na úrovni celej biosféry a **malý kolobeh**, prebiehajúci na úrovni ekosystémov alebo geobiómov.

Veľký kolobeh vody (hydrologický cyklus) prebiehal na Zemi už pred vznikom ekosystémov, či života ako takého. Zjednodušene povedané, pri tomto hydrologickom cykle dopadne voda na zemský povrch v podobe zrážok a po určitom čase sa zase odparí do atmosféry. V atmosfére sa z vodnej pary sformujú mraky, z ktorých vypadnú zrážky a voda sa opäť dostane na zemský povrch. V skutočnosti celý tento proces nie je taký jednoduchý, a ovplyvňuje ho množstvo rozličných faktorov. Hodnoty atmosférických zrážok a výparu na určitej časti zemského povrchu rozhodujúcim spôsobom ovplyvňujú štruktúru a funkciu terestrických ekosystémov (usporiadanie geobiómov, rozloženie púští, striedanie vegetačných stupňov a pod.). Zrážky sú ovplyvňované cirkuláciou ovzdušia, pričom rozloženie zrážok na kontinentoch výrazne ovplyvňujú horské masívy. Vzostup vzdušných prúdov na náveternej strane hôr a ich následné ochladenie spôsobujú kondenzáciu vodných pár a dažď. Zostup ochladeného vzduchu na záveternej strane a jeho oteplenie znižuje možnosť vzniku atmosférických zrážok a vzniká dažďový tieň. Výsledkom je vznik dvojíc území s nadpriemernými a podpriemernými zrážkami.

Malý kolobeh vody (hydrologický cyklus) je výrazne ovplyvnený ekosystémami a v rámci ekológie sú dôležité jednotlivé fázy, ktorými hydrologický cyklus prechádza. Pri daždi sa časť vody zachytí v korunách stromov – **intercepcia**, a zvyšok dopadá na zem buď priamo, alebo steká po kmeni. Podobne je to aj s bylinami a trávami na lúke. Najväčšiu schopnosť intercepcie majú ihličnaté neopadavé lesy. Pri prudkých dažďoch sa v korunách stromov zadrží menšie percento zrážok. Najviac vody zachytia stromy z horizontálnych zrážok (hmla). Voda, ktorá prenikne cez porast na zemský povrch buď vsiakne do pôdy – **infiltrácia**, alebo odtečie po povrchu. Podiel odtoku a infiltrácie závisí od fyzikálnych vlastností pôdy a geologického podložia.⁶⁷ Po dopadnutí zrážok sa začína ich vyparovanie. Výpar vody rozlišujeme na **evaporáciu** – výpar z neživých povrchov a z pôdy; a na **transpiráciu** – výpar vody zo všetkých živých organizmov. Často sa hodnotí tzv. kombinovaný výpar – **evapotranspirácia**, ktorý zahŕňa obe tieto zložky. Transpirácia sa významným spôsobom podieľa na vodnej bilancii terestrických ekosystémov. Metabolizmom organizmov je viazané iba nepatrné množstvo zrážok (asi 1 %). (V biomase živej zložky celej biosféry je podľa odhadov viazané asi také množstvo vody, ktoré by na zemskom povrchu vytvorilo vrstvičku hrubú iba 1 mm.) Na transpirácii sa prevažnou mierou podieľajú rastliny. Napr. 1 kg smrekových ihlíc (vyjadrené v sušine) vyparí za vegetačnú sezónu asi 206 litrov vody a 1 kg bukových listov až 749 litrov. Hodnoty transpirácie lesných ekosystémov v našich podmienkach dosahujú hodnoty 20 000 – 50 000 l · h⁻¹ · deň⁻¹ a trávnaté ekosystémy (lúky) dosahujú hodnoty 10 000 – 150 000 l · h⁻¹ · deň⁻¹. Intenzita transpirácie sa mení v závislosti na klimatických podmienkach. Napr. na produkciu rovnakej biomasy rastlín spotrebuje vegetácia v aridných oblastiach dvojnásobné množstvo vody oproti vegetácii v humidných oblastiach. Voda, ktorá sa neodparí, uniká z ekosystému infiltráciou s následným prúdením podzemných vôd, alebo povrchovým odtokom do potokov, riek a následne do morí a oceánov. Takto sú veľký a malý kolobeh vzájomne spojené.

Do hydrologického cyklu významným spôsobom zasahuje človek. V mestách vyspelých krajín sa spotrebuje 300 – 1000 litrov pitnej vody na osobu a deň. Ďalšie obrovské množstvá vody spotrebuje poľnohospodárstvo na výrobu potravín (na produkciu 1 kg pšenice sa spotrebuje cca 600 litrov vody a na produkciu 1 kg mäsa až 6 000 litrov!). Priemysel má takisto obrovské nároky na vodu. Na výrobu 1 tony ocele alebo plastických hmôt sa spotrebuje 500 000 litrov vody. Nedostatok vody sa tak stáva hlavným limitujúcim faktorom pre rozvoj poľnohospodárstva a priemyslu v aridných a semiaridných oblastiach.

II. 9. 2. 2 Kolobeh kyslíka

Kyslík nebol v zemskej atmosfére vždy prítomný v takej miere ako je tomu dnes. V dobe, keď život vznikal, bola zemská atmosféra tvorená prevažne dusíkom, amoniakom, metánom, oxidom uhličitým, vodnými parami, a mala redukčný charakter. Kyslík sa začal vo významnejšej miere objavovať v atmosfére až po vzniku organizmov schopných fotosyntézy. Jeho prítomnosť v atmosfére vyvolala mnoho zmien vo vtedajšej biosfére. V prvom rade sa organizmy museli vyrovnáť s jeho toxicitou. Hoci to v súčasnosti môže znieť podivne, kyslík je jedným z najprudších oxidačných jedov. Organizmy s kyslíkovým metabolizmom museli vyvinúť mnoho dômyselných prispôbení, aby dokázali prežiť v prostredí plnom kyslíka. Na druhej strane práve kyslík otvoril životu ohromné pole možností a príležitostí, neprístupných anoxickému svetu. Evolúciu živočíchov podnietil dostatok energie, ktorá sa dá získať iba dýchaním spojeným s oxidačným metabolizmom. Kyslík vlastne umožňuje existenciu všetkých mnohobunkových organizmov. Je totiž potrebný na syntézu aminokyselín hydroxyprolínu a hydroxylizínu. Tieto dve aminokyseliny sú zložkami makromolekulárnych sietí v medzibunkovej hmote mnohobunkových organizmov. Vďaka nim (a teda nepriamo vďaka kyslíku) „držia mnohobunkové organizmy pohromade“. Dnes tvorí kyslík asi 25 % všetkých atómov v živej hmote. Je základným stavebným prvkom takmer všetkých zlúčenín, nevyhnutných pre život.

Pri fotosyntéze sa uvoľňuje kyslík z molekuly vody. Takto uvoľnená molekula kyslíka dočasne vstúpuje do atmosféry. Pri dýchaní sa kyslík z atmosféry odoberá, využije sa na metabolizmus, pri ktorom sa do atmosféry uvoľní CO₂. V celosvetovom meradle vyprodukuje všetko rastlinstvo v procese fotosyntézy

⁶⁷ v našich podmienkach dokážu najviac vody zachytiť a uchovať ihličnaté a zmiešané lesy na vápencovo-dolomitickom podloží. Tieto oblasti sú doslova ako „spongie“ uchovávajúce zásoby vody. Po ich náhlom odlesnení dochádza k záplavám v dolinách, zníženiu hladiny podzemnej vody, vysychaniu studní a ďalším problémom...

43 miliárd ton O_2 za rok (von Buttlar, 1991). Väčšina takto uvoľneného kyslíka sa spotrebuje na oxidáciu odumretých organizmov, a iba $1,55 \cdot 10^9$ tony O_2 za rok zostane k dispozícii pre zachovanie živej hmoty. Tak ako do hydrologického cyklu, aj do obehu kyslíka zasahuje človek v čoraz väčšej miere. Spaľovaním fosílnych palív sa ročne spotrebuje $2 \cdot 10^{10}$ ton O_2 . Človek teda spotrebuje približne toľko kyslíka, ako sa spotrebuje na dýchanie všetkých organizmov (živočíchov, rastlín, húb, mikroorganizmov) a na zvetrávanie hornín spolu! Úvahy o nebezpečnom znížení obsahu kyslíka v atmosfére, či dokonca o jeho úplnom spotrebovaní, sú zatiaľ neopodstatnené. Aj keby sme v krátkej dobe spálili všetky známe zásoby fosílnych palív, obsah kyslíka v atmosfére by poklesol iba o 1 %. Stabilitu obsahu kyslíka v atmosfére zabezpečuje fotosyntéza rastlín. Väčšie riziko preto predstavuje nadmerné znečisťovanie ovzdušia, ekosystémov, pôdy a zásob sladkej vody.

II. 9. 2. 3 Kolobeh uhlíka

Uhlík je najrozšírenejším prvkom v živej hmote. Jeho kolobeh je udržiavaný metabolizmom organizmov v ekosystémoch. Týmto procesom sa do prostredia uvoľňuje približne rovnako rýchlo a v rovnakej podobe (plynný CO_2), ako je z neho fotosyntézou odčerpávaný. Koncentrácia CO_2 v atmosfére sa tak udržiava na pomerne stabilnej úrovni 0,03 – 0,04 %. Popis kolobehu uhlíka môžeme začať v atmosfére, odkiaľ ho odčerpávajú producenti a odovzdávajú ho ďalej konzumentom, ktorí časť z neho vrátia pri dýchaní do atmosféry. Z oboch týchto článkov potravného reťazca postupuje uhlík k dekompozítorom, a od nich nazad do atmosféry. Ročne sa z atmosféry fotosyntézou asimiluje približne 40 – 90 miliárd ton (!) CO_2 , z toho polovica na pevnine a zvyšok v oceánoch. Táto vysoká spotreba uhlíka nemôže byť vykrytá iba jeho zásobou v atmosfére. Ďalším doplnkovým zdrojom uhlíka sú oceány, ktoré ho obsahujú asi 50 krát viac. Pre uhlíkový kolobeh je preto dôležitý vzťah medzi plynným CO_2 v atmosfére a rozpusteným CO_2 vo vode. Výmena medzi oboma prostrediami sa deje na vodnej hladine prostredníctvom difúzie v smere koncentračného spádu. Do vodného prostredia sa uhlík dostáva aj zrážkami. Liter dažďovej vody obsahuje asi 0,6 mg CO_2 . Lokálny nedostatok CO_2 v atmosfére môže byť vyrovnaný jeho difúziou z vody. Toto vyrovnanie je však pomalé, pretože prebieha iba na ploche vodnej hladiny. Okrem toho kolobeh uhlíka vo veľkých nádržiach je do značnej miery uzavretý. Väčšina uvoľneného CO_2 je totižto spotrebovaná fytoplanktónom. (Podobne väčšina kyslíka, ktorý fytoplanktón vyprodukuje, je spotrebovaná vodnými mikroorganizmami a živočíchmi.)

Geologickú zložku kolobehu uhlíka v biosfére reprezentuje ukladanie časti organických látok z vody a pôdy vo forme humusu, rašeliny, uhlia, ropy, ako aj ukladanie schránok a kostí ostnatokožcov, mäkkýšov, hubiek, koralov, prvkov atď. do sedimentárnych hornín (biogénne vápence). Zvetrávaním týchto hornín, spaľovaním fosílnych palív a vulkanickou činnosťou je uhlík dodávaný nazad do atmosféry.

II. 9. 3 Dynamika ekosystému, sukcesia

Ekosystémy sa vyvíjajú spoločne s vývojom ich biocenózy nahradzovaním populácií určitých druhov populáciami iných druhov. Tomuto postupnému procesu hovoríme **ekologická sukcesia** (➡ odsek 2 na str. 148), a dochádza k nemu vždy, keď vznikne nové miesto, ktoré sa dá osídliť, alebo keď sa v prostredí objaví noví kolonizátori, ktorí vytlačia pôvodné druhy, alebo keď pôvodné druhy zmenia podmienky prostredia natoľko, že sa stane priaznivejším pre iné druhy. Výmena populácií sa postupne spomaľuje až do okamihu, keď už nie sme schopní zaznamenať ďalšie zmeny. Tomuto štádiu hovoríme **klimax**. Vznik klimaxového štádia je do značnej miery predpovedateľný, pretože do značnej miery závisí od klimatických podmienok v danej oblasti – **klimatický klimax** (opadavý, zmiešaný alebo ihličnatý les). Niekedy sa môže stať, že pôdne podmienky prevládnu nad vplyvom klímy a vznikne **edafický (pôdny) klimax** (lužné lesy v nivách riek).⁶⁸ Proces sukcesie môže byť v ktoromkoľvek štádiu prerušený, a nemusí dospieť až ku klimaxu. V prípade narušenia, či už katastrofou (požiar, hurikán, sopka...) alebo činnosťou človeka (kosenie, pasenie, orba...) sa celý proces preruší a musí začínať nanovo. Reálna krajina sa skladá z mozaiky rôznych sukcesných štádií.

⁶⁸ konečným štádiom sukcesie nemusí byť vždy lesný ekosystém! V oblastiach s nedostatkom zrážok, či s nepriaznivými teplotami, môže sukcesia končiť v štádiu trávnatých ekosystémov. Klimaxom potom môžu byť napr. stepné oblasti, alebo tundra, špeciálnym prípadom je tzv. vysokohorská tundra.

Ako už bolo spomenuté v podkapitole II. 8. 7, sukcesia môže prebiehať na miestach, kde predtým nebolo vyvinuté žiadne spoločenstvo, a nie je tam žiadna zásoba genetického materiálu (semená, spóry a pod.), ani žiadna zásoba živín v pôde – **primárna sukcesia**, alebo na miestach, kde už spoločenstvo bolo vytvorené, ale následne došlo k jeho zničeniu, či rozsiahlemu narušeniu – **sekundárna sukcesia**. Sekundárna sukcesia prebieha rýchlejšie, pretože na týchto miestach je už vytvorená pôda so zásobou živín a zásobou genetického materiálu, z ktorého sa vyvinie nové spoločenstvo.

Sukcesia zvyčajne začína druhmi, ktoré sú nenáročné na živiny a dobre odolávajú extrémnym podmienkam prostredia. Primárnu sukcesiu začínajú mikroorganizmy, neskôr sa objavujú lišajníky a machy, ktoré urýchľujú zvetrávanie substrátu a napomáhajú vzniku pôdy. Neskôr sa objavujú nenáročné byliny vyznačujúce sa schopnosťou rýchleho rastu, sú schopné rýchlo sa množiť a rýchlo sa rozšíriť v prostredí. Sekundárna sukcesia začína do značnej miery náhodnou zmesou druhov, ktoré si konkurujú pri získavaní miesta. V týchto raných štádiách sa uplatňujú hlavne druhy patriace medzi R-stratégov. (O rozličných životných stratégiách pojednáva nasledujúca kapitola II 11.) Neskôr sú tieto druhy postupne nahradzované konkurencieschopnejšími druhmi, a druhmi odolnejšími voči stresu (C- a S-stratégmami). V prostredí chudobnom na živiny alebo vodu nakoniec prevládnu druhy, ktoré lepšie znášajú stres (S-stratégovia). V prostredí bohatom na živiny, s dostatkom vlhky, prevládnu konkurenčne zdatné druhy (C-stratégovia). V lúčnom ekosystéme sa postupne začnú uplatňovať kroviny, a neskôr aj stromy. Spočiatku pôjde o tzv. pionierske dreviny (borievka – *Juniperus communis*, breza – *Betula* spp., borovica – *Pinus* spp.), ktoré rastú pomerne rýchlo a dobre využívajú veľké množstvo svetla, ktoré majú k dispozícii. Postupne, ako sa plocha zaplňa zatieňuje, začnú sa uplatňovať aj ďalšie, pomalšie rastúce dreviny (buk – *Fagus sylvatica*, dub – *Quercus* spp., jedľa – *Abies* spp., smrek – *Picea* spp.).

V procese pokračujúcej sukcesie do prostredia postupne pribúdajú nové druhy, ktoré modifikujú pôvodné podmienky prostredia a menia jeho charakter. Postupne v prostredí ubúda svetla a pribúda živín, čím sa zákonite zvyšuje konkurencia. S pribúdajúcimi druhmi a zvyšujúcou sa konkurenciou postupne rastie aj etážovitosť ekosystému (pribúdajú „poschodia“), pretože rastliny sa ťahajú čoraz vyššie za svetlom, a majú k dispozícii čoraz viac živín a minerálnych látok na vybudovanie podporných pletív. V priebehu sukcesie postupne pribúdajú aj trofické úrovne. V počiatočných štádiách nebolo v spoločenstve dostatočné množstvo potravy pre bylinožravce, ale akonáhle sa táto situácia zlepši, objavia sa aj zástupcovia tohto trofického článku. Neskôr sa začnú objavovať aj prvé mäsožravce, a pokiaľ im rozvíjajúce sa spoločenstvo poskytne dostatok potravy, stanú sa jeho trvalou súčasťou. Samozrejme ako pribúdajú trofické úrovne, tak postupne vznikajú aj nové vzťahy a trofické väzby, a postupne sa uzatvárajú aj kolobehy látok v ekosystéme. Tým sa celý ekosystém osamostatňuje, a stáva sa stabilnou jednotkou schopnou autoregulácie. Dekompozítori sa objavujú už v prvých štádiách sukcesie⁶⁹ a plnia nenahraditeľnú úlohu pri návrate minerálnych živín do pôdy. Pokiaľ by sa z nejakého dôvodu v spoločenstve neobjavili, sukcesia by nemohla prebiehať, pretože zásoby živín by sa rýchlo vyčerpali a sukcesné spoločenstvo by zaniklo.⁷⁰

Štruktúra spoločenstva a sukcesia sa obyčajne skúmajú na rastlinnej časti spoločenstva. Dôvody sú jednoduché. Rastliny tvoria najväčšiu časť biomasy a fyzickej štruktúry spoločenstva, sú hlavným dodávateľom nekromasy (odumretej hmoty), sú pevne viazané na svoje prostredie (neukrývajú sa a neutekajú), čo zjednodušuje pozorovanie a sledovanie zmien početnosti. Skutočnosť, že rastliny dominujú štruktúre a sukcesii väčšiny ekosystémov neznamena, že sa živočíšna časť spoločenstva podriaďuje ich riadiacej funkcii. Často to tak býva, pretože rastliny predstavujú základ všetkých potravných sietí a určujú mnoho vlastností prostredia. Živočíchy však môžu tiež určovať povahu rastlinného spoločenstva. Bylinožravce často prednostne spásajú niektoré druhy, ktoré sú potom nahradené inými, menej „chutnými“ alebo odolnejšími druhmi. Podobne pôsobí aj pravidelné zošľapávanie pri pastve, voči ktorému sú niektoré druhy odolnejšie ako iné. Viditeľný je tento efekt napr. na afrických savanách, kde stromy rastú iba ojedinele. Keď sa pokusne z niektorých oblastí vylúčila pastva, zvýšila sa hustota stromov niekoľkonásobne.

⁶⁹ ak ide o sekundárnu sukcesiu, spoločenstvo dekompozítorov môže byť úplne prvé, ktoré sa v zničenom prostredí objaví;

⁷⁰ v prírodných podmienkach je táto možnosť čisto teoretická. Pozorovať ju môžeme v laboratóriu napr. pri pestovaní mikrobiálnych kultúr na agare. Pokiaľ sa tieto kultúry držia v sterilnom prostredí a nedodávajú sa im živiny, pestovaná kultúra vyčerpá zásoby z agaru a po prudkom rozvoji pomerne rýchlo zanikne.

Kontrolné otázky a tézy na zamyslenie:

1. Súhlasíte s tým, že klimaxový ekosystém predstavuje konečný a konštantný stav spoločenstva? Ak nie, skúste vyvrátiť túto doktrínu.
2. Trofické reťazce na suši i vo vode pozostávajú obyčajne z troch – štyroch „článkov“ (účastníkov). Vysvetlite, prečo nepoznáme „dlhé“ trofické reťazce, ktoré by tvorilo až 7 – 8 článkov?
3. Predstavte si známy alebo chránený druh rastliny a živočícha (tis, črievičník papučkový, svišť, medveď, modráčik čiernoškvrnný...). Aké faktory regulujú veľkosť ich populácií v ekosystéme?
4. Aké rozdielne faktory regulujú veľkosť populácií u producentov, fytofágov, predátorov a dekompozítorov? Čo je to regulácia „zhora“ a „zdola“?
5. Akým spôsobom človek významne zasahuje do hydrologického cyklu – kolobehu vody v ekosystémoch?
6. Medzidruhové vzťahy (mutualizmus, komenzalizmus, parazitizmus, predácia) nemajú ostré hranice. Vedeli by ste to zdôvodniť na príkladoch?

II. 10 Typy životnej a pohybovej stratégie

Jednotlivé druhy organizmov žijú na Zemi v zložitej štruktúre prepojených a prevažne hierarchicky usporiadaných systémov, počnúc biocyklami a končiac jemnými vnútornými štruktúrami ekosystémov. Na stranách tejto učebnice sme hovorili o viacerých úrovniach týchto vzťahov, ktoré sme si zjednodušene označili ako vertikálne a horizontálne (alebo, analogicky, ako topické a trofické). Existuje ale ešte ďalší aspekt, ktorému sme nevenovali patričnú pozornosť – aspekt životnej a pohybovej stratégie.

Prostredie kladie organizmom mnoho prekážok a obmedzení, s ktorými sa musia vyrovnávať. Pritom neexistuje jeden univerzálny spôsob, ako sa vyrovnávať s prostredím. Organizmy majú vždy na výber niekoľko vzájomne sa vylučujúcich možností.⁷¹ Naplnenie jednej možnosti je vždy spojené s vývojom určitého komplexu vlastností, ktorý konkrétnym spôsobom rieši danú životnú situáciu. Tomuto komplexu vlastností, či prispôbení organizmu hovoríme **životná stratégia**. K životnej stratégii patrí celý komplex prispôbení týkajúcich sa šírenia v priestore, spôsobu rastu, rozmnožovania, získavania potravy, prežívania nepriaznivých období alebo ochrany pred predátormi. Základné rozdelenie životných stratégií zohľadňuje metódy, ktorými sa organizmy vyrovnávajú s nepriaznivými vplyvmi prostredia.

Najdôležitejšie negatívne faktory, ktoré sa v prostredí vyskytujú sú obmedzené množstvo dostupných zdrojov (stres) a premenlivosť prostredia. V premenlivom prostredí s početnými disturbanciami (deštruktívnym pôsobením spojeným s narušením biomasy) sú prírodným výberom zvýhodňované organizmy, ktoré sú schopné rýchlo sa namnožiť, a tak vyrovnávať straty spôsobené disturbanciou. Nazývajú sa **r- stratégovia** (r – ako symbol pre rýchlosť rastu populácie). Majú veľkú rýchlosť rastu, krátky životný cyklus a produkujú veľké množstvo potomstva, ktoré rýchlo dospieva, a je menej prispôbené podmienkam prostredia. (V premenlivom prostredí sa viac vyplatí investovať do kvantity ako do kvality, pretože prežitie je viac otázkou náhody ako dokonalých prispôbení prostrediu, ktoré sa aj tak za pomerne krátky čas zmení. Veľké množstvo potomkov zabezpečí, že niektorí z nich prežijú aj v zmenenom prostredí.) V stabilnom prostredí môžu populácie prosperovať, až kým nenarazia na bariéru nedostatku zdrojov. Medzi jedincami vtedy dôjde ku konkurencii a zvýhodnené budú druhy, ktoré tieto zdroje účinnejšie využijú. Takéto druhy označujeme **K-stratégovia** (K – ako označenie pre únosnú kapacitu prostredia). Tieto druhy sú dlhoveké, majú menej potomstva, ale lepšie prispôbeného prostrediu a pomalšie dospievajú. Medzi r- a K-stratégiou existuje, samozrejme, plynulý rad prechodov, tzv. **r-K kontinuum**. Obe stratégie treba chápať skôr relatívne (breza je v porovnaní s dlhovekými lesnými drevinami ako buk a dub viac r-stratég, zatiaľ čo v porovnaní s jednoročnými bylinami je to K-stratég). Stratégie sa dajú porovnávať iba v rámci skupín bližšie

⁷¹ napr. predátor môže svoju korisť loviť dvoma zásadne odlišnými spôsobmi. Môže číhať na jednom mieste a korisť uloviť prudkým útokom (ako mačka), alebo korisť vytrvalo prenasledovať (ako pes). Každá možnosť so sebou nesie nutnosť množstva prispôbení, ktoré určujú celý spôsob života zvieratá. S loveckou stratégiou mačiek súvisia všetky ich typické vlastnosti: kludná až lenivá povaha, schopnosť prudko reagovať, rozvaha, úsporný spôsob pohybu, dokonalý zrak a sluch, nevýrazný zápach. Podobne sa dajú vysvetliť aj typické vlastnosti psov, ku ktorým patrí istá prchkosť, nesústredenosť, ale aj vytrvalosť až vzdorovitosť.

príbuzných organizmov. Medzi cicavcami napr. hlodavce predstavujú r-stratégov a jeleňovité bylinožravce K-stratégov. Ťažko by sme ale porovnávali cicavce a hmyz, keďže každá skupina má úplne iný spôsob života a rozmnožovania.

U rastlín sa používa klasifikácia založená na dvoch spôsoboch, ktorými prostredie obmedzuje rast ich populácií. Prvým obmedzením je stres, ktorý spomaľuje rast a rozmnožovanie organizmov (spôsobuje ho napr. obmedzené množstvo zdrojov alebo nepriaznivé klimatické podmienky) a druhým je disturbancia, ktorá sa chápe ako náhle a náhodné, opakované zníženie početnosti populácie. Niektoré druhy lepšie odolávajú stresu (**S-stratégovia**), iné disturbancii (**R-stratégovia**) a ďalšie nie sú schopné odolávať ani stresu ani disturbancii, žijú v „prívetivom“ prostredí, v ktorom zákonite narastá úroveň konkurencie (**C-stratégovia**). S-stratégovia sa vyskytujú v rôznych extrémnych typoch prostredia (vysoko v horách, na púšťach, zasolených pôdach, v rašeliniskách a pod.) Typickými predstaviteľmi sú machy a lišajníky. R-stratégovia sa vyskytujú v premenlivom prostredí, aké je charakteristické pre počiatočné fázy sukcesie. Patria sem aj druhy, vyskytujúce sa na zošľapávaných miestach v okolí poľných ciest, napr. rôzne druhy mrlíkov (*Chenopodium* spp.), stavikrv vtáčí (*Polygonum aviculare*) pastierska kapsička (*Capsella bursa-pastoris*) a iné. C-stratégovia naproti tomu obývajú relatívne stabilné prostredie s dostatočnou zásobou živín (posledné štádiá sukcesie). Typickými predstaviteľmi tejto stratégie sú stromy.

Termínom **sociabilita** (z latinského *socio*- so vzťahom k spoločnosti) označujeme „tendenciu k spoločenstvu“ u organizmov, najmä u živočíchov. Z tohto aspektu rozdeľujeme živočíchy (tentoraz vrátane prvokov – Protozoa) na:

- **solitérne** – jednotlivé individua žijú oddelene (absolútna väčšina „vyšších“ živočíchov);
- **vytvárajúce agregácie** [nižšie váľače (*Volvocida*), nižšie koralové (Anthozoa), machovky (Bryozoa), väčšina krídložiabrovce (Pterobranchia), salpy (Thaliacea); **alebo kolónie** z diferencovaných buniek, resp. jedincov [vyššie váľače (*Volvox* spp.), z prhlivcov sú to rúrovníky (Siphonophora)];
- **vytvárajúce rodinné reprodukčné a sociálne skupiny** – húf, krdel', svorka, črieda a tlupa. Slovo húf sa používa na označenie skupiny rýb a slovo krdel' sa, samozrejme, používa u vtákov. O svorke hovoríme v prípade šeliem loviacich v niekoľkočlenných skupinách, v ktorých majú vytvorenú hierarchickú štruktúru (vlčia svorka), bylinožravé cicavce utvárajú čriedy (resp. stáda), u všežravých cicavcov s hierarchickou sociálnou štruktúrou (napr. opice) hovoríme o tlupách; ďalšie príklady musia byť študentovi vyšších ročníkov VŠ zrejmé v hojnom počte;
- **vytvárajúce diferencované spoločenstvo – štát** so vznikom delby práce a kást. Tejto definícii vyhovujú iba termity (Isoptera) a spoločenské blanokrídlovce – mravce (Formicoidea), včely (Apoidea) a osy (Vespoidea); štát v ľudskom chápaní je niečo iné, a v porovnaní s hmyzím štátom aj oveľa horšie funguje! U spoločenských blanokrídlovcov stoja za osobitnú zmienku niektoré veľmi zaujímavé reprodukčné adaptácie – samce alebo trúdy u nich vznikajú tzv. arrhenotóknou partenogenezou z neoplozených vajíčok, preto sú ich telá haploidné a spermie v semenníkoch vznikajú len obyčajným delením bez meiózy!

Mobilita (☛ aj str. 37) je miera aktívnej či pasívnej pohyblivosti živočicha za normálnych (štandardných), ale aj mimoriadnych, atypických životných situácií. Podľa toho rozoznávame:

- **sesilné (prisadnuté) formy**, ktoré sú (pasívne) pohyblivé len v larválnom štádiu, obyčajne ako primárne larvy; napr. hubky (Porifera), väčšina koralov (Anthozoa), mnohé lastúrniky (Bivalvia),⁷² fúzonôžky (Cirripedia),⁷³ machovky (Bryozoa), ramenonožce (Brachiopoda), krídložiabrovce (Pterobranchia), a i.;
- **organizmy viac-menej pasívne pohyblivé**
 - **vo vode** – toto spoločenstvo sa označuje slovom **planktón** (☛ str. 18, 20 a inde). Patria sem mnohé prvoky, primárne larvy vodných (predovšetkým morských) živočíchov, drobné formy z podkmeňa Crustacea, vodné roztoče vodule (skupina čeľadi Hydrachnellae), ale i drobné sekundárne larvy vodného hmyzu [komáre (Culicidae), pakomáre (Chironomidae), tzv. mušky (Simuliidae) a iné];

⁷² trvalo prisadnutá je ustrica jedlá (*Ostrea edulis*) a viaceré príbuzné druhy, ďalej slávka jedlá (*Mytilus edulis*), z väčších druhov je to napr. *Pinna squamosa* s pretiahnutými „kyjakovitými“ lastúrami;

⁷³ v morskom kostále sú miestami hojné druhy z rodov *Balanus* a *Lepas*, ktoré majú telo na stopkách. Niektoré druhy sú hlbokomorské.

- **vo vzduchu** – toto spoločenstvo sa nazýva **aeroplanktón**. Patrí sem drobný hmyz, roztoče, pavúčky na pavučinových vláknach – tzv. babie leto, encystované prvoky, pomalky a vírniky v štádiu anabiózy, atď.). Viaceré z týchto „aeronauteckých“ organizmov vďaka vzdušným prúdom prekonávajú aj tisícikilometrové vzdialenosti. Na rozdiel od vodného planktónu, aeroplanktón neobýva vzdušné prostredie trvalo, a aspoň v čase rozmnožovania musí zostúpiť na zem;
- **foretické formy** – mnohé druhy drobných článkonožcov (niektoré Acarina a Pseudoscorpionidea) sa nechajú prenášať lietajúcim hmyzom, podobne drobné kôrovce, ale i vajíčka mnohých živočíchov môžu byť prenášané na nohách a v perí vodných vtákov, a pod. Tomuto javu hovoríme **forézia**. Nakoniec, za „foréziu“ (alebo skôr antropochóriu) v morskem biocykle môžeme považovať aj jav, keď niektoré lastúrniky alebo fúzonôžky prisadajú na lode, ktoré ich môžu transportovať aj na veľké vzdialenosti. Fúzonôžky navyše často prisadajú nielen na človekom vytvorené lode, ale aj na veľké morské živočichy – najmä na veľryby a korytnačky – v tomto prípade vlastne môžeme hovoriť o „forézii s. str.“ (sensu stricto);
- **aktívne pohyblivé formy** vyžadujú podrobnejší komentár, pretože môže ísť o pohyb vo všetkých médiách (vo vode, na súši i vo vzduchu), ktorý býva realizovaný veľmi rôznymi orgánmi.

Fylogeneticky pôvodný bol **plazivý pohyb – lezenie po podklade** (sprvoti samozrejme vo vode, pretože kolískou života je bez akýchkoľvek pochybností vodný živel). Hoci je predstava lezenia po podklade „fylogeneticky primitívna“ a aj pre nebiológa jednoduchá a zrejme, málokto si uvedomuje, aký malo jednoduché „lezenie po podklade“ obrovský význam pre fylogézu všetkých vyšších živočíchov. Pri lezení po podklade určitá časť tela (z ktorej sa neskôr vyvinula hlava) prichádzala vždy ako prvá do kontaktu s meniacimi sa podmienkami prostredia – preto sa sem postupne presunuli zmyslové receptory i ústny otvor. Hlava takto získala veľmi dôležité postavenie v rámci tela – o týchto fylogenetických procesoch hovorí **teória cefalizácie**.

Veľmi jednoduché živočichy – mechúrniky zostali na nižšom stupni vývoja – ich telo bolo a stále je radiálne symetrické s nediferencovanou hlavou, a ich pohyb menej efektívny. Vďaka plazivému pohybu po podklade sa vlastne vyvinula bilaterálna symetria živočíchov. Vznik a vývoj hlavy neskôr vyvolal ďalekosiahlu adaptívnu radiáciu, výsledkom ktorej bolo neuveriteľné rozvetvenie fylogenetického stromu živočíšnej ríše, obsadenie súše, a v konečných súvislostiach zrejme aj rozmanitosť živočíchov, ako ju dnes poznáme. O ďalšom zdokonalení pohybu môžeme hovoriť až **po vzniku končatín** (u článkonožcov a stavovcov celkom odlišným spôsobom).⁷⁴ Osobitné zamyslenie si zasluhuje skutočnosť, že typické končatiny s plnou funkciou⁷⁵ sa vyvinuli iba u dvoch vyššie uvedených kmeňov (!); náznaky končatín však pozorujeme ešte u dvoch špecializovaných izolovaných kmeňov: archaické cirkumtropické pazúrikavce (Onychophora) a veľmi drobné pomalky (Tardigrada), ktorých rozmery, nika i životná stratégia (vrátane encystácie) nápadne pripomínajú prvoky! Je to ďalší z prekvapujúcich príkladov konvergencie v prírode. Fylogeneticky najprimitívnejšie končatiny pozorujeme u niektorých starobylých kôrovcov – z našich druhov sú to najmä žiabronôžky (Anostraca). Ich končatiny – tzv. turgorové nôžky, napínané turgorom hemolymfy, artikulujú s ektoskeletom hrudi jediným kĺbom. Stavba takejto končatiny je vlastne bližšia parapódiu mnohoštetinavca, než napr. kráčavej nohe pavúka. Znakom primitívnych končatín je okrem stavby aj funkčná nediferencovanosť, alebo „mnohofunkčnosť“ – končatiny primitívnych kôrovcov slúžia na plávanie i lezenie (alebo skôr akési „postrkovanie“ po dne), na filtrovanie planktónnej potravy z vody, a na ich báze sú žiabrové privesky.

Pokiaľ hovoríme o „pohybovej stratégii“, mohli by sme – v závislosti od prostredia, odlišovať tieto mechanizmy pohybu:

⁷⁴ končatiny článkonožcov vznikli sklerotizáciou a artikuláciou parapódií obrúčkavcov (najmä Polychaeta, resp. ich predkov) a majú, podobne ako parapódiá, primárne dvojvetvovú stavbu. Končatiny stavovcov vznikli zložitou funkčnou premenou kostry i svalstva „kýpťovitých“ párových plutiev starobylých lalokoplutvých alebo ‘násadco-plutvých’ rýb – Crossopterygii;

⁷⁵ kritériá na zaradenie (resp. nezaradenie) určitej časti tela medzi končatiny sa, napodiv, v zoologickej literatúre nevyskytujú často. Zjednodušene povedané, končatina musí mať skelet – kostru (vonkajšiu alebo vnútornú) a svalovinu. Chápadlo chobotnice nie je končatinou, pretože nemá skelet. Plutva pstruha nie je končatinou, pretože nemá vlastnú svalovinu; plutvy rýb zo skupiny Crossopterygii (♣) však už možno počítať medzi končatiny. Kridla hmyzu, samozrejme, nemajú s končatinami nič spoločné, sú to špecializované kutikulárne duplikatúry.

- **Plávanie** je spôsob aktívneho pohybu vo vode. U stavovcov [kruhoústnic (Cyclostomata), rýb (Osteichthyes) a drsnokožcov (Chondrichthyes)] sa uskutočňuje plutvami,⁷⁶ u mnohých kôrovcov, ale i vodného hmyzu [potápniky (Dytiscidae), chrbtoplávk (Notonectidae) a i.] plávacími končatinami, u ostatných bezstavovcov [pijavice (Hirudinea), pásnice (Nemertini) a i.] vlnivým pohybom tela. Niektoré skupiny živočíchov využívajú pri plávaní horizontálne postavený tzv. plutvový lem, sú to napr. zadožiabre ulitníky (Opisthobranchia), desaťramenné hlavonožce (Decabrachia), alebo archaické štetinatoústky (Chaetognatha) s doteraz nejasným postavením v systéme, ktorých trhavé plávanie pripomína pohyb komárich lariev. Špecifickým spôsobom plávania je **reaktívny pohyb** vystrekovaním vody z „klobúka“ medúz (mnohé medúzovce – Scyphozoa), zo svalového lievika (chobotnice – Octobranchia), alebo zo zväčšenej rektálnej dutiny (najády šidiel – Anisoptera).
- **Lezenie** alebo plazivý pohyb po podklade sa spravidla neuskutočňuje končatinami. Pozorujeme ho u väčšiny ulitníkov (Gastropoda),⁷⁷ a u ploskúl (Turbellaria), u stonôžok z radu Geophilomorpha (zevovky) je telo tak predĺžené a štíhle a končatiny tak slabé, že ich pohyb je skôr hadovité plazenie, než chôdza. Plazenie hadov (Ophidia) je napriek zdanlivej jednoduchosti zložitým pohybom, na ktorom sa podieľajú brušné štítiky a špecializované svalstvo. Špecifickým spôsobom pohybu je aj **peristaltický pohyb** máloštetinavcov (Oligochaeta), ktorý sa uskutočňuje súhrou (striedavým skracovaním a predlžovaním) okružného – cirkulárneho a pozdĺžneho – longitudálneho svalstva.⁷⁸
- **Chôdza a beh** u vyšších stavovcov (Vertebrata) a článkonožcov (Arthropoda) sa uskutočňuje vždy končatinami (→ pozn. 74 a 75 pod čiarou). Zvláštnou modifikáciou behu je skákanie – skákové končatiny pozorujeme konvergentne u viacerých skupín stavovcov [väčšina žiab (Anura = Salientia), kengury (Macropodidae), tarbíky (Dipodidae)] a hmyzu [rovnokrídlovce (Orthoptera), mnoho menších druhov cikád (Auchenorrhyncha), méry (Psyllinea), blchy (Siphonaptera), bzdochy pobrežníčky (Saldidae), drobné liskavkovité chrobáky skočky (Alticinae) a i.].
- **Let** je fyzicky veľmi náročný pohyb vo vzduchu. Hustota vzduchu (v Európe pri zemi je to priemerne 1,258 kg · m³) je v porovnaní s vodou nepatrná, letiaci objekt navyše musí prekonávať zemskú gravitáciu. Napriek tomu – hoci to môže byť pre biológa i nebiológa prekvapujúce, asi 78 % všetkých živočíšnych druhov je schopných letu! Aktívneho letu sú (resp. boli) schopní len zástupcovia štyroch tried: podstatná väčšina vtákov (Aves),⁷⁹ z cicavcov iba netopiere (Chiroptera), z plazov vyhynuté vtákojaštery (Ornithosauria), a veľká väčšina krídlatého hmyzu (Pterygota).⁷⁹ Na aktívny let slúžia krídla, ktoré sú buď veľmi špecializované predné končatiny (u stavovcov), alebo špecializované kutikulárne duplikáty u hmyzu (v niektorých učebniciach a populárno-vedeckých knihách sa používa nepresná formulácia „vyliačeniny pokožky“). Letové schopnosti niektorých vtákov [kolibríky (Trochilidae), dážďovníky (Apodidae), ale i sokoly (*Falco* spp.) a iné] sú doslova fascinujúce – umožňuje im to špecializovaná stavba tela (vzdušné vaky, pneumatizácia kostí, úprava skeletu, výkonné svalstvo) a intenzívny metabolizmus. Niektoré skupiny hmyzu (z múch napr. pestrice – Syrphidae, ale i mnohé iné skupiny) podávajú za letu takmer nepochopiteľné svalové výkony. Dovoľujú im to veľmi výhodné fyzikálne vlastnosti chitínu, ale aj spôsob dýchania – vzdušnice zásobujú kyslíkom priamo jednotlivé tkanivá, bez zdržania, ktoré u stavovcov spôsobuje pomerne komplikovaný prenos dýchacích plynov prostredníctvom hemoglobínu.

Zaujímavou adaptáciou a azda aj kuriozitou je **pasívny kĺzavý let** – táto schopnosť sa vyvinula konvergentne u viacerých skupín plazov a cicavcov. Umožňuje ju široký kožný lem medzi prednými a zadnými nohami. Tieto živočíchy žijú obyčajne na stromoch. Pri skoku rozťahnutý kožný lem slúži ako primitívny padák. Samozrejme, že o aktívnom lete sa tu hovoriť nedá, ide len o akési plachtenie na vzdialenosť maximálne niekoľko desiatok metrov. Túto schopnosť majú niektoré jaštery z čeľade Agamidae [napr. dráčík lietavý (*Draco volans*) z JV Ázie], vevericovité hlodavce z čeľade Petauristidae [napr. poletuška americká (*Glaucmys volans*) z južných oblastí Severnej Ameriky], vevericovec veľký (*Petaurus sciurus*)⁸⁰ z Austrálie, a napokon je to špecializovaný a zrejme dosť starobylý rad letúch (Dermoptera)⁸¹ z JV Ázie, patrí k nim napr. letucha väčšia (*Cynocephalus variegatus*). Pasívny kĺzavý let je v menej dokonalej forme, vyvinutý aj u niektorých žiab [sú to napr. lietavky (Rhacophoridae) z trópov Afriky a JV Ázie]; umožňujú ho však plávacie blany medzi dlhými prstami, ktoré sa pri skoku napnú. Nakoniec možno spomenúť tzv. lietajúce ryby (*Cypselurus* spp.) z teplých morí celého sveta. Majú krídlavito rozšírené prsné, a niektoré

druhy aj análne plutvy. Pri výskoku z vody sa plutvy vystrú a ryba „preletí“ klzavým letom niekoľko desiatok metrov. Vďaka tejto adaptácii sa im často podarí prežiť útok dravých rýb.

76 plutvy veľrýb (Cetacea) majú s plutvami rýb máločo spoločné – „prsne plutvy“ veľrýb sú silne modifikované predné končatiny, pričom „chrbtová a chvostová plutva“ už nemajú s končatinami spoločné vôbec nič, tieto orgány sú tvorené špecializovaným väzivom a svalstvom;

77 lezenie ulitníkov sa uskutočňuje pomocou svalovej nohy (Gastropoda v preklade znamená bruchonožce!). „Noha“ je v tomto prípade terminus technicus – poduškovitá svalová noha ulitníkov nie je, samozrejme, končatinou;

78 zaujímavou formou lezenia je piadivý pohyb, známy u húseníc piadiviek (Geometridae). Húsenica sa pri lezení prehýba do $\cap$, pričom sa podkladu drží striedavo vždy iba kráčavými nôžkami v prednej časti tela, a posledným párom parapódií na pygidii;

79 redukcia krídel u niektorých vtákov [pštros africký (*Struthio camelus*), nandu pampový (*Rhea americana*), emu austrálsky (*Dromaeus novae-hollandiae*), kazuáre (Casuariiformes) až kivi (Apterygiformes), u ktorých stopy krídel nenájde ani na kostre!] a u hmyzu [švoly (Mallophaga), vši (Anoplura), červce (Coccinea), troglobiontné alebo vysokohorské druhy chrobákov a pod.] sa považuje za **jav druhotný**, ktorý súvisí so spätným návratom niektorých vtákov k „pozemskému spôsobu života“, u hmyzu je redukcia krídel spojená s obsadením špecializovanej niky (ektoparazity), môže však súvisieť aj s thelytóknou partenogenezou [sága stepná (*Saga pedo*), svrčík mraveniskový (*Myrmecophilus acervorum*), vošky (Aphidinea), nosáčky z rodu *Otiorynchus* atď.];

80 patrí k vačkovcom, do čeľade kus-kusovitých (Phalangeridae);

81 letuchy sú zvláštne cicavce, ktoré trochu pripomínajú primáty, čomu nasvedčuje aj anglický názov „flying lemurs“ (Kolektív, 1967), v skutočnosti sú príbuzné skôr hmyzožravcom. Stojí za zmienku, že v slovenskej verzii Veľkej knihy živočíchov (Kolektív, 1978) je názov radu uvedený chybné – Dermaptera, čo sú ucholaky. Samé ucholaky sú pritom (na str. 502) označené tým istým názvom...

Kontrolné otázky a tézy na zamyslenie:

1. Čím sa líši životná stratégia morských bezstavovcov, vyvíjajúcich sa cez primárne larvy, od životnej stratégie ich sladkovodných a suchozemských príbuzných, ktoré sa vyvíjajú cez sekundárne larvy?
2. K akým sociálnym štruktúram vedie proces socializácie ('spoločovania') u živočíchov a kde tento proces vrcholí?
3. Aké sú výhody sociálneho spôsobu života u stavovcov? Akým spôsobom 'spolupracujú' individua – členovia sociálnych štruktúr?
4. Aké sú kasty v hmyzích štátoch? Aké sú rozdiely v štruktúre hmyzieho štátu u mravcov a termitov?
5. Ako by ste vysvetlili rozdiely medzi mobilitou a vagilitou napr. pri vyučovaní biológie?
6. Aké sú mechanizmy a špecifiká aktívneho a pasívneho pohybu u rastlín a živočíchov?
7. Vedeli by ste si predstaviť fylogézu pohybu a pohybových orgánov (organel) u živých organizmov od tých najjednoduchších (jednobunkových) až po stavovce?
8. Skúste zrekapitulovať, aké orgány (časti tela) sa podieľajú na pohybe rôznych živočíchov v rôznych médiách.

Literatúra

- Allen J. A., 1878: The influence of physical conditions in the genesis of species. *Radical Review* 1: 108-140.
- Alsos I. G., Engelskjøn T., Gielly L., Taberlet P. & Brochmann C., 2005: Impact of ice ages on circumpolar molecular diversity: insights from an ecological key species. *Molecular Ecology* (Wiley-Blackwell, New Jersey) 14: 2739-2753.
- Barabas D. & Labunová A., 2009: Vybrané kapitoly z biogeografie pre geografov. Univerzita Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach, Košice, 113 pp.
- Baum J. & Buchar J., 1973: V říši pavouků. SPN, Praha, 292 pp.
- Begon M., Harper J. L. & Townsend C. R., 1997: Ekologie: jedinci, populace, společenstva. Univerzita Palackého, Olomouc, 949 pp.
- Boltížiar M., 2009: Vplyv georeliéfu a morfodynamických procesov na priestorovú štruktúru vysokohorskej krajiny Tatier. SAV, Ústav krajinej ekológie, UKF v Nitre, Nitra, 158 pp.
- Buchar J., 1984: Zoogeografie. SPN, Praha, 200 pp.
- Buchar J. & Růžicka V., 2002: Catalogue of spiders of the Czech republic. Peres Publ., Praha, 349 pp.
- Cox C. B. & Moore P. D., 2010: Biogeography: an ecological and evolutionary approach (8th edition). Blackwell Scientific Publications, Oxford, 498 pp.
- Croizat L., Nelson G. & Rosen D. E., 1974: Centers of origin and related concepts. *Systematic Zoology* (Oxford) 23/2: 265-287.
- Čaboun V., 1995: Ekológia lesa. Fakulta ekológie a environmentalistiky TU Zvolen, 113 pp.
- Dietz S. & Holden J. C., 1970: Reconstruction of Pangaea – Breakup and dispersion of continents, Permian to Present. *Journal of Geophysical Research* (American Geophysical Union, Washington, D. C.) 75/26: 4939-4956.
- Dítě D., Melečková Z., Eliáš P. jun. & Janák M., 2011: Manažmentový model pre biotopy slaných pôd. Daphne, Inštitút aplikovanej ekológie, Bratislava, 29 pp.
- Duvigneaud P., 1988: Ekologická syntéza. Academia, Praha, 414 pp.
- Eliáš P., 1995: O inváziách a invázných rastlinách. Chránené územia Slovenska (SAŽP, Banská Bystrica) 26: 14-16.
- Favarger C., 1972: Endemism in the montane floras of Europe. In: Valentine D. H. (ed.), *Taxonomy, Phytogeography and Evolution*, Academic Press, London, p.191-204.
- Ferianc O., Korbel L. et al., 1972: Živočíšstvo, p. 629-815. In: Lukniš M. (ed.), *Slovensko 2 – Príroda*. Obzor, Bratislava, 917 pp.
- Franc V., 2001a: Slovenské zoologické názvoslovie – tvrdý oriešok, ale nie pre botanikov. *Správy Slovenskej zoologickej spoločnosti* (Bratislava) 19: 15-22.
- Franc V., 2001b: O záhadných spoluobyvateľoch mravenísk. *Hmyz, Entomologický magazín* (Bratislava) 2/3: 58-61.
- Franc V. & Hanzelová A., 1996: New and remarkable findings of spiders (Araneida) in Slovakia and their ecosoziological value. *Acta Univ. Carolinae* (Praha) 40: 365-382.
- Franc V. & Mlejnek R., 1999: First record of *Holoscotolemon jaqueti* (Opiliones, Erebmastidae) from Slovakia. *Biologia* (Bratislava) 54/2: 134.
- Franc V. & Zúbeková M., 2009: Tri hlavné zákony biológie a ich využitie v pedagogickom procese. Zborník referátov z konferencie 'Biológia v škole dnes a zajtra' ročník 4. Pedagogická fakulta Katolíckej univerzity v Ružomberku, Ružomberok, p. 9-33.
- Futák, J., 1980: Fytogeografické členenie Slovenska. In: *Atlas SSR*, SAV, Bratislava, p. 80.
- Haberl H., Erb K.-H., Krausmann F., Gaube V., Bondeau A., Plutzer Ch., Gingrich S., Lucht W. & Fischer-Kowalski M., 2007: Quantifying and mapping the global human appropriation of net primary production in Earth's terrestrial ecosystem. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* 104: 12942-12947.
- Háberová I., 1998: Základy biogeografie. Fakulta prírodných vied UMB, Banská Bystrica, (msc) 95 pp.
- Hadač E., Březina P., Ježek V., Kubička J., Hadačová V. & Vondráček M., 1969: Die Pflanzengesellschaften des Tales "Dolina Siedmich prameňov" in der Belaer Tatra. Vydavateľstvo Slovenskej akadémie vied, Bratislava, 343 pp.
- Hendrych R., 1972: Chorologické mapy ve fytogeografii. *Acta Univ. Carol., Geographica* (Praha) 1: 3-63.
- Hendrych R., 1984: Fytogeografie. SPN Praha, 222 pp.
- Heyrovský L., 1955: Tesaříkovití – Cerambycidae. *Fauna ČSR* 5, Naklad. ČSAV, Praha, 347 pp.

- Hlásny T. & Turisová I., 2012: Spatial modelling-based approach to phytogeographical regionalization using grassland vegetation data. *Central European Journal of Biology* (Versita, Warsaw) 7/2: 318-326.
- Horník S., 1997: K současnému postavení biogeografie v didaktickém systému geografie. *Přírodovědecká fakulta MU, Brno, Geografie* 8: 45-47.
- Horník S., Buzek L., Mičian L., Pech J. & Trnka P., 1986: *Fyzická geografie II. Státní pedagogické nakladatelství, Praha*, 319 pp.
- Horník S., Chábera S., Kříž H., Mičian L. & Quitt E., 1982: *Základy fyzické geografie. Státní pedagogické nakladatelství, Praha*, 398 pp.
- Hudec I. & Stanko M., 2001: *Všeobecná ekológia. Univerzita P. J. Šafárika v Košiciach, Košice*, 116 pp.
- Hulínek D., 2007: Zásadný obrat v poznání vývoje člověka. *Historická revue (Slovenská Grafia a. s., Bratislava)* 18: 7-8.
- Húsenicová J. & Ružičková J., 1992: Vyhodnotenie nadregionálneho ÚSES Slovenska pre potreby napojenia na Európsku ekologickú sieť – European Ecological Network (EECONET), URBION Bratislava, 54 pp.
- Janišová M., 1997: Nepôvodné druhy rastlín a ich šírenie. *Daphne, Inštitút aplikovanej ekológie, Bratislava* 4/1: 25-28.
- Jedlička L. (ed.), 1995: *Prehľad taxónov fauny Slovenska. Projekt RVT 20-517-03 Ekosoologický výskum a manažment ohrozených druhov organizmov, časť 44: Coleoptera. Prírodovedecká fakulta UK, Bratislava*, 113 pp.
- Jedlička L. & Kalivodová E., 2002: Zoogeografické členenie – Terestrický biocyklus. Mierka 1 : 2 000 000. In: Hrnčiarová T. (ed.): *Atlas krajiny SR. Ministerstvo ŽP Bratislava, SAŽP Banská Bystrica*, 344 pp.
- Jones D., 1989: *A Guide to Spiders of Britain and Northern Europe. Hamlyn, London*, 320 pp.
- Jurko A., 1990: *Ekologické a socioekonomické hodnotenie vegetácie. Príroda, Bratislava*, 195 pp.
- Kardoš M., Medved'ová A., Supek Š. & Škodová M., 2013: Objektovo orientovaná klasifikácia drevinového zloženia na digitálnych leteckých snímkach zosuvného územia. In: *Zprávy lesnického výzkumu* 58/3. Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Praha – Strnady, p. 195-205.
- Kárpáthy P., 2007: Pseudoscorpions of Hungary. *Folia Historico Naturalia Musei Matrensis (Gyöngyös)* 31: 81-90.
- Kele F. & Mariot P., 2004: *Encyklopedie velehor světa. Fontána, Olomouc*, 148 pp.
- Kitching R. L., 1971: An ecological study of water filled tree-holes and their position in the woodland ecosystem. *Journal of Animal Ecology (London)* 40: 281-302.
- Kolektiv, 1962 (reedit. 1967): *Animal World Encyclopedia. Hamlyn – London, New York, Sydney & Toronto, reedit. Tlačiarne SNP, Martin*, 544 pp.
- Kolektiv, 1978: *Svet živočíšnej ríše. Osveta, Martin*, 607 pp.
- Kolektiv, 2002: *Zviera. Ikar, Bratislava*, 623 pp.
- Korbel L. & Krejča J., 1993 (reedícia 2001): *Veľká kniha živočíchov. Príroda, Bratislava*, 345 pp.
- Kratochvíl J., 1973: *Použitá zoologie, bezobratlí. SZN, Praha*, 445 pp.
- Krippel E., 1986: *Postglaciálny vývoj vegetácie Slovenska. VEDA, vydavateľstvo Slovenskej akadémie vied, Bratislava*, 312 pp.
- Križová E., Kropil R., Čaboun V. & Midriak R. 2001: *Základy ekológie. Vydavateľstvo TU vo Zvolene*, 181 pp.
- Križová E., Kropil R. & Nič J. 2007: *Základy ekológie. Učebné texty. Vydavateľstvo TU vo Zvolene*, 157 pp.
- Kubát K. et al., 2003: *Botanika. Scientia, Praha*, 232 pp.
- Kučera T. & Sadlo J., 1995: Synantropizace flóry přírodních rezervací v Dalejském údolí u Prahy během posledního desetiletí. *Museum a současnost (Roztoky u Prahy), Ser. natur.* 9: 73-79.
- Kůrka A. & Pfleger V., 1984: *Jedovatí živočichové. Academia, Praha*, 165 pp.
- Lomolino M. V., Riddle B. R. & Brown J. H., 2005: *Biogeography, third edition. Sinauer Associates*, 845 pp.
- Lomolino M. V., Riddle B. R., Whittaker R. J. & Brown J. H., 2010: *Biogeography, Fourth Edition. Sinauer Associates, Inc.*, 764 pp.
- Losos B., Gulička J., Lellák J. & Pelikán J., 1984: *Ekologie živočichů. SPN, Praha*, 316 pp.
- Ložek V., 1973: *Příroda ve čtvrtohorách, Academia, Praha*, 372 pp.
- Mabberley D. J., 1992: *Tropical Rain Forest Ecology. (2nd edition), Blackie, Glasgow and London*, 300 pp.
- Mac Arthur R. & Wilson E. O., 2001: *The Theory of Island Biogeography. Princeton University Press, New Jersey*, 244 pp.
- MacDonald G. M., 2003: *Biogeography – Space, Time and Life. John Wiley & Sons Inc., New York*, 485 pp.

- Maglocký Š., 2002: Potenciálna prirodzená vegetácia, mapa 1 : 500.000. In: Miklós L. et al., Atlas krajiny Slovenskej republiky. 1. vyd. Ministerstvo ŽP Bratislava, SAŽP Banská Bystrica, 87 pp.
- Majzlan O. & Fedor P., 2012: Základy ekológie a environmentalistiky pre pedagogické smery. Univerzita Komenského, Bratislava, 180 pp.
- Matějček T. et al. 2007: Malý geografický a ekologický slovník. Nakladatelství České geografické společnosti, s. r. o., Praha, 132 pp.
- Mičian L. & Zatkalík F., 1984: Náuka o krajine a starostlivosť o životné prostredie. Prírodovedecká fakulta UK, Bratislava, 137 pp.
- Miersch M., 2001: Sexuálny život zvierat. Ikar, Bratislava, 214 pp.
- Michal P. & Barto P., 2012: Geografia Slovenska 1. Príroda a prírodné krajinné typy. Fakulta prírodných vied UMB, Banská Bystrica, 167 pp.
- Michalko J. et al., 1986: Geobotanická mapa ČSSR, časť SSR. 1 : 200 000. Veda, Bratislava.
- Moravec J. et al., 1994: Fytocenologie (náuka o vegetaci). Academia, Praha, 404 pp.
- Obenberger J., 1955: Entomologie 2 (Apterygota, Pterygota: Grylloblattodea – Zoraptera). Naklad. ČSAV, Praha, 726 pp.
- Odum E. P., 1977: Základy ekologie. Academia, Praha, 736 pp.
- Opravil E. & Drchal K., 1987: Jak rostliny cestují. Albatros, Praha, 324 pp.
- Pearson T. G. (ed.), 1936: Birds of America. Garden City Publishing Co. Garden City, New York, 876 pp.
- Platia G. & Németh T., 2011: On some Palaearctic click beetles deposited in the Hungarian Natural History Museum (Coleoptera: Elateridae). Annales Historico-Naturales Musei Nationalis Hungarici (Budapest) 103: 65-106.
- Plesník P., 2002: Fytogeograficko-vegetačné členenie Slovenska. Mierka 1 : 1000 000. In: Atlas krajiny SR, Ministerstvo ŽP Bratislava, SAŽP Banská Bystrica, p. 113.
- Plesník P., 2004: Všeobecná biogeografia. Univerzita Komenského, Bratislava, 425 pp.
- Plesník P. & Zatkalík F., 1996: Biogeografia. Univerzita Komenského, Bratislava, 268 pp.
- Porritt J. (ed.), 1992: Zachraňme Zemi. Zemědělské nakladatelství Brázda, Svoboda, Praha, 208 pp.
- Primack R. B., Kindlmann P. & Jersáková J., 2001: Biologické principy ochrany přírody. Portál, Praha, 350 pp.
- Raušer J., 1971: Biogeografické členění ČSR. Mapa 1 : 500 000. Geografický ústav ČSAV, Brno.
- Reichholf J., 1999: Žít a přežít. Ikar, Bratislava 223 pp.
- Root T., 1998: Atlas of Wintering North American Birds: An Analysis of Christmas Bird Count Data. The University of Chicago Press, Chicago, 336 pp.
- Roubal J., 1930: Katalog Coleopter (brouků) Slovenska a Podkarpatska, I. Učená spol. Šafárikova v Bratislave, Státní tiskárna, Praha, 527 pp.
- Rubner K., 1934: Die pflanzengeographisch-ökologischen Grundlagen des Waldbaues. Aufl. 3, Neudamm – Neumann, 597 pp.
- Ružičková H., Halada L., Jedlička L. & Kalivodová E., 1996: Biotopy Slovenska (Príručka k mapovaniu a katalóg biotopov). Ústav krajinej ekológie SAV, Stimul, Bratislava, 192 pp.
- Řezáč M., Pekár S. & Johannesen J., 2008: Taxonomic review and phylogenetic analysis of central European *Eresus* species (Araneae: Eresidae). Zoologica Scripta (Oslo) 37: 263–287.
- Sabo P., Urban P., Turisová I., Považan R. & Herian K., 2011: Ohrozenie a ochrana biodiverzity. Vybrané kapitoly z globálnych ekologických problémov. Centrum vedy a výskumu a Fakulta prírodných vied UMB v Banskej Bystrici, Banská Bystrica, 320 pp.
- Seko L., Nevřelová M. & Reháčková T., 1998: Regionálna geografia rastlínstva (vybrané kapitoly). Univerzita Komenského, Bratislava, 90 pp.
- Slavíková J., 1986: Ekologie rostlin. SPN Praha, 366 s.
- Stanová V. & Valachovič V. (eds.) 2002: Katalóg biotopov Slovenska. Daphne, Inštitút aplikovanej ekológie, Bratislava, 225 pp.
- Stichmann W. & Kretzschmar E., 1998: Nový sprievodca živočíšnou ríšou. Slovo, Bratislava, 447 pp.
- Storch D. & Mihulka S., 2000: Úvod do současné ekologie. Portál, Praha, 160 pp.
- Studnička M., 1984: Masožravé rostliny. Academia, Praha, xxiv + 149 pp.
- Škodová M., 2010: Antropické okraje lesov v Starohorských vrchoch [Doktorská dizertačná práca]. Prírodovedecká

- fakulta UK, Bratislava, 167 pp.
- Townsend C. R., Begon M. & Harper J. L., 2010: Základy ekologie. Univerzita Palackého v Olomouci, 505 pp.
- Turček F. J., 1965: Význam geografických a ekol. hraníc pre faunu a biotu. *Biológia* (Bratislava) 20/6: 457-462.
- Turisová I. & Hlásny T., 2004: Fytogeografický okres Zvolenská kotlina z hľadiska priestorovej distribúcie Ellenbergových indikačných čísel pre teplotu. *Bull. Slov. Bot. Spoločn.* (Bratislava), Suppl. 10: 199-203.
- Turisová I. & Hlásny T., 2008: Zvolenská kotlina z fytogeografického pohľadu. In: Turisová I., Martincová E. & Bačkor P. (eds), *Výskum a manažment zachovania prírodných hodnôt Zvolenskej kotliny*, Zborník príspevkov z vedeckej konferencie (17. 10. 2008, Banská Bystrica). Ústav vedy a výskumu a Fakulta prírodných vied UMB v Banskej Bystrici, Národné lesnícke centrum, Lesnícky výskumný ústav, Zvolen – Banská Bystrica, p. 5-16.
- Turisová I. & Hlásny T., 2010: Identification of phytogeographical borders using grassland vegetation data. *Biologia*, 65/4: 630-638.
- Valachovič M. & Soldán J., 2004: Hľadanie hranice medzi karpatikom a panonikom na príklade Bošáckej doliny – metodické prístupy. *Bull. Slov. Bot. Spoločn.* (Bratislava), Supl. 11: 217-221.
- Vanková V., Kramáreková H., Baláž I. & Nemčíková M., 2008: Biogeografia. Univerzita Konštantína Filozofa v Nitre, Nitra, 144 pp.
- Vanková V., Jakab I., Baláž I., Petluš P., Jahn J. & Tuhárska K., 2008: Terénne práce II. Metodická príručka na realizáciu terénnych prác pre vysoké školy so zameraním na krajinno-ekologické a environmentálne vedy. Nitra: FPV UKF v Nitre.
- Van Valen L., 1973: Pattern and the balance of nature. *Evolutionary Theory* (Chicago) 1: 31-49.
- Vlasák P., 1986: Ekologie savců. Academia, Praha, 291 pp.
- Vološčuk I., 2013: Teoretické princípy ekologických procesov, funkcií a služieb ekosystémov. Fakulta prírodných vied, Inštitút výskumu krajiny a regiónov, UMB v Banskej Bystrici, Belianum, Banská Bystrica, 266 pp.
- von Buttlar J., 1991: *Život na Marse*. Slovenský spisovateľ, Bratislava, xvi + 143 pp.
- Walter H. & Straka H., 1970: *Arealkunde – Floristisch-historische Geobotanik*. Ulmer, Stuttgart, 478 pp.
- Whittaker R. L. & Fernández-Palacios J. M., 2006: *Island Biogeography. Ecology, evolution and conservation*. Oxford University Press, Oxford, 401 pp.
- Wolf J. & Felix J., 1980: *Zvieratá nad priepasťou*. Mladé letá, Bratislava, 293 pp.
- Zlatník A., 1978: *Lesnícká fytocenologie*. Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 495 pp.

Internetové zdroje:

- Bendíková-Gažáková S., 2009: Empirické metódy poznávania. [online, cit. 2014-11-12] dostupné na: <<http://www.ddp.fmph.uniba.sk/~bendikova/metodika/metody.htm>>
- Cyprich J., 2008: Rastlinné endemity na Slovensku. [online, cit. 2015-01-10] Dostupné na <<http://www.treking.cz/priroda/roslinne-endemity-na-slovensku.htm>>
- Discovery Museum, 2014: When were the Ice Ages and why are they called that? [online, cit. 2014-12-09] Dostupné na <<https://www.cdm.org/mammothdiscovery/wheniceages.html>>
- Divíšek J., Culek M. & Jiroušek M., 2010: Biogeografie. Multimediální výuková příručka [online]. Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita, Brno [cit. 2014-11-07]. Dostupné na <http://is.muni.cz/do/rect/el/estud/prif/ps10/biogeogr/web/index_book_4-4.html>
- Dolinská J., 2014: Vzťahy organizmov a prostredia, spoločenstvá. O škole [online, cit. 2014-11-22]. Dostupné na <http://www.oskole.sk/wap/index.php?id_cat=55&new=4691>
- Futák J., 1984: Fytogeografické členenie územia Slovenskej republiky. [online, cit. 2015-01-14] SAV, Bratislava. Dostupné na <http://www.chromosomes.sav.sk/main/fyt_disp.php>
- Kučera M., 2012: Dezertifikácia v oblasti Sahelu. [online, cit. 2015-03-02] Dostupné na <<http://meteoinfo.sk/clanok/50371-dezertifikacia-v-oblasti-sahelu>>
- Národné lesnícke centrum, 2008: Výskyt a stav poľovnej zveri na Slovensku. [online, cit. 2014-11-07] NLC, Zvolen. Dostupné na <http://www.forestportal.sk/sitepages/lesne_hospodarstvo/polovnictvo/vyskyt_zveri/vyskyt_zveri.aspx>
- Teplánský R., 2010: Čierna skaza: Prekoná posledná nehoda rekord v Perzskom zálive? [online, cit. 2015-01-07] Život 25/2010, Bratislava: Ringier Axel Springer Slovakia, a. s. Dostupné na <<http://zivot.cas.sk/>>
- Urban Z., 2011: Klimatická hrozba z arktického permafrostu. [online, cit. 2015-01-07] Dostupné na <<http://m.aktuality.sk/clanok/198079/klimaticka-hrozba-z-arktického-permafrostu/>>

REGISTER

Register obsahuje odkazy na bežné i menej používané termíny z oblasti biogeografie a ekológie, a niektoré pojmy z hraničných disciplín, dôležité pre pochopenie súvislostí. Nie sú v ňom zahrnuté metodologické pojmy, rovnako ako rody a druhy živých organizmov, ani iné taxonomické jednotky. Na hrubo vyznačených stranách sa nachádza definícia pojmu.

A

abrázia	106
abundancia	54 – 56, 58, 139
abysál	17 – 19, 45, 85, 89, 97, 111 , 127
acidofilný	44, 110, 116
adaptácia (-e)	10, 23, 37, 84 – 87, 89, 90, 98, 101, 105, 106, 108 – 110, 114, 115, 124, 139, 142, 144, 146, 159, 161
adaptívna radiácia	36, 51, 88
aerenchým (-matický)	105
aeroplanktón	105, 160
agregácia	131, 132, 159
aklimatizácia	89, 90
alelopatia	120
alkalofilný	110
Alleeho princíp	132
Allenovo pravidlo	10, 102
alochtónny	33, 90
alpínske lúky	43
alpínske pásmo (stupeň)	30, 39, 43, 45, 71, 72, 77
alpsko-karpatské druhy	70
amenalizmus	119, 120
anabióza	38, 68, 105, 142, 160
anadrómna migrácia	133
anemofília	85, 106
anemochória	38 , 85, 106, 133
anemochória	38, 133
anemotaxia	106
anomália vody	110
antarktická oblasť	46, 48
antropický vplyv / faktor	31, 38, 96, 121 – 124
antropogénna	
biogeografia	5
antropochória	38, 133 , 160
apofyt (-y)	33 ,
aptéria (-ny)	30, 96, 106
arboreálny druh	
(-na fauna)	66, 67
arborikol	85, 92, 143, 144 , 145
areál (-y)	4, 6, 10, 24 – 40, 49, 68 – 71, 76, 89, 90, 107, 133
areálová exkláva	38
arela (-y)	26
archeofyt (-y)	33 , 34, 85
archibentál	17
arkto-alpínska flóra	42, 62
atlantické druhy	70
atmosféra	4, 12, 13, 60, 96, 104, 111, 115, 122, 154, 155
austrálska oblasť	46, 48 , 51
autekológia	84 , 95
autochória	38
autochtónny	33, 48, 73, 90 , 123
autoregulácia	
(-čná schopnosť)	137, 138, 157
autotrofné organizmy	11 – 13 , 123 , 151, 154
azonálne ekosystémy	76 – 82
azonálnosť	45

B

batyál	45
batypelagiál	111
bazofilný	116
bentos, bentál (-ický)	18, 20 , 111 – 113
Bergmanovo pravidlo	102
Beschidicum (západo-beskydský obvod)	64, 65
biocenológia	5 , 138
biocenotický princíp	138
biocenóza	4, 6 – 8, 13, 112, 116, 137 – 140, 150, 153, 156
biocyklus (-y)	3, 15 , 83, 88, 101, 118, 158
biogeografická oblasť	3, 16, 18, 48
biogeografická regionalizácia	4 , 6
biogeochemický cyklus	13, 122, 153 , 154
biochór (choriotop)	138
bioklimatická zóna (-ké pásmo)	24, 30, 41, 43, 51, 52
bióm (geobióm)	3, 18, 40, 45, 54 , 157
biomasa	11 , 12, 14, 54, 56, 127, 132, 139 , 154 – 158
biorytmy	94, 99
biosféra	3, 4 , 12, 13 – 16, 18, 24, 41, 42, 52, 88, 98, 117, 150, 154, 156
biosférický cyklus	13
biota	3, 5 – 8, 11 , 25, 38, 39, 41, 45, 46, 61, 63, 71, 122, 141
biotop (-y)	8, 17, 25 , 27, 30, 34, 41, 63, 67, 68, 71, 78 – 80, 84, 89, 107, 113, 132, 135, 138, 142, 151
boreálne pásmo	46, 101
boreálny druh (-a fauna, flóra)	32, 62, 66, 101
boreálny les (► tajga)	
boreoalpínsky druh	30 , 70, 85
boreomontánný druh	29 , 30, 60, 70, 85
brachyptérne formy	28, 106
brakická zóna (-é vody)	19 , 20, 53, 109
breh (-ový) [biotop]	68, 80
brehové porasty	68, 80
bučiny	44, 60, 64, 73 – 75

C

Carpathicum (karpatský obvod)	64, 65
cecidofágia	85, 129
cirkadiánne rytmy (-na aktivita)	99 , 100, 110, 133
čiasť opadávé	
lesy tropické	53 – 55

D

dekompozičné sfarbenie	98 , 99
dekompozičný reťazec	14, 151
dekompozitor (-y)	13, 14, 55, 116, 127, 148
demekológia	84
denné (diurnálne) druhy	99
denzita	132

detritofág (-ny)	85, 127 , 141	eurosibírska podoblasť	67
detritofil (-ný)	141	eurosibírske druhy	69
diapauza	94	euryekný (-topný, -chórny)	25, 68, 71, 73, 85, 110
diaspóra (-y)	38, 93, 150	euryhyrický	105
difúzičné druhy	100	eurytermný	100
disjunktívny (nesúvislý)		eutrofizácia	35, 122
areál	29 – 31, 36, 69, 70	eutrofný	116
disperzia	131 – 133, 140	evaporácia	155
divergencia	5, 88	evapotranspirácia	101, 104, 115, 155
diverzita (biodiverzita)	47, 48, 50, 51, 53, 54, 56 – 60, 66, 72, 75, 77, 81, 112, 122, 139, 140 , 153	expanzia areálu	38, 133
domestikácia	85, 89, 90 , 91, 122	expozícia	44, 74, 75, 78, 115, 117, 118 , 144
dominancia (-tný)	7, 43, 44, 48, 53, 76, 139 , 140, 151	F	
dubovo-hrbové a dubové lesy	43, 44, 62, 65, 75	florikol (-ný)	143 , 144
E		floristická	
edafický, edafón	39, 85, 96, 113, 114 , 115, 138, 141 – 143, 145, 156	regionalizácia	46
edafocenóza	138	fluktuácia	57, 136 , 150
efekt zakladateľa	36	forézia (foretický)	37, 89, 160
ekologická biogeografia	5	fotoperiodizmus	99
ekologická nika	28, 129 , 130, 160	fotosyntéza	13 , 17, 104, 156
ekologická valencia (= amplitúda)	27 – 29, 94, 95	frekvencia výskytu	7, 140
ekologická vikarizácia (-izmus)	31 , 41, 49, 50	fytoocenóza (-lógia)	4, 11, 138
ekologický faktor (činiteľ)	4, 6, 7, 11, 17, 24, 25, 27, 28, 30, 31, 37 – 39, 45, 46, 57, 59 – 61, 68, 76, 79, 83 – 85, 91, 92 – 122, 129 – 132, 135, 138, 142 – 144, 146, 151, 158	fytofág (-ny)	90, 125 , 126, 129, 136, 137, 143, 151, 154
ekosystém	3, 7, 12, 14 – 16, 18, 21, 35, 39, 41, 49 – 51, 53, 66, 71 – 81, 91, 96, 107, 110 – 113, 118, 119, 122, 124, 127, 130, 132, 139, 141, 148, 150 – 158	fytogeografia	4 , 5, 9
ekoton (-ový efekt)	16, 18, 39, 52, 58 – 60, 76 – 82, 139	fytogeografická oblasť	11, 46 – 48, 65
ekotop	25 , 64	fytogeografické	
ektoparazity	21 – 23 , 24, 147	členenie	8, 11, 64
emigrácia	132	fytochorológia	25
endemit (-cký)	18, 21, 26, 27 , 31, 32, 42, 45 – 57, 64 – 67, 71, 74, 76, 90, 94, 116, 143	fytoparazit (-izmus)	125 , 127, 129
endemity slovenskej fauny	72	fytoplanktón	13, 108, 156
endemity slovenskej flóry	27, 66	fytozoofágia	123
endoparazity	21, 22 – 24, 89, 91, 97, 126	G	
entomocenóza	85, 138	geobiont	114
entomofág (-ny)	85, 87, 92	geofil	114
entomogamný	85, 98	geoxén	114
epiareál	25 , 29, 30, 67	Glogerovo pravidlo	103
epigeon (-ický)	141	H	
epilimnion	108, 109	halofyt, -fil	19, 79, 85, 116
epineustón	111	hektototermny	101
epipelagiál	111	heliofil (-y, -ný)	85, 97
epipotamál	112	heliofób (-ny)	97
epirhitrál	112	heliosciofil (-y, -ný)	97
estivácia	102	hematofágny	
etológia	84 , 135	ektoparazitizmus	23, 24
euareál	25 , 29	hemiparazitizmus	124
Eucarpaticum (podob- vod vysokých Karpát)	64, 65	herbikol (-ný)	85, 143 , 144
európske druhy	69	heterotermný	102
		heterotrofné organizmy	11, 104, 123 , 151
		hibernácia (-ant)	87, 94, 102
		historická biogeografia	5
		hmyzí štát	159
		hniezdny parazitizmus	23
		holarktická oblasť	30, 46 – 48, 64
		holoareál	25
		homoiotermný	
		(endotermný)	101 – 103, 106, 154
		horizontálna (šírková)	
		zonálnosť	43, 46
		horské smrekové lesy	43, 73, 74
		hranica areálu	37, 38, 69
		hranica lesa (horná, alpínska)	6, 8, 10, 11, 30, 117, 118
		hranice biosféry	12
		humikol (-ný)	85, 141

hustota populácie (➡ denzita)		krivka prežívania	135
hydrofyt	104	kryofilný	100
hydrochória	38, 133	kryosféra	4, 12
hydrologický cyklus	154, 155	kryptické sfarbenie	98, 99
hydrosféra	4, 12, 19	kultúrna step	32, 51, 76
hydrotelmy (...-telmy)	18, 19 , 107		
hygrofyt (-fíl, fílý)	80, 85, 104, 105	L	
hypolimnion	108	lakunál	19
hyponeustón	111	lakustrál	19 , 21
hyporeál	113	latencia (-tný)	105, 136 , 137
hyporhitrál	112	lesostep, -ný svah	38, 76 , 77
		lignikol (-y)	85, 144
CH		limnický biocyklus	3, 16, 18 , 19 – 20, 48, 67, 80, 82, 127
chasmofyt	115	litofyt	115
chemotrofné organizmy	14, 123 , 151	litorál morský (litorálna zóna)	17 , 49
choriocenóza	138	litorál sladkovodný	111
chorológia	5, 25	litorikol	85
		litosféra	4, 12
I		lunárne rytmy	100
imigrácia	132	lužné lesy	45, 62, 80 , 81, 156
imobilné druhy	146		
index diverzity	140	M	
indiferentné (arytmické)	99	makroareál	25
druhy		makrobiota	114
indomalajská oblasť	51	makroptérne formy	28
indomalajské druhy	51	mediteránny druh	
infiltrácia	154	(-na fauna)	66, 69
infračervené žiarenie		megatermy	101
(IR)	97, 100	merocenóza	3, 142, 148
interakcia (-e)	12, 13, 25, 28, 37, 84, 118 , 119, 130	metalimnion	108, 109
Intracarpaticum		metapopulácia	131
(podobvod vnútrokarpatských kotlín)	64, 65	metapotamál	112
introdukcia	33 – 35, 89, 90, 122	metarhitrál	112
invázne druhy	33, 35, 64, 90, 121	mezoareál	26
inverzia (ekologická),		mezobiota	114
-ný biotop	62, 73, 109, 118	mezofilný	41, 86, 105
		mezofyt	104
K		mezotermy	101
kalcifyt, -fílý	85, 116	mezotrofný	116
kapská oblasť	46, 47	miera reprodukcie	135
karpatské druhy	70	migrácia	5, 37, 38, 46, 62, 110, 133 , 146
katadrómna migrácia	133	mikroareál	26 , 48
kavernikol	85, 142 , 143	mikrobiota	114
keratofág	85, 147, 148	mikrobiotop	95, 148
klimax (-ový)	43 – 45, 55, 148 , 149, 156	mikrofág (-ny)	14
kľúčový druh	151	mikrotermy	101
kolobeh dusíka	13, 114	mimetizmus (mimikry)	98, 99
kolobeh kyslíka	13, 155	mixotrofia (-ný)	123
kolobeh uhlíka	13, 114, 156	mobilita	37 , 38, 96
kolónia (typy kolónií)	159	mobilitné druhy	68, 72
komezál (-izmus)	24 , 119, 121	močiar (-e)	38, 53, 64, 81, 82, 107, 111, 150
kompetícia	119, 121 ,	monofázické druhy	100
konkurencia (-ti)	53, 99, 119, 121, 129 – 132, 137, 138, 151, 152, 157	monotopné areály	26
konštantnosť	7, 135, 140	morský biocyklus	16 , 17 – 20, 29, 49, 68, 88, 160
kontinuálny (súvislý)		mortalita	135 – 137
areál	29 , 30, 36	musikol (-y)	86, 142
konvergencia	51, 87, 88 , 89, 160, 161	mutualizmus	119 , 120
konzument (-i)	11, 14, 126, 151 , 152, 156	mycetofág (-ny)	86, 94, 125 , 126, 144
koprofág (-ny)	85, 128 , 129	myrmekofil (-y, -ný)	31, 86, 88, 94, 119 – 121, 142, 145 – 147
kortikol	85, 144		
kostál	17	N	
kozmpolitný areál	38, 68	natalita	134 , 135
kozmpolitný druh	10, 25, 68	nearktická oblasť	20, 46, 49 , 59
krenál	85, 20 , 112	nearktické druhy	46, 49, 50
		nekrofág (-ny)	14, 86, 128 , 148, 152

nektón **18, 20, 111**
 neoendemit **26, 27**
 neofyt (-y) **33, 34**
 neotropická oblasť **46, 47, 50**
 neotropické druhy **50**
 nepôvodné areály **33**
 neustón **111**
 neutralizmus **119**
 neutrofilný **110, 116**
 nidikol (-y) **86, 147**
 nitrofilný **80, 116**
 nitrofóbný **116**
 nitrofyty, nitrofil (-ný) **80, 86, 116**
 nočné (nokturnálne) druhy **87, 97, 99, 100, 145**

O

oligotopné areály **26**
 oligotrofný **111, 116**
 optimum (ekologické) **28, 29, 94, 130**
 oreotundrálny druh (-na fauna) **67**
 oscilácia **38, 99, 136**

P

palearktická oblasť **46, 48, 49, 51, 59, 67**
 palearktické druhy **50, 69**
 paleoendemit **27**
 paleotropická (etiópska) oblasť **31, 46, 47, 48, 49**
 paleotropické druhy **49, 50**
 Pannonicum (panónsky obvod) **64**
 pantofág (-ny) **86, 127, 128**
 parazitárna regresia **21, 23**
 parazitický biocyklus **3, 16, 21, 22 – 24, 121, 126, 127**
 parazitický reťazec **14, 152**
 parazitizmus **24, 119, 121, 124, 129, 131**
 parazitoid (-y, -izmus) **24, 94, 143**
 parazity extracelulárne **22**
 parazity fakultatívne **23**
 parazity intracelulárne **22**
 parazity obligátne **23**
 partenogéza (-etický) **28, 30, 133, 159**
 pasívny kĺzavý let **161**
 pastevno-koristnícky reťazec **14, 152, 154**
 pedosféra **4, 12, 113**
 pelagiál (-ický) **18, 45, 111**
 peristaltický pohyb **161**
 permafrost **60, 115**
 pesimum (ekologické) **28, 94, 130**
 piesčité biotopy **32, 57, 76, 79, 115**
 planktón **18, 20, 38, 45, 110, 111, 133, 159**
 pleustón **20, 111**
 podmäčnané (vlhké) lúky **81, 82**
 pohybová stratégia **158, 160**
 poikilotermný (exotermný) **101, 102, 108**
 pokryvnosť **7, 45, 142**
 polárne pásmo (oblasť) **60, 99**
 polyfázické druhy **100**
 pontické druhy (areály) **30**
 pontomediterránne druhy (areály) **70**
 populácia **24, 25, 28, 32, 36, 38, 40, 41, 45, 59, 62, 63, 67, 70, 84, 90, 92, 94, 96, 119, 120, 121 – 130, 131, 132**

potamál **20, 112, 113**
 pôdne horizonty **113, 114**
 pôdny profil **113, 114**
 Praecarpathicum (pred-karpatský podobvod) **64, 65**
 predácia (-tory) **14, 16, 24, 33, 87, 90, 93, 95, 99, 106, 111, 119, 121, 123, 126, 127, 129, 131, 132, 137, 138, 141, 143, 145, 146, 151 – 153, 158**
 predáčna kaskáda **153**
 predátory 1. rádu **126**
 predátory 2. rádu **121, 126**
 predhorská zonálnosť **43, 45**
 primárna produkcia **13, 14**
 primárna sukcesia **149, 156**
 prírodný výber **10, 11, 36, 158**
 prísťahovanie (➔ imigrácia)
 producent (-i) **11, 13, 59, 127, 151, 154, 156**
 profundál **111**
 progradácia **136, 137**
 progresívny vývoj areálu **31, 37, 38**
 protokooperácia **119 – 121**
 psamofyt **115**
 psychofil (-ný) **86, 100**
 púšte a polopúšte **14, 48 – 51, 55, 56, 58, 84, 102, 103, 105, 108, 115, 154, 159**
 pyrofyty (-ilný) **86, 116**

R

rast populácie **135**
 rašelinská (rašelina) **53, 59, 60, 62, 64, 81, 82, 96, 107, 110, 111, 156, 159**
 reaktívny pohyb **161**
 regionálna biogeografia **5**
 regresívny vývoj areálu **31, 37, 38, 133**
 regulácia zdola **152**
 regulácia zhora **152**
 reintrodukcia (-ovaný druh) **35**
 relikty (-ný) **26, 27, 30, 32, 62, 63, 66, 67, 69, 72, 74, 77, 81**
 reliktná (= dealpínska) borina **77**
 retrogradácia **136, 137**
 reziliencia **152, 153**
 rezistencia **19, 153, 154**
 rhitrál **20, 112**
 rozmiestnenie, rozptyl (➔ disperzia)

S

salinita (vody) **19, 38, 101, 104, 109**
 saprodetritofágy **86, 141**
 saprofág (-ny) **14, 55, 86, 127, 128, 152**
 saprofyty (-izmus) **124**
 saprofytofág **127, 128**
 sapromycetofág **128**
 saproxylofág (-ny) **125, 127, 128, 143, 145, 146**
 saproxylomycetofágia **128**
 saprozoofág (➔ nekrofág)
 savany (bióm saván) **48, 49, 54, 55, 119, 157**
 sciofil (-y, -ný) **53, 86, 97**
 sekundárna produkcia **13, 14**
 sekundárna sukcesia **149, 157**

sesilné formy (druhy)	18, 37, 132, 159	trofická (= potravná) sieť	152
sfagnikol	86	trofická (= potravná)	
sklerofyt	105	stratégia	24, 99, 123, 125, 128
slanská (slanomilné biotopy)	64, 79, 80, 96, 116	trofické (= potravné)	
slatiny	64, 81, 82	vzťahy	92 , 118, 121, 123 – 129
sociabilita	7, 159	trofický (= potravný)	
solitérny	158	reťazec	13, 14 , 126, 151 – 154
speciácia	10, 18, 36 , 88	trofobióza	120
spoločenstvá skál a sutí	60, 67, 78	trofogénna vrstva	111
spoločenstvo (-á)	9, 14, 16 – 21, 25, 39, 79 – 82, 137 – 162	trofológia	123
stabilita areálu	31	trofolytická vrstva	111
stabilita spoločenstva	60, 84, 137, 138, 150, 153	troglobiont	86, 87, 89, 97, 142
sťahovanie (➡ migrácia)		troglofil	86, 143
stanovište (= habitat)	25 , 27, 29, 33, 37, 39, 59, 62, 73, 75 – 81, 95, 96, 100, 105, 116, 132, 148	tropické dažďové lesy	14, 48 – 51, 52 , 53 , 93, 138
stenoekný (-topný, -fágný a pod.)	26, 27, 72, 73, 86, 95 , 100, 102, 105, 110, 112	tropistické reakcie	
stenohyrický	105	(tropizmy)	98
stenotermný	100, 102, 112	tundra	30, 39, 42, 48, 60 , 61, 72, 101, 102, 138, 139
stepi (mierneho pásma)	49, 50, 57 – 59, 62, 67, 106, 127	tvrdolisté lesy	
stepné a lesostepné druhy	57 – 59, 62, 67 – 69, 76, 79	subtropické	51, 56 , 57
stratégia infikovania		U	
hostiteľa	126	úkrytová stratégia	141
stratégia sfarbenia	98	úľakové sfarbenie	99
stratocenóza	138	ultrafialové žiarenie, UV	12, 97, 111, 117
stredoeurópske druhy	70	únosná kapacita	
stygobiont	71, 86, 143	prostredia	135 , 137
subalpínske pásmo (stupeň)	44, 72, 73	V	
suboptimum (ekologické)	28, 94 , 130	vagilita	37 , 38
sukcesia (-ný)	7, 128, 138, 147, 148 – 150, 156 – 159	vagilný druh	36
sukulent (-y)	56, 89, 105, 115	vegetačné obdobie (-ná sezóna)	6, 41, 44, 71 – 82, 93, 117, 154
súmravné (krepuskulárne) druhy	99 , 100	vegetačné stupne (pásma)	10, 11, 42, 43 , 44, 52, 71 – 82, 118, 154
sutinový les (-y)	44, 45, 77	vegetačný cyklus	101
symbiontofágia	129	vegetačný kryt (-ná pokrývka)	5, 6, 8, 10, 115, 143
symfil	119, 121, 146 , 147	vertikálna (výšková)	
synantropný, -izácia	33, 62, 68, 139	zonálnosť	41, 43
synechter	146 , 147	vlhké (monzúnové) lesy	55, 57
synekent	146 , 147	vysťahovanie (➡ emigrácia)	
synekológia	84	výstražné sfarbenie	90, 99 , 120
synúzia	3, 141, 142, 144 , 151	X	
štruktúra populácie	133 – 135	xerofyt (-fil)	56, 58, 64, 86, 104, 105
T		xylofil, xylofág (-ny)	86, 87, 90, 125, 127, 129, 143, 144
tajga	29, 39, 59 , 60, 73, 122	Z	
taxocenóza	138	zákon minima (ekologický)	94
temperátna oblasť	86, 103	západopalearktická podoblasť	60
teória cefalizácie	160	zloženie populácie (➡ štruktúra p.)	
teplotná stratifikácia	108	zonálne ekosystémy	71 – 75
terestrický biocyklus	16, 18 , 67, 68, 82, 128, 142, 155, 156	zonálnosť	43, 46
terikol (-ný)	97, 142	zoocenóza (-lógia)	4, 138
termofilný (teplomilný)	42, 44, 56, 62, 64, 69, 75, 76, 93, 100	zoogeografia	4, 5, 10, 11
textúra pôdy	91, 114	zoogeografická kategorizácia	68
topické vzťahy	92 , 93, 118, 143, 144, 158	zoogeografická oblasť	10, 48 – 51, 90,
transpirácia	14, 53, 104 – 106, 155	zoogeografické členenie	8, 11, 48, 66
trofická (= potravná) pyramída	14, 124 , 126, 127	zoochória	38 , 133
trofická (= potravná) štruktúra	143	zoochorológia	25 , 83
		životná stratégia	15, 88, 89, 125, 157 – 160

OBSAH

Predhovor – Poznámky k stratifikácii bioty a z toho vyplývajúcej neštandardnej štruktúre tejto učebnice	3
I ZÁKLADY BIOGEOGRAFIE	4
I. 1 Biogeografia ako vedná disciplína	4
I. 1. 1 Objekt a predmet biogeografie	5
I. 1. 2 Metódy biogeografického výskumu	6
I. 1. 3 Historický vývoj biogeografie	8
I. 2 Biosféra ako súčasť krajinej sféry Zeme	11
I. 2. 1 Hranice biosféry	12
I. 2. 2 Biosférický cyklus	13
I. 2. 3 Biocykly	15
I. 2. 3. 1 Morský biocyklus	16
I. 2. 3. 2 Terestrický biocyklus	18
I. 2. 3. 3 Limnický biocyklus	18
I. 2. 3. 4 Parazitický biocyklus	21
I. 3 Priestor rozšírenia druhov organizmov – areál	24
I. 3. 1 Vlastnosti areálov	25
I. 3. 1. 1 Veľkosť areálov	25
I. 3. 1. 2 Štruktúra areálov	27
I. 3. 1. 3 Tvar areálov	29
I. 3. 2 Reliktne areály	32
I. 3. 3 Nepôvodné areály	33
I. 3. 4 Vývoj areálov	36
I. 3. 4. 1 Vznik a zánik areálov	36
I. 3. 4. 2 Zmeny veľkosti areálov	37
I. 3. 5 Hranice areálov	38
I. 3. 6 Zobrazovanie areálov	39
I. 4 Biogeografická diferenciácia Zeme	41
I. 4. 1 Zákonitosti priestorovej diferenciácie biosféry	41
I. 5 Biogeografia sveta	45
I. 5. 1 Fytogeografické oblasti	46
I. 5. 2 Zoogeografické oblasti	48
I. 5. 3 Charakteristika geobiómov Zeme	51
I. 5. 3. 1 Geobióm tropických dažďových lesov	52
I. 5. 3. 2 Geobióm čiastočne opadavých lesov tropického pásma	53
I. 5. 3. 3 Geobióm saván tropického pásma	55
I. 5. 3. 4 Geobióm púští a polopúští subtropického pásma	55
I. 5. 3. 5 Geobióm tvrdolistých lesov subtropického pásma	56
I. 5. 3. 6 Geobióm vlhkých lesov subtropického pásma	57
I. 5. 3. 7 Geobióm stepí mierne teplého pásma	57
I. 5. 3. 8 Geobióm púští a polopúští mierne teplého pásma	58
I. 5. 3. 9 Geobióm listnatých lesov mierne teplého pásma	58
I. 5. 3. 10 Geobióm ihličnatých lesov mierne chladného pásma (tajga)	59
I. 5. 3. 11 Geobióm tundry subarktického pásma	60
I. 5. 3. 12 Geobióm polárnych oblastí subarktického pásma	60
I. 6 Biogeografia Slovenska	61
I. 6. 1 Štvrtohorný vývoj bioty	61
I. 6. 2 Vplyv človeka na biotu Slovenska	63
I. 6. 3 Fytogeografické členenie Slovenska	64
I. 6. 4 Zoogeografické členenie Slovenska	66
I. 6. 4. 1 Zoogeografická kategorizácia fauny Slovenska	68
I. 6. 5 Prehľad základných spoločenstiev bioty	71
I. 6. 5. 1 Zonálne ekosystémy	71
I. 6. 5. 2 Azonálne ekosystémy	77

II ZÁKLADY EKOLÓGIE	83
II. 1 Obsah, delenie, hraničné a pomocné odbory ekológie	83
II. 2 Terminologické problémy ekológie a príbuzných disciplín	84
II. 2. 1 Ďalšie základné pojmy významné (nielen) v ekológii	84
II. 3 Organizmus a prostredie	91
II. 3. 1 Abiotické ekologické faktory	96
II. 3. 1. 1 Klimatické ekologické faktory	96
II. 3. 1. 2 Ekologické faktory vodného prostredia	107
II. 3. 1. 3 Ekologické faktory pôdy	113
II. 3. 1. 4 Oheň ako ekologický faktor	116
II. 3. 1. 5 Reliéf ako ekologický faktor	117
II. 3. 2 Biotické ekologické faktory	118
II. 3. 2. 1 Typy interakcií v ekosystémoch	118
II. 3. 3 Antropické ekologické faktory	121
II. 4 Trofológia (prehľad potravných vzťahov medzi organizmami)	123
II. 5 Ekologická nika	129
II. 6 Populácia	131
II. 6. 1 Populácia v priestore	131
II. 6. 2 Populácia v čase	134
II. 7 Spoločenstvo	137
II. 7. 1 Priestorová štruktúra spoločenstva	138
II. 7. 2 Charakteristika spoločenstiev	139
II. 8 Mikroúroveň stratifikácie bioty – synúzia a merocenóza	141
II. 8. 1 Edafické spoločenstvo	141
II. 8. 2 Spoločenstvo kavernikolov	142
II. 8. 3 Spoločenstvo herbikolov	143
II. 8. 4 Spoločenstvo arborikolov	144
II. 8. 5 Spoločenstvo myrmekofilov	145
II. 8. 6 Spoločenstvo obyvateľov brlohov a nôr	147
II. 8. 7 Merocenóza a sukcesia	147
II. 9 Ekosystém	150
II. 9. 1 Štruktúra ekosystému	151
II. 9. 2 Kolobeh látok v ekosystéme	153
II. 9. 2. 1 Hydrologický cyklus	154
II. 9. 2. 2 Kolobeh kyslíka	155
II. 9. 2. 3 Kolobeh uhlíka	156
II. 9. 3 Dynamika ekosystému, sukcesia	156
II. 10 Typy životnej a pohybovej stratégie	158
Literatúra	163
Register	167