

jeho funkčního zapojení. **Realizovaná nika** je vždy užší a je výsledkem konkrétní situace v obývaném prostředí. K jejímu omezení dochází jak vlivem abiotických podmínek, tak nejrůznějšími vztahy k ostatním druhům (potravní nabídka, konkurence). Šířku (rozpětí) ekologické niky (B) je možné u příbuzných druhů stanovit podle vzorce **Colwella a Futuyimy**, příp. podle vzorce **Shannona a Wienera** pro výpočet indexu druhové diverzity (str. 125):

$$B = \frac{n^2}{\sum n_i^2},$$

kde (v obou vzorcích) je n_i hodnota významnosti (početnost, pokryvnost, biomasa) sledovaného druhu v určitém prostředí, hostiteli, čase apod. a n představuje celkový součet hodnot významnosti daného druhu (nikoli všech druhů, jako při výpočtu indexu druhové diverzity).

3.4 Nejdůležitější abiotické faktory

3.4.1 Světlo

Na každý čtvereční metr povrchu atmosféry Země dopadá každou vteřinu průměrně $1,381 \cdot 10^3$ J sluneční energie (**solární konstanta**). Kolik z tohoto množství pronikne do atmosféry a kolik se odrazí zpět do vesmíru již závisí na poloze místa (nejmenší odraz je na rovníku, největší na pólech). Záření vstupující do atmosféry má rozsah vlnových délek od $1 \cdot 10^{-6}$ do $4 \cdot 10^5$ (převážně do $4 \cdot 10^3$) nm a podle dílčích vlnových rozsahů je dělíme na záření kosmické (10^{-6} – 10^{-3} nm), radioaktivní (10^{-3} –3 nm), ultrafialové (3–400 nm), viditelné (400–760 nm) a infračervené (760 až 4 000 nm). Účinky kosmického záření na organismy nejsou dostatečně prozkoumány, působení radioaktivního záření je negativní (mutace, hynutí buněk, somatické změny). Vlastní sluneční záření má z valné části vlnový rozsah $3 \cdot 10^2$ – $4 \cdot 10^3$ nm, tzn. zahrnuje ultrafialové (cca 9%), viditelné (cca 45%) a infračervené (46%) záření. Ultrafialové záření je ze značné části pohlceno ve vyšších vrstvách atmosféry, kde vytváří ozónovou vrstvu. Ve větších dávkách a intenzitě působí na organismy negativně (morfogenní, destrukční a mutační účinky), v malé míře jsou jeho účinky pozitivní. Sluneční záření je částečně pohlceno atmosférou, oblaky, znečišťujícími částicemi, povrchem Země i organismy, částečně se od různých povrchů odrazí a určitá jeho část se vrací zpět do vesmíru. Z hodnoty solární konstanty činí toto množství 35–43% (albedo Země). Množství zářivé energie za jednotku času ($J \cdot s^{-1}$) se nazývá **zářivý tok**, jeho velikost vztaženou na jednotku kolmé plochy ($J \cdot s^{-1} \cdot m^{-2}$) označujeme jako **hustotu zářivého toku**, příp. jako **ozářenost** při přepočtu na jednotku horizontální plochy.

Rozhodujícím zdrojem světla je viditelná složka slunečního záření. Světlo jako jeden z nejdůležitějších ekologických faktorů ovlivňuje organismy zejména svojí intenzitou, dobou působení a směrem dopadu a vyvolává nejrůznější životní projevy.

Intenzita světla – fotosyntéza a limitní faktor výskytu

Jednotlivé druhy organismů jsou schopny existovat při různé intenzitě světla. Druhy **euryfotní** jsou tolerantní, naopak druhy **stenofotní** jsou specializované a světlo může být limitujícím faktorem jejich přítomnosti. Podle konkrétních nároků rozlišujeme druhy:

- sluncemilné (heliofilní, heliofyty)



Obr. 6 Jazyk jelení (*Phyllitis scolopendrium*) se vyskytuje na zastíněných a vlhkých vápencových skalách a sutích (Moravský kras)

- světlomilné (fotofilní, příp. heliosciofyty)
- stínomilné (sciofilní, sciofyty)

U rostlin je příslušnost k uvedeným kategoriím dána především schopností fotosyntetické asimilace při určité hustotě světelného toku. Hustotu světelného toku (tj. intenzitu světla), při které se množství vytvořené organické hmoty a tím vázané chemické energie rovná ztrátám při disimilačních pochodech, označujeme jako **světelný kompenzační bod fotosyntézy**. V prostředích s průměrnou denní hustotou světelného toku pod hodnotou kompenzačního bodu nemůže daný druh existovat. U sciofyt se kompenzační bod pohybuje kolem 250 lx, u heliofyt je obvykle vyšší než 1000 lx. Změny světelných poměrů v průběhu roku způsobují, že vegetativní a generativní fáze některých vytrvalých druhů bylin lesního podrostu proběhne velmi rychle a nadzemní část odumře. Takové druhy nazýváme **efemeroidy**. Mnozí živočichové, houby a bakterie obývají na rozdíl od zelených rostlin prostředí zcela bez světla. S těmito **světloplachými (fotofobními)** druhy se můžeme setkat například v půdě (**edafobionti**), v jeskyních (**troglobionti**), v dutinách (**kavernikolní druhy**), v podzemních vodách (**stygobionti**) nebo v mořských hlubinách (**abysální druhy**). Patří k nim i **endoparazité** živočichů a rostlin. Podle obývaných prostředí tyto druhy vykazují různé specifické adaptace, jejich společným znakem bývá většinou ztráta pigmentace a zakrnělé světločivné orgány.

K heliofytům patří rostliny bezlesých nezastíněných stanovišť, tj. pouštní, stepní i velehorské a tundrové druhy. Heliosciofyty snášejí mírné zastínění, např. čísteček přímý (*Stachys recta*) a srha říznačka (*Dactylis glomerata*), příklady sciofytů jsou lecha jarní (*Lathyrus vernus*), jazyk jelení (*Phyllitis scolopendrium* – obr. 6) a řada druhů pokojových rostlin. Známými efemeroidy časného jara jsou například sněženka podsněžník (*Galanthus nivalis*) a dymnivka dutá (*Corydalis cava*).

Délka působení – biologické rytmy

Doba působení světla, tj. střídání dne a noci nebo změny délky světlé části dne (**fotoperioda**) vyvolávají tzv. biologické rytmy. Jde o periodické opakování určitých činností nebo životních projevů během 24 hodin nebo v průběhu roku. Střídání dne a noci vede k pravidelným rytmům aktivity mnoha živočichů, ovlivňuje dobu rozvíjení květů některých rostlin. Změny délky fotoperiody mohou být impulsem k nástupu klidových stádií ve vývoji rostlin i živočichů (dormance), mohou vyvolávat sezónní morfologické změny (polymorfismus), ovlivňovat počátek období rozmnožování živočichů a kvetení rostlin. Tvorba generativních orgánů mnoha druhů rostlin je ovlivněna délkou fotoperiody (rostliny krátkého a dlouhého dne).

Mezi živočichy najdeme druhy **monofázické** s jednou dobou aktivity a odpočinku během 24 hodin (denní motýli, mnozí ptáci), **difázické** se dvěma fázemi aktivity (soumrační živočichové) a konečně **polyfázické**, u kterých se fáze aktivity a odpočinku za 24 hodin mnohokrát opakují (hraboši, rejsci). Zkracující se fotoperioda na podzim vyvolává přípravu a nástup zimní diapausy u mnoha druhů hmyzu. Tak je zabráněno obrovským ztrátám jedinců, ke kterým by došlo po zhoršení podmínek bez tohoto světelného „varování“. V suchých a horkých oblastech může analogicky dlouhá fotoperioda vyvolávat nástup letní diapausy. Fáze měsíce jsou řídicím faktorem tzv. lunárních rytmů u mnoha mořských živočichů, ale také ovlivňují aktivitu terestrických nočních druhů. Známou rostlinou dlouhého dne je například locika salátová (*Lactuca sativa*; „salát“), ke krátkodenním druhům patří chryzantéma indická (*Dendranthema indicum*).

Směr dopadu – pohyby

Směr, úhel dopadu a intenzita světla ovlivňují různé pohybové reakce organismů. Prudké osvětlení některých druhů živočichů, příp. rostlinných bičíkovců vyvolává jejich chaotické, nesměrované přesuny z místa na místo – **photokinese**. Směrové pohyby ke zdroji světla nebo od něj nazýváme **phototaxe** (pozitivní, negativní). Zvláštním případem fototaktického pohybu některých druhů živočichů je tzv. **menotaxe**, což je pohyb v určitém konstantním úhlu vůči světelnému zdroji. Světelný zdroj slouží jako orientační bod. Za normálních okolností je to nejčastěji slunce nebo měsíc, ale může se jím stát také umělé světlo (přilet nočních druhů hmyzu k lampě ve zmenšujících se spirálách). Otáčení části těla ke světlu – **phototropismy** – můžeme pozorovat u rostlin (slunečnice) i živočichů (vystavování části těla slunečním paprskům – obr. 7). Nesměrované pohyby rostlin vyvolané určitou intenzitou světla nazýváme **photonastie**, např. otvírání květů nebo pohyby listů.

Světlo ve vodním prostředí

Ve vodním prostředí působí světlo podobně jako na souši, navíc se zde uplatňuje jeho spektrální složení. Značná část záření se odráží od vodní hladiny. Průnik do hloubky je ovlivněn úhlem dopadu a průhledností vody. Jednotlivé složky viditelné části spektra jsou vodou různě pohlcovány, proto se s hloubkou mění spektrální složení světla. Nejdříve jsou absorbovány okrajové části spektra (zejména červená) a nejhluběji proniká záření v oblasti modré, zelené a žluté barvy. Odlišné zbarvení sinic a řas rostoucích ve větších hloubkách (ruduchy) je způsobeno



Obr. 7 K typickým heliofilním živočichům patří denní motýli; tažná babočka admirál (*Vanessa atalanta*)

přítomností červených fotosyntetických pigmentů, které jsou svojí barvou komplementární nejvíce pronikajícimu modrozelenému světlu a jsou schopny je nejlépe využít.

Dobře prosvětlená horní vrstva vodního sloupce obvykle s probíhající fotosyntézou se nazývá **eufotická zóna**. Spodní **afotická zóna** má nedostatek světla a převažují v ní disimilační procesy. Světelné kompenzační body fotosyntézy jednotlivých druhů rostlin však leží podle konkrétních nároků na intenzitu světla v různých hloubkách.

Kromě slunečního záření se mohou jako zdroje světla uplatňovat v nepatrné míře také vulkanická aktivita nebo bioluminiscence mikroorganismů, řas a živočichů (světlušky). Stále většího významu nabývají i vlivy umělého osvětlení. Umělé světlo narušuje biologické rytmy, orientaci i výskyt organismů („znečištění světlem“).

3.4.2 Teplota

Primárním a rozhodujícím zdrojem tepla je sluneční záření. Infračervená složka záření působí přímo (tepelné paprsky), viditelná složka nepřímo zpožděně prostřednictvím fotosyntetické fixace energie a následného uvolňování tepla při disimilačních pochodech. Teplu se přenáší zářením (radiace), prouděním (konvekce) a vedením (kondukce). Ve vzduchu, vodě a půdě se tyto způsoby přenosu uplatňují různě, proto se teplotní poměry v těchto prostředích poněkud liší. Teplota ovlivňuje zejména aktivitu, délku vývoje a je omezujícím faktorem výskytu druhů. Dva základní termobiologické typy organismů – **organismy poikiloternní** a **homio-oternní** reagují na působení tepla částečně odlišně.

Tělesná teplota poikilotermních (exotermních) organismů je většinou bezprostředně závislá na teplotě prostředí. Fyziologické procesy (svalová činnost, biochemické pochody) nebo morfoloogické struktury (izolační vrstvy) ji jen málo ovlivňují. K této skupině organismů patří mikroorganismy, houby, rostliny a většina živočichů. Homoiotermní (endotermní) organismy, kterými jsou pouze ptáci a savci, regulují vnitřními mechanismy teplotu svého těla v určitém velmi malém rozmezí nezávisle na vnější teplotě. Teplota těla ptáků se pohybuje většinou mezi 39 a 42 °C, u savců mezi 36 a 38 °C. Výjimku představují vejcorodí savci, jejichž tělesná teplota kolísá v rozmezí 26–34 °C, obdobně teplota mláďat se ustaluje teprve během počáteční fáze ontogeneze. Zvláštní skupinou homoiotermů jsou tzv. **heterotermní živočichové**, kteří jsou schopni snižovat tělesnou teplotu během hibernace nebo spánku (netopyři). Teplota zásadním způsobem ovlivňuje veškeré životní procesy, proto jsou poikilotermní organismy ovlivnění teplotou prostředí daleko více než homoiotermové.

Limitní faktor výskytu

Teplotní existenční rozmezí jednotlivých druhů organismů je značně rozmanité. Vychýlení teploty mimo požadované hodnoty může způsobit narušení až zastavení metabolismu, inaktivaci nebo denaturaci enzymů, destrukci protoplazmy po jejím zmrznutí, ztráty vody až vysušení. Druhy schopné existence jen v úzkém rozmezí teplot označujeme jako **stenotermní**, druhy teplotně nenáročné jako **eurytermní**. Stenotermní druhy dělíme podle konkrétních nároků následovně:

- teplotně náročné (termofilní, termofyty)
- středně náročné (mezotermofilní, mezotermofyty)
- chladnomilné (psychofilní, psychofyty)
- žijící na sněhu a ledu (kryofilní, kryofyty)

K extrémním termofytům patří některé druhy řas, které rostou v horkých pramenech při teplotách 60–70 °C, sinice přežívající až 88 °C nebo některé pouštní druhy snášející teploty až do 58 °C. Naopak červeně zbarvená řasa *Chlamydomonas nivalis* je kryofytem rostoucím v horách na sněhu při teplotě kolem 0 °C. Kryofilními živočichy jsou například někteří chvostokosci, podivně vypadající sněžnice matná (*Boreus hiemalis*) z řádu srpice, bezkřídla moucha pavoučnice *Chionea araneoides* a pavouk *Leptyphantus mughi*.

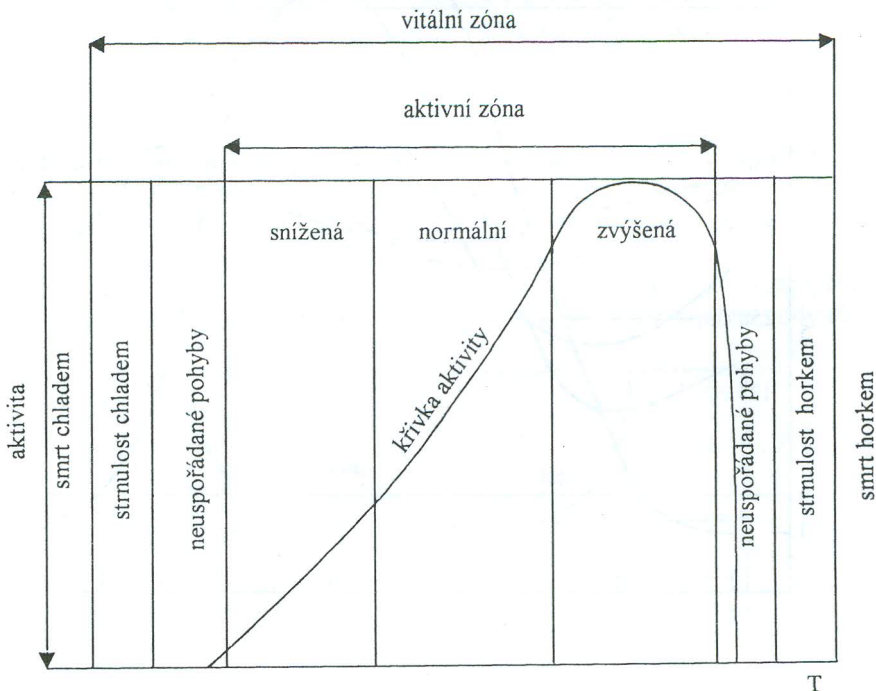
Ptáci a savci žijící v oblastech s chladným ročním obdobím mohou být adaptováni k teplotám –40 až –60 °C. Nejvyšší tolerované teploty specializovaných druhů se pohybují kolem 40 až 50 °C. Tropické rostliny většinou nesnášejí pokles teploty pod 5 °C, naopak některé tajgové dřeviny přizpůsobené kontinentálnímu podnebí přecházejí i teploty do –70 °C. Omezujícím faktorem často není průměrná teplota, ale např. minimální teplota v zimě nebo maximální teplota v létě. Nejmenší rozmezí teplot tolerují tropické druhy organismů, největší výkyvy snášejí druhy, které se vyskytují v oblastech s výraznými změnami teploty v průběhu roku, např. sibiřský modřín dahurský (*Larix dahurica*) je adaptován na teplotní změny v rozsahu až 100 °C.

Mnozí homoiotermní živočichové vyskytující se v chladnějších oblastech mají větší hmotnost než jejich rasy nebo příbuzné druhy v oblastech teplejších (**Bergmannovo pravidlo**). Při větší hmotnosti (velikosti) se relativně zmenšuje povrch těla, čímž jsou snižovány ztráty tepla. Příčinou menší velikosti při vyšších teplotách může být i rychlejší dospívání a nástup pohlavní zralosti a tím dřívější zastavení růstu. Typickým příkladem je tygr (*Panthera tigris*), jehož sibiřský poddruh tygr usurijský (*Panthera tigris altaica*) dosahuje průměrně největší hmotnosti, naopak rasy ze Sundských ostrovů jsou nejmenší. Ze stejných důvodů mají homoiotermní živočichové v chladných oblastech zkrácené tělní výrůstky jako uši, čenich, ocas a nohy (**Allenovo pravidlo**). Nejznámějším příkladem tohoto pravidla jsou pouštní fenek berberský (*Fennecus zerda*) s velkými ušními boltci a dlouhým čenichem, naše liška obecná (*Vulpes vulpes*) s poněkud kratšíma ušima i čenichem a severská liška polární (*Alopex lagopus*), která má uši i čenich nejkratší.

Regulátor aktivity a klidových stavů

U poikilotermních organismů má teplota přímý vliv na intenzitu metabolismu, u živočichů ovlivňuje i aktivitu (obr. 8). U homoiotermů je termoregulace závislá zejména na dostatku potravy a aktivita se při výkyvech teploty v určitých mezích nemusí výrazně měnit.

Někteří živočichové se v teplotně nepříznivých obdobích stěhují do teplejších oblastí, jiní upadají do strnulosti. Strnulost způsobenou nízkými teplotami označujeme **zimní spánek (hibernace)**. Dochází k němu u většiny poikilotermních, ale také u některých homoiotermních živočichů. U homoiotermů může být hibernace spojena s aktivním snižováním a zvyšováním tělesné teploty. Vyskytuje se například u plchů, syslů, křečků, svišťů, ježků, letounů, u některých vačnatců a z ptáků u lelků. Obdobně může při vysokých teplotách docházet k **letnímu spánku (estivaci)**.



Obr. 8 Grafické znázornění závislosti aktivity na teplotě u poikilotermního druhu živočicha

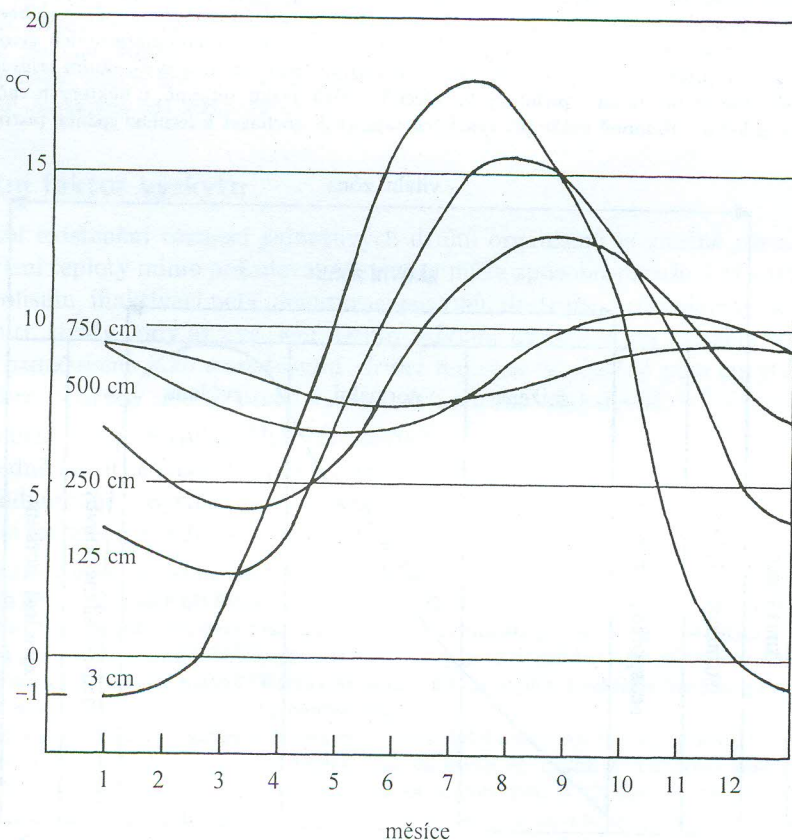
Délka vývoje (efektivní teplota)

S intenzivnějším metabolismem poikilotermů při vyšší teplotě se urychluje jejich ontogeneze a tím se zkracuje její délka. Platí zde obvykle vztah

$$S = (T - K) \cdot D,$$

kde K je nulový bod vývoje, tj. teplota, při níž se vývoj zastavuje; T je aktuální teplota; D doba vývoje a S je **suma efektivních teplot** pro populace určitého druhu v dané oblasti konstantní. Známe-li experimentálně zjištěné hodnoty S

a K , snadno z průběhu teplot vypočítáme délku ontogenetického vývoje příslušného druhu. Kromě délky vývoje nám uvedený vztah může sloužit ke stanovení počtu generací za rok. Zjištěné výsledky se využívají společně s dalšími metodami pro signalizaci některých škůdců a mají tedy význam zejména v ochraně rostlin. Při zjišťování těchto údajů je třeba brát v úvahu, že rychlost vývoje může být ovlivněna i jinými faktory, např. délkou fotoperiody nebo množstvím potravy.



Obr. 9 Změny teploty v různých hloubkách půdy v průběhu roku. Podle Braunse, z Lososa a kol., 1984

Tepelné vlastnosti půdy

Teplota má zásadní vliv na život edafonu i na biologické a chemické procesy probíhající v půdě. Teplota půdy je bezprostředně závislá na slunečním záření, sklonu a expozici stanoviště a na vlastnostech půdy. Tepelné vlastnosti půdy jsou dány půdním druhem, pórovitostí, vlhkostí, obsahem humusu a vegetačním krytem. Tyto faktory určují tepelnou kapacitu a vodivost půdy. Sušší a pórovitější (písčité) půdy jsou méně vodivé než půdy hlinité, ulehlé a vlhčí. Půdy s nízkou vodivostí špatně odvádějí teplo do hloubky, jejich povrchová vrstvička se podle