

A

MARTIN BRANIŠ

# Základy ekologie a ochrany životního prostředí



INFOR-  
MATO-  
RIUM

Ucelený přehled problematiky ekologie, vztahy mezi organismy a prostředím, podmínky života v přírodě, vývoj lidské civilizace, ovzduší a klima, znečišťování vod, energie, látky, odpady s ohledem na lidskou společnost a zachování přírody.

Lektorovali: RNDr. Eva Lišková, CSc.,  
doc. RNDr. Karel Pivnička, DrSc.

1<sup>st</sup> edition © doc. RNDr. Martin Braniš, CSc., 1997  
2<sup>nd</sup> edition © doc. RNDr. Martin Braniš, CSc., 1999

ISBN 80-86073-52-1

## Obsah

	<b>PŘEDMLUVA</b> . . . . .	9
	<b>ÚVODEM</b> . . . . .	11
<b>1</b>	<b>ZÁKLADY EKOLOGIE</b> . . . . .	13
1.1	Historie ekologie . . . . .	13
1.2	Organismus a prostředí . . . . .	13
1.2.1	Život a jeho vlastnosti . . . . .	13
1.2.2	Autotrofní a heterotrofní organismy . . . . .	14
1.2.3	Prizpůsobení (adaptace) . . . . .	14
1.2.4	Přírodní výběr, domestikace a genetické inženýrství . . . . .	15
1.2.5	Snášenlivost (tolerance) . . . . .	16
1.2.6	Konvergence a divergence . . . . .	18
	<i>Otázky</i> . . . . .	19
1.3	Podmínky života v přírodě . . . . .	19
1.3.1	Abiotické vlivy . . . . .	19
1.3.2	Biotické vlivy . . . . .	23
1.3.3	Vliv času . . . . .	24
1.3.4	Životní podmínky a ekologická nika . . . . .	24
	<i>Otázky</i> . . . . .	26
1.4	Zdroje energie a látek v přírodě . . . . .	26
1.4.1	Energie . . . . .	26
1.4.2	Látky . . . . .	27
1.4.3	Koloběh látek v přírodě . . . . .	27
	<i>Otázky</i> . . . . .	35
1.5	Jedinec, druh, populace - vztahy mezi jedinci a druhy . . . . .	36
1.5.1	Jedinec v přírodě . . . . .	36
1.5.2	Druh . . . . .	36
1.5.3	Populace organismů . . . . .	36
1.5.4	Lov, sběr, úroda a výtěžek . . . . .	40
1.5.5	Vztahy mezi organismy . . . . .	40
	<i>Otázky</i> . . . . .	43
1.6	Společenstva a ekosystémy . . . . .	43
1.6.1	Společenstvo . . . . .	44
1.6.2	Potravní vztahy ve společenstvu . . . . .	45
1.6.3	Ekosystém . . . . .	50
1.6.4	Vývoj společenstev a ekosystémů (sukcese) . . . . .	50
1.6.5	Hlavní ekosystémy Země - biomy . . . . .	51
1.6.6	Stabilita společenstev a ekosystémů . . . . .	55

1.6.7	Krajinná ekologie . . . . .	56
	<i>Otázky</i> . . . . .	58
1.7	Ekologie jako vědecká i užitá disciplína . . . . .	58
1.7.1	Ostrovni ekologie . . . . .	58
1.7.2	Invazní ekologie . . . . .	59
1.7.3	Paleoekologie . . . . .	59
1.7.4	Využití poznatků ekologie v praxi . . . . .	60
	<i>Otázky</i> . . . . .	62
<b>2</b>	<b>NAUKA O ŽIVOTNÍM PROSTŘEDÍ . . . . .</b>	<b>63</b>
2.1	Základní pojmy . . . . .	63
2.2	Vznik a vývoj lidské civilizace . . . . .	64
2.2.1	Vývoj člověka . . . . .	64
2.2.2	Vliv činnosti člověka na prostředí . . . . .	65
2.2.3	Změny ve společnosti . . . . .	69
	<i>Otázky</i> . . . . .	70
2.3	Růst lidské populace . . . . .	70
2.3.1	Rozšíření člověka na Zemi . . . . .	70
2.3.2	Exponenciální růst . . . . .	71
2.3.3	Hlavní faktory růstu počtu obyvatel . . . . .	72
2.3.4	Demografická revoluce . . . . .	73
	<i>Otázky</i> . . . . .	76
2.4	Ochrana biologické rozmanitosti Země . . . . .	77
2.4.1	Počet druhů na Zemi . . . . .	77
2.4.2	Vznik nových druhů (speciace) . . . . .	78
2.4.3	Zánik druhů (extinkce) . . . . .	79
2.4.4	Význam organismů pro člověka . . . . .	81
2.4.5	Ochrana přírody . . . . .	83
	<i>Otázky</i> . . . . .	84
2.5	Ovzduší a klima . . . . .	84
2.5.1	Složení atmosféry . . . . .	84
2.5.2	Skleníkový jev . . . . .	85
2.5.3	Ozonová vrstva . . . . .	87
2.5.4	Změny klimatu a poškození ozonové vrstvy způsobené činností člověka . . . . .	89
2.5.5	Znečištění ovzduší . . . . .	91
	<i>Otázky</i> . . . . .	96
2.6	Využívání a znečišťování vody . . . . .	97
2.6.1	Charakteristika vody . . . . .	97
2.6.2	Využitelné množství vody . . . . .	98
2.6.3	Počet obyvatel a dostatek vody . . . . .	99
2.6.4	Znečištění vody . . . . .	101
	<i>Otázky</i> . . . . .	107
2.7	Využívání půdy a produkce potravin . . . . .	108
2.7.1	Složení půdy . . . . .	108
2.7.2	Plocha půdy na Zemi . . . . .	109
2.7.3	Změna struktury půdy a její poškození . . . . .	109
2.7.4	Ochrana půdy . . . . .	114

2.7.5	Půda a produkce potravin . . . . .	115
	<i>Otázky</i> . . . . .	117
2.8	Energie, látky a odpady . . . . .	117
2.8.1	Energie a její využití . . . . .	117
2.8.2	Zdroje energie . . . . .	118
2.8.3	Prostředí a hmota . . . . .	124
2.8.4	Odpady . . . . .	126
	<i>Otázky</i> . . . . .	132
2.9	Zdraví lidí a životní prostředí . . . . .	133
2.9.1	Přirozená a civilizační rizika . . . . .	133
2.9.2	Vlivy prostředí ovlivňující zdraví . . . . .	134
2.9.3	Účinky vlivů prostředí působící na zdraví . . . . .	137
2.9.4	Vztah dávky škodliviny a jejího účinku . . . . .	139
2.9.5	Dobrovolná a vynucená zdravotní rizika . . . . .	141
	<i>Otázky</i> . . . . .	142
2.10	Lidská společnost a prostředí . . . . .	142
2.10.1	Ekonomický rozvoj a zachování přírody . . . . .	143
2.10.2	Rozdíly mezi bohatými a chudými státy . . . . .	143
2.10.3	Udržitelný rozvoj společnosti . . . . .	144
2.10.4	Nástroje společnosti k ochraně prostředí . . . . .	146
	<i>Otázky</i> . . . . .	147
<b>3</b>	<b>ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ ČESKÉ REPUBLIKY . . . . .</b>	<b>148</b>
3.1	Charakteristika území . . . . .	148
3.1.1	Klima . . . . .	148
3.1.2	Obyvatelstvo . . . . .	148
3.1.3	Výroba . . . . .	149
3.1.4	Doprava . . . . .	151
3.2	Znečištění složek prostředí . . . . .	153
3.2.1	Ovzduší . . . . .	153
3.2.2	Voda . . . . .	156
3.2.3	Horninové prostředí a půda . . . . .	159
3.2.4	Lesy . . . . .	160
3.2.5	Odpady . . . . .	161
3.3	Ochrana přírody a krajiny . . . . .	161
3.3.1	Historie a současný stav . . . . .	161
3.3.2	Problémy ochrany přírody v České republice . . . . .	163
3.4	Hodnocení ochrany životního prostředí a výhledy do budoucna . . . . .	164
3.4.1	Příčiny zlepšování a zhoršování stavu životního prostředí . . . . .	164
3.4.2	Financování ochrany životního prostředí . . . . .	165
	<i>Otázky</i> . . . . .	165
3.5	Přehled důležitých zákonů a některých dalších obecně závazných předpisů na ochranu životního prostředí v ČR . . . . .	166
	<b>POUŽITÁ A DOPORUČENÁ LITERATURA . . . . .</b>	<b>169</b>

## Předmluva

Učebnice, která se Vám dostává do rukou, je určena především pro studenty, kteří neměli dosud možnost se blíže seznámit se základy ekologie a ochrany životního prostředí. Úroveň textu předpokládá ukončené základní vzdělání a průměrné znalosti žáků, kteří pokračují ve studiu na středních i na odborných školách. Text je použitelný pro samostatný předmět, jehož hlavní náplní je ekologie a ochrana životního prostředí, nebo z něho mohou být použita jednotlivá témata v jiných předmětech, např. v biologii, zeměpisu, chemii, ale i v občanské výchově nebo v základech humanitních věd. Řada kapitol bude vhodná i pro různá technologická, lesnická, zemědělská a podobná učiliště. Konečně lze text využít jako zdroj informací pro zájmové kroužky, či pro poučení mimo výuku ve škole.

Pokud bude učebnice využita pro samostatný předmět (povinný či výběrový), je důležité, aby byly obě části probrány po sobě, tak aby ekologie předcházela komplexnějšímu tématu, kterým je ochrana životního prostředí.

Některé informace se v textu objevují na více místech (zmínky o kyselých srážkách apod.). Je to proto, aby bylo možné jednotlivé kapitoly použít nezávisle na jiných kapitolách. Každá kapitola je samostatným celkem, který může být (i když to nelze vzhledem k provázanosti témat vždy doporučit) vyňat z kontextu ostatní látky.

Žádná učebnice, ani tato, není vyčerpávajícím zdrojem informací. Nemůže a ani nechce nahradit výuku zavedených předmětů. Proto ve školách, kde je pravidelně vyučována biologie, zeměpis a chemie, lze doporučit učitelům i studentům používat k doplnění informace i učebnic těchto předmětů a další literatury. V biologii je možné převzít informace o genetické podstatě druhů, životě parazitů, mechanismu mutací apod. Geografie může doplnit informace o hydrologickém systému, klimatu, půdách i dalších charakteristikách prostředí a společnosti na úrovni globální, kontinentální, regionální i v rozměru naší republiky. Chemie poskytne základní poznatky o podstatě vody, reakcích v atmosféře, pH, oxidaci a redukci atd. Bude-li zvolen tento přístup, naučí se studenti pracovat s více zdroji informací, což je potřebné nejen pro další praxi v oblasti ochrany životního prostředí, ale i pro další studium na vysokých školách. (+) !

Pokud to je možné, doporučuji doplnit výuku besedami s odborníky, exkurzemi do přírody, do botanických a zoologických zahrad, návštěvami muzeí a výstav týkajících se příslušné problematiky. Vhodné je také zařazení videofilmů. Řadu významných akcí a dlouhodobých programů pro školy nabízejí centra ekologické výchovy a další nevládní organizace.

K rozšíření učiva lze doporučit četbu domácích časopisů, které se ochrany životního prostředí přímo nebo nepřímo dotýkají (Eko, Odpady, Vodní hospodářství, Ochrana přírody, Živa, Vesmír, Nika, Geografické rozhledy apod.). Lze využít i informační materiály velkých průmyslových podniků (ČEZ), nebo nevládních odborných center (SEVEN). Výborným zdrojem pro různé diskuse a cvičení je využití údajů ze statistických ročenek o stavu životního prostředí v České republice i v jiných zemích nebo mezinárodních seskupeních (EU, OECD atd.).

Druhé vydání bylo upraveno a doplněno na základě recenzí doc. RNDr. Karla Pivníčky, DrSc., z Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy a RNDr. Evy Liškové, CSc., z Pedagogické fakulty Univerzity Karlovy, kterým touto cestou děkuji. Řada námětů a připomínek recenzentů byla respektována. Do upraveného textu byla zařazena kapitola o životním prostředí České republiky s tabulkami, které lze doplňovat údaji i v dalších letech. Byly přidány i další příklady a řada informací byla aktualizována. Některá navrhovaná doplnění však vzhledem k omezenému rozsahu publikace nebylo možné do stávajícího textu zařadit. Podrobnosti tedy doporučuji vyhledat v odborné literatuře. Některé nejdůležitější publikace jsou zde uvedeny v seznamu literatury.

Nezbytným předpokladem pro plné využití témat z této učebnice je vlastní iniciativa učitele i zájem a aktivní práce studenta. Životní prostředí i lidská společnost jsou dynamické, stále se proměňující systémy. Neustále se objevují nové údaje, informace a teorie. Pouze jejich aktivní vyhledávání a studium nových poznatků vede k plnému uspokojení učitele i žáka.

*Autor*

## Úvodem

### Charakteristika ekologie

Organismy se ve svém prostředí nevyskytují náhodně. Vždy můžeme nalézt určitě souvislosti mezi typem a vlastnostmi prostředí (teplotou, vlhkostí, půdou apod.) a tvarem těla, způsobem výživy a dalšími vlastnostmi určitého živočicha nebo rostliny. Studovat organismus a všechny stránky jeho života bez toho, aniž bychom vzali v úvahu okolní prostředí, není myslitelné. Výsledkem by bylo zjednodušené poznání.

Základní vědeckou disciplínou, která se zabývá studiem života, je **biologie**. **Ekologie** (z řeckého *oikos* - dům, obydlí, okolí, *logos* - nauka, věda) je jedním z biologických oborů. Hlavním a společným objektem studia biologie a ekologie jsou živé organismy. Zatímco biologický obor jako je anatomie studuje stavbu těla a fyziologie se zabývá studiem funkcí orgánů, tkání a buněk, zkoumá **ekologie vztahy mezi organismy a jejich prostředím**. Úkolem vědců - ekologů je popsat a vysvětlit tyto vztahy a principy vztahů zobecnit do pravidel a teorií. Ekology zajímá nejen vztah organismů k neživému prostředí, ale i vzájemný vztah a soužití organismů.

Nejnižší jednotkou, kterou ekologie zkoumá, je jedinec a jeho vazby na okolní prostředí i na ostatní organismy. Nejvyšší kategorií je ekosystém - soubor všech faktorů živé i neživé přírody, které se vyskytují ve stejné době na stejném území a které spojují složité vazby.

### Ekologie a nauka o životním prostředí

O ekologii se také v širších souvislostech hovoří jako o předmětu, který se zabývá vztahy člověka k prostředí a k ostatním organismům v tomto prostředí žijícím. Tento směr si většinou všimá více nepříznivých vlivů činnosti člověka na přírodu, a to nejen na živé organismy, ale i na ovzduší, vodu, půdu, ale i vlivů na zdraví samotného člověka. I když tento obor vychází vždy ze základů ekologie, jedná se o **nauku o životním prostředí**. Vzájemné postavení ekologie a nauky o životním prostředí lze přirovnat ke vztahu mezi původně biologickými disciplínami - anatomii a fyziologií na jedné straně a medicínou (lékařskou vědou) na straně druhé. Zatímco anatomie a fyziologie zkoumají stavbu a funkci

normálního, **zdravého organismu**, lékaře zajímá **organismus nemocný**, tj. ve stavu změn navozených nějakým zevním nežádoucím vlivem (infekcí, zraněním, otravou). Také nauka o životním prostředí zkoumá přírodu - organismy a prostředí včetně člověka, v okamžiku nějaké **nežádoucí změny**. Nezabývá se tedy výskytem ryb a jejich způsobem života, ale např. vlivem znečištění vody na úhyn ryb, stejně jako předmětem zájmu ekologie není pěstování a růst lesa, ale odumírání stromů následkem kyselých srážek apod. Hlavním vlivem, který nepříznivě působí na přírodu, je však většinou člověk sám a jeho činnosti, kterými prostředí poškozuje.

Podobně jako lékařská věda není jednotným oborem, ale oborem skládajícím se z mnoha specializací (vnitřní lékařství, chirurgie, dermatologie atd.), platí totéž o nauce o životním prostředí. Oba obory jsou především nástrojem k řešení konkrétních problémů. Nauka o životním prostředí odhaluje nejen podstatu nových dějů (proč lesy odumírají), ale hledá k nim praktická řešení jejich nápravy (vysazování určitých druhů odolných dřevin v postižených oblastech). Může navrhnout postupy ke zmírnění poškozování přírody (odsíření elektráren), a zejména doporučuje preventivní opatření, která jsou nejúčinnějšími nástroji při péči o životní prostředí (jak uspořít energii).

V této učebnici bude odděleně, ale v úzké návaznosti, pojednáno o ekologii jako o základním vědním oboru, který se zabývá vazbami mezi organismy a prostředím, a teprve potom o základech nadstavbového oboru, kterým je nauka o životním prostředí.

**Bez základů ekologie není možné pochopit většinu složitých vztahů a jevů, které probíhají v prostředí kolem nás.** Složitost těchto jevů vzrůstá s velikostí studovaného prostoru a s množstvím vazeb mezi složkami prostředí a organismy v něm žijících. Je zřejmé, že snáze pochopitelné jsou vztahy na úrovni jednoduchého celku, např. rybníka, pole, lesa, řeky nebo města, než vzájemné vazby na úrovni celé planety.

O globálních vztazích toho ještě mnoho nevíme, ale naše poznatky jsou dostačující, abychom byli schopni odhadnout případné následky lidské činnosti na celoplanetární systém. Máme mnoho důkazů o vlivu freonů na ozónovou vrstvu ve stratosféře a víme, že skleníkové plyny, především oxid uhličitý, přispívají ke globálnímu oteplování. Dostupné jsou i poznatky o šíření znečištění atmosféry na velkou vzdálenost, je znám účinek zvyšování užívání fosforečných detergentů (pracích a mycích přípravků snižujících povrchové napětí vody) na změny v ekosystémech řek, jezer i příbřežních moří.

Základními poznatky o těchto i dalších problémech lidstva a přírody se bude-  
me zabývat v následujícím textu.

# 1 Základy ekologie

## 1.1 Historie ekologie

Vztahy v přírodě byly známy už dávným lovcům a sběračům, stejně jako prvním zemědělcům před mnoha tisíci lety. Podle písemných záznamů se však o první zobecnění pokoušeli až staří Řekové. Zkoumání přírody, organismů a vztahů mezi nimi se věnují filozofové a lékaři Hippokrates (460-370 př. Kr.) a Empedoklés (493-433 př. Kr.), později i velký myslitel, filozof a zakladatel řady vědeckých disciplín Aristoteles (384-322 př. Kr.).

Podrobnějším studiem potravních řetězců a populací se začíná v 17. a 18. století zabývat Holanďan Antoni van Leeuwenhoek (čti Lévnhúk), průkopník využívání světelného mikroskopu. Vztah organismů k prostředí a jejich vývoj studuje v 19. století i britský biolog Charles Darwin, jehož teorie evoluce přírodním výběrem je uznávána do dnešní doby. Z Darwinových myšlenek vycházela celá řada jeho následovníků.

Základy ekologie položil a poprvé v r. 1866 tohoto termínu použil německý biolog Ernst Haeckel, který v mnohém vycházel z Darwinova díla. Ekologie je definována jako zvláštní odvětví biologie na mezinárodním botanickém kongresu v r. 1910 v Bruselu a k bouřlivému rozvoji ekologie dochází zejména v 50. a 60. letech 20. století.

## 1.2 Organismus a prostředí

### 1.2.1 Život a jeho vlastnosti

Život je zvláštní forma existence hmoty charakterizovaná dále uvedenými základními vlastnostmi.

- **Látková výměna (metabolismus).**
- **Dráždivost** - schopnost reagovat na změny v prostředí a vést informaci o těchto změnách do příslušných center nebo výkonných orgánů těla.
- **Dědičnost znaků, rozmnožování (reprodukce)** - umožňují uchovávat dědičnou informaci a přenášet ji z generace na generaci.
- **Vývoj (evoluce)** - znamená postupné změny genetické informace, které umožňují přizpůsobit se změnám podmínek prostředí a úspěšně v nich přežít.

Hovoříme-li o určitém organismu, máme na mysli obvykle charakteristického zástupce některého druhu rostliny, živočicha, houby nebo bakterie. **Za druh považujeme všechny jedince, kteří jsou nositeli stejné (ve skutečnosti velmi podobné) dědičné informace a kteří při vzájemném křížení dávají plodné potomstvo s toutéž genetickou výbavou.**

### 1.2.2 Autotrofní a heterotrofní organismy

Podle způsobu získávání látek a energie dělíme organismy na dvě hlavní skupiny, a to na autotrofní (sám se živící, samostatně si vytvářející výživu) a heterotrofní (živící se jinými organismy). Oba termíny mají základ v řeckých slovech *autos* - sám, samo; *heteros* - jiný, různý; *trofé* - výživa.

**Autotrofní organismy.** Mezi autotrofní řadíme především zelené rostliny. Jsou to organismy, které získávají energii ze slunečního záření a využívají ji v procesu zvaném fotosyntéza k tvorbě složitých ústrojných (organických) látek (sacharidů, bílkovin, tuků atd.) z oxidu uhličitého, vody a ostatních neústrojných (anorganických) látek, které nazýváme živiny.

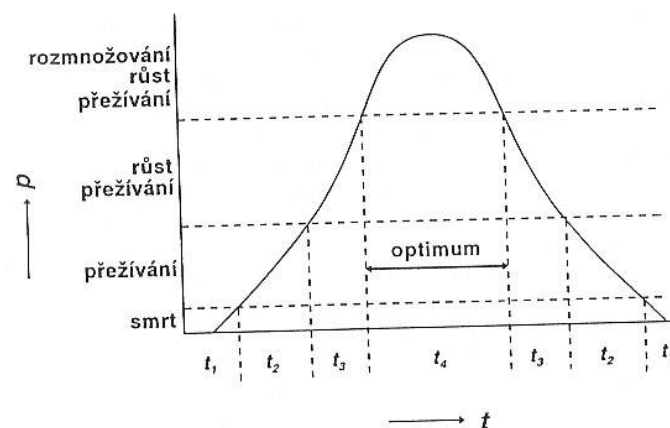
**Heterotrofní organismy.** Za heterotrofní organismy pokládáme ty, které nejsou schopny vytvářet stavební a zásobní látky svých těl samy pouze z neústrojných látek a sluneční energie jako rostliny, a musí se proto živit těly, částmi těl nebo produkty látkové výměny jiných organismů.

### 1.2.3 Přizpůsobení (adaptace)

Naši planetu obývá velké množství nejrůznějších druhů organismů, jejichž počet jen těžko odhadneme. Biologové dosud popsali nebo pojmenovali pouze část z nich. Organismy se od sebe liší nejen velikostí, tvarem těla a barvou, ale také způsobem života, tj. vazbou na okolní prostředí. Rozličné rostliny rostou na různých půdách, jiní živočichové žijí v mořské vodě, jiní na souši nebo v bažinách či jeskyních. Některé organismy mohou přežít, rozmnožovat se a zanechat potomstvo jen v určitých podmínkách, v jiných však ne.

Hovoříme o tom, že některé podmínky jsou pro organismy vhodné a jiné nevhodné. Tím způsobem jsou organismy svému okolí *přizpůsobeny*, neboli jsou na podmínky v okolí *adaptovány*. Adaptací rozumíme přizpůsobení podmínkám, s nimiž byl určitý druh ve styku v minulosti.

Obrázek 1 ukazuje životaschopnost určitého druhu v závislosti na vybraném faktoru prostředí (teplota) a rozpětí jeho adaptace. V rozmezí, na něž je druh přizpůsoben, dochází nejen k potřebnému růstu, ale i k rozmnožování. Mimo hranice přizpůsobení druh buď hyne, nebo přežívá pouze v podobě semen, spor, popř. upadá do zimního nebo letního spánku.



Obr. 1. Adaptace organismů k tepelným podmínkám prostředí  
 $t$  - teplota;  $t_1$  - teplota nevhodná pro život;  $t_2$  - teplota únosná pro přežití;  $t_3$  - teplota vhodná pro růst a přežití;  $t_4$  - teplota optimální pro přežití, růst i rozmnožování;  $p$  - životní projevy organismů

Adaptace je tedy každé přizpůsobení umožňující organismu existovat za podmínek daných v minulosti v jeho stanovišti tak, že má co největší užitek z živin a energie, které jsou tam dosažitelné. Je zároveň nejlépe chráněn před nepříteli a nepřízní klimatu.

### 1.2.4 Přírodní výběr, domestikace a genetické inženýrství

V dlouhé historii vývoje organismů se podmínky měnily postupně nebo náhle. Organismy, které nebyly schopny se přizpůsobit, vyhynuly. Naopak ty, které změnu podmínek snášely, dále rostly a množily se. Stálý tlak prostředí, za něhož vývoj organismů probíhal a probíhá, je nazýván **přírodním výběrem**. Změny v prostředí jsou hlavním hnacím motorem vývoje.

Všechny organismy, které dnes na Zemi žijí, se nevyvíjely pouze pod vlivem a tlakem přírodních faktorů. Do přirozeného vývoje a výběru zasáhl před více než deseti tisíci lety i člověk. Od okamžiku, kdy začal chovat domácí zvířata a pěstovat kulturní plodiny, vybíral vhodné druhy k rozmnožování a měnil záměrně podmínky jejich života. Zpočátku se snažil pouze vyloučit některé nepříznivé vlivy prostředí. Za sucha rostliny zavlažoval, půdu hnojil a vytrhával konkurenční rostliny - plevel. V době nedostatku příkrmoval ochočená zvířata uskladněnou potravou, vybudoval stáje pro případ nepříznivé počasí a zabíjel šelmy, které jeho stáda ohrožovaly. Po nějakém čase začal člověk vědomě *šlechtit* - křížit vhodné jedince.

Proces, při kterém člověk záměrně mění podmínky vývoje, růstu a života některých organismů, se nazývá **domestikace**.

Schopnost ovlivnit vývoj je patrná např. na množství plemen psů. Několik druhů divokých psů, mezi něž patří i vlk a šakal, bylo během asi deseti tisíc let vyšlechtěno v několik desítek a možná stovek plemen, které by se v přírodě bez zásahu člověka nikdy nevyvinuly a patrně mnoho z nich by nikdy přirozené podmínky nepřežilo. Totéž platí i pro další domácí zvířata jako jsou ovce, skot, holubi apod. I desítky až stovky různých odrůd pšenice byly vyšlechtěny pravděpodobně z jednoho nebo několika málo druhů planě rostoucí rostliny.

Nepřirozený výběr organismů vrcholil v posledních několika desetiletích schopností člověka přímo zasahovat do genetické informace nesené v nukleových kyselinách buněčného jádra. Složitými laboratorními postupy lze vkládat do jader buněk bakterií i vyšších organismů nové geny, které umožňují produkci žádaných látek nebo změny vlastností šlechtěných druhů.

K rozmnožování savců bylo až donedávna nezbytné splynutí samčí a samičí pohlavní buňky. Při *klonování* je ale vývoj embrya uměle vyvolán v neoplozené vaječné buňce (oocytu), která byla zbavena vlastního jádra, na jeho místo bylo vpraveno jádro tělesné (somatické) buňky. Genetická výbava takto vzniklého jedince je totožná s genetickou výbavou dárce jádra somatické buňky. Zatím se v experimentu podařilo klonováním rozmnožit ovce, skot a několik dalších druhů laboratorních savců.

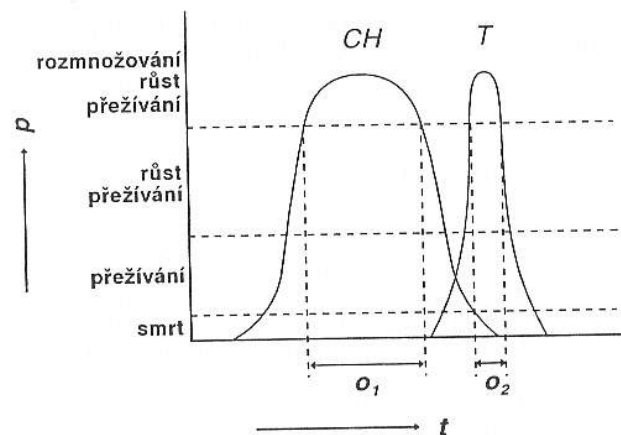
Manipulaci s genetickým materiálem v jádře organismů nazýváme **genetické inženýrství**.

### 1.2.5 Snášlivost (tolerance)

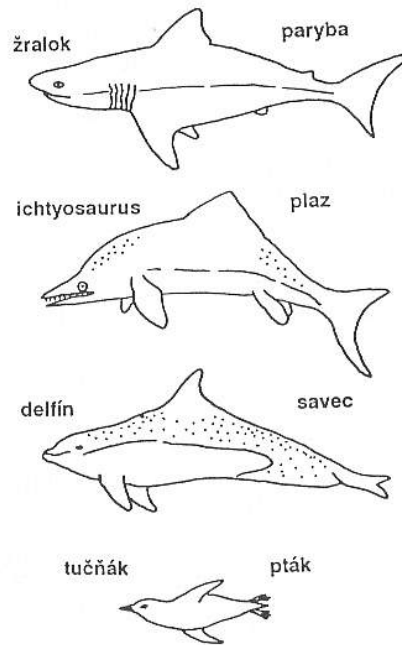
Organismy nejsou přizpůsobeny pouze přesným a neměnným podmínkám. Někteří jedinci a některé druhy snášejí širší rozpětí faktorů prostředí, na něž jsou adaptovány, jiné nikoli.

Tuto snášlivost označujeme jako **toleranci**. Tolerance k faktorům prostředí, ale i k vyšším koncentracím znečištění v prostředí, se však neliší pouze mezi různými druhy, ale též mezi starými a mladými jedinci téhož druhu nebo mezi jedinci s různou tělesnou kondicí. Zdravé organismy jsou většinou tolerantnější než organismy nemocné. Na *obrázku 2* je ukázáno rozpětí snášlivosti k teplotním rozdílům u tolerantních druhů a netolerantních nebo málo tolerantních druhů. Chladnomilný velmi tolerantní druh znázorněn na obrázku *křivkou CH* je schopen přežít v daleko širším rozpětí teplot, než málo tolerantní teplomilný druh znázorněn *křivkou T* (viz *kap. 1.3*).

Mezi tolerantní druhy ryb patří např. okoun. Vyskytuje se téměř po celém toku řek, i v údolních nádržích. Snáší znečištěnou nebo stojatou vodu s menším obsahem kyslíku, žije však i v čistších a proudících vodách. Naproti tomu lipan je



Obr. 2. Příklad tolerance k teplotě u chladnomilného (CH) a teplomilného (T) organismu  $t$  - teplota;  $p$  - životní projevy organismů;  $o_1, o_2$  - teplotní optima pro život (nejvyšší teplota, v níž chladnomilný organismus sotva přežívá, je optimální teplotou pro teplomilnější organismus)



Obr. 3. Konvergence tvaru těla u vodních organismů

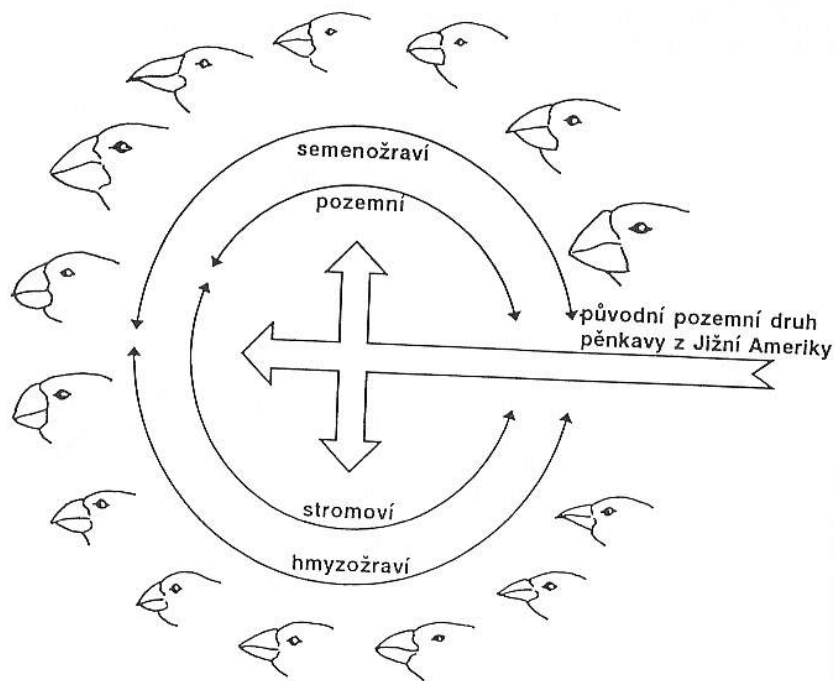


druh méně tolerantní. Je citlivý nejen ke znečištěninám ve vodě, ale také k obsahu kyslíku. Žije v bystřinách a řekách s rychle tekoucí čistou a dobře prokysličenou vodou.

### 1.2.6 Konvergence a divergence

Mohlo by se zdát, že pro každý typ prostředí (např. sladkovodní, mořské, ovzduší, půda) nebo určitý rozsah podmínek prostředí (nízké teploty, vysoký tlak), existuje vždy jeden nejlépe přizpůsobený druh. Vývoj organismů ukazuje, že k podobným podmínkám mohou být přizpůsobeny i velmi vzdálené druhy (obr. 3). Přizpůsobení různých druhů organismů jednomu typu prostředí říkáme **konvergence**.

Naopak jeden druh se může během vývoje rozdělit na několik druhů, nabízející-li podmínky jednoho stanoviště mnoho možností, jak se uživit, najít úkryt, vyhnout se nepřítelům, a tak přežít. Takové rozdělení - **divergence** jednoho druhu



Obr. 4. Divergence Darwinových pěnkav na Galapágách

ukázal už v minulém století anglický přírodovědec Charles Darwin na pěnkavách z ostrovů Galapágy. Jeden druh, který se na ostrovy dostal z pevniny, dal vzniknout semenožravým, hmyzožravým i všežravým typům (obr. 4).

### Otázky

1. Jaké jsou hlavní vlastnosti živých organismů?
2. Jaký je rozdíl mezi autotrofními a heterotrofními organismy?
3. Kteří savci u nás přespávají zimu a kteří nikoli?
4. Uveďte příklad tolerantního a méně tolerantního organismu.
5. Uveďte příklad konvergence u organismů schopných létat, pohybovat se pod vodou či pod zemí.
6. Zjistěte, kdy člověk začal s ochočováním domácích zvířat či pěstováním kulturních plodin (kukuřice, brambory, meruňky, holubi, slepice apod.). Odkud tyto druhy pocházejí?

## 1.3 Podmínky života v přírodě

Organismy jsou přizpůsobeny celé řadě podmínek. V přírodě se však žádný z faktorů prostředí (tlak, teplota, záření) nevyskytuje samostatně, vždy jde o kombinaci a současné působení celé řady vlivů. Jde především o vlivy:

- **abiotické** - vlivy neživé přírody, tj. fyzikální a chemické,
- **biotické** - představují přímé nebo nepřímé působení ostatních organismů, ať už stejného druhu nebo jiných druhů,
- **čas** - všechny procesy a změny probíhají v určitém čase.

### 1.3.1 Abiotické vlivy

#### Fyzikální vlivy

**Sluneční záření.** Jedním z nejdůležitějších faktorů ovlivňujících život na Zemi je sluneční záření. Jde o širokou škálu různých typů záření (elektromagnetického záření), které se od sebe odlišuje *vlnovou délkou* (tab. 1).

**Teplota.** Život většiny organismů je omezen teplotou. Životní pochody mohou podle dosavadních poznatků probíhat v teplotním rozsahu asi od  $-200$  do  $+300$  °C. Většina organismů však snáší teplotní rozdíly jen v určitém omezeném rozsahu, asi  $-50$  až  $+50$  °C. Bakterie, které žijí v hloubkách oceánů při ústí horkých pramenů o teplotě až  $300$  °C, nejsou schopny života v chladných vodách. Pstruzi z bystřin a potoků nemohou přežít v teplých vodách středních a dolních toků řek.

Tab. 1. Elektromagnetické záření

Vlnová délka	Charakteristika (název)
1 až 15 km	dlouhé vlny (rozhlasové)
200 až 1 000 m	střední vlny
2 až 100 m	krátké a velmi krátké vlny
0,1 až 2 m	Hertzovy vlny
1 až 100 mm	radarové vlny a mikrovlny
10 až 1 000 $\mu\text{m}$	tepelné sálání
0,75 až 10 $\mu\text{m}$	IR - infračervené záření
350 až 750 nm	viditelné světlo
100 až 350 nm	UV - ultrafialové světlo
1 až 100 nm	měkké záření X
0,01 až 1 nm	tvrdé záření X
	měkké záření gama
0,000 1 až 0,01 nm	tvrdé záření gama
elektromagnetická složka kosmického záření	

1 km = 1 000 m; 1 m = 1 000 mm; 1 mm = 1 000  $\mu\text{m}$ ; 1  $\mu\text{m}$  = 1 000 nm

Organismy, které snášejí větší výkyvy teploty prostředí, se nazývají *eurytermní* (potkan, sýkora koňadra, smetanka lékařská), ty, které snášejí jen velmi malé kolísání teplot, nazýváme *stenotermní* (lední medvěd, banánovník)<sup>1</sup>. Na obr. 2 je eurytermní druh chladnomilný a stenotermní druh teplomilný.

Někteří živočichové upadají na zimu do spánku a tráví tuk ze svých podkožních zásob. Takový způsob přežití v zimě se nazývá *hibernace*. Přežití vysokých teplot v letním období v úkrytu ve stavu klidu, tzv. letní spánek, se nazývá *estivace*. Reakcí na změny teploty prostředí je i stěhování ptáků na zimu do teplejších oblastí. Řada rostlin přežívá nepříznivé teplotní podmínky v podobě semen, oddenků, hlíz nebo cibulek. Některé rostliny mají v listech nemrznoucí látky a přecházejí mírné mrazy bez úhony (pór, růžičková kapusta).

Podle schopnosti reagovat na změny vnější teploty změnami teploty těla lze rozdělit organismy na dvě skupiny. Na *homiootermní*, které jsou schopny i při výkyvech vnější teploty udržovat relativně stálou tělesnou teplotu, a na *poikilotermní*, jejichž vnitřní teplota je při vnějších změnách nestálá. Homiootermní organismy jsou obvykle schopny regulovat teplotu vytvářením tepla díky vlastním metabolickým procesům, proto se také označují jako *endotermní*, poikilotermní organismy, které jsou závislé na vnějších zdrojích tepla, se též nazývají *exotermní*. Mezi homiootermní (endotermní) patří savci a ptáci, k poikiloterm-

<sup>1</sup> Předpony *eury-* a *steno-* se užívají i v souvislosti s řadou dalších faktorů. Vždy vyjadřují širokou toleranci nebo úzkou toleranci k danému faktoru. Například organismy *stenohalinní* jsou ty, které snášejí jen velmi úzké rozpětí koncentrace solí v prostředí atd.

ním (exotermním) patří všechny ostatní organismy (nižší obratlovci, rostliny, houby a jednobuněční). Ve skutečnosti není toto rozdělení přesné. I mezi poikilotermními se nacházejí druhy, které mohou do značné míry vnitřní teplotu regulovat tím, že po určitou omezenou dobu vytvářejí teplo vnitřními metabolickými procesy (některý létající hmyz jako vážky a včely). Naopak i mezi ptáky a savci jsou druhy, které po určité období nevyužívají vnitřních procesů k udržování stálé teploty (např. netopyři při odpočinku v chladnu výrazně snižují teplotu těla, a šetří tak energetické zásoby metabolismu).

Přizpůsobení se různým teplotám je patrné u některých příbuzných nebo podobných druhů savců (například lišky). Ekologové zjistili, že jedinci žijící v chladnějších oblastech mají menší tělesné výběžky (uši) i končetiny, než jejich příbuzní nebo podobní z teplejších oblastí. Toto pravidlo se nazývá *Allenovo pravidlo*. Pro některé druhy, ale v omezenější míře než Allenovo pravidlo, platí, že jedinci nebo příbuzné druhy žijící v chladu jsou větší než jejich protějšky z teplejších oblastí - *Bergmannovo pravidlo*. Obě pravidla vysvětlují tělesné změny tím, že druhy žijící v chladnějších krajinách vyznačují méně tepla díky menšímu tělesnému povrchu v poměru k objemu těla než jejich protějšky žijící v teplejších krajinách.

**Světlo.** Slunce je i zdrojem světla. Světelné záření je nezbytným zdrojem energie pro základní životní proces na Zemi, kterým je fotosyntéza rostlin. Tímto pochodem rostliny z vody, oxidu uhličitého a dalších látek (živin) vytvářejí základní stavební a zásobní látky svých těl, která jsou pak zdrojem potravy (látek a energie) pro další organismy. Nejen rostliny jsou však vázány na světlo. Některé živočichové jsou aktivní ve dne a jiní v noci. Některé vlnové délky slunečního záření jsou pro živé organismy částečně škodlivé.

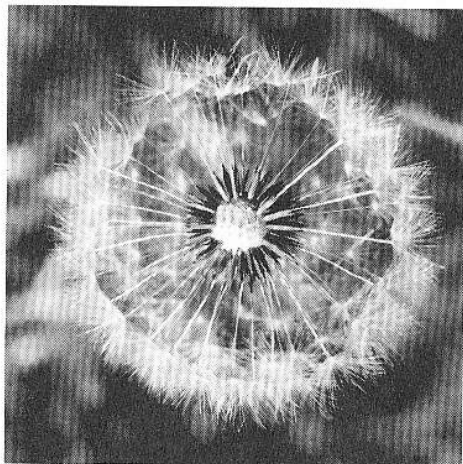
**Ultrafialové záření.** Je většinou zachycováno ve vyšších vrstvách atmosféry (ve stratosféře) a je životu nebezpečné. Omezuje fotosyntézu a může poškodit pokožku (viz kap. 2.5.3).

**Rentgenové záření, záření gama a kosmické záření.** Jsou také pro život nebezpečná.

**Tlak.** Organismy žijící na souši jsou přizpůsobeny k poměrně stabilnímu atmosférickému tlaku (normální atmosférický tlak měřený při hladině moře je 1 013 hPa). Tato hodnota se mění do jisté míry se změnami počasí a s nadmořskou výškou. Se vzrůstající nadmořskou výškou se atmosférický tlak snižuje. Daleko více jsou na určitém tlaku závislé organismy žijící v moři. Počítáme-li s hmotností vody 1 l = 1 kg, pak na jeden  $\text{dm}^3$  v hloubce 1 m pod hladinou působí hmotnost 10 kg, v hloubce 10 m už hmotnost 100 kg a 100 m pod hladinou váží vodní sloupec už 1 000 kg.

Hlubokomořské organismy žijící v hloubkách i přes 10 km snášejí obrovské tlaky. Takové organismy by však nepřežily na mělčinách, kde je tlak vodního sloupce daleko menší.

**Proudění.** Voda ani ovzduší nejsou téměř nikdy v klidu. U obou těchto typů prostředí musíme vždy uvažovat o vlivech proudění. Mnohé druhy živočichů i rostlin jsou přizpůsobeny tvarem těla k životu v silném proudu, jiné jsou adaptovány na podmínky v klidném prostředí. Pro mnoho druhů rostlin je proudění vzduchu, tj. vítr, nezbytné k rozšiřování jejich semen nebo spor (obr. 5). Opylování mnoha rostlin (vrby, lísky, topoly, trávy) je zprostředkováno větrem.



Obr. 5. Nažky smetánky lékařské roznášené větrem

**Voda.** Život vznikl pravděpodobně v moři, protože všechny důležité fyziologické funkce organismů jsou vázány na vodní prostředí. Vodu v různém množství obsahují všechny buňky, tkáně a orgány. Organismy se od sebe liší i vztahem k přítomnosti vody ve vnějším prostředí. Rozeznáváme rostliny suchomilné, mokřadní a vodní. Bez přítomnosti vody nebo vlhka by nepřežili obojživelníci, neboť kladou vajíčka do vody, kde se vyvíjejí i jejich larvy. Naopak mnozí plazi vyžadují k životu spíše suché podmínky. Voda je pro život organismů významným faktorem také v podobě srážek a vzdušné vlhkosti. Tropické deštné lesy rozšířené v blízkosti rovníku Afriky, Asie, Jižní Ameriky i Austrálie jsou typickým příkladem vegetace, která vyžaduje stálé deště a vysokou vlhkost vzduchu.

#### Chemické vlivy

**Kyslík.** Pro většinu rostlin a živočichů je nezbytný stálý přísun kyslíku. Kyslík se v atmosféře Země začal pravděpodobně vytvářet již asi před 2 miliardami let jako vedlejší produkt fotosyntézy prvotních organismů. Jeho množství v atmosféře je již dlouhou dobu velmi stabilní, a je tedy jednou ze základních chemických látek, které jsou k životu potřeba.

**Oxid uhličitý.** Rostliny získávají uhlík pro stavbu těl z oxidu uhličitého, který tvoří velmi stálou součást atmosféry. Bez jeho přítomnosti by nebylo rostlinné produkce, na níž jsou závislí živočichové nazvaní býložravci a celý řetězec dalších organismů.

**Soli.** V půdě i ve vodě je přítomna celá řada solí, jejichž obsah může značně kolísat. Podle toho rozlišujeme vysokou nebo nízkou *salinitu*. Podle závislosti na množství soli ve vodě rozeznáváme ryby sladkovodní, mořské a brakické. Tyto druhy žijí obvykle při ústí velkých řek a snášejí různé koncentrace solí. Mohou však také žít určitá období ve slané mořské vodě a v jiném období ve sladké říční vodě. Halofyty nazýváme rostliny, které jsou na vysoký obsah soli v půdě přizpůsobeny.

**Kyselost.** Kyselost (pH) je pro řadu organismů důležitým faktorem prostředí, který rozhoduje o jejich výskytu na různých stanovištích. Kyselost nebo zásaditost vody a půdy je častým omezujícím nebo potřebným faktorem.

**Živiny.** Významnými chemickými látkami, obzvláště pro rostliny, houby a bakterie, jsou nejrůznější živiny, tj. látky většinou jednoduché, ve vodě rozpustné, obsahující dusík, fosfor, síru, draslík a další, tzv. biogenní prvky, z nichž je vytvářeno tělo organismů. Podle obsahu živin můžeme půdu, vodu a další substráty, z nichž čerpají organismy živiny, dělit na chudé - oligotrofní, středně obohacené - mezotrofní a živinami bohaté - eutrofní.

**Ostatní látky.** K chemickým vlivům lze počítat i látky, které se v prostředí přirozeně nevyskytují nebo se vyskytují v nižších koncentracích, popř. v jiných poměrech a formách. Vzroste-li jejich koncentrace následkem činnosti člověka, pak tyto látky považujeme za škodlivé, znečišťující. Řada druhů je na škodliviny velmi citlivá a reaguje na ně, např. únikem z dosahu působení, ale také otravou nebo smrtí. Za znečišťující můžeme považovat jak látky jedovaté (sloučeniny některých kovů - rtuť, kadmia, olovo), tak příliš zásadité nebo kyselé (oxid siřičitý ze spalování uhlí, který se podílí výraznou měrou na vzniku kyselých srážek), prach, který ucpává průduchy a ve větším množství může omezit dýchání rostlin. I nadměrně vysoké koncentrace látek, které jsou jinak žádoucí pro růst organismů (živiny), jsou považovány za škodlivé, a tedy znečišťující.

#### 1.3.2 Biotické vlivy

**Přímý biotický vliv.** Představuje těsnou vazbu dvou nebo více druhů organismů na sebe, např. jde o přítomnost cizopasníků (parazitů) v těle hostitele nebo o vztah kořisti a dravce.

**Nepřímý biotický vliv.** Je to vztah, kdy si organismy navzájem ovlivňují a mění abiotické či přímé biotické faktory. Příkladem může být zastínění rostlin rostoucích v podrostu lesa korunami vysokých stromů nebo potravní konkuren-

ce dvou odlišných druhů šelem, býložravců apod. Podrobně budou všechny tyto vazby probrány v oddíle *vztahy mezi organismy*.

### 1.3.3 Vliv času

Všechny fyzikální, chemické a biotické vlivy neprobíhají stále stejnou silou a nejsou vázány pouze na jeden okamžik. Oběh Země kolem Slunce a otáčení naší planety okolo své osy ovlivňovaly po stovky miliónů let takřka všechny živé i neživé systémy.

**Biologické hodiny.** Přízpusobení organismů a načasování nejrůznějších projevů a jejich soulad s planetárním časem označujeme jako biologické hodiny. Hlavními cykly jsou sezonní cykly a cykly 24hodinové, tj. denní cykly. Odpovídá-li pravidelnému přírodnímu cyklu změna nějaká pravidelná změna v chování nebo metabolismu nějakého organismu, pak hovoříme o *biologickém rytmu*.

**Sezonní cykly.** Za sezonní cykly považujeme čtyři roční období nebo také období dešťů a sucha. Odpovídajícím rytmem v životě organismů může být kvetení rostlin a zrání jejich semen nebo plodů v určitém ročním období, nebo podzimní stěhování ptáků z našich zeměpisných šířek na jih a jejich návrat na počátku jara. Druhým typem rytmu může být migrace obrovských stád afrických býložravců do savan po období dešťů a jejich cesta zpět před začátkem období sucha. Obdobný rytmus je patrný také u zvířat, která hibernují - přecházejí ve spánku nepříznivé zimní období (jezevec, křeček, sysel, ježek apod.).

**Denní cyklus.** Tento cyklus je typický pro řadu rostlin. Otevírají květy ve dne, kdy jsou aktivní opylovači, kteří přenášejí pyl, a uzavírají je na noc. Rostliny a živočichové nerozeznávají pouze rozdíl mezi dnem a nocí, ale také délku slunečního dne. Mnoho vyšších rostlin kvete za dlouhého dne, v pozdním jaru a v létě (pelyněk, bodlák) a jiné zase za krátkého dne, brzy na jaře (prvosenky, podléšky, dymnivky), či na podzim (ocúny).

**Ostatní cykly.** Schopnost reagovat na pravidelný cyklus osvitlu sluncem (fotoperiodicita) nemusí být jediným příkladem rytmů v přírodě. Mořští živočichové a rostliny žijící v příbojové zóně u břehů velmi citlivě reagují na střídání přílivu a odlivu. Například slávka jedlá, jeden z nejhodnějších mlžů skalnatých pobřeží, uzavírá při odlivu své lastury a dokáže přežít na suchých kamenech a útesech mimo vodu až do přílivu, kdy lastury opět otevírá.

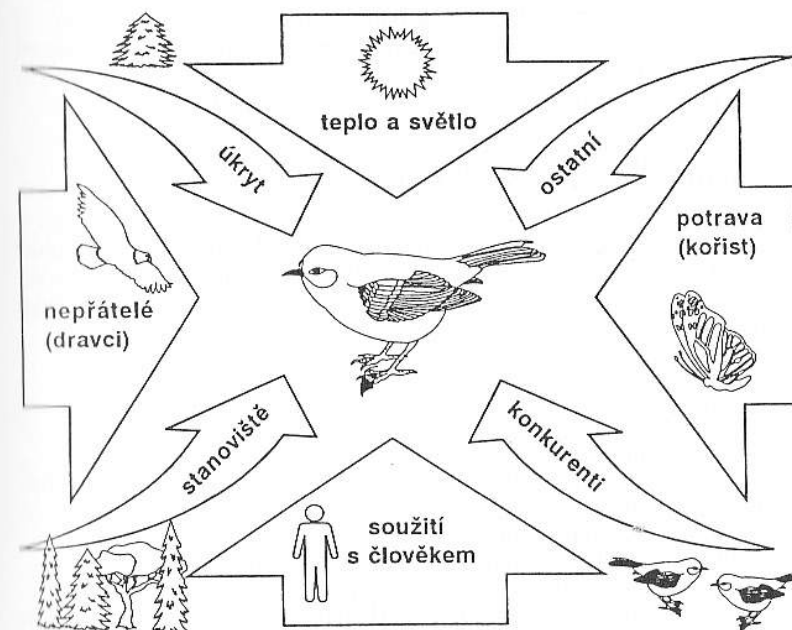
### 1.3.4 Životní podmínky a ekologická nika

**Životní podmínky.** Soubor veškerých faktorů, které určitý organismus využívá, v nichž žije, roste, rozmnožuje se a udržuje životaschopné potomstvo (světlo, teplota, typ půdy, potrava, dostatek prostoru), nazýváme životními podmínkami.

Každý organismus ovšem nevyžaduje jenom určitý typ prostředí, ale také určité rozpětí jednotlivých faktorů (rozsah teplot, velikost potravy, koncentrace živin, rozpětí vlhkosti atd.).

**Ekologická nika.** Ekologové tento celý soubor podmínek, typický pro jeden konkrétní druh, nazývají *ekologickou nikou* (obr. 6). Ekologická nika není pouze typické stanoviště, na němž určitý druh žije, ale je také typ potravy, kterému dává tento druh přednost, popř. i denní nebo roční doba, v níž se jedinci druhu na určitém stanovišti vyskytují, žijí se a rozmnožují.

**Příklad.** V africké savaně žijí na stejném stanovišti (území) jak různé druhy antilop, tak i žirafy. Obě skupiny však mají rozdílnou ekologickou niku, neboť antilopy spásají traviny a žirafy listy stromů. Vír a jestřáb se vyskytují ve stejných místech lesa. Důležitou složkou potravy obou druhů jsou menší ptáci, které jestřáb loví ve dne, ale vír v noci. Ekologickou nikou jestřába je stejný les, částečně stejná potrava, ale jiná denní doba lovu. Na stejném místě skalního útesu nalezneme kvěst na jaře tařici skalní a v létě netřesky. Rozdílná je roční doba výskytu rozmnožovacích orgánů - květů.



Obr. 6. Schéma faktorů vytvářejících ekologickou niku

**Překrývání nik.** Určitá ekologická nika není obvykle vyhrazena pouze jedinému druhu. Niky se mohou překrývat. A tak se na louce ve stejných podmínkách vyskytuje několik druhů trav a jiných bylin, které rostou, kvetou a uvolňují semena v jednu dobu. Jestřáb a krahujec mohou hnízdit v jednom lese a lovit stejné druhy ptáků, káně a poštolka mohou na stejném poli lovit stejné druhy hlodavců. Jejich niky se tedy překrývají. V obou případech se ale menší z uvedených dvojic ptáků (krahujec a poštolka) živí menší kořistí a překrytí nik není velké. Druhy, jejichž ekologické niky se překrývají, si při získávání živin nebo potravy konkurují.

### Otázky

1. Jak ovlivňuje sluneční záření život na Zemi?
2. Jak jsou ke změnám teploty přizpůsobeny rostliny a jak živočichové?
3. Vyhledejte obrázky několika druhů lišek z různých zeměpisných oblastí a porovnejte jejich tělesné tvary a velikost. Ověřte, zda a do jaké míry platí Allenovo a Bergmannovo pravidlo.
4. Uveďte příklad některých přírodních rytmů.
5. Uveďte příklad rytmu, který není přímo řízen slunečním zářením.
6. Co je ekologická nika? Uveďte příklad různé ekologické niky dvou organismů žijících na jednom místě.

## 1.4 Zdroje energie a látek v přírodě

Hmota (látky) ani energie nevzniká a nezaniká. Jejich vztah upravuje několik fyzikálních zákonů, z nichž nejdůležitější je zákon zachování hmoty a energie. Ani v prostředí na Zemi nemůže tedy žádná látka a energie samovolně vznikat a zanikat.

### 1.4.1 Energie

Ke všem projevům života je třeba nějaké energie. Energie nevzniká, ani nezaniká, je možno ji pouze přeměňovat z jedné formy na druhou. Při jakékoli přeměně energie z jednoho typu na druhý se vždy určitá část přeměňuje v teplo (tzv. zbytkové nebo odpadní teplo), které nelze dále využít (pouze dočasně napomáhá k udržení tělesné teploty některým organismům). Znamená to, že žádný přenos není stoprocentně účinný. Energii tedy nedokážou živé systémy (podobně jako žádné jiné i člověkem zkonstruované systémy) recyklovat. Život na Zemi je podmíněn neustálým přísunem energie.

**Energie slunečního záření.** Základním zdrojem energie na zemi je Slunce. Sluneční záření, především jeho část - viditelné světlo, částečně i ultrafialové a infračervené záření (viz tab. 1), prochází na povrch Země. Záření v rozsahu přibližně 400 až 700 nm je zdrojem energie pro fotosyntézu rostlin.

### 1.4.2 Látky

Hmota je v přírodě přítomna v podobě atomů a molekul nejrůznějších látek, a to od jednoduchých - anorganických, až po nejsložitější - organické. Organismy jsou složeny z hmoty (látek) a pro vývoj, růst a rozmnožování různé látky potřebují. Odebírají je ze svého okolí, po nějakou dobu je poutají ve svých tělech a jako výsledek metabolismu některé látky do prostředí uvolňují. Látky, z nichž je jejich tělo složeno, přecházejí do prostředí i po smrti daného jedince (není-li zdrojem potravy pro jiný organismus). Látky v prostředí i v tělech organismů reagují, mění skupenství, rozpouštějí se atd. Hmota přechází z jedné formy do druhé a při těchto změnách jí neubývá ani nepřibývá.

**Složení živých organismů.** Přestože jsou živé organismy složeny z mnoha prvků (většinou z 30 až 40), je převážná část těl organismů tvořena několika hlavními, tzv. *biogenními prvky* - uhlík (C), vodík (H), kyslík (O), dusík (N), síra (S) a fosfor (P). K životu jsou v menších množstvích nezbytné prvky, jako je železo (Fe), sodík (Na), draslík (K), vápník (Ca), chlór (Cl) a další. V nepatrném, tj. *stopovém* množství jsou jód (I), selen (Se) a další. U všech těchto prvků (i u řady dalších, zde nezmiňovaných) je jejich koloběh nezbytným předpokladem pro existenci života. U většiny organismů tvoří podstatnou část jejich těl voda.

### 1.4.3 Koloběh látek v přírodě

Na povrchu Země se snad žádná látka (sloučenina, prvek) nevyskytuje pouze na jednom místě, v jedné podobě a bez ovlivnění dalšími látkami či organismy. Vodní proudy v mořích a v řekách přenášejí každým okamžikem obrovská množství látek. Podobnou roli hraje i vítr v atmosféře. Během horninotvorných pochodů se mění povrchové vrstvy zemského pláště a pohybují celé pevninské desky.

**Biogeochemické cykly.** Všechny tyto procesy způsobují pohyb nejrůznějších látek na Zemi a jejich dostupnost pro organismy ve formě živin. Jelikož se těchto procesů společně účastní biologické, chemické i geologické děje, nazýváme koloběh látek na Zemi biogeochemickými cykly. Biogeochemické cykly také můžeme nazvat koloběhem živin.

Cykly prvků důležitých pro život je velmi obtížné beze zbytku popsat na úrovni pole, lesa, kraje nebo státu. K porozumění je nutný *globální*, tj. celoplanetární pohled.

### Horninový cyklus

Lze říci, že nejpůvodnější z cyklů je tzv. horninový cyklus. Ten je „poháněn“ mocnými silami a řízen složitými mechanismy, které jsou dány:

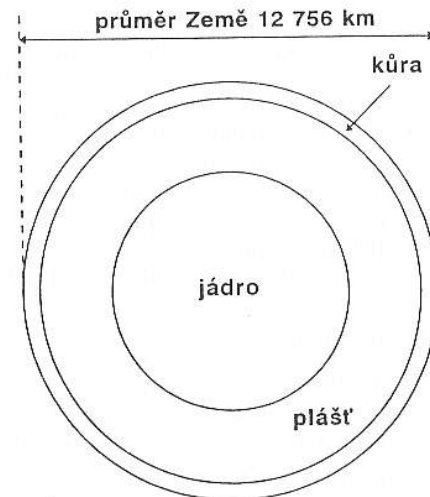
- klimatickými vlivy,
- aktivitou zemského nitra (jádra a pláště),
- následnými pohyby pevninských (litosférických) desek.

**Průběh horninového cyklu.** Žádný koloběh nemá začátek a konec. Pro potřebu popisu zvolíme jako počátek cyklu *erozi*. Eroze je rozrušování hornin na jemné částičky, které jsou přenášeny větrem a vodou. Určitá množství se usazují na dně potoků, řek a jezer. Většina erodovaného materiálu je odnášena řekami do moře. Tam se drobné částičky *ukládají (sedimentují)* a jsou tlakem nebo oxidy železa, křemíku či vápníku *zpevňovány*. *Sedimentární horniny* jsou unášeny spolu s příslušnou pevninskou (litosférickou) deskou. Litosférické desky se na některých místech Země přes sebe přesouvají. Ty části, které se dostávají do větších hloubek, se vysokými teplotami a tlakem mění na *horniny metamorfované*. Mohou být buď vyzdvíženy při horotvorných procesech na povrch, nebo ve velkých hloubkách kůry roztaveny na magma, které opět na jiných místech uniká na povrch jako *vyvělé horniny*. Erozi opět cyklus pokračuje a částice jsou větrem či vodou přenášeny a míšeny a ukládají se na povrchu Země v jiných oblastech nebo v jezerech, řekách i mořích.

Od dob vzniku života na Zemi přispívaly více nebo méně v různých obdobích k horninovému cyklu i živé organismy. Především v mořích byla po dlouhá období ukládána obrovská množství schránek jednobuněčných i mnohobuněčných organismů (rozsivky, dírkonošci, měkkýši). Byly tak vytvořeny i několik km silné vrstvy (zejména vápenců). Podobnou horninotvornou funkci měly i prvohorní a druhohorní rostliny, které při procesu uhelnatění daly vzniknout uhelným slojím. Některé usazeniny mohly být jako součásti pevninových desek v hloubkách přetaveny na magma nebo *přeměněny (metamorfovány)* na jiný typ horniny.

**Geologický čas.** Koloběh hmoty v horninových cyklech je velmi složitý a dlouhodobý. Naše poznání omezuje malá probádanost zemské kůry a zvláště nedostupnost hlubších vrstev, tedy zemského pláště a zejména zemského jádra (obr. 7). A tak procesy v nich probíhající jsou stále zahaleny rouškou tajemství. Také proces přetváření hornin je mnohonásobně delší než délka života člověka, delší i než život několika posledních generací, kdy mohl člověk horninotvorné procesy poznávat za pomoci moderních vědeckých metod. Koloběh látek v horninách se řídí tzv. *geologickým časem*. Základními měrami jsou zde nikoli hodiny, dny a roky, ale miliony až stovky milionů let.

Obr. 7. Vnitřní stavba Země



### Koloběh vody

**Vznik vody.** Na horninový cyklus je úzce vázán koloběh vody, která je pro život na Zemi nezbytná. Pravděpodobně již v období chladnutí zemského povrchu se z některých hornin uvolňovala vázaná voda, která se postupně srážela na povrchu planety a dala vzniknout oceánům, jezerům a řekám. Voda se stala součástí zemské atmosféry, půdy, vytvořila polární i horské ledovce a podzemní zásobárny. Vodní plášť Země, tzv. *hydrosféra*, vznikl následkem postupného uvolňování vody ze zemského nitra, jeho odplyněním. Změny skupenství vody a její pohyb na Zemi umožňuje sluneční energie.

**Části koloběhu vody.** Koloběh vody rozdělujeme na několik zásadních částí. Hlavní zásobárnou vody jsou světová moře a oceány. V nich je obsaženo více než 97 % celkového objemu vody na zemském povrchu. Zbylá necelá 3 % vody obsahují ledovce, podzemní voda, půdní voda, řeky a jezera (povrchová sladká voda), atmosféra a živé organismy (tab. 2).

Tab. 2. Množství vody na Zemi

Zdroj	Objem [km <sup>3</sup> ]
oceány (97,28 %)	1 348 000 000
ledovce (2,1 %)	29 000 000
podzemní voda (0,57 %)	8 000 000
jezera, řeky, organismy (0,014 %)	200 000
atmosféra - páry (0,001 %)	13 000

Spolu s vodou cirkuluje na zemském povrchu nejen celá řada rozpustných i nerozpustných látek, vodík a kyslík (z nichž je molekula vody tvořena), ale také teplo. Oceán je obrovským zásobníkem tepla. Rozdíly v dodávce sluneční energie (tepla) mezi dnem a nocí a hlavně v jednotlivých ročních obdobích jsou hlavním hnacím motorem pozemského klimatu. Můžeme říci, že právě existence světového oceánu a koloběh vody zabezpečují poměrnou stálost globálního klimatu, tak potřebnou pro udržování života na naší planetě.

Na koloběh vody, na horninový cyklus, na procesy v atmosféře a v posledních desetiletích i na činnost člověka jsou vázány koloběhy dalších hlavních biogenních prvků, uhlíku (C), dusíku (N), síry (S) a fosforu (P).

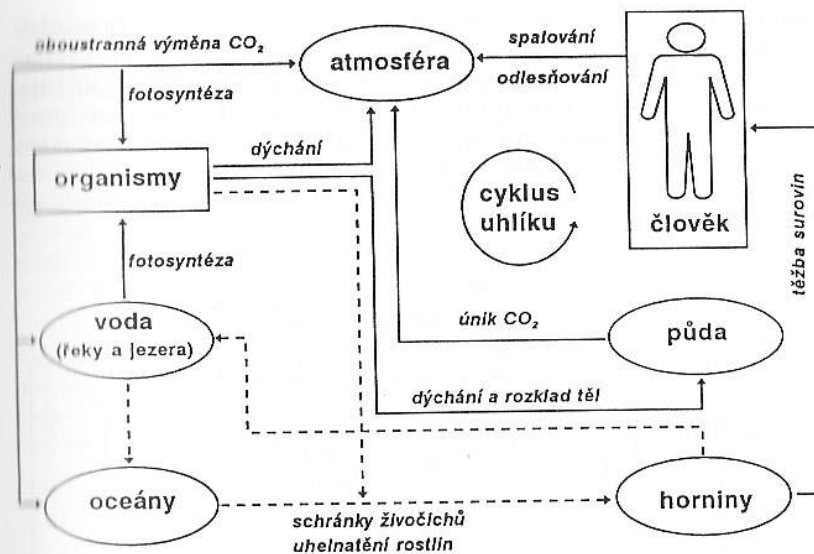
### Cyklus uhlíku

Uhlík je spolu s kyslíkem a vodíkem základním stavebním prvkem organických látek - uhlohydrátů, a tedy i živých těl. Koloběh tohoto hlavního biogenního prvku je jedním z klíčových cyklů podmiňujících život na Zemi.

**Výskyt uhlíku.** Uhlík je vázán především jako *oxid uhličitý* ( $\text{CO}_2$ ) v atmosféře, v *rozpusných uhličitanech* ve vodě a také ve formě *uhličitánů* (zejména uhličitánu vápenatého  $\text{CaCO}_3$ ) v mocných vrstvách vápenců. Jeho nemalá část je obsažena v biomase (biomasa je souhrnný termín pro těla živých organismů bez jejich anorganických schránek) i v odumřelých tělech (v tzv. mrtvé biomase) v podobě humusu nebo ve *fosilních palivech* (uhlí, ropa). Uhlík je také součástí dalších sloučenin, jako je metan, oxid uhelnatý apod.

**Průběh cyklu uhlíku.** Z atmosféry přechází oxid uhličitý do povrchových vrstev oceánu, kde se vyskytuje buď jako rozpuštěný  $\text{CO}_2$ , nebo ve formě zmíněných uhličitánů. Atmosférický  $\text{CO}_2$  je v procesu fotosyntézy hlavním zdrojem uhlíku pro zelené rostliny. Dýcháním se dostává opět do atmosféry. Ne všechen uhlík je však organismy vydýchán. Rostlinná těla (a uhlík v nich obsažený) se stávají potravou býložravců, ti pak potravou masožravců. Odumřelá těla rostlin i živočichů se dostávají do půdy, do mokřadů, do vody. V rozkladných dějích se v půdě z mrtvých těl vytváří humus (ve vodě organický sediment). Z něho činností rozkladačů vznikají jednoduché organické a anorganické látky a opět oxid uhličitý. Z půdy, z mokřadů i z vody je postupně  $\text{CO}_2$  opět uvolňován do atmosféry. Ne vždy je však biomasa mrtvých těl rozložena a přirozeně „recyklována“. V některých geologických údobích bylo v podobě biomasy mrtvých těl uloženo obrovské množství uhlíku buď v rozsáhlých mokřadech, nebo mořských lagunách, a postupně se přeměnila v uhlí a ropu, nebo ve zbytecích schránek těl v podobě vápenců ( $\text{CaCO}_3$ ), obr. 8.

**Narušení cyklu uhlíku.** Člověk dnes zasahuje do přirozeného koloběhu uhlíku. Mezi hlavní vlivy patří především *spalování fosilních paliv*, což je velmi rychle uvolňování uhlíku, který byl postupně nahromaděn za velmi dlouhá období milionů až desítek milionů let. Dalším faktorem je i *odlesňování* a *obdělá-*



Obr. 8. Cyklus uhlíku

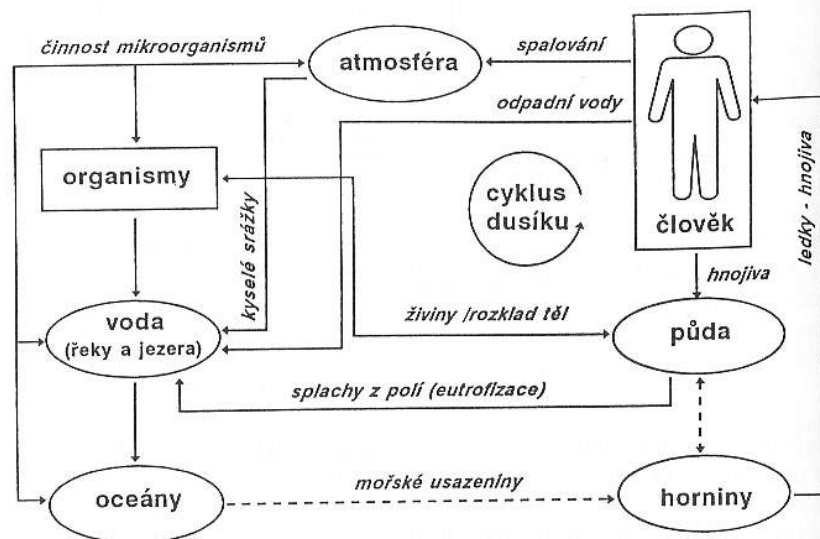
*vání půdy.* Při těchto činnostech se opět uvolňuje značné množství volného oxidu uhličitého. Do atmosféry také uniká větší množství metanu ( $\text{CH}_4$ ), např. v důsledku chovu dobytka a ze skládek odpadů. Jak zvyšování koncentrace  $\text{CO}_2$ , tak i metanu v atmosféře může mít nepříznivé vlivy na stabilitu klimatu. Podrobněji je tento problém popsán v *kap. 2.5.4.*

### Cyklus dusíku

**Výskyt dusíku.** Dusík (N) je nejhojnějším plynným prvkem zemské atmosféry. Jako volný dusík ( $\text{N}_2$ ) tvoří více než 3/4 objemu všech plynů v ovzduší. Důležité jsou však i další plyny obsahující dusík, i když jejich množství v ovzduší je velmi malé - oxid dusný ( $\text{N}_2\text{O}$ ), oxid dusnatý (NO), oxid dusičitý ( $\text{NO}_2$ ) a amoniak ( $\text{NH}_3$ ). Dusík je důležitý biogenní prvek, je součástí aminokyselin, bílkovin, nukleových kyselin (nositelů dědičné informace). V horninách se dusík nevyskytuje v takovém množství jako např. uhlík. Pouze některé nerosty (ledky) mají vysoký obsah dusíku.

**Části koloběhu dusíku.** Vzdušný dusík jsou schopny vázat tzv. *nitrifikační mikroorganismy* a přeměňovat ho na rozpustné dusíkaté látky (nejčastěji dusičnany), které jsou pouze v této formě přijatelné jako živiny pro autotrofní orga-

nismy (rostliny). Rostliny začleňují dusík do stavebních a zásobních látek svých těl. Odtud dusík přechází buď do dalších organismů (v podobě rostlinné potravy), nebo po odumření těl zpět do prostředí, do půdy nebo vody. Dusíkaté látky se do prostředí dostávají také jako zplodiny metabolismu živočichů (exkrementy, moč, močovina, kyselina močová). V půdě je dusík vázán v humus a může z něj být opět uvolněn do ovzduší *denitrifikačními mikroorganismy*. Tak se jeho cyklus uzavírá. K produkci dusíkatých látek přispívá určitou měrou i vulkanická činnost.



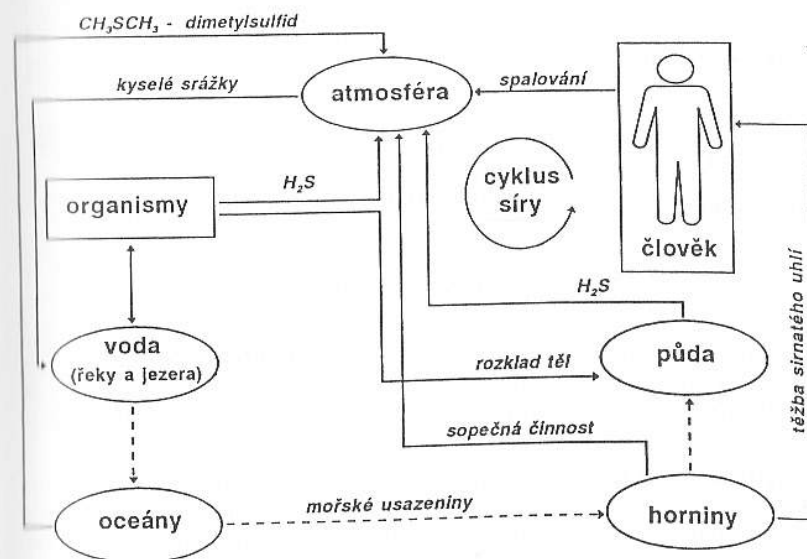
Obr. 9. Cyklus dusíku

**Negativní vlivy člověka.** Celkem stabilní koloběh dusíku a jeho sloučenin může být člověkem narušen zejména neúměrnou aplikací dusíkatých hnojiv, a to jak průmyslových (ledky), tak i statkových. Dusík z hnojiv je vyplavován z půdních horizontů do potoků, řek a jezer, kde je příčinou nepřírozeného zvyšování obsahu živin, tzv. *eutrofizace* (podrobně viz kap. 2.6.4). Dalším závažným narušením dusíkového cyklu jsou *spalovací procesy*. Dusík je za normální teploty netečný plyn. Za vyšších teplot (přes 500 °C) se slučuje s kyslíkem a vytváří oxidy. Některé tyto plyny mohou hrát roli při zesilování skleníkového jevu nebo při narušování ozónové vrstvy. Navíc, při reakcích s vodou na kyseliny, jsou jednou z příčin kyselých srážek (obr. 9).

### Cyklus síry

**Části koloběhu síry.** Podobně jako u dusíku hrají v koloběhu síry významnou roli mikroorganismy. Sirovodík ( $H_2S$ ) bývá konečným produktem mikrobiální činnosti, která probíhá zpravidla ve vodním prostředí nebo v mokřadech a bažinách a v omezené míře i v půdě. Mikroorganismy v oceánu vytvářejí složitéjší sloučeninu - dimetylsulfid ( $CH_3SCH_3$ ). Obě látky jsou nakonec v atmosféře převážně oxidovány až na oxid siřičitý ( $SO_2$ ). Po další oxidaci a reakcích v atmosféře se jako součást srážek síra dostává zpět do půdy, kde je spolu s ostatními rozpustnými sírany vtažena do koloběhu a stává se součástí minerální výživy rostlin. V horninách a minerálech se síra vyskytuje i v podobě siřičků.

**Zvýšení koncentrace oxidu siřičitého v atmosféře.** Přírodní obsah síry v tělech rostlin a živočichů je paradoxně vlastně jednou z hlavních příčin nepřírozeného obohacování atmosféry oxidem siřičitým. Fosilní paliva, jako je uhlí a ropa, která nejsou ničím jiným než „mrtvou biomasou“, obsahují vždy určité množství síry. Spalováním těchto paliv, zejména v posledních dvou stoletích, se v podobě oxidu siřičitého dostává do planetárního koloběhu síra, která se v prvohorních a druhohorních rostlinách hromadila po miliony a snad i desítky milionů let. Množství síry v ovzduší ze spalování fosilních paliv je dnes dokonce vyšší, než je přírodní únik oxidu siřičitého z činných sopek a horkých minerálních pramenů (obr. 10).



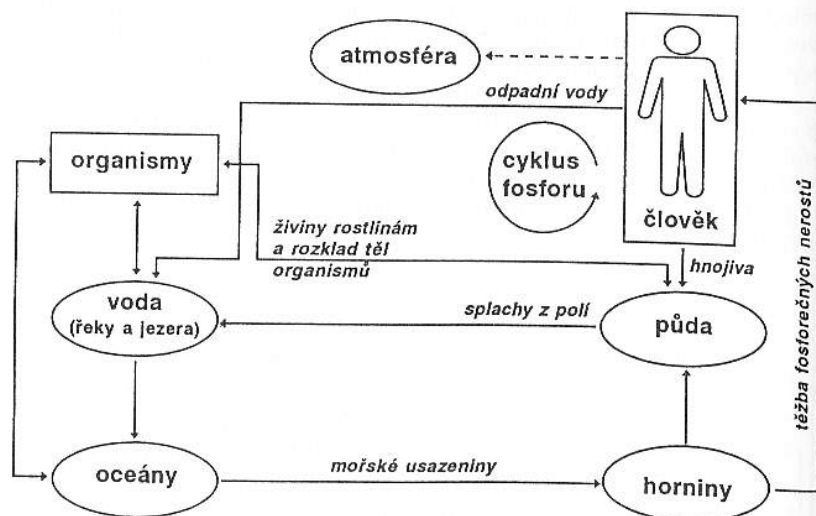
Obr. 10. Cyklus síry



### Cyklus fosforu

Na rozdíl od dusíku, uhlíku a síry není v cyklu fosforu žádná sloučenina, která by se ve významném množství v plynné formě vyskytovala v ovzduší. Tato skutečnost výrazně zpomaluje a omezuje jeho pohyb v koloběhu.

**Výskyt fosforu.** Fosfor se na Zemi vyskytuje především v horninách a minerálech (apatit a fosforit), v podobě rozpustných solí (fosforečnanů) je obsažen ve sladké i mořské vodě a v půdě. Fosfor je důležitou součástí těl rostlin i živočichů. Kromě toho, že se vyskytuje v kostech obratlovců, hraje významnou roli v metabolismu všech živých organismů. Je významný při přenosu a uchování energie v buňkách.



Obr. 11. Cyklus fosforu

Na koloběhu fosforu se podílejí i mošští ptáci lovící ryby. Tkáně mořských ryb totiž obsahují značné množství fosforu. V některých oblastech Země tvoří trus mořských ptáků při pobřežích pevnin a ostrovů mocné vrstvy, které se těží jako vynikající fosforečné hnojivo, tzv. guáno.

**Negativní vlivy člověka.** Díky člověku lze nalézt v celkem pomalém fosforovém cyklu některé nepřírodní rysy. Člověk využívá fosforečnanů v největší míře jako hnojivo a také jako součást detergentů, tj. nerůznějších čisticích a pracích prostředků s odmašťovacími účinky. Oba způsoby použití vedou dříve nebo později k vyplavení fosforu do vodních toků, a jsou buď odneseny do moří, nebo

uloženy v sedimentech přírodních jezer a umělých nádrží. Na jedné straně je fosfor z hlediska opětového využití na dlouhou dobu ztracen v usazeninách, na druhé straně je jednou z příčin nepřírodního zvyšování obsahu živin ve vodách.

Nepřítomnost vzdušné části koloběhu výrazně omezuje především rychlost, a jakou se může fosfor opět dostávat do forem přístupných živým organismům. Pokud jsou rozpustné i nerozpustné fosforečnany odplaveny řekami do moří a tím uloženy v sedimentech, je jejich návrat do koloběhu vázán na velmi dlouhý horninový cyklus (obr. 11).

### Koloběh ostatních prvků

Kromě výše uvedených prvků kolují v prostředí na Zemi i další prvky a sloučeniny. Většinou jsou vázány na koloběh vody, na horninový cyklus nebo na cyklus některého z uvedených prvků. Cesty, kterými na naší planetě v prostředí procházejí, nejsou tak zřejmé nebo jednoznačné, a tak je pro složitost a mnohdy neznalost nelze uvést. Protože nejsou procesy v atmosféře, litosféře a biosféře izolované, na mnoha místech se cykly hlavních prvků přirozeně navzájem stýkají a prolínají. Spalováním fosilních paliv zasahuje člověk současně dokonce do tří koloběhů, a to uhlíku, síry a dusíku.

Koloběh biogenních i abiogenních prvků je dokladem toho, jak dynamický a provázaný je celý systém přírody, i když je obvykle tradičně dělen na systémy dva - na systém živý a neživý.

### Otázky

1. V učebnici fyziky vyhledejte kapitoly pojednávající o energii a hmotě a zopakujte si základní fyzikální termodynamické zákony. Potvrďte, že platí také pro živé systémy.
2. Co je základním zdrojem energie na Zemi?
3. Proč je koloběh živin nazýván biogeochemickým cyklem?
4. Odkud se vzala voda na Zemi?
5. Jakou roli v koloběhu vody má oceán?
6. K čemu využívají zelené rostliny oxid uhličitý?
7. Čím narušuje člověk koloběh dusíku?
8. Popište cestu, kterou se dostává do ovzduší síra při spalování uhlí.
9. Co je guáno a jak vzniká? Který důležitý biogenní prvek je v guánu obsažen?

## 1.5 Jedinec, druh, populace - vztahy mezi jedinci a druhy

### 1.5.1 Jedinec v přírodě

**Jedinec - základní ekologická jednotka.** Základní ekologickou jednotkou, která vstupuje do konkrétních vztahů s okolními podmínkami a živými organismy, je určitý jedinec, tj. jeden živočich, jedna rostlina, bakterie, houba apod. Na okolních podmínkách a na schopnostech (přízpůsobení) tohoto jedince záleží, zda bude mít dostatek potravy, úkrytu a partnerů pro přežití a rozmnožování.

Každý jedinec má svůj metabolismus (výměnu látkovou), nese v rozmnožovacích orgánech svou dědičnou (genetickou) informaci a využívá určitá množství energie a živin.

**Buňka, tkáň, orgán.** Nejjednodušším jedincem schopným samostatného života je vlastně buňka. Příkladem může být celá řada jednobuněčných organismů (trepka velká, krásnoočko). Většinou se však jedinec skládá z několika nebo mnoha buněk, které pak tvoří tkáň a orgány, a ty nejsou schopné samostatného života.

### 1.5.2 Druh

Jedinci, kteří mají **shodnou genetickou výbavu**, tj. stavbu těla, metabolické pochody, podobné nároky na potravu a úkryt, jimž je společná ekologická nika a **při rozmnožování dávají vznik plodnému potomstvu**, jsou členy jednoho druhu.

Některé druhy jsou si příbuzné, mají společné předky, jiné jsou vývojově velmi vzdálené. Vždy je však způsob života pro všechny jedince určitého druhu typický. Druh můžeme jednoduše definovat jako soubor sobě podobných jedinců, kteří tuto svou podobnost (tělesnou i metabolickou) předávají z generace na generaci.

### 1.5.3 Populace organismů

Skupina jedinců jednoho druhu, kteří žijí (rostou) v určité době na určitém místě (v určitém prostředí) se nazývá **populace**<sup>2</sup>. Jedinci této populace spolu

<sup>2</sup> Populační ekologie byla jako odvětví ekologie velmi dobře propracována pro studium populací živočichů. U rostlinných populací je někdy těžké vymezit jedince, mnoho rostlin se rozmnožuje nejen pohlavně, ale i nepohlavně (z oddenků, hlíz). Pro rostliny je nepřesný pojem migrace, neboť i když se rostliny samy nepohybují, semena a spory mnoha druhů jsou pasivně roznášeny na velké vzdálenosti vodou, větrem a různými živočichy.

přicházejí do mnoha kontaktů, ať už jde o rozmnožování, získávání živin nebo o nároky na úkryt.

**Velikost populace.** Populace mohou v příznivých podmínkách růst (přibývá počet jedinců), nebo mohou naopak v nepříznivých podmínkách snižovat početnost. Velikost populace (její početnost) ovlivňují tři hlavní faktory.

- **Porodnost (natalita)** - porodností se početnost populace zvyšuje, a je-li k dispozici dostatek prostoru a potravy, také se rozšiřuje.
- **Úmrtnost (mortalita)** - úmrtností naopak počet jedinců v populaci snižuje, a působí tak jako protiklad a vyvážení porodnosti.
- **Pohyb jedinců (migrace)** - na početnost populace také působí, když se jedinci přemístí mimo dosavadní místo (emigrace), nebo naopak z jiných oblastí do místa naší populace přibudou (imigrace).

U každé populace můžeme určit dva hlavní ukazatele růstu. Je to **početnost populace** a **hustota populace**. Početnost vyjadřuje celkové množství jedinců v dané populaci a hustota počet jedinců na určitou plochu.

**Růst populace.** Populace rostou, když převládá porodnost nad úmrtností. Děje se tak za výhodných podmínek prostředí, dostatku potravy a prostoru, popř. i za nízkého tlaku predátorů.

**Exponenciální růst.** V ideálních podmínkách, tj. když má populace dostatek potravy i prostoru (jedinci si nekonkurují), vliv případného predátora je zanedbatelný a porodnost převládá nad úmrtností, populace roste. Představme si populaci, která má na počátku sledovaného období 100 jedinců, a po prvním časovém úseku, který sledujeme, 200, po druhém 400, po třetím 800, 1 600 atd. Označíme-li počáteční velikost populace jako  $N_0$ , po jednom časovém úseku  $N_1$ , pak  $N_2$ , po uplynutí  $t$  časových úseků  $N_t$ .

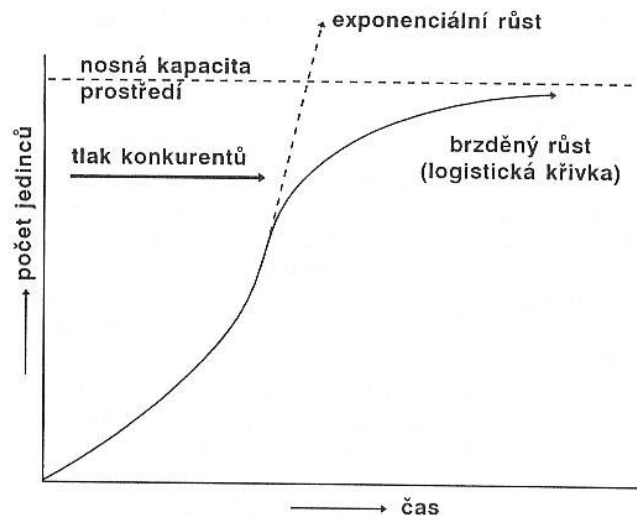
Vztah mezi početností v různých časových intervalech pak můžeme vyjádřit jednoduchou rovnicí:

$$N_t = N_0 \cdot R,$$

kde  $R$  (tzv. čistá růstová rychlost vztažená na jedince), v našem případě 2, vyjadřuje, že na jednoho jedince původní populace připadají 2 v populaci v následujícím časovém úseku. Platí tedy i rovnice:

$$N_t = N_0 \cdot R^t.$$

Výsledná křivka připomíná tvarem písmeno J (*obr. 12*). Takový typ růstu je znám u rychle se množících populací, které osídlují prázdné prostředí (viz ekologická nika). Typickým příkladem je růst bakterie v kultuře na Petriho misce, nebo zvyšování početnosti populace králíků dovezených do Austrálie v 18. století. Každý takový růst ovšem dříve nebo později končí, a to buď drastickým snížením stavu populace v důsledku změn podmínek, nebo vlivem nemoci či



Obr. 12. Křivky růstu populace

parazita. Růst do nekonečna není v omezeném prostoru Země možný (ani na jednotlivých stanovištích).

**Nosná kapacita prostředí.** Známe-li počet jedinců určitého druhu na nějakém místě, vyloučíme-li možnost migrace a převažuje-li porodnost nad úmrtností, populace roste. Je-li tomu naopak, početnost populace klesá. Množství jedinců v omezeném prostoru obvykle neroste neomezeně. Vždy jsou nějaké hranice, za které už růst populace není možný. Hlavním problémem u neomezeného růstu hustoty jedinců v populaci je dostatek živin (potravy) a dostatek prostoru. Čím více jedinců se podílí na dostupných zdrojích, tím větší konkurence vzniká uvnitř populace. Dostupnost živin, prostoru a ostatních faktorů určuje počet jedinců daného druhu, který může určité území unést. Tento počet je označován jako *nosná kapacita prostředí*. Jde vlastně o horní hranici, za níž už nově narození (vylíhli, vyrostli) jedinci nemají dostatek potravy nebo prostoru na přežití.

**Omezený (logistický) růst.** Křivce, podle které roste populace v omezujících podmínkách, říkáme *logistická* nebo *sigmoidální*. Připomíná tvarem písmeno S (viz obr. 12). Růst takové populace můžeme popsat již velmi složitými matematickými rovnicemi. Počátkem růstu populace je exponenciální fáze, která přechází do fáze brzděného růstu. Blíží-li se počet populace nosné kapacitě, zpomaluje svůj růst, až se v okamžiku dosažení této nosné kapacity růst zastavuje.

Poklesne-li počet pod nosnou kapacitu, růst se opět zvyšuje. Přesáhne-li nosnou kapacitu, počet se snižuje. V matematických rovnicích je vložení určitého členu „zajištěno“, že čistá růstová rychlost se snižuje tak, jak roste velikost populace. Takto je u většiny populací zabezpečeno, že zdroje prostředí nebudou příliš vyčerpány a populace nevymřou.

Určení nosné kapacity prostředí je v mnoha případech velmi složité a pro řadu druhů nemožné. Matematické vztahy, které vysvětlují růst populací rozličných druhů v různých podmínkách, jsou i přes svou složitost jen velmi přibližné a zdaleka nevystihují chování všech druhů, které člověk dosud studoval. Nosná kapacita není fyzikálním faktorem, ale faktorem ekologickým. Je závislá na každém druhu, jeho vlastnostech a na řadě podmínek prostředí. Žádná populace není zcela izolovaná a její členové mají většinou možnost rozšíření do jiných míst. Omezujícími faktory pro růst populací nejsou jen její samotní členové, ale důležité jsou i vlivy ostatních organismů.

**Kolísání početnosti populací.** Žádná populace nemá k dispozici ideální podmínky. Početnost populací a hustota u většiny přirozených populací *kolísá*, což je dáno nestejnou nabídkou potravy a živin v časovém rozpětí, klimatickými podmínkami a řadou dalších proměnlivých faktorů prostředí. Typickým příkladem může být kolísání početnosti populace káněte v závislosti na početnosti populace hraboše polního, nebo kolísání počtu štik v jezeře v závislosti na početnosti plotice.

**Vitalita populace.** Vitalita (životaschopnost) populace je také ovlivněna počtem jedinců. Při nízkých počtech (několik desítek až set jedinců) je v populaci vyšší možnost příbuzenského křížení, a tedy i přenášení recesivních nežádoucích mutací. V takové populaci je také méně vloh pro přizpůsobení se případným změnám prostředí. Kritický počet jedinců je u různých druhů odlišný a nelze jej jednoduše stanovit jedním číslem pro všechny organismy. Ke snížení počtu druhů pod kritickou hranici může dojít nejen vlivem přírodních katastrof (požáry, erupce sopek, zátopy), ale také vlivem činnosti člověka (introdukce cizího predátora nebo parazita, fragmentace stanovišť, otrava prostředí nežádoucími látkami, odchyt a lovem apod.).

**Struktura populace.** Každou populaci můžeme charakterizovat nejen podle výše uvedených kritérií, ale také podle *věku* jedinců. V některých populacích převažují starší jedinci, jinde mladší, u některých je věková struktura rovnoměrná. Převažují-li v populaci staří jedinci, může být populace ohrožena vymřením. Pokud v populaci rozlišujeme poměr samců a samic, hodnotíme její složení podle *pohlaví*. V mnoha populacích je ustáleno po určitou dobu i postavení jedinců. Hovoříme pak o *hierarchii* nebo o *sociální struktuře* populace.

**Hustota a rozmístění populace.** Počet jedinců určitého druhu v závislosti na prostoru (ploše) určuje *hustotu populace*. Vyjadřuje se v počtu jedinců na jednotku plochy ( $m^2$ ,  $km^2$ ) nebo média ( $m^3$  vody, vzduchu, půdy).

V monokulturách nebo v početných populacích, kde existuje silná konkurence mezi jedinci stejného druhu, jsou jedinci rozmístěni na daném území přibližně *rovnoměrně* (jednotlivé stromy ve smrkovém lese). U některých populací jsou jedinci rozmístěni náhodně, u jiných jsou sdruženi ve *skupinách* (kopytníci ve stádu apod.).

#### 1.5.4 Lov, sběr, úroda a výtěžek

Člověk loví a sbírá celou řadu druhů, jejichž populace žijí v přirozených nebo polopřirozených podmínkách (lovná zvěř v lesích, ryby v oceánech, ústřice v mělkých mořích). Zájmem hospodáře nebo lovce je maximální výtěžek za současně maximální možné obnovy dané populace, pokud možno po co nejdéle dobu.

**Maximální výtěžek.** Maximálního výtěžku může být samozřejmě dosaženo, je-li odlovena, sebrána, či jinak přivlastněna celá populace žádoucího organismu. To však může být učiněno pouze jednou, neboť pak daná populace nemá možnost reprodukce. Ekologické výzkumy ukázaly, že nejlepším řešením je znát alespoň přibližně velikost využívané populace a její přírůstek.

**Reprodukce populace.** Reprodukce populace je u mnoha sledovaných druhů nejvyšší, když je populační hustota mezi maximem a minimem, tedy přibližně střední. Tehdy je také nejvyšší přírůstek, zejména pro nízkou vnitrodruhovou konkurenci (viz dále). Při vysokých hustotách je konkurence vysoká a přírůstek jedinců menší. Při lovu z malé populace může dojít ke snížení počtu jedinců pod kritickou úroveň a k její likvidaci.

#### 1.5.5 Vztahy mezi organismy

Vztahy mezi organismy se dají rozdělit na dva základní typy. Jde jednak o vztahy mezi jedinci téhož druhu - *vnitrodruhové*, jednak mezi jedinci rozdílných druhů - *mezidruhové*. Řada různých vztahů je založena na stejných základech - mohou se tedy uskutečňovat jak mezi jedinci stejného druhu, tak i mezi druhy odlišnými. Mnoho dalších vztahů však může probíhat pouze u druhů různých.

**Konkurence (kompetice).** Základním vztahem, kdy soupeří jedinci stejného druhu nebo různých druhů o podmínky k životu, je konkurence (neboli kompetice). Soupeřit mohou o prostor, světlo, vodu, potravu a řadu dalších faktorů prostředí. Typickým příkladem konkurence v rámci jednoho druhu je soutěž o partnera k účelu rozmnožování (boje jelenů v říji o laně) a soupeření o teritorium (většina pěvců obhájuje teritorium typickým hlasitým zpěvem). V konkurenční soutěži většinou platí, že uspěje jedinec lépe vybavený, silnější, schopnější a přizpůsobivější.

Často však platí jednoduché pravidlo, že získává ten, kdo přichází první. To může být příklad stromů rostoucích v lese. Jedinec - strom, který vyrostl dříve, má lepší přístup ke světlu, a získává tedy proti svým menším příbuzným výhodu většího přísunu sluneční energie, kterou využije pro svůj růst. Na jeho místo se může dostat jiný jedinec, až když ten větší a starší odumře, ztrouchniví a spadne. Tím uvolní své místo dalším stromům. Rostliny si však mohou konkurovat i kofeny nebo používat k odpuzení jiných druhů nejrůznější výměšky z kořenů (např. pelyněk, pýr nebo akát).

Konkurence může vést k úplnému potlačení jiného druhu, nebo dosažení rovnovážného stavu, a soupeřící druhy mohou přežívat jeden vedle druhého (koexistence).

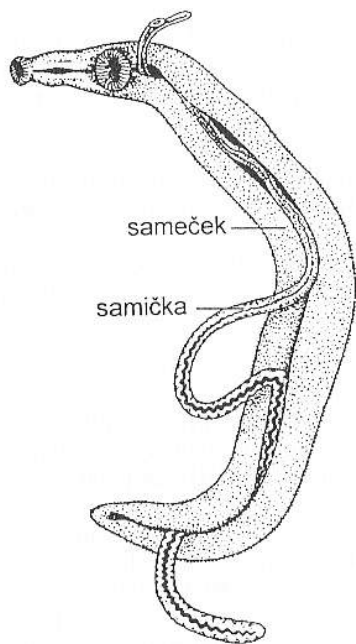
**Predace.** Mezi druhy je velmi častý vztah *predace*. Jde o vazbu, kdy se jeden organismus stává kořistí druhého. Predátor je ten, kdo se druhým organismem živi. Predátorem může být býložravec i masožravec. V typickém případě masožravci při získávání potravy svou kořist napadají a zabíjejí, kdežto býložravci se živi na částech jiného organismu a nemusí jeho životaschopnost příliš ovlivnit.

Za přizpůsobení organismů, které se stávají potravou jiných, považujeme nejrůznější ochranná opatření proti predátorům. Mnoho rostlin má na listech a stoncích nejrůznější ostnité výrůstky. Jiné rostliny obsahují jedovaté nebo nechtutné látky, které řadu býložravců odrazují (česnek, cibule). U živočichů se vyvinula řada přizpůsobení, jak predátora oklamat nebo odpudit. Může jít o zbarvení, tvar těla nebo o zápachající výměšky. Moucha pestřenka je zbarvená jako voska, řada střevlíků vypouští v nebezpečí zápachající a palčivou tekutinu.

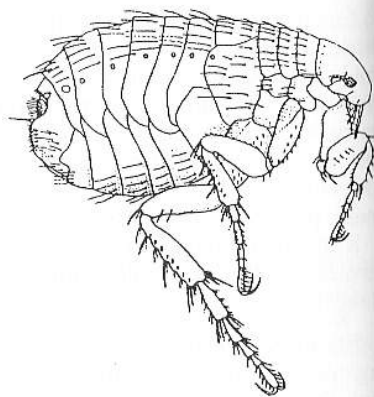
**Parazitismus.** Některé organismy se také mohou přizpůsobovat na tělech nebo produktech látkové výměny jiného druhu. Tento vztah - parazitismus je často pokládán za zvláštní typ *predace*. *Parazit* a jeho *hostitel* jsou spolu v daleko těsnější vazbě než predátor a kořist. Pravý parazit je vždy heterotrofní organismus, protože nikdy nezískává výživu v procesu fotosyntézy. Některé parazitující zelené (tedy fotosyntetizující) rostliny, např. jmelí, jsou proto nazývány poloparazity. Ke svému životu od hostitele potřebují pouze některé minerální látky rozpuštěné ve vodě.

Typickými parazity jsou organismy, které žijí buď uvnitř těla hostitele (endoparaziti), nebo na jeho povrchu (ektoparaziti) a živi se jeho tělními tekutinami, tkáněmi, částmi těla nebo tělního pokryvu (peří, chlupy, šupiny). Některé organismy jsou parazity pouze v určitém vývojovém stadiu, někteří paraziti mohou mít i více hostitelů.

*Příklad.* Larvy blechy obecné žijí volně a živi se organickými zbytky obsaženými v prachu a nečistotě. Dospělé blechy (ektoparaziti člověka) se živi lidskou krví. Jako příklad endoparazita může sloužit motolice krevnička močová. Vyvolává těžké záněty močového měchýře i přilehlých orgánů. Dospělí jedinci žijí ve vráticové žíle (samička v tělní rýze samečka). Oplozené samičky se stěhují krví



◀ Obr. 13. Endoparazit - krevnička močová, která způsobuje těžké záněty močových cest



Obr. 14. Ektoparazit - dospělá blecha obecná

do kapilár močového měchýře. Vajíčka protrhávají háčky stěny kapilár a odtud se dostávají do moče a z těla ven (obr. 13 a 14).

**Přenašeči chorob.** Řada parazitů, zejména těch, kteří se žijí tělními tekutinami a krví, může při sání přenášet nebezpečné choroby. Ve středověku to byly právě blechy, které přenášely morové bakterie. Dnes u nás patří mezi přenašeče původců nebezpečných nemocí klíšťata, která při sání krve mohou přenést viry způsobující záněty mozkových blan a bakterie, které jsou původcem lymfské borreliózy.

**Mutualismus.** Různé druhy však mohou spolu žít a využívat výhod, které jim spolužití přináší. Oboustranné výhody se promítají do snadnějšího získávání potravy, lepšího růstu, přežívání nebo úspěšnosti v rozmnožování. Tento typ vztahu se nazývá mutualismus.

**Symbióza.** Nejčastějším příkladem mutualismu je symbióza - pevné soužití dvou druhů organismů. Některé druhy zelených řas a hub prorůstají a tvoří lišejníky. Vzájemná vazba je tak pevná, že lišejníky jsou běžně pokládány za samostatné organismy a popisovány jako zvláštní druhy. Pevná vazba je vyvinuta také mezi bakteriemi schopnými vázat dusík a některými vřikvovitými rostlinami (hrách, fazole). Bakterie žijí v uzlicích na kořenech rostlin a umožňují lépe vyu-

žívat dusík. Vzájemně výhodná jsou soužití střevních mikroorganismů a hostitelů. Tyto vazby jsou známé u přežvýkavců nebo u termitů. V obou případech je hostitel dodavatelem potravy a symbiotický mikroorganismus rozkládá celulózu. Nám se tím živi a zároveň zpřístupňuje živiny i svému hostiteli.

**Protokooperace.** Volnější vazbou je souhra mezi hmyzem i některými ptáčími druhy a kvetoucími rostlinami, tzv. protokooperace. Opylovači se nejen rozličnými květními šťávami a pylem živi, ale také opylení významně napomáhají. Vztah opylovačů a kvetoucích rostlin je v mnoha případech tak dokonalý, že opylení mohou provádět pouze určité druhy se zvláštními uzpůsobeními (dlouhé ústáky, chloupky a košíčky na končetinách apod.).

**Kooperace.** Některé organismy spolu dokonce přímo spolupracují (kooperují). Jihoafrický pták medozvěstka se živi voskem, včelími larvami a medem. Medozvěstka nedokáže sama hnízda divokých včel rozbít. Proto upozorňuje svým chováním paviány a jezevcům příbuzné medojedy a láká je k hnízdu včel. Ti jsou schopni hnízda z dutin stromů vydobýt. Při jejich hostině se uživi též medozvěstka. V oblastech, kde hnízda divokých včel vybírají domorodci, spolupracuje medozvěstka i s nimi.

### Otázky

1. Co ovlivňuje růst populace?
2. Vysvětlete pojem nosná kapacita. Které přírodní faktory ji určují? Uveďte příklad.
3. O co soupeří druhy v přírodě?
4. Uveďte příklad vnitrodruhové konkurence.
5. Uveďte příklad symbiózy.
6. Co je parazit, poloparazit?

## 1.6 Společenstva a ekosystémy

Nejrůznější vztahy mezi jedinci i populacemi rozličných druhů se vyvíjejí velmi dlouhé období. Není tedy divu, že jsou nejrůznější organismy spojeny sítěmi mnoha vazeb. Týká se to zvláště těch, které žijí na stejných stanovištích, či využívají společně zdroje výživy. Tyto vazby tak z různých druhů a populací druhů vytvářejí společenství, kde jeden druh závisí některým ze svých životních projevů na organismu druhém. Soubor populací na sebe vázaných druhů označujeme jako **společenstvo** (též se užívá termínu *biocenóza*).

Organismy však v prostředí nežijí samy. Vždy jsou vázány na nějaké fyzikální a chemické podmínky, tedy na okolní neživou přírodu. Společenstva žijící v určitém prostředí, k němuž jsou přizpůsobeny, označujeme spolu s těmito charak-

teristickými faktory neživé přírody jako **ekosystémy**. Při změně zevních vlivů (teploty, srážek, lidské činnosti) se také skladba společenstev i ekosystémů může měnit.

### 1.6.1 Společenstvo

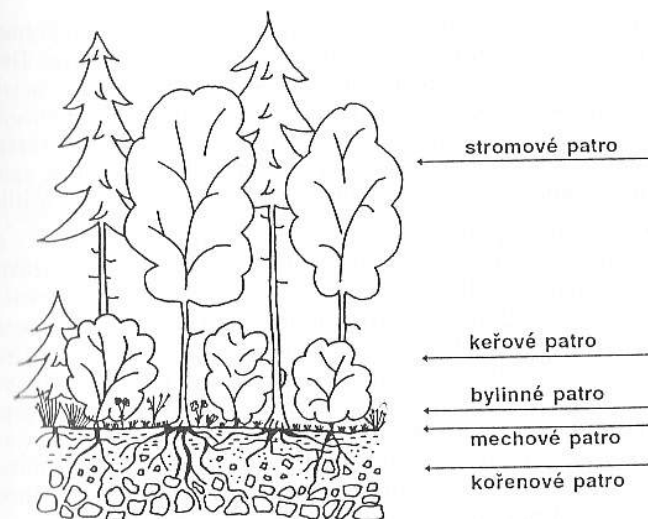
**Charakteristika společenstva.** Společenstvo je soubor populací různých organismů (rostlin, živočichů, mikrobu apod.), který žije v určitém čase na určitém území nebo v určitém prostoru. Jde nejen o lesní, luční, jezerní, jeskynní společenstva, ale také o společenstvo symbiotických organismů ve střevě přežvýkavců, či termitů aj. Společenstva můžeme rozlišovat na různých úrovních, podle systematické příslušnosti, tj. např. společenstvo ptačích druhů, společenstvo půdních roztočů nebo společenstvo stromů v lese, podle stanovištních charakteristik, např. společenstvo skalnatého výběžku v jezeře, nebo společenstvo dna vodního toku či nádrže (benthos), společenstvo volně se vznášejících organismů ve vodě (plankton). Nejčastěji bývají obě kritéria spojena (např. společenstvo bezobratlých ze dna potoků, tzv. makrozoobenthos).

Ekologie studuje, jak jsou jednotlivá společenstva rozšířena, jak vznikají, jaké podmínky je ovlivňují, jaká je produktivita společenstva, tj. kolik biomasy (hmoty těl organismů) určité společenstvo na daném území za časovou jednotku vyprodukuje.

**Diverzita.** I když jsou společenstva více než jen souhrn všech druhů nebo jedinců a vazeb mezi nimi, je jednou z nejdůležitějších charakteristik rozmanitost druhů - diverzita. Čím více druhů, tím více vazeb a tím lépe je využita energie v potravních vztazích.

**Dominantní druhy.** Všechny druhy nejsou pro funkci (existenci) společenstva stejně důležité. Hlavní, tj. dominantní druhy jsou pro pochody ve společenstvu významnější než druhy vedlejší (vzácné a obvykle i malé). Dominantní druhy se podílejí daleko větší měrou na toku energie a biomasy (hmoty) společenstvem. V lučním společenstvu budou zřejmě významnější některé druhy trav než ojedinelé kvetoucí byliny. V tomtéž společenstvu bude mít v roli primárních konzumentů (byložravců) větší význam početná populace hrabošů než pár zajíců. V roli masožravce bude pak funkci dominantního článku plnit spíše liška a lasička než rys nebo vlk.

**Časové členění aktivity druhů.** Ne všechny druhy (populace druhů) jsou ve společenstvu činné po celý den nebo rok. Takřka ve všech společenstvech jsou patrné určité rozdíly mezi dnem a nocí nebo v ročních obdobích. Tyto rozdíly jsou pro společenstva charakteristické a opakují se pravidelně - *periodicky*. Vysokou aktivitu zelených rostlin (producentů) zaznamenejme ve dne, řada druhů živočichů je aktivní naopak v noci. V hnízdním období začíná většina ptačích



Obr. 15. Patrovitost v lesním společenstvu

druhů zpěvem označovat svá teritoria ráno, většina netopýrů patří mezi soumráčně druhy. Všechny tyto organismy jsou ale členy jednoho hlavního společenstva.

**Prostorové členění aktivity druhů.** Tak, jak je možné rozdělit různé projevy organismů ve společenstvu do různých časových úseků, lze je odlišit i prostorově (zvláště ve velkých společenstvech). Nejlepším příkladem je patrovitost v lesním společenstvu. Ve vzrostlém listnatém lese můžeme rozeznat kořenové, přízemní (mechové), bylinné, keřové a stromové patro (obr. 15). Podobnou vrstevnatost vykazují také jezerní společenstva, kde v různých hloubkách žijí odlišné organismy.

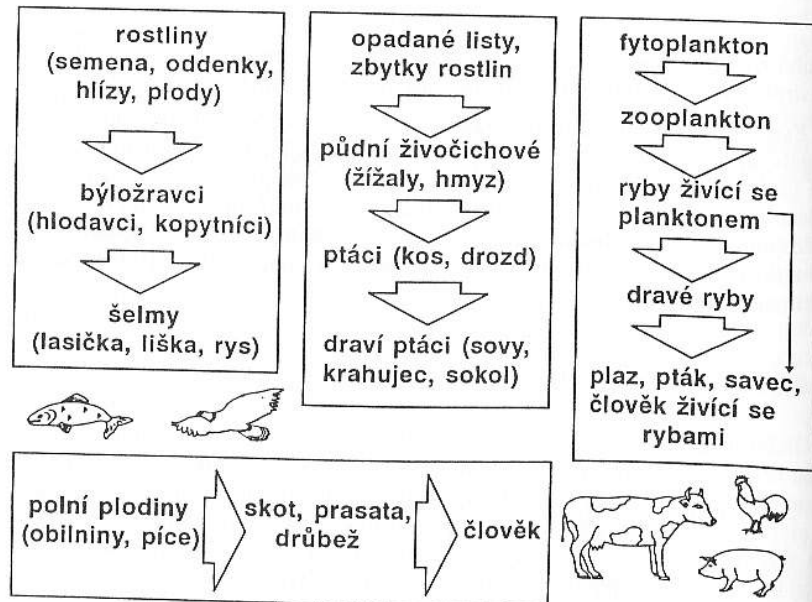
### 1.6.2 Potravní vztahy ve společenstvu

Jednotlivé populace druhů, které tvoří společenstvo, nejsou náhodnou sbírkou organismů. Vždy spolu souvisí prostřednictvím vzájemných vazeb. Druhy jsou ve společenstvu na sebe vázány především prostřednictvím potravních sítí, v nichž je přenášena energie a látky, přičemž hlavním zdrojem energie je sluneční záření. Studium společenstev se proto velmi často soustřeďuje na potravní vztahy mezi jedinci a populacemi, které společenstvo vytvářejí.

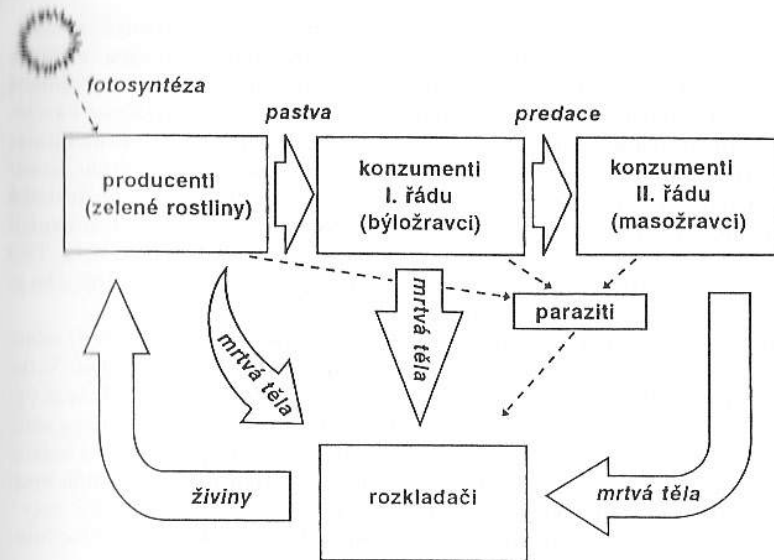
**Producenti a konzumenti.** Autotrofní organismy žijící ve společenstvu (zelené rostliny) nazýváme *producenty*, neboť produkují látky potřebné pro jiné or-

ganismy. Býložravce, kteří spotřebovávají rostlinnou potravu, nazýváme *konzumenty* prvního řádu. Konzumenty vyššího řádu jsou šelmy a dravci. Dalším typem organismů jsou ty, které rozkládají těla uhynulých rostlin a živočichů nebo produkty jejich metabolismu. To jsou *rozkladači - destruenti (saprotrofní organismy)* živící se na mrtvých tělech). Některé z nich, zvláště bakterie a houby, jsou schopny rozkládat složité organické látky (sacharidy, bílkoviny, tuky apod.) zpět na jednoduché anorganické látky, které slouží jako živiny pro růst rostlin.

**Potravní řetězec a potravní síť.** Přesun látek i energie obsažené v chemických vazbách organických látek mezi rostlinami, býložravci, masožravci a rozkladači (bakteriemi, houbami, roztoči, žížalami), se nazývá *potravní řetězec* (obr. 16). Podle typu organismů, které se na jeho struktuře podílejí, rozeznáváme dva hlavní typy potravních řetězců, a to tzv. *pastevně kořistnický (také pastevní) řetězec* a *rozkladný (dekompoziční) řetězec*. První typ charakterizuje posloupnost od rostlin, přes býložravce k masožravcům. Výsledkem činnosti organismů jsou složité organické látky - stavební látky těl, druhý typ řetězce navazuje na předchozí a jeho výsledkem je rozklad složitých organických látek mrtvých těl organismů (a některých zplodin jejich metabolismu, např. trusu). V obou řetězcích navíc spolupůsobí další typy organismů v roli parazitů.



Obr. 16. Příklady různých potravních řetězců



Obr. 17. Potravní síť

V přirozených i člověkem ovlivněných systémech přírody jsou vždy všechny tři uvedené typy organismů (býložravci, masožravci, rozkladači) ve vzájemné vazbě, neboť jedni jsou potravou druhých a nemohou se ve svých funkcích nahradit. Potravní vazby nejsou jednoduché lineární řetězce, jsou daleko složitější a provázanější, a tak se hovoří o *potravních sítích* (obr. 17).

**Energetické ztráty.** Potravní řetězec nebo potravní síť jsou jak přenosem látek, tak přenosem energie. Z termodynamických zákonů je zřejmé, že se při každém přechodu potravy z organismu na organismus (přeměna z jedné formy na druhou) část energie ztrácí v podobě nevyužitelného zbytkového tepla. Není tedy možné, aby bylo v potravě předáno do vyšší potravní hladiny více (nebo i stejně) energie, než je v ní obsaženo. A tak se množství předávané energie průchodem v potravním řetězci postupně snižuje. Kdyby nebylo neustálé dodávky energie do tohoto koloběhu zvenku, přestal by život existovat.

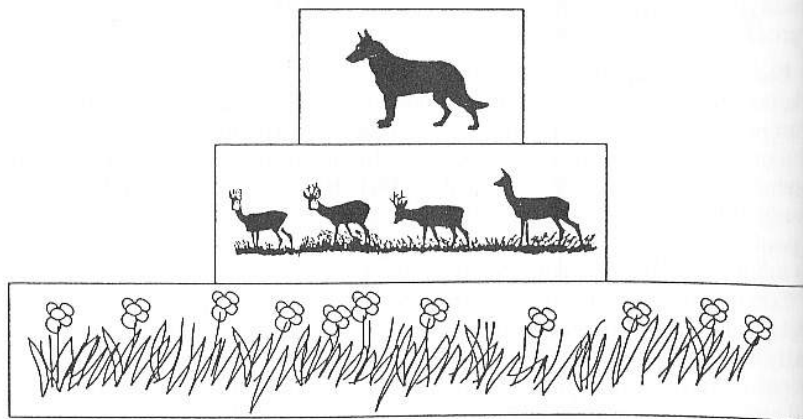
Tim neustálým *základním zdrojem energie je sluneční záření*, kterého využívají zelené rostliny ve fotosyntéze. Ve skutečném potravním řetězci je převod energie velmi málo účinný. Z celkové energie dopadající na povrch listů využijí zelené rostliny při fotosyntéze pouze asi jednu setinu (asi 1 %). Býložravci využijí energii rostlinné potravy asi z 10 % (tedy jednu desetinu) a masožravci energii z masa býložravců s účinností max. 20 % (dvě desetiny):

$$0,01 \times 0,1 \times 0,2 = 0,0002 (= 0,02 \%).$$

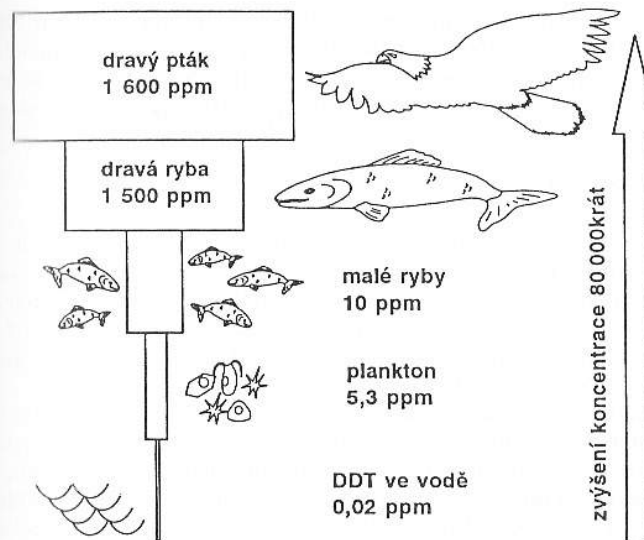
Propočtem zjistíme, že se od Slunce k poslednímu článku *energetické pyramidy* dostalo velmi malé množství energie, pouze dvě setiny procenta. Přičemž účinnost, s jakou využijí rostliny energii slunečního záření, nazýváme *účinnost produkce* a účinnost, s jakou využijí energii rostlinné potraviny býložravci a s jakou využijí svou kořist masožravci, *účinnost asimilace*. Abychom ale mohli stanovit skutečný přenos energie z jedné úrovně potravního řetězce do druhé, musíme vzít v úvahu ještě ztráty, ke kterým dochází tím, že není všechna požitelná či zpracovatelná hmota těl přijata ve formě potravy. Účinnost, s jakou využijí býložravci a masožravci nabízenou potravu, nazýváme *účinnost konzumace*. Tělo ke své stavbě využije vždy jen část potravy, část zůstává zcela nevyužita, část je strávena a přechází do výkalů, část je vydychána.

*Příklad.* K vytvoření 1 kg těla (svaloviny, kostí, šlach a dalších orgánů) šelmy je třeba více kilogramů těla kořisti. Šelma nikdy nevyužije celou kořist. Velké kosti a kůže se zbytky svaloviny zůstanou na mršinách bez využití. Také k vytvoření jednoho kilogramu tělesné hmoty těla býložravce je třeba více kilogramů rostlinné potraviny. Živí-li se býložravec listy určité rostliny, pak stonky a kořeny zůstanou nevyužité, část požitelných rostlin je pošlapána apod. Vztah mezi těmito úrovněmi je přirovnáván k pyramidě. V nižších částech je více hmoty - *biomasy* - než ve vyšších. Jako příklad mohou posloužit následující zjednodušené počty.

Pícniny z louky o rozloze asi 5 ha a hmotnosti okolo 10 tis. kg uživí po dobu jednoho roku asi 4 býložravce o celkové hmotnosti přibližně 1 tis. kg a ti slouží po dobu jednoho roku za potravu jedné šelmy o hmotnosti asi 50 kg (*obr. 18*).



Obr. 18. Potravní pyramida



Obr. 19. Vzrůst koncentrace DDT v potravním řetězci

**Potravní pyramida a koncentrace škodlivin.** Každá vrstva potravní pyramidy tak vždy spotřebuje více energie a hmoty z vrstvy nižší, než sama poskytne vrstvě vyšší. Tato zákonitost je příčinou zvyšování koncentrace škodlivé látky, která má tu vlastnost, že se v některých tkáních těl organismů ukládá. Čím více potravy je třeba pro vyšší hladinu potravní pyramidy, tím více škodliviny se v těle konzumenta ukládá.

Obsahuje-li např. voda jednu jednotku toxické látky, je v drobných organismech, které ve vodě žijí (v planktonu), asi 150× více toxinu; v malých rybách, které se planktonem živí, je ještě 3× více; v dravých rybách, které se živí menšími, je 150× více a v rybožravých ptácích, kteří se živí malými i velkými dravými rybami, je škodliviny ještě o něco více. Celkem se tak koncentrace některých jedovatých látek, např. pesticidů používaných na ochranu rostlin, po průchodu potravním řetězcem zvýší až 80 tisíckrát! (*obr. 19*). V nejvyšších hladinách potravní pyramidy, tj. u masožravců, může hladina škodlivin dosáhnout kritického množství a způsobovat smrt nebo narušovat některé životní pochody. Vysoké úvahy některých pesticidů v tělech dravých ptáků způsobují ztenčování vaječných skořápek. Mnoho vaječ tak přijde při hnízdění nazmar.

**Ekotony.** Společenstva charakterizovaná stanovištními podmínkami nejsou od sebe vždy oddělena přesnými hranicemi. Velmi často postupně přechází jedno společenstvo do druhého. Jsou však také výjimky. Hranice lesa a louky bývá



ostřejší, ještě ztelnější je hranice mezi jezerem a pobřežním porostem. Na těchto okrajích bývá druhová rozmanitost obvykle vyšší než v obou sousedících společenstvech. Tato hraniční, lemová, kontaktní nebo přechodová pásma se nazývají *ekotony* a společenstva, která zde žijí, označujeme jako společenstva *ekotonová*.

### 1.6.3 Ekosystém

**Definice ekosystému.** Hlavní společenstva, v nichž se vyvinul systém potravních (látkových a energetických) vazeb, nemohou existovat bez sluneční energie a bez dalších faktorů prostředí - vody, půdy, živin apod. *Souhrn živých a neživých složek, které se vyskytují v určité době a v určitém prostoru a mezi nimiž dochází ke koloběhu látek a toku energie, bez výrazné závislosti na okolí, se nazývá ekosystém.*

V ekosystémech za pomoci sluneční energie z anorganických živin, vody a oxidu uhličitého vytvářejí autotrofní organismy hmotu svých těl. Tato primární produkce slouží za potravu heterotrofním organismům - konzumentům. O rozklad těl rostlin i živočichů se starají rozkladači. V půdě a ve vodě jsou přítomny živiny, které jsou opět spotřebovávány, nebo jsou součástí větších koloběhů - biogeochemických cyklů.

**Přirozené a nepřirozené ekosystémy.** Za ekosystémy nepovažujeme pouze přírodní oblasti, jako jsou jezera, lesy, stepi, mokřady, pouště apod., ale také systémy, které jsou do jisté míry ovlivněny člověkem. Patří sem pole, louky, kulturní lesy (plantáže), obhospodařované rybníky apod. Tyto nepřirozené celky se od přírodních ekosystémů odlišují tím, že je do nich vkládána energie navíc, mimo hlavní zdroj, jímž je sluneční záření.

Za dodatkovou energii můžeme považovat práci strojů, umělé zavlažování, ošetřování proti škůdcům apod. V těchto ekosystémech není ovlivňován pouze tok energie, ale i koloběh látek. Člověk dodává v podobě hnojiv živiny, ale na druhé straně odebírá značnou část produkce ve formě úrody. Člověk svou činností ovlivňuje také vysokou stabilitu většiny umělých ekosystémů.

### 1.6.4 Vývoj společenstev a ekosystémů (sukcese)

**Podmínky vývoje společenstev.** V dlouhých časových obdobích se společenstva mění - vyvíjejí v závislosti na postupných změnách klimatu, horninotvorných procesech, ale i na činnosti člověka. Vyvíjejí se také společenstva, která vznikla po přirozené nebo po umělé přírodní katastrofě. Vyvíjí se a mění společenstvo původně obhospodařované člověkem (pole, rybník, kulturní les), když jej člověk přestane ovlivňovat.

*Příklad.* Opuštěný rybník zarůstá rákosem, odumřelé rostliny klesají na dno, vytváří se vyšší vrstvy bahna, nepřítéká-li voda, rybník postupně vysychá.

V některých místech vyrůstají z náletů semen vrby. Postupně s vysoušením přibývají další stromy (olše, jasan) a nakonec se z rybníka stává přirozený listnatý les.

**Sukcese.** Skladba druhů a velikost jejich populací se spolu se změnami prostředí mění, dokud nedosáhne nejvýhodnějšího, tj. rovnovážného stavu mezi životem a neživou složkou. Takový postupný vývoj se nazývá sukcese.

**Prvotní (primární) a druhotná (sekundární) sukcese.** Vyvíjí-li se společenstvo na obnaženém povrchu, který nebyl v minulosti ovlivněn jiným společenstvem, nazývá se *primární sukcese*. Tento typ vývoje společenstva můžeme pozorovat nejen na nově vytvořeném sopečném ostrově v moři, ale také v blízkosti lidských sídel a v intenzivně využívané nebo poškozené krajině. Jako příklad může posloužit opuštěná výsypka povrchového dolu, která není rekultivována. Na holé ploše se nejdříve usadí odolné řasy, lišejníky a nenáročná byliny. Postupně se objevují břízy a vrby. Opadané listy a tlející rostliny jsou základem humusu. Sukcese na takových plochách trvá několik desítek let, v přírodě i několik staletí, sukcese po ústupu ledovce až tisíc let.

Pokud z oblasti byla odstraněna původní vegetace, ale zachovala se půda s některými spory a semeny, jde o *sukcesi sekundární*. K té dochází např. na opuštěných pastvinách, na nichž původně rostly listnaté nebo smíšené lesy, které byly člověkem vykáceny. K druhotné sukcesi přirozených společenstev dochází po požáru v člověkem neovlivněném lese apod.

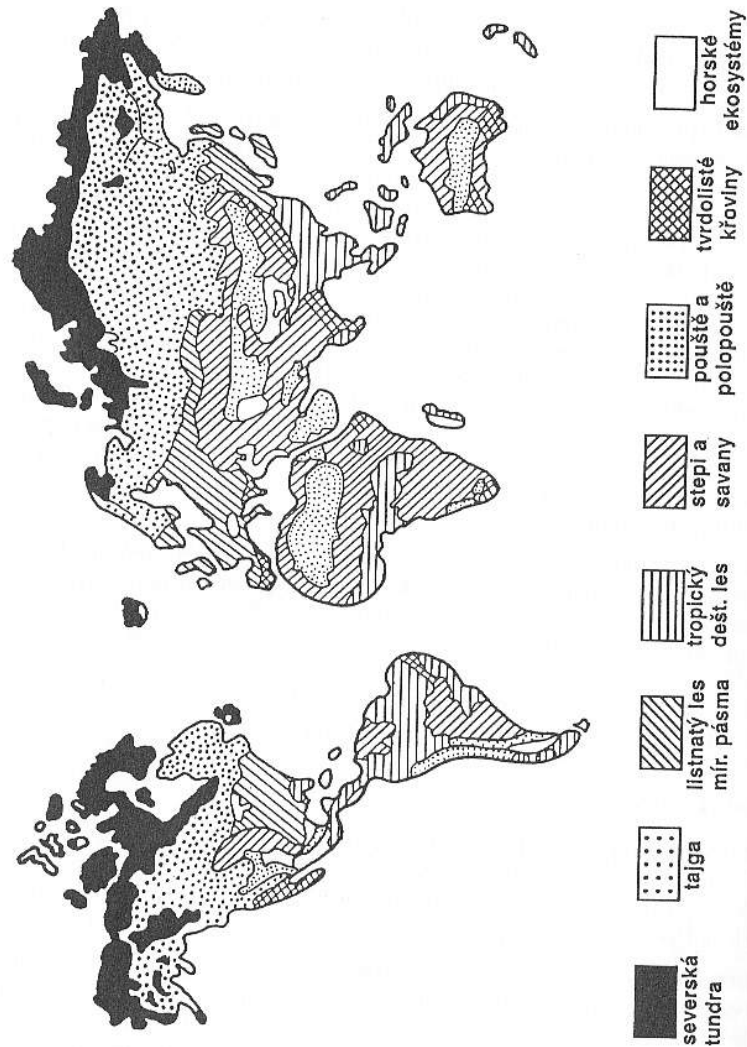
**Klimax.** Stabilizované společenstvo, kde jsou vazby organismů mezi sebou navzájem půdou, klimatem (teplotou, srážkami) a ostatními faktory prostředí ustálené, se nazývá klimax. Ekosystém v takovém rovnovážném stavu se označuje pojmem *klimaxový ekosystém*.

### 1.6.5 Hlavní ekosystémy Země (biomy)

#### *Zonální ekosystémy*

Rozdíly v teplotě, množství srážek a vlastnosti půd v různých oblastech světa určují polohu hlavních světových ekosystémů, které se nazývají *biomy Země*. Protože jsou rozloženy na pevninách v určitých zónách, nazývají se také hlavně *terestrické (terra - lat. země, pevnina) neboli zonální ekosystémy (obr. 20)*.

**Tundra.** Tundra je bezlesá krajina porostlá většinou mechy, lišejníky, odolnými travami a pouze místy keřovitými vrbami či břízami. Rozkládá se ve studeném pásmu při severním polárním kruhu, kde teplota vystupuje nad bod mrazu pouze několik týdnů v roce, a půdy, promrzlé do velké hloubky, rozmrzají v teplejším období pouze na povrchu. Srážky jsou nepříliš vysoké. Z velkých savců zde žijí sobi, z menších lumíci, polární lišky a zajáci.



Obr. 20. Biomy Země

**Tajga.** Jde o severní oblasti Sibiře, Kanady a Aljašky porostlé především jehličnatými lesy. Teplota vystupuje nad bod mrazu většinou 3 až 4 měsíce v roce. Srážek není mnoho a půdy jsou většinou kyselé s vysokou vrstvou těžko rozložitelné opadanky z jehličnatých stromů. Častá jsou i rašeliniště.

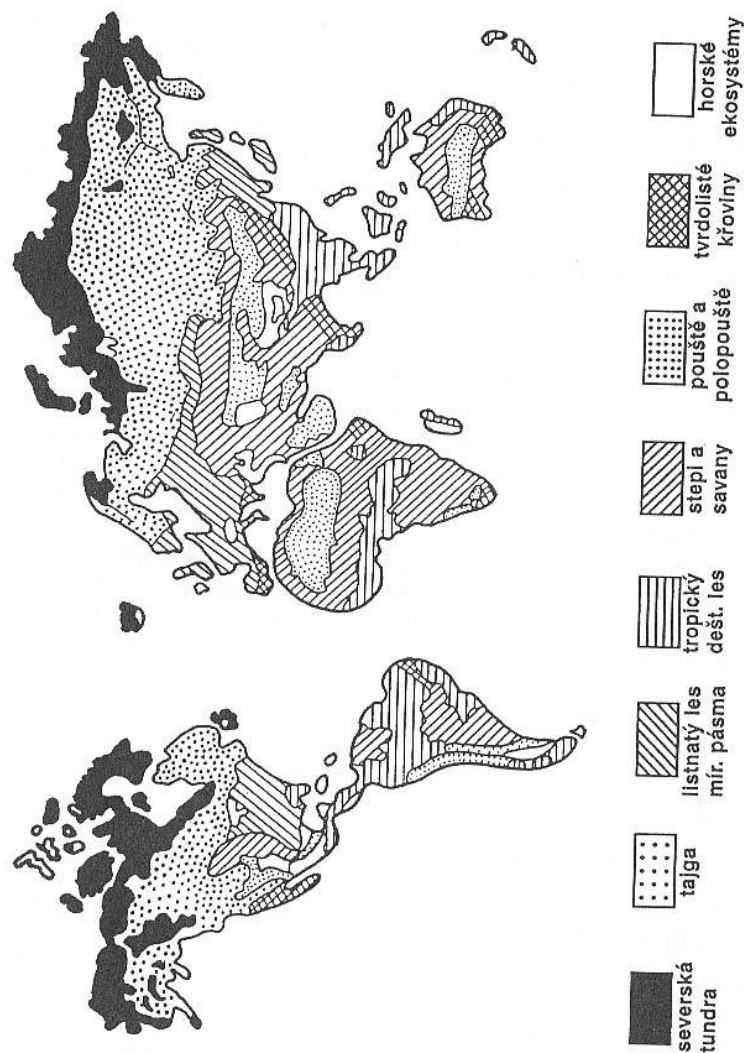
**Stepi chladného a mírného pásma.** Rozkládají se od Černého moře až po Mongolsko a Čínu. Ve středu Severní Ameriky se nazývají *prérie*. Místy se vyskytují v severnějších částech Jižní Ameriky (Argentina, Uruguay), kde se nazývají *pampy*. Půdy jsou vysychající a bohaté na vápník (černozemě) a člověk je využívá k pěstování obilí. Tuhé zimy a nízké srážky umožňují přežít především travinným společenstvům. V těchto oblastech žila velká stáda býložravců, např. bizoni v Americe a sajsy v Asii.

**Listnaté lesy mírného pásma.** Je to původní typ lesa, který se vyskytoval téměř na celém území naší republiky před příchodem člověka. Oblast je charakteristická střídáním ročních období a větším množstvím srážek. Půdy jsou většinou humusovité hnědozemě. Nejčastějšími rostlinnými druhy byly listnaté a částečně i jehličnaté stromy - buky, duby, habry, javory, ojediněle jedle, borovice a smrky. Většina těchto lesů již byla změněna na kulturní smrkové lesy určené pro těžbu dřeva.

**Tvrdolisté křovinaté lesy.** Vyskytují se v Evropě, hlavně ve Středozeří, v Kalifornii, v Chile, v jižní Africe a také v Jižní Austrálii. Rostou v suchších a teplejších oblastech s dostatečnými dešti, především během mírných zim. Rostliny jsou většinou keřovité, s tuhými listy, např. některé duby, vavříny a olivy. Rostliny mají většinou dlouhé kořeny, které i v obdobích letního sucha obstarávají vláhu z velkých hloubek. Půdy jsou často zbarveny do hnědočervena a obsahují dostatek vápníku. Díky pastvě, která probíhá ve Středozeří již několik tisíc let, tyto křovinaté lesy v Evropě téměř vymizely.

**Pouště a polopouště.** Jsou charakteristické pro oblasti tropů, kde jsou velmi nízké srážky a kamenité nebo písčité půdy. Tvoří okolo 20 % celkové rozlohy pevnin. Život je v nich omezen pouze na několik málo odolných rostlin a živočichů. Mezi největší patří Sahara a Arabská poušť. Pouště jsou i v Mexiku, Jižní Americe a v Austrálii.

**Tropické opadavé lesy a savany.** Jsou rozšířeny ve střední Africe, Jižní Americe a částečně i v jižní Asii a Austrálii. Rok se zde rozděluje na období dešťů a období sucha. Rozsáhlé plochy travin a křovin doplňují osamocené stromy nebo hájky, popř. přecházejí v řídký les. Půdy mají často dobře vyvinutou a silnou humusovitou vrstvu. Typickými obyvateli afrických savan jsou velcí savci, jako sloni, nosorožci, žirafy, zebry, antilopy, lvi a gepardi. Oblasti jsou pod silným tlakem člověka. Zvláště v Africe jsou velké plochy vypalovány a přeměňovány na pole. Protože rolníci většinou nemají dostatek prostředků na hnojení a řádné obhospodařování, mění se postupně savany a řídké lesy v pouště a polopouště.



Obr. 20. Biomy Země

**Tajga.** Jde o severní oblasti Sibiře, Kanady a Aljašky porostlé především jehličnatými lesy. Teplota vystupuje nad bod mrazu většinou 3 až 4 měsíce v roce. Srážek není mnoho a půdy jsou většinou kyselé s vysokou vrstvou těžko rozložitelné opadanky z jehličnatých stromů. Častá jsou i rašeliniště.

**Stepi chladného a mírného pásma.** Rozkládají se od Černého moře až po Mongolsko a Čínu. Ve středu Severní Ameriky se nazývají *prérie*. Místa se vyskytují v severnějších částech Jižní Ameriky (Argentina, Uruguay), kde se nazývají *pampy*. Půdy jsou vysychající a bohaté na vápník (černozemě) a člověk je využívá k pěstování obilí. Tuhé zimy a nízké srážky umožňují přežít především travinným společenstvům. V těchto oblastech žila velká stáda býložravců, např. bizoni v Americe a sajgy v Asii.

**Listnaté lesy mírného pásma.** Je to původní typ lesa, který se vyskytoval téměř na celém území naší republiky před příchodem člověka. Oblast je charakteristická střídáním ročních období a větším množstvím srážek. Půdy jsou většinou humusovité hnědozemě. Nejčastějšími rostlinnými druhy byly listnaté a částečně i jehličnaté stromy - buky, duby, habry, javory, ojediněle jedle, borovice a smrky. Většina těchto lesů již byla změněna na kulturní smrkové lesy určené pro těžbu dřeva.

**Tvrdolisté křovinaté lesy.** Vyskytují se v Evropě, hlavně ve Středozeří, v Kalifornii, v Chile, v jižní Africe a také v Jižní Austrálii. Rostou v sušších a teplejších oblastech s dostatečnými dešti, především během mírných zim. Rostliny jsou většinou keřovité, s tuhými listy, např. některé duby, vavříny a olivy. Rostliny mají většinou dlouhé kořeny, které i v obdobích letního sucha obstarávají vláhu z velkých hloubek. Půdy jsou často zbarveny do hnědočervena a obsahují dostatek vápníku. Díky pastvě, která probíhá ve Středozeří již několik tisíc let, tyto křovinaté lesy v Evropě téměř vymizely.

**Pouště a polopouště.** Jsou charakteristické pro oblasti tropů, kde jsou velmi nízké srážky a kamenité nebo písčité půdy. Tvoří okolo 20 % celkové rozlohy pevnin. Život je v nich omezen pouze na několik málo odolných rostlin a živočichů. Mezi největší patří Sahara a Arabská poušť. Pouště jsou i v Mexiku, Jižní Americe a v Austrálii.

**Tropické opadavé lesy a savany.** Jsou rozšířeny ve střední Africe, Jižní Americe a částečně i v jižní Asii a Austrálii. Rok se zde rozděluje na období dešťů a období sucha. Rozsáhlé plochy travin a křovin doplňují osamocené stromy nebo hájky, popř. přecházejí v řídký les. Půdy mají často dobře vyvinutou a silnou humusovitou vrstvu. Typickými obyvateli afrických savan jsou velcí savci, jako sloni, nosorožci, žirafy, zebry, antilopy, lvi a gepardi. Oblasti jsou pod silným tlakem člověka. Zvláště v Africe jsou velké plochy vypalovány a přeměňovány na pole. Protože rolníci většinou nemají dostatek prostředků na hnojení a řádné obhospodařování, mění se postupně savany a řídké lesy v pouště a polopouště.

**Tropické deštné lesy.** V tropických rovníkových oblastech Afriky, Jižní Ameriky a Asie se rozkládá jeden z nejzajímavějších a druhově nejbohatších ekosystémů. Vláhou zajišťují po celý rok vysoké srážky. Většina živin je však v opadance, a nikoli v půdě, která je na živiny velmi chudá. Tropické deštné lesy jsou dnes káceny a vypalovány, a tak je na čas získávána úrodná půda. Po několika letech užívání jsou však živiny vyčerpány a půda na polích se mění ve tvrdou nevyužitelnou krustu, podobnou vypálené cihlářské hlině.

**Změny biomů.** Velké plochy původních přirozených biomů byly už činností člověka změněny. Nejvíce jsou postiženy oblasti vhodné pro život člověka, pro pěstování plodin a pro chov dobytka. V dnešní době se odehrávají velké změny zejména v tropických deštných lesích, ale změnám se neubránily ani ostatní biomy.

*Příklad.* Česká republika náleží do oblasti biomu listnatých a smíšených lesů mírného pásu. Téměř celé území, na němž se rozkládá naše republika, bylo pokryto lesy. Asi 65 % dřevin bylo listnatých. Dominantní dřevinou byl buk a dub. Dnes pokrývají lesy povrch naší republiky pouze z jedné třetiny a listnaté lesy u nás tvoří pouze asi 23 % z celkové plochy porostlé lesem. I když jsou v posledních letech upravovány lesní hospodářské plány a skladba dřevin se příznivě mění, přesto nelze očekávat návrat k původnímu stavu (viz též kap. 3.3 a tab. 26).

#### *Azonální ekosystémy a ekosystémy oceánů*

Některé typické vegetační formace (např. jehličnatý les tajgy nebo stepní společenstvo trav), uvedené jako součásti nebo hlavní jednotky biomů světa, se však vyskytují i mimo hlavní oblasti svého rozšíření. Tyto ekosystémy se nazývají azonální. Jsou většinou součástí složité vegetace hor ve všech zeměpisných šířkách. Ve vysokých horách se vyskytují bezlesé oblasti podobné arktickým tundrám. Níže položena jsou obvykle pásma jehličnatých lesů. U nás je horní hranice těchto lesů okolo 1 300 m n.m. To je oblast průměrné červencové teploty okolo 10 °C, podobně je polární hranice rozšíření jehličnatých lesů a bezlesé tundry dána průměrnou červencovou teplotou okolo 10 °C. Azonálním ekosystémem jsou i rašeliniště. Ta jsou součástí severské tajgy, u nás se vyskytují např. na Třeboňsku jako součást biomu listnatého lesa. Jejich existence je dána souborem faktorů, jako je trvalé zamokření, nedostatek živin a kyslíku.

#### *Ekosystémy oceánů*

Na naší planetě existuje řada dalších velkých ekosystémů, jejichž druhové složení, potravní vazby a koloběh látek jsou dány jinými vlivy. Jsou to např. hlavní ekosystémy světových oceánů a moří. Jejich určujícími faktory jsou hloubka, dostupnost světla, hydrostatický tlak, teplota, obsah solí (salinita), dostupnost živin, mořské proudění, vliv vlnobití, přílivu a odlivu apod.

#### 1.6.6 Stabilita společenstev a ekosystémů

Společenstva i ekosystémy, které se dostaly do vyváženého stavu, mohou být narušeny zevními vlivy, a to jak přirozenými, tak navozenými činností člověka. Síla vazeb organismů není v každém společenstvu stejná, a společenstva tedy nejsou vždy stejně schopná odolávat zevním změnám, tj. nejsou stejně stabilní. V ekologii rozeznáváme dva hlavní typy stability podle narušitelnosti společenstva.

**Odolnost (rezistence).** V některých ekosystémech jsou vazby uvnitř společenstva i mezi společenstvem a neživými faktory prostředí velmi silné a narušení je velmi obtížné. Taková společenstva označujeme jako odolná - *rezistentní*.

**Pružnost (rezilience).** Některá společenstva jsou sice narušitelná snadno, ale rychle se vrací po ukončení působení nepříznivých podmínek do původního stavu. V tomto případě jde o společenstva *pružná*.

Stabilitu uvedených typů můžeme přirovnat k chování pevné látky. Za rezistentní je pokládána látka s odolností podobné sklu. Je velmi pevná, ale při nadměrné zátěži se rozpadá. Naproti tomu pružnost bývá přirovnávána k předmětu z gumy. Snadno ztrácí tvar, ale zase se do původního stavu navrácí. V přírodě se ovšem nikdy nevyskytují společenstva jednoho nebo druhého typu. Vždy jde o odolnost obsahující více nebo méně obě charakteristiky. Velmi stabilní a odolná společenstva jsou lesy. Jsou rezistentní k menším změnám, ale po větším narušení trvá velmi dlouho, než se vrátí do původního stavu, pokud se k němu vůbec vrátí (tropické deštné lesy).

Pružná společenstva se vyskytují v podmínkách, kde jsou pravidelné záplavy, období sucha nebo požáry. Jde např. o společenstva příbojových zón moří nebo o stepi a savany, které procházejí obdobími sucha, nebo i požárů. Organismy přezívají nepříznivou dobu v podobě semen, oddenků nebo v úkrytu. Nastanou-li vhodné podmínky, opět se probouzejí k životu.

**Zranitelná společenstva.** Existují však ekosystémy, které na silné porušení vazeb nejsou schopny reagovat, neobnoví se a jsou natrvalo nebo na dlouhou dobu zničeny. To platí především pro oblasti s velmi stálým klimatem a pro společenstva s velmi specializovanými druhy, kde se vazby ustálily během velmi dlouhého období. Mezi taková společenstva patří i tropické deštné lesy. Rostliny a živočichové jsou na sebe velmi úzce a pevně vázáni. Stačí přerušit jednu z vazeb, nebo vnést do společenstva významný rušivý činitel (kácení, vypalování) a celý systém se dostává do krize. Stabilita těchto ekosystémů není pružná, vazby mezi organismy a okolním prostředím se chovají „jako sklo“, a jsou tedy velmi zranitelné činností člověka.

**Monokultury.** K málo stabilním společenstvům patří i některé monokultury - společenstva, v nichž významně převažuje jeden druh. V přírodě se vyskytují zřídka. Jsou však typické pro společenstva obhospodařovaná člověkem. Stabilita

ta těchto společenstev je udržována člověkem. Pole s obilím nebo kulturní smrkový les jsou typickými umělými monokulturami. Nízký počet druhů zároveň znamená malý počet vazeb mezi organismy navzájem a mezi organismy a prostředím. Jsou-li naše smrkové porosty napadeny škůdlem nebo vystaveny silně znečištěnému ovzduší, struktura společenstva se rychle rozpadá, les hyne. Smíšené lesy jsou v našich podmínkách proto daleko stabilnější. Škůdci na smrku v takovém případě napadnou pouze některé jedince a struktura lesa zůstává zachována.

Smíšené lesy jsou odolnější i vůči imisím oxidu siřičitého. Nejvyšší koncentrace se totiž vyskytují v zimě, kdy jsou listnaté stromy v období klidu, fotosyntéza neprobíhá. Naproti tomu asimilační orgány stálezelených jehličnanů jsou imisemi ohroženy po celý rok, neboť fotosyntéza u nich probíhá neustále.

### 1.6.7 Krajinná ekologie

Jedním z moderních odvětví ekologie je krajinná ekologie. Základní ekologické poznatky o toku energie a látek ve společenstvech a ekosystémech využívá k charakteristice, k analýze a k hodnocení krajiny. Považuje krajinu za vyšší celek, než je ekosystém.

**Krajina.** Krajinu definujeme jako část zemského povrchu, která tvoří společně se společenstvy organismů jednotný trojrozměrný celek (horstvo, pahorkatina, nížina, pouštní krajina apod.). Krajina je chápána jako jednotný celek zemského povrchu vymezený lidským horizontem. Krajinná ekologie posuzuje lidskou činnost jako nedílnou součást dějů, které v přírodě probíhají.

**Krajinné prvky.** Pro své analýzy rozlišuje krajinná ekologie tři hlavní typy útvarů v krajině. *Matrice* je základní (nosná) charakteristika studovaného prostoru (rozsáhlý les, step, velké jezero, mokřad). Matrice je nejrozsáhlejší a nejpropojenější útvar, který obklopuje ostatní útvary a rozhodujícím způsobem usměrňuje tok látek a energie v krajině. *Plošky* jsou části území lišící se výrazně od okolní matrice (jezírko v lese nebo mýtina v lese, skalnatý výchoz v rovině, malý ostrov v jezere). Plošky působí v krajině jako stanovištní ostrovy. *Liniové útvary - koridory* protínají v krajině matici nebo spojují v krajině plošky (řeky, údolí, okraje lesa).

**Krajinné prvky v kulturní krajině.** Krajinné prvky nemusí být vázány pouze na krajinu přirozenou. Maticí může být velký obdělávaný lán obilí, v němž je např. hájek stromů ploškou, a liniovým útvarem je polní cesta se stromořadím. Linie jsou chápány většinou jako cesty k migraci organismů nebo proudění živin. Často jsou liniové útvary v přirozené i kulturní krajině zásadními překážkami. Prudký proud široké řeky či dálnicemi s doprovodným oplocením jsou pro mnoho organismů nepřekonatelné útvary. Naopak, některé organismy nejsou

přirozenými liniovými útvary (koridory) příliš ovlivňovány. Semena řady rostlin se šíří vzduchem bez ohledu na překážky. I ptáci létají bez omezení napříč koridory. Pro svou schopnost zachycovat dusíkaté látky jsou malé plošky a zvláště úzké koridory v intenzivně obhospodařované krajině i nevyhnutelným rezervoárem odolných plevelů a ruderalních rostlin. Z ekologického pohledu je ale jejich role žádoucí. Jejich ekotonový charakter a malé narušování člověkem napomáhá udržet vyšší biologickou diverzitu v krajině.

**Typy krajiny.** Povrch Země je dnes do značné míry ovlivněn činností člověka. V mnoha oblastech se již neseťkáme s přirozenou a člověkem nedotčenou krajinou. Podle míry, kterou člověk ovlivňuje své okolí, rozeznáváme řadu krajinných typů. Neovlivněná krajina je označována jako *přírodní* nebo také *přirozená krajina*. Tento typ krajiny existoval až do doby, kdy se začalo rozvíjet pastevectví a zemědělství. V současné době se přírodní krajina vyskytuje jen ostrůvkovitě, především na odlehlých a málo přístupných místech, např. ve vysokých horách (Himaláje), v oblasti tropických deštných lesů (Amazonie) a v Antarktidě.

Přírodní krajina byla však postupně odlesňována, vznikala v ní stálá sídla, měnily ji těžba, hrazení řek, stavba hrází atd. Krajina, na jejímž vytváření se podílel svou činností člověk, je označována jako *kulturní krajina*. Podle intenzity a typu lidské činnosti můžeme dále kulturní krajinu rozdělit na několik dalších podtypů. *Obhospodařovaná (kultivovaná) krajina* je typ, v němž činnost člověka je i přes pravidelné hospodaření v souladu s přírodními podmínkami. Reliéf krajiny není dotčen, v krajině je zachována určitá míra autoregulačních (samoudržovacích, podle *autos* - řecky sám, samo, *regulare* - latinsky řídit, udržovat, usměrňovat) schopností a stability. Přírodní společenstva nejsou příliš ohrožena lidskou činností. Taková krajina je typická pro oblasti s menší hustotou obyvatel. Z lidských činností převládá lesnictví a zemědělství. U nás je tento typ krajiny zachován v pahorkatinách, např. na Českomoravské vrchovině, v podhůří Šumavy a Novohradských hor.

*Narušená (degradovaná) krajina* je typem s narušenou schopností autoregulace. Původní nebo přírodě blízká společenstva nejsou stabilní a jsou trvale ohrožena lidskou činností. V tomto typu krajiny převládá intenzivní zemědělství, je tu přítomen průmysl, hustá síť komunikací, probíhá těžba surovin. Taková krajina se nachází zejména v blízkosti lidských sídel většího rozsahu.

*Zpustošená (devastovaná) krajina* je charakterizována velkou koncentrací těžebních a průmyslových aktivit. Morfologie povrchu je změněna. Koryta řek jsou regulována, napřimována, a dokonce překládána. Přírodní a přírodě blízká společenstva se v ní nevyskytují, ostrůvkovitá vegetace obsahuje hlavně rumištní druhy. Prostředí je kontaminováno nejrůznějšími škodlivinami. Příkladem je u nás oblast Podkrušnohoří s vysokou koncentrací chemického a energetického průmyslu a výskytem rozsáhlých povrchových dolů hnědého uhlí.

Pro klasifikaci krajinných typů se používají také jiné způsoby členění (městská, příměstská, venkovská krajina apod.).

## Otázky

1. Co je společenstvo, co je ekosystém?
2. Co jsou dominantní druhy společenstva?
3. Uveďte příklad prostorového a časového členění dějů ve společenstvu.
4. Jak postupuje potravním řetězcem hmota a jak energie?
5. Uveďte příklad nějakého skutečného potravního řetězce nebo pyramidy.
6. Vysvětlete, jak se zvyšuje obsah škodlivin v potravním řetězci.
7. Porovnejte rozšíření světových biotů s podnebnými pásy definovanými v geografii, popř. s biogeografickými oblastmi rozšíření druhů. V čem se shodují nebo neshodují a proč?
8. Uveďte příklad lidské činnosti, která negativně některé biomy ovlivňuje.
9. Vytvořte plánec (mapku) okolí školy nebo bydliště a pokuste se vyznačit matici, plošky a koridory. Vyznačte tok živin a energie. Jsou koridory funkční („tok“ genetické informace)?

## 1.7 Ekologie jako vědecká i užitá disciplína

Klasická ekologie se zabývá vztahy mezi organismy a prostředím na čtyřech hlavních úrovních: jedinec - populace - společenstvo - ekosystém. V současné době je rozšířena o mnoho dalších směrů, jako je ekologie krajinná, ostrovní, invazní, aplikovaná apod.

### 1.7.1 Ostrovní ekologie

Velmi zajímavými oblastmi pro studium vztahů v přírodě jsou ostrovy, které jsou od jiných ostrovů i od pevniny odděleny rozsáhlým oceánem. Vliv společenstev sousedních ostrovů lze mnohdy zanedbat. To umožňuje ekologům sledovat ustálené vztahy v uzavřených systémech. Ostrovní ekologie studuje především vztah počtu druhů a hustoty populací k velikosti plochy ostrova. Z výzkumů ostrovní ekologie vyplývá, že se zmenšující se plochou ostrova se zmenšuje i druhá rozmanitost a klesá počet jedinců v populacích.

**Ostrovní vztahy na pevnině.** Ostrovní vztahy se uplatňují i na uzavřených plochách uvnitř odlišného prostředí na pevnině. Pro osamocené ostrůvky zachovalé přírody uprostřed lánů polí, v krajině devastované těžbou, pro malé parky uprostřed měst, ale i pro chráněná území s nedotčenou nebo málo narušenou přírodou obklopená kulturní krajinou platí většinou pravidla, jako pro izolované ostrovy. Čím jsou menší, tím méně druhů a jedinců na nich může přežívat a rozmnožovat se.

Na menších plochách nemohou žít velké druhy, neboť pro udržení potřebné velké populace není k dispozici dostatek potravy. Řada velkých druhů savců

obhájí svá teritoria proti jedincům stejného druhu, a proto na malém území není soužití většího počtu možné.

### 1.7.2 Invazní ekologie

**Přirozené invaze.** Přírodní procesy, ale i člověk jsou příčinou řady katastrof, které narušují nebo zcela ničí původní přirozená stanoviště. Sopečný výbuch, uměle založený nebo přirozeně vzniklý požár, sesuv svahů, nově vytvořený sopečný ostrov a další náhodné vlivy mohou zcela změnit tvář velkých území. Invaze nových druhů na tyto změněné plochy nebo obnova původních společenstev z nenarušeného okolí jsou zajímavé procesy, které ekologové studují.

**Nepřirozené invaze.** V posledních staletích, kdy člověk cestuje po Zemi na dlouhé vzdálenosti, přenáší s sebou řadu cizích druhů organismů. Tyto zavlečené nepůvodní druhy mohou často ohrozit domácí druhy. Takové umělé invaze dosud působí problémy ve světě i v naší republice.

Britští kolonizátoři, kteří v 18. století dorazili do Austrálie, přivezli spolu s mnoha kulturními rostlinami i domácí skot a králíky. Králíci se za několik desetiletí rozmnožili tak, že jejich nespočetné populace ničily úrodu na polích a spásaly trávu domácímu skotu i původním býložravcům - klokanům.

Za invazní druhy můžeme pokládat i několik druhů rostlin, které byly původně dovezeny jako okrasné druhy do zahrad, odkud se již bez pomoci člověka rozšířily do volné přírody. U nás mezi ně patří postupně se šířící bolševník velkolepý v západních a severozápadních oblastech České republiky a v poslední době netýkavka Roileova, rdesno japonské a sachalinské, či křídlatka japonská.

Trnovník akát, který byl do Evropy dovezen jako okrasná a medonosná rostlina již v 17. století a dnes běžně roste v teplejších oblastech středních Čech, i mandelinka bramborová (zavlečená s brambory), která osídlila během posledních 60 let téměř celý svět, mají svůj původ v Severní Americe. Jde o druhy, které u nás bez větších potíží zdomácněly. Jejich invazi můžeme považovat za velmi úspěšnou.

### 1.7.3 Paleoekologie

Tak, jak se vyvíjely různé druhy organismů, vyvíjela se také jejich společenstva a spolu s podnebním a dalšími fyzikálními faktory prostředí i celé ekosystémy. Ze zkamenělých (fossilních) nálezů zbytků organismů, tvaru jejich těla a z toho, s jakými dalšími organismy jsou v horninách nacházeny, usuzují paleoekologové na způsob života a vazby ve společenstvech dávno vyhynulých.

Velké sloje uhlí slouží nejen k získání paliva, ale poskytují paleoekologům informace o dávných mokřadních společenstvech rostlin. O složení fauny moří

před stovkami miliónů let podávají důkazy mocné vrstvy vápenců, vytvořené ze schránek prvoků, měkkýšů a dalších bezobratlých organismů.

### 1.7.4\* Využití poznatků ekologie v praxi

Ekologie je věda, která může pomoci v současné době řešit řadu praktických problémů.

**Produkční ekologie.** S využitím ekologických poznatků se můžeme setkat všude tam, kde člověk hospodáří v přírodních podmínkách s populacemi nebo společenstvy, z nichž chce mít nějaký užitek, ale je závislý především na přísunu sluneční energie, koloběhu živin a podnebí. Hlavním cílem člověka je samozřejmě zvyšování výnosů. *Produkční ekologie* se uplatňuje ve výzkumu zemědělském, rybářském i lesnickém.

**Boj se škůdci.** Také *boj se škůdci a plevele*<sup>3</sup> může být významně zlepšen při kombinaci využívání pesticidů a přirozených potravních vztahů mezi predátorem a kořistí. Nadměrné používání chemikálií může totiž vyhubit nejen škůdce, ale i jeho přirozeného nepřítele. Získá-li škůdce odolnost (rezistenci), je pak velmi obtížné zvládat jeho přemnožení. Ekologové ukazují, že v mnoha případech je vhodnější nechat působit proti škůdcům jejich přirozené nepřátele.

**Územní systém ekologické stability krajiny (ÚSES).** Tento systém vychází z poznatků krajinné ekologie. Rozeznává v krajině celky (biocentra) a linie (biokoridory) na úrovni nadregionální, regionální a lokální, které jsou nezbytné pro život typických i vzácných organismů a společenstev a které mají umožnit přístup hmoty, energie, živin i genetické informace v krajině. Úlohou systému je udržet určitý krajinný ráz a jeho estetické hodnoty, zejména v krajině intenzivně obhospodařované, tedy nestabilní (k udržení je třeba velké množství dodatkové energie).

**Ekotechnologie.** Novým směrem využití poznatků ekologie v procesech, při nichž se využívá přirozených schopností společenstev zpracovat nadbytečné ži-

<sup>3</sup> Termín škůdce nebo plevel je kategorií, kterou je třeba používat pouze v souvislosti s poškozováním a újmou člověkem vytvořených systémů nebo člověkem obhospodařovaných a využívaných přírodních zdrojů. V přirozených společenstvech tato kategorie nemá své místo. V potravních sítích se vždy vyskytují organismy, které se živí těly nebo produkty metabolismu jiných organismů. Je tak zajištěn koloběh látek v ekosystému. Přemnožení těchto druhů v přirozených podmínkách je vždy dočasné. Rozšíření a udržování velmi početných populací těchto „škodlivých“ organismů způsobuje svou činností člověk sám. V chráněných nebo v člověkem nedotčených oblastech je třeba k druhům jinde považovaným za škůdce a plevele přistupovat jako k „běžným“ druhům se svým významem pro celé společenstvo, jehož jsou součástí.

viny k růstu, jsou ekotechnologie. K čištění odpadních vod, v nichž nejsou obsaženy toxické látky (zejména vody z potravinářského průmyslu nebo menších lidských sidel), je výhodné používat umělé mokřady. Tato voda, znečištěná organickými látkami a sloučeninami dusíku a fosforu, je vynikajícím zdrojem výživy vodních a mokřadních rostlin. Narostlé rostliny můžeme sklízet a kompostovat.

**Pravidla pro využívání přírodních procesů.** K tomu, aby přírodní procesy dlouhodobě umožnily využívat obnovitelné přírodní zdroje, musíme dodržovat řadu pravidel vycházejících z poznatků ekologie. Správné ekotechnologické procesy využívají především poznatky o stabilitě ekosystémů.

Stejně tak je nutno respektovat pravidla při všech zásazích do prostředí nebo při využívání přírodních ekosystémů k produkci určené pro člověka.

- Neplýtvat energií, využít sluneční energii vhodně zvolenými rostlinami (pole v horských oblastech vyžadují více dodatkové energie než louky).
- Využívat uzavřených koloběhů látek, recyklovat a využívat beze zbytku dostupné látky, např. užívat slámu k podestýlce a z ní vzniklý hnůj ke hnojení polí.
- Zachovávat rozmanitost tvarů, struktur i rozmanitost organismů (remízky a meze v krajině mohou snížit erozi půdy, zadržují vodu a jsou sídlem přirozených regulátorů škůdců).
- Respektovat citlivost na zevní vlivy, které mohou narušit činnost společenstva a ekosystému, tj. neužívat příliš průmyslové chemické látky k ošetřování zemědělských kultur, neboť jejich kumulace může být pro člověka i ostatní organismy škodlivá. Navíc může vyvolat odolnost škůdců nebo hubit jejich přirozené predátory.
- Nepřekročit nosnou kapacitu prostředí a schopnost organismů neutralizovat některé nežádoucí vlivy (přírodní toky a nádrže svou samočisticí schopností mohou dosti úspěšně neutralizovat některé odpady, ale jen do určité míry. Po překročení mezi se samočisticí schopnosti snižují. Člověk pak musí investovat do drahých, a ne zcela účinných klasických technologií).
- Počítat s omezenou pružností a odolností ekosystémů ke změnám podmínek (zavlečení cizích druhů může s sebou přinést dosud neznámé choroby pro domácí organismy, vyčerpaná půda se těžko a draze rekultivuje).

Ekologie se v současné době bouřlivě vyvíjí. K tradičnímu studiu organismů v přírodě přistupuje i pokusná práce v laboratořích nebo na pokusných plochách. Ekologové dnes využívají počítačovou techniku k modelování vztahů organismů v populacích a společenstvech. Bez znalostí základů ekologie si neumíme dnešní moderní biologii vůbec představit. Neobejdou se bez ní ani rybáři, zemědělci a lesníci, kteří využívají přírodních procesů k produkci potravin a pěstování lesa. Ekologie je i nezbytným zázemím pro ty, kdo plánují a provádějí obnovu (revitalizaci) devastované krajiny.

## Otázky

1. Zjistěte, kde se ve Vašem okolí vyskytuje některý z invazních druhů (netýkavka Roileova, trnovník akát, křídlatka japonská) a zaznamenejte výskyt do mapy.
2. Vyskytují se ve Vašem okolí nějaké zkameněliny? Ze kterého období pocházejí, jak asi vypadalo prostředí v době jejich života?
3. Zjistěte, zda existuje zpracovaný plán územního systému ekologické stability (ÚSES) pro okolí Vašeho města nebo školy. Zhodnoťte význam biokoridorů a biocenter. Podle znalostí terénu doporučte změny a úpravy.
4. Je možné, aby se u nás v přírodě udržely životaschopné populace medvědů, vlků či rysů? S přihlédnutím k teorii ostrovní ekologie stanovte omezení, popř. vytipujte oblasti, kde to je možné. Jaká jiná omezení znemožňují výskyt velkých šelem v naší republice?
5. Který z uvedených způsobů využití přírodních zdrojů je více závislý na přírodních podmínkách (nebo více závislý na lidské činnosti): chov prasat, pěstování vojtěšky, pěstování lesa? Uveďte důvody. Napište seznam všech nutných činností (strojů) pro jednotlivé typy „výroby“ vedoucí od započetí produkce do získání konečného produktu (maso, píce, dřevo). Zhodnoťte slovy výši energie vkládané do činnosti, která je nutná k dosažení konečného produktu a zvažte časový aspekt.
6. Diskutujte o termínech škůdce a plevel ve vztahu k člověku a k přirozeným dějům ve společenstvu.

## 2 Nauka o životním prostředí

### 2.1 Základní pojmy

① související s ekologií

**Charakteristika nauky o životním prostředí.** Nauka o životním prostředí není zvláštní nová vědecká disciplína. Je založena především na znalostech ekologie, tj. na vztazích organismů k jejich prostředí a vztazích organismů mezi sebou. Do všech těchto vztahů je začleněna i činnost člověka, a to jak jeho činnost pro přírodu prospěšná, tak činnost, která živou i neživou přírodu poškozují. Nauka o životním prostředí zkoumá základní mechanismy působení člověka na společenstva a neživé složky prostředí (vodu, půdu, ovzduší, horniny). Na základě těchto poznatků navrhuje, jak nežádoucím vlivům člověka předcházet, popř. jak již vzniklé chyby napravovat.

Nauka o životním prostředí je interdisciplinární (mezioborová) - využívá poznatky mnoha dílčích přírodovědných, technických, lékařských a společenskovedních oborů. Mezioborové studium umožňuje získat široký přehled o dějích v prostředí a nalézt souvislosti s funkcemi lidské společnosti. V takto široce pojaté oblasti nelze jít do podrobností a do potřebné hloubky. Proto se ochrana životního prostředí odvolává na obory jako je ekologie, klimatologie (nauka o podnebí), pedologie (nauka o půdách), demografie (nauka o lidské populaci) a využívá základní poznatky těchto a dalších oborů.

**Poškozování přírody člověkem.** Člověk mnoha svými činnostmi přírodu poškozují buď přímo (těžba dřeva, surovin, stavba silnic, provoz měst), nebo přirozené pochody a vztahy ovlivňuje tak, že se společenstva, krajina i složky prostředí postupně mění díky následkům druhotných změn. Například při spalování sirnatého uhlí vznikají nejen oxid uhličitý a uhelnatý, ale i oxidy síry a dusíku, které jsou příčinou kyselých dešťů. Ty pak působí na živé organismy i na neživou přírodu, ale také na stavby a stavební materiály z vápence, pískovce i železa. Zvláště citelné poškození zřetelně vidíme na kulturních památkách. Z některých výrobních procesů nebo z odpadového materiálu se do prostředí dostávají přírodě cizí, nepřirozené látky. Mnohé z těchto látek jsou pro organismy a pro život člověka škodlivé a mluvíme pak o chemickém znečištění (kontaminaci) jedovatými (toxickými) látkami. Někdy ovlivňuje člověk prostředí přímo, ale pozvolna v dlouhých časových obdobích. Krok po kroku tak snižuje účinnost původních přirozených mechanismů (např. samočisticí schopnosti vody), stejně jako rozmanitost druhů nebo produkci společenstev. V těchto případech dochází k postupné degradaci prostředí.



**Monitoring.** Ke sledování těchto změn byla vyvinuta celá řada metod. Pravidelné a cílené měření a sběr údajů se nazývá *monitoring*. Monitorování není jen sledování obsahu škodlivin v ovzduší nebo ve vodě, ale i získávání údajů o propouštění těchto látek potravními řetězci a také o jejich dopadu na člověka. Kromě škodlivin se pravidelně monitorují i změny přirozených faktorů, tj. teploty, oxidu uhličitého a ozonu. Tyto informace nás mají upozornit na změny v celoplanetárních pochodech nezbytných pro život člověka a celé biosféry. Cílem monitorování je získání údajů využitelných v praxi nebo ve vědeckém bádání. Měřit cokoli v přírodě pouze pro měření samo je nákladné a často zcela zbytečné.

## 2.2 Vznik a vývoj lidské civilizace

### 2.2.1 Vývoj člověka

Podle fosilních nálezů se v třetihorách (přibližně před 45 mil. lety) v oblasti dnešní Číny vyskytovala řada druhů pravěkých opic - primátů. Do tohoto období klade současná paleontologie počátky vzniku skupiny lidoopů, z níž vzešli předci dnešního člověka.

**Ramapithecus.** Za prvního blízkého předka vědci považují až zástupce rodu *Ramapithecus* žijícího v období asi před 14 mil. lety. Obýval střední a východní Afriku a připomínal spíše dnešní gorily nebo šimpanze.

**Australopithecus.** Na konci třetihor, přibližně před 3,5 mil. lety, se v Africe objevují australopitékové (*Australopithecus africanus* - opočlověk). Pro tyto předky člověka byla již charakteristická vzpřímená chůze a používání primitivních nástrojů (kostí, rohů, zubů zvířat a větví).

**Homo habilis - člověk zručný.** První přímí předci člověka (rodu *Homo* - člověk) se objevují v Africe asi před 2,1 mil. lety. Dokázal používat jednoduché nástroje - pěstní klíny, které si upravoval z nalezených kamenů.

**Homo erectus - člověk vzpřímený.** Zástupci této linie se během čtvrtohor rozšířili postupně do Asie a později i do Evropy. Jejich počet se zřejmě postupně zvyšoval v souvislosti s migrací do nových, severněji položených oblastí. Asi před 500 tis. až 400 tis. lety začal člověk (mladší formy *Homo erectus*) vědomě užívat oheň, jak o tom svědčí nálezy z dlouhodobě užívaného sídliště „pekingského člověka“ v Číně. *Homo erectus* patří k nejvýznamnějším stupňům vývoje člověka, neboť od něj vede vývojová linie již k druhu *Homo sapiens* - člověku moudrému.

**Homo sapiens.** Nálezy nejstarších forem *Homo sapiens* - neandrtálců - jsou datovány před 300 tis. až 250 tis. lety. Většinou žili v Africe a v teplých oblastech

Tab. 3. Vývoj člověka

Třetihory		
Předchůdci člověka (první nálezy)	Období	Př. n. l.
rozšíření savců	paleocén	55 až 65 mil.
vyšší primáti	eocén	37 až 55 mil.
odlišování předků člověka	oligocén	23 až 37 mil.
Ramapithecus (14 mil. let)	miocén	12 až 23 mil.
Australopithecus (3,5 mil. let)	pliocén	2 až 12 mil.
Homo habilis (2 mil. let)		
Čtvrtohory		
Homo erectus (1,5 mil. let)	pleistocén - doba ledové	2 mil. až 10 tis.
Homo sapiens (250 tis. let)		
Homo sapiens sapiens (40 tis. let)		
moderní člověk	holocén - doba poledová	10 tis.

jižní a jihovýchodní Asie. V Evropě zasahovalo jejich rozšíření do Středomoří, výjimečně i severněji. V poslední době se objevuje stále více důkazů o tom, že člověk neandrtálský byl pravděpodobně samostatný druh, a nemusel tedy být přímým předkem člověka současného (tab. 3).

### 2.2.2 Vliv činnosti člověka na prostředí

#### Lovecko-sběračské období

Až do neolitu, tj. do mladší doby kamenné (7 tis. až 5 tis. let př. n. l.), můžeme považovat populaci člověka za populaci vyššího primáta, která žije v souladu s určitým ekosystémem. Důsledky lidské činnosti byly pravděpodobně (až na některé výjimky) srovnatelné s jinými přirozenými vlivy.

**Dočasné - vratné změny.** Kočující tlupy zanechávaly v krajině pouze běžné stopy po hledání potravy, po lovu nebo po stavbě dočasných příbytků z přirozeného materiálu. Změny, ke kterým došlo v ekosystému, byly tedy *dočasné, vratné, místně omezené*, a dnes prakticky nerozeznatelné. Jediným zdrojem energie z přírody, který člověk pro svou potřebu dokázal využít, byla jeho vlastní síla. Od objevu ohně, k němuž došlo před 500 tis. lety, mohl využít i *energii biomasy*. Tato energie je vlastně energie sluneční, převedená procesem fotosyntézy do chemických vazeb zásobních látek, např. dřeva, které bylo spalováno. Počáteční období lidské existence se podle pravděpodobného způsobu života nazývá *období lovecko-sběračské*, neboť často spíše než lovem, získával předchůdce člověka svou obživu sběrem a živočišné bílkoviny podobným způsobem jako hyeny a supové, tj. využitím zbytků masa z úlovků šelem.

**Vliv na okolí.** Lovecko-sběračským způsobem se živilo pravděpodobně již australopitékové, *Homo habilis* a *Homo erectus* i rané formy druhu *Homo sapiens* - neandrtálci, a to až do mezolitu, tj. do doby asi před 12 tis. až 10 tis. lety. Kromě prokázaného vlivu na vyhnutí některých velkých savců v období před 40 až 50 tis. lety, kdy člověk v Evropě lovil ve velkém mamuty, koně, srstnaté nosorožce a losy, nezměnily tehdejší lidské populace na tvářnosti Země prakticky nic. Kromě primitivních nástrojů a ojedinělých kosterních pozůstatků se o našich předcích nezachovaly žádné podrobnější informace.

Přibližně před 10 tis. až 12 tis. lety, tedy po poslední době ledové, se výrazně oteplilo, a to umožnilo některým skupinám již moderního člověka (*Homo sapiens sapiens*) dlouhodobější pobyt v jedné oblasti, a především jeho rozšíření na dosud nehostinný sever Euroasie a Severní Ameriky. Původně kočovné tlupy se na konci čtvrtohor (v období holocénu) postupně usazují, začínají využívat půdu k pastvě domestikovaných zvířat a k pěstování plodin. Archeologické nálezy potvrzují kultivaci některých plodin již v době asi před 17 tis. lety (tab. 4).

Tab. 4. Počátky kultivace některých plodin na Zemi

Plodina	Oblast	Období
obiloviny (pšenice, ječmen)	Blízký východ	před 17 tis. lety
rýže	Thajsko Indie Japonsko	před 12 tis. lety před 9,5 tis. lety před 7,5 tis. až 5 tis. lety
kukuřice, fazole	Střední Amerika	před 10 tis. až 4 tis. lety
slunečnice	Severní Amerika	před 5 tis. lety

### Zemědělsko-pastevecké období

Toto období trvá od tzv. neolitické revoluce<sup>4</sup> (přechod od kočovného způsobu života a k zakládání trvalejších sídel a počátek zemědělství) až prakticky do středověku.

<sup>4</sup> Studium vývoje člověka, zejména studium kultury (včetně výroby a užívání nástrojů) používala zavedených termínů paleolit (starší doba kamenná), mezolit (střední doba kamenná) a neolit (mladší doba kamenná). Paleolit zaujímá celý pleistocén a trvá statisíce let. Člověk využívá jen hrubých kamenných nástrojů. Mezolit spadá do počátečního období holocénu, kdy se výrazně otepluje klima. Významné je rybařství a používání složitějších kamenných a kostěných nástrojů. Neolit je období, z něhož pocházejí první záznamy o trvalých sídlištích, pěstování zemědělských plodin, pastvě a výrobě keramiky. Přechod od používání klasických kamenných nástrojů a lovu zvířete k uselému životu se proto nazývá neolitická revoluce.

**Nové zdroje energie.** Člověk již dokázal energii transformovat z jedné formy do druhé. Využíval vodní kola a větrné mlýny, pro hutě vyráběl dřevěné uhlí, dokázal použít tažná zvířata.

**Vznik agroekosystému.** Okolní přirozené ekosystémy ovlivňoval i usměrňováním jejich produkce. Pravidelná sklizeň úrody a pastva jsou vlastně nepřirozeným, každoročně se opakujícím odběrem biomasy, dodatkovou energií je např. hnojení, obdělávání (okopávání, orba) a zavlažování. Vzniká *agroekosystém*, tj. polopřirozený ekosystém a *monokulturními* porosty (osetými jednou plodinou), který s výjimkou několika málo zvláštních případů (jehličnatá tajga, rákosiny) nemá v přírodě obdoby.

**Trvalé změny.** Člověk tohoto tzv. *zemědělsko-pasteveckého období* způsobil změny *trvalejšího charakteru*, a často změny *nevratné*. Proto nacházíme po činnosti člověka stále více dokladů. Jde především o těžbu v lomech a dolech, zbyteky staveb a opevnění sídel, zavlažovacích kanálů apod. Člověk zemědělec a pastevce značně zasáhl i do rozšíření a genetické výbavy některých druhů organismů. Při pěstování rostlin byla původní vegetace odstraněna, stabilita svrchní vrstvy půdy byla prakticky každoročně měněna okopáváním a orbou, odvodňováním nebo zavlažováním byl změněn vodní režim.

Udržováním polí a pastvin získala celá řada rostlinných druhů příhodné prostředí pro uchycení a šíření. Konkurovaly pěstovaným plodinám a člověk je začal odstraňovat a hubit. Pro jiné druhy organismů (rostlin, živočichů, hub i mikrobů) byly monokultury vhodným zdrojem živin a potravy. I proti těm se musel tehdejší zemědělec bránit, chtěl-li uchránit většinu úrody pro sebe.

S vývojem zemědělství se tedy rychle šíří druhy, které označujeme jako *škůdce a plevely*. Šlechtěním a domestikací byly vytvořeny formy a druhy, které by nebyly vznikly v přírodě přirozenou cestou. Navíc se člověk zřejmě pokoušel omezit konkurenci původních nebo příbuzných druhů skotu, ovcí, koz a koní tím, že je lovil nebo odháněl z vhodných pastvin. Tak začal zasahovat i do přirozené biologické rozmanitosti stanovišť, tj. do skladby a funkce ekosystémů. Pastva, kumulace lidských sídel a nárůst populace měly za následek *první vážné změny prostředí*.

**První ekologické katastrofy.** Klasickým příkladem významného poškození prostředí je zřejmě desertifikace (změna půdy na poušť) rozsáhlých oblastí v povodí Eufratu a Tigridu za dynastie Ur-III (2150 až 2000 let př. Kr.). Vysoký odpar ze zavlažovaných půd způsobil postupné hromadění solí, zavlažovací vodou byla odnášena humusovitá povrchová vrstva půdy. To byly patrně hlavní důvody drastického poklesu výnosů a konce významné kultury. Mezopotámie se tak stává prvním příkladem ekologické katastrofy v dějinách lidstva.

**Urbanizace.** Nový způsob získávání obživy, kdy namísto sběru a lovu potravy člověk začíná potraviny produkovat, byl velmi náročný. Zahrnoval celý složitý systém činností, od odlesňování, přes orbu, setí, zavlažování, sklizeň, usklad-

Tab. 5. Přehled vlivu člověka na prostředí

Období	lovecko-sběračské	zemědělsko-pastevecké	industriální
Trvání	asi 2 500 000	asi 10 000	300 až 400
Využití energie	energie vlastních svalů, energie biomasy (ohněň)	energie vlastních svalů, energie biomasy (ohněň), tažná zvířata, sluneční energie (vodní, větrné mlýny) záměrné usměrování toku energie v agroekosystému	omezené využití sluneční energie a biomasy, preference fosilních paliv, využívání jaderné energie
Rozsah účinků	místní, vratné	regionální, částečně i nevratné	globální, nevratné, dlouhodobé
Hlavní vlivy	vyhubení některých druhů velkých savců (mamuti, koně)	odlesňování, odvodňování, zavlázdňování, eroze, zasolování, dezertifikace, lomy, doly, urbanizace, domestikace	poškození a znečišťování všech složek prostředí, okolního vesmíru, těžba surovin, jaderné zbraně
Průměrný věk člověka	asi 30 let	asi 50 let	asi 70 a více let

ňování a transport potravin, který vyžadoval postupně vyšší organizaci společnosti. A tak začala postupně vznikat centra řízení a organizace, velké sídelní komplexy neboli města - faktický zdroj civilizace. Vytváření velkých měst (urbanizace) začalo již asi před 5 tis. lety.

### Průmyslové (industriální) období

Zatím největší změny v prostředí způsobil člověk v posledních 400 letech. Toto období bývá výstižně nazýváno jako *průmyslové* neboli *industriální období*. Charakteristické je využívání strojů a technologií, transformace, transport a využívání energie, převážně z fosilních paliv.

**Globální změny.** Průmyslovou činností jsou způsobeny změny, které již nejsou pouze místní (lokální), ale dotýkají se větších oblastí, jsou *regionální*, a dokonce zasahují celou planetu, mají rozsah *globální*. Kromě neobnovitelných zdrojů energie a látek se snižuje i biologická rozmanitost přírody. Změny jsou velmi často *nevratné* a přenašejí se z generace na generaci.

Vliv člověka na prostředí je přehledně shrnut do *tab. 5*.

### 2.2.3\* Změny ve společnosti = *průmysl*

Celý vývoj člověka až do doby kamenné byl řízen přirozeným výběrem a člověk se vyvíjel jako ostatní organismy, pod tlakem podmínek prostředí. V industriálním období přestává přirozený výběr hrát svoji důležitou roli.

**Zvýšení průměrného věku člověka.** Výrazně se zvyšuje průměrný věk lidí, a to především díky užívání nových léků a péči o novorozené a nemocné jedince. Zavedení zdravotní péče a její postupné zdokonalování je také zásadním faktorem pro růst počtu obyvatel.

**Růst počtu obyvatel.** Tento růst není v souladu s předchozím přizpůsobením člověka. Zatímco v lovecko-sběračském období, které trvalo řádově stovky tisíc let, byl člověk přizpůsoben životu v menších kočovných skupinách (pravděpodobně s výraznou dělbu činnosti), v období minulých 10 tis. let se postupně usadil a začal budovat sídla. Přesto je období zemědělsko-pastevecké značně podobné předchozímu, neboť valná většina obyvatel žije v menších skupinách mimo centra, tedy vlastně na venkově, v blízkosti přirozených nebo polopřirozených stanovišť.

**Vysoká koncentrace obyvatel.** Zásadní změny se týkají období industriálního, kdy dochází k vysoké koncentraci obyvatel, anonymitě ve společnosti. Rodinná nebo kmenová dělba činnosti prakticky neexistuje a je možné, že mnoho tzv. sociálně patologických jevů plyne pravděpodobně právě z takto pozměněné původní struktury společnosti. Odhadnout všechny možné následky nepřítomnosti přírodního výběru je v případě dnešního člověka velmi obtížné.

## Otázky

1. *Kdy se na Zemi objevuje první zástupce rodu Homo? Zjistěte z jiných učebnic nebo knih, jaký vedl způsob života.*
2. *Jaké jsou rozdíly mezi třemi fázemi vývoje lidské společnosti?*
3. *Co bylo příčinou neolitické revoluce (usazení člověka)?*
4. *Objasněte způsob šíření různých druhů, které jsou dnes považovány za škůdce. Diskutujte o jejich původní roli v přirozených společenstvech.*
5. *Co je příčinou prodlužujícího se průměrného věku člověka?*
6. *Socioekonomická geografie rozlišuje tři fáze interakce lidské společnosti a přírody (determinační, konkurenční a kooperační). Vyhledejte podrobnější informace o těchto termínech a porovnejte je se zde uvedeným členěním vývoje lidské civilizace.*

## 2.3 Růst lidské populace

### 2.3.1 Rozšíření člověka na Zemi

**Migrace druhu *Homo erectus*.** Dnešnímu rozšíření člověka na Zemi předcházelo několik významných migrací již v dávné minulosti. Naším největším migračním předkem byl patrně *Homo erectus*, který se přibližně před 1 mil. let rozšířil z oblasti východní Afriky až do jihovýchodní Asie. Nejstarší nálezy tohoto druhu pocházejí z východní Afriky z období asi před 1,6 mil. lety. V Číně byly jeho zůstatky datovány do období před 700 tis. lety.

**Růst populace *Homo sapiens*.** Původní populace předků člověka i samotného druhu *Homo sapiens* žily v dobách před neolitickou revolucí v souladu s okolním prostředím. Početnost jednotlivých skupin byla zřejmě omezoována běžnými faktory prostředí (dostupností potravy, klimatickými podmínkami, pohyblivostí z místa na místo, predátory). Po ústupu poslední doby ledové a s přechodem k usedlému způsobu života řada těchto limitujících podmínek vymizela.

**Rozmach populace *Homo sapiens sapiens*.** Dostatek potravy (pěstování polních plodin a chov domácích zvířat) a možnost stálého úkrytu, a tím i dokonalejší péče o potomstvo, byly patrně zásadními faktory pro další růst populace. Mírné klimatické podmínky navíc umožnily postupné rozšiřování zemědělské půdy, a tedy i stěhování člověka do dalších oblastí, a omezily tak konkurenci jednotlivých skupin. Početnost lidské populace se zřejmě v minulosti nikdy nepřiblížila hranici nedostatku potravy, prostoru, úkrytů, míst pro rozmnožování. Dalšímu růstu tedy nestálo nic v cestě.

**Podmínky pro rozvoj civilizace.** I když se za počátky rozmachu lidstva označují nejrůznější okamžiky (užívání ohně, výroba nástrojů, domestikace rostlin a živočichů, vynález kola, pily apod.), jde zřejmě o postupný proces umožněný jedinečnou stálostí holocénního klimatu v kombinaci s vhodnou sociální strukturou lidských tlup, pohybem po dvou končetinách a rozvojem mozku.

Tyto ideální podmínky byly jakýmsi vývojovým experimentem, v němž bylo pravděpodobně dost času na to, aby člověk metodou pokusu a omylu své schopnosti rozvíjel.

### 2.3.2 Exponenciální růst

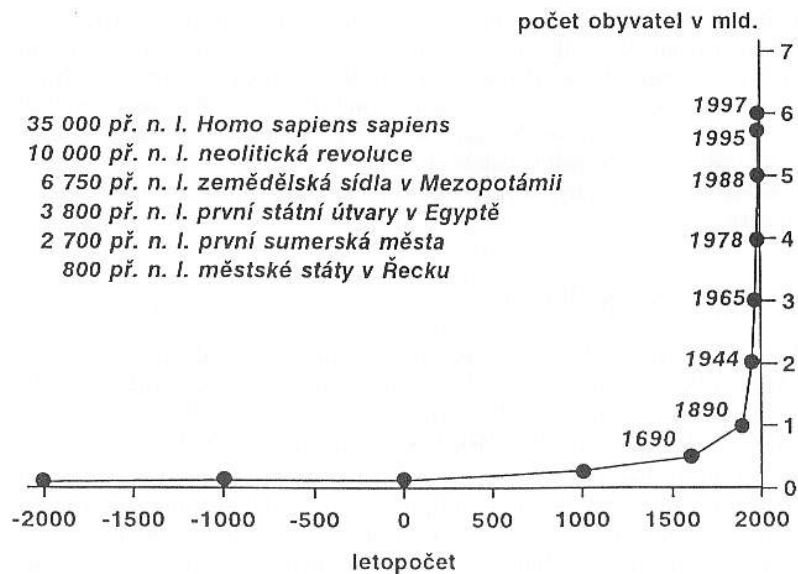
Neolitická revoluce byla spíše následkem neobvykle vhodného klimatu, než nějakého skoku v lidském vývoji. Rekonstrukce ukazují, že přibližně před 15 tis. lety, na samém začátku zemědělsko-pasteveckého období, žilo na Zemi pouze asi 5 až 15 mil. obyvatel. Od té doby lidská populace stále roste.

**Neobvyklost neomezeného růstu populace.** Neomezený růst populace jednoho druhu je jev v přírodě velmi neobvyklý. I při vhodných podmínkách dosáhne početnost vždy hranice nosné kapacity prostředí a dále se udržuje na určité stále hladině (viz obr. 12). Situace je podobná růstu populace bakterií v dostatku živného média. Každá bakterie dá vzniknout dělením dvěma dceřiným buňkám, ty čtyřem, osmi, šestnácti atd. Protože se rozmnožování zúčastňuje stále větší počet jedinců, roste počet nově narozených *exponenciálně*. Exponenciální růst lze snadno pochopit také prostřednictvím následujícího příběhu.

Chudý rolník učil bohatého vladaře hru v šachy. Nežádal za to nic jiného, než aby postupně na jednotlivá políčka šachovnice o 64 polích kladl panovník každý den vždy dvojnásobek zrn rýže, než na políčko předchozí. Pouze z nevědomosti panovník na tuto smlouvu přistoupil a po skončení prvního dne položil do rohu hrací desky první zrnko. Svůj slib však nemohl splnit. Celkové množství zrn rýže na konci výuky by totiž bylo  $2^0 + 2^1 + 2^2 + \dots + 2^{63}$ .

**Limitující faktory růstu.** Za normálních podmínek se v každé populaci exponenciální růst postupně zpomaluje v závislosti na *nosné kapacitě prostředí* (se vzrůstajícím počtem je stále větší konkurence o omezené zdroje potravy, prostoru, úkrytu). Se zvýšením množství zplodin metabolismu, které daný organismus do prostředí produkuje, může dojít k drastickému omezení exponenciálního růstu z důvodu náhlé změny podmínek. U řady druhů může být limitujícím faktorem také přístup ke světlu, teplu, přítomnost predátora apod.

Zdá se, že prvotním nepříznivým úkazem je tedy prozatím neukončený růst lidské populace (obr. 21). Je zřejmé, že již dosavadní počet obyvatel na Zemi je neobvyklým jevem, který způsobuje nemalé problémy nejen člověku (nedostatek potravin v některých částech světa), ale také okolní přírodě.



Obr. 21. Růst populace člověka

### 2.3.3 Hlavní faktory růstu počtu obyvatel

Nárůst populace člověka souvisí s civilizovaností společností. Nejzřetelnější růst je totiž zaznamenán od fáze industrializace. Důkladná péče o potomky, zabezpečení potravy a lékařská péče jsou hlavními podpůrnými faktory růstu.

**Natalita a mortalita.** Podobně jako u přirozených populací jiných živočichů hrají zásadní roli při růstu lidské populace dva ukazatele. Je to *natalita* - porodnost (z latinského *natus* - narozený) a *mortalita* - úmrtnost (z latinského *mortalitas* - smrtelnost, smrt). Natalita a mortalita se obvykle vyjadřují jako počet narozených, popř. zemřelých jedinců na 1 tis. obyvatel za rok.

**Průměrný přírůstek.** Z rozdílu natality a mortality snadno odhadneme přírůstek, který se vyjadřuje v procentech celé populace za 1 rok. Průměrný přírůstek za určité období můžeme také vypočítat z počtu jedinců na počátku sledovaného období a na jeho konci.

Vezmeme-li jako výchozí hodnotu 500 mil. obyvatel na počátku našeho letopočtu a srovnáme ji s počtem obyvatel v r. 1800 (1 mld.), dostaneme pro toto dlouhé období, v němž se počet obyvatel zdvojnásobil, průměrný roční přírůstek 0,05 %. Pro období mezi r. 1800 a 1930, kdy přibyla na Zemi další miliarda

Tab. 6. Přírůstky v počtu obyvatel Země

Počet	Rok	Přírůstek 1 mld. za období
500 mil.	0	-
1 mld.	1800	více než 10 tis. let
2 mld.	1930	130 let
3 mld.	1960	30 let
4 mld.	1975	15 let
5 mld.	1987	12 let
6 mld.	1999	12 let

obyvatel, je to už 0,77 % průměrného ročního přírůstku. Zatím nejvyšší hodnoty dosáhl průměrný přírůstek v období mezi léty 1960 a 1970 (2,22 %). Údaje jsou uvedeny v tab. 6.

**Zdvojení populace.** Průměrný přírůstek obyvatel může naznačit jeho další růst. Pro hodnotu přírůstku lze jednoduše stanovit i dobu potřebnou ke zdvojení dané populace. Jestliže se v r. 1992 na 1 tis. osob narodilo 27 dětí (natalita = 2,7 % za rok) a ve stejném období 10 lidí z 1 tis. zemřelo (mortalita 1 % za rok), pak čistý roční přírůstek činí 1,7 %. Při současném přírůstku (1,7 %) je doba zdvojení přibližně 40 let (tab. 7). To znamená, že v r. 2035 bude při zachování současných trendů na Zemi téměř 12 mld. obyvatel.

Ukazuje se, že hlavním hnacím motorem exponenciální populační exploze (zdrojem pravidelného přírůstku) není samotný vzrůst porodnosti, ale především pokles úmrtnosti, a to zejména úmrtnosti kojenecké. Významným faktorem je i prodloužení délky života a rostoucí úroveň zdravotní péče.

Tab. 7. Časy zdvojení

Rychlost růstu [% za rok]	0,1	0,5	1	2	3	4	5	7	10
Čas zdvojení [roky]	700	140	70	35	23	18	14	10	7

### 2.3.4 Demografické změny

Složení a vývoj populace člověka zkoumá *demografie* (z řeckého *demós* - lid a *grafain* - psát, popisovat). Při zkoumání problematiky růstu lidské populace zjistíme, že růst počtu obyvatel na světě není rovnoměrný. Některé země mají hlavní fázi růstu za sebou, v jiných zemích počet obyvatel stále roste (viz tab. 8). Demografické analýzy dohalily jeden ze základních mechanismů, který snad může lidstvo před přelidněním zachránit. Je jím demografická transformace.

Tab. 8. Vývoj počtu obyvatel světa

Oblast	Počet obyvatel [mln.]	
	1950	2000
Jižní Amerika	165 (7 %)	546 (9 %)
Severní Amerika	166 (7 %)	297 (4 %)
Asie	1 376 (55 %)	3 549 (58 %)
Čína	555 (22 %)	1 256 (21 %)
Indie	358 (14 %)	964 (16 %)
Evropa	392 (16 %)	512 (8 %)
Oceánie	13 (5 %)	30 (5 %)
Afrika	224 (9 %)	872 (14 %)
Země bývalého SSSR	180 (7 %)	313 (5 %)
<b>Celkem</b>		
rozvinuté země	832 (33 %)	1 277 (21 %)
rozvojové země	1 684 (67 %)	4 846 (79 %)
svět	2 516 (100 %)	6 123 (100 %)

**Demografická transformace.** Země, v nichž se porodnost a úmrtnost takřka vyrovnaly (bylo dosaženo tzv. nulového populačního růstu), jsou země průmyslově rozvinuté, s vysokou úrovní lékařské péče a se systémem sociálních jistot ve formě penzí, podpor, pojištění, s vysokou zaměstnaností žen a kvalitní úrovní vzdělání. Tyto země dnes označované za země tzv. bohatého severu již prodělaly tzv. *demografickou transformaci* (užívá se i termínů demografický přechod nebo demografická revoluce). Pro tento proces je charakteristický dlouhodobý pokles počtu dětí v rodině, zvýšení věku matek a jejich společenského uplatnění, i změny v sociálním prostředí. Země, které prošly demografickou transformací, vykazují nízkou porodnost i úmrtnost.

Některé země se nacházejí v první fázi demografického přechodu. Pro ty je charakteristická nízká úmrtnost, díky zlepšené lékařské péči a omezení kojenecké úmrtnosti, ale přetrvává zde poměrně vysoká porodnost. Postavení ženy je chápáno jako role rodičky. Uplatnění žen v zaměstnání je nízké. Tradice vyžadují vysoký počet dětí v rodině a častý je odpor proti plánování rodiny a antikoncepci. To je případ mnoha zemí Asie a Latinské Ameriky.

Na opačném pólu jsou země tzv. chudého jihu (rozvojové země), které mají velmi vysokou porodnost, ale také relativně vysokou úmrtnost, hlavně kojeneckou. Prozatím je velmi obtížné určit, kdy projdou všechny země světa demografickou revolucí a kdy se počet obyvatel na zemi ustálí.

**Omezení růstu populace.** Teoreticky je možné omezit populaci člověka rychlým snížením reprodukce. Taková omezení však ve většině zemí s vysokou porodností naráží na řadu bariér společenského, náboženského nebo kultovního charakteru. Jedním z nejzávažnějších objektivních důvodů je však to, že v chu-

dých rozvojových zemích je početnější rodina výhodnější jak pro shánění obživy, tak i nejlepší „sociální zabezpečení“ pro stárnoucí rodiče.

Řada pokusů o omezení porodnosti skončila bez valných výsledků. Pouze v Číně bylo dosaženo určitého úspěchu. Tuto zemi však nemůžeme počítat mezi zaostalé rozvojové země a navíc zde hraje roli silný vliv státu na jednotlivce a rodinu. I drastické změny v přírůstku počtu obyvatel by však nezabezpečily okamžité zastavení růstu populace. Jak lze zjistit z *tab. 7*, i okamžitý pokles přírůstku na 1 % by v příštím století znamenal nárůst na 12 mln. obyvatel Země.

**Rozložení populace v prostoru.** Samotné počty obyvatel na Zemi málo vypovídají o průvodních jevech nárůstu populace a zvláště rozložení v prostoru. Téměř nulového růstu bylo dosaženo v zemích, které představují necelých 10 % světového obyvatelstva. Od r. 1995 patří k těmto zemím i Česká republika. K největšímu růstu počtu lidí dochází v zemích tzv. třetího světa, tedy v oblastech, kde klimatické podmínky a stabilita ekosystému nedovolují další zvyšování produkce potravin, a pokud ano, pak na úkor unikátních částí přírody, jako jsou tropické deštné lesy, savany a pobřežní společenstva.

Koncentrace průmyslu a vznik obchodních a politických center jsou hlavním důvodem k tomu, že se v rozvojových státech obyvatelstvo z chudého venkova ve velkém množství stahuje do měst. Zvyšování počtu obyvatel měst a rozšiřování zastavěné plochy bude nejspíše jedním z hlavních problémů počátku třetího tisíciletí.

**Růst počtu obyvatel ve městech.** Přibližně na počátku našeho století žilo v městech (sídlo s více než 2 500 obyvatel), necelých 15 % světové populace. V r. 1950 už 20 % a v r. 1985 41 %. V r. 2020 bude ve městech žít kolem dvou třetin veškerého obyvatelstva světa. Vzroste počet měst s více než 10 mil. obyvatel ze současných 15 na 25 (odhad pro Mexiko - hlavní město stejnojmenného státu po r. 2000 - je více než 25 mil. obyvatel, dnes má kolem 17,5 mil. obyvatel).

**Nosná kapacita Země.** V souvislosti s přesunem obyvatel do měst a také s nárůstem populace v místech s omezenou možností výroby potravin musíme uvažovat o nosné kapacitě naší planety. Nosnou kapacitu je možné chápat jako prostor - plochu, která může určitou populaci uspokojit produkcí potravin, nezbytnými zdroji surovin i místem k bydlení. Nosná kapacita není dána pouze počtem obyvatel na jednotku plochy, ale také typem spotřeby, jakou obyvatelé na daném území mají.

Nejrůznější odhady stanovují nosnou kapacitu Země od 7,5, 12 až na 50 mln. obyvatel. Tyto údaje jsou pouze odhadem, neboť není jasné, pro jaký typ spotřeby zdrojů byl odhad učiněn. Pokud se bude spotřeba obyvatel světa vyrovnávat se spotřebou zboží a energie obyvatel v bohatých státech, zbývá na Zemi opravdu málo k dělení, nechceme-li zničit zbylá území tropických deštných lesů, Sibíře či Antarktidy.

**Industrializace rozvojových zemí.** Nosná kapacita naší planety bude velmi úzce souviset s pravděpodobnou postupnou industrializací i méně rozvinutých zemí naší planety. Průmyslový rozvoj v těchto oblastech světa bude na jedné straně znamenat postupné zpomalování růstu obyvatel, na straně druhé zvýšení osobní spotřeby, a tím i zvýšenou soutěž o zdroje surovin, energie i o obydlí. Je otázkou, zda zdroje Země budou stačit i pro další spotřebitele. Průmyslově rozvinuté země, i když početně nedosahují ani 1/5 světa, spotřebovávají daleko více zdrojů než početnější zbytek světa. Zároveň produkují více, než mohou samy spotřebovat.

*Příklad.* Následující stručný přehled o hospodaření zemí Organizace pro ekonomickou spolupráci a rozvoj (OECD) z r. 1996 zachycuje údaje z 26 průmyslově rozvinutých států světa. Tyto státy představují:

- 16 % populace světa,
- 24 % plochy pevniny,
- 50 % světové spotřeby energie,
- 72 % produkce světového hrubého národního produktu,
- 73 % produkce chemických výrobků,
- 73 % dovozu lesních produktů,
- 78 % provozu automobilů.

**Prognóza.** Za současného růstu počtu obyvatel je v budoucnosti třeba počítat spíše se vzrůstajícím mezinárodním napětím, zejména při soupeření o zdroje nebo s prohlubováním ekonomických rozdílů mezi průmyslovými a méně rozvinutými zeměmi. V některých oblastech světa, kde je industrializace málo pravděpodobná, povede současné uspořádání světa zřejmě k dalšímu růstu populace. Dojde patrně ještě k silnějším migračním pohybům, a to hlavně do měst a do více industrializovaných zemí. Možným východiskem se zdá být přehodnocení způsobu hospodaření v bohatých průmyslových zemích a nastoupení cesty dlouhodoběji udržitelného způsobu využívání přírodních zdrojů.

### Otázky

1. Jaké přírodní a společenské změny umožnily nárůst populace?
2. Co je porodnost a úmrtnost? Jak ovlivňují růst populace?
3. Jak je možné popsat a vysvětlit demografickou revoluci?
4. Proč roste počet obyvatel ve městech?
5. Jak vysvětlíte rozdíly v růstu populace v ekonomicky chudých a málo industrializovaných (rozvojových) a bohatších industrializovaných (rozvinutých) zemích?

## 2.4 Ochrana biologické rozmanitosti Země

Snaha zasvěceně a odborně popsat rozmanitost a krásy živé přírody je známa již od časů Aristotelových. První biolog, který se pokusil popsat a pojmenovat žijící organismy, byl přírodovědec Carl Linné ze švédské Upsaly. Ve svém díle *Systema Naturae* z r. 1758 zaznamenal a pojmenoval okolo 9 tis. druhů rostlin a živočichů. Od té doby se tisíce biologů pokoušelo a pokouší nalézt a popsat další nové druhy.

### 2.4.1 Počet druhů na Zemi

*stručně - světa*

Systematické biologické obory, jako je zoologie, botanika, mykologie, mikrobiologie, dnes registrují necelých 1,5 mil. druhů žijících organismů. Toto množství je jen částí z celkového počtu, který je odhadován na 5 až 30 mil. organismů. Současná věda z nich dosud popsala maximálně 30 %, ale spíše jen 5 % (tab. 9). Odhaduje se také, že asi 2/3 z tohoto množství patří do třídy hmyzu.

**Stupeň poznání druhů.** Skupiny organismů nejsou probádány a taxonomicky poznány do stejné míry. Velmi dobře jsou známy skupiny vyšších cévnatých rostlin, motýlů nebo obratlovců. Z těchto skupin nápadných organismů bylo popsáno asi 80 až 90 % žijících forem. Málo víme o virech, bakteriích, prvociích, řasách, houbách a o některých skupinách bezobratlých, např. o roztočích či ploš-

Tab. 9. Počet popsáných druhů organismů

Název	Počet
viry (pouze odhad)	1 000
bakterie a jednobuněčné organismy bez pravého jádra (prokaryota)	4 800
houby včetně 18 tis. druhů žijících v symbióze s řasami v lišejnících	69 000
řasy	26 900
vyšší rostliny	248 500
prvoci	30 800
živočichové (bez členovců a strunatců)	115 800
členovci (hlavně hmyz a korýši)	874 200
strunatci (hlavně obratlovci)	43 900
z toho: ryby	18 150
obojživelníci	4 200
plazi	6 300
ptáci	9 100
savci	4 000
<b>Celkem všechny organismy</b>	<b>1 414 900</b>

těncích. Více toho známe o organismech suchozemských. O životě v oceánech, zvláště ve velkých hloubkách, je známo velmi málo. Zatím je popsáno asi 1 % mořských mikrobů. Skupina, která hraje pravděpodobně jednu z klíčových rolí v biogeochemických cyklech látek, tak zůstává prakticky nepoznána.

Jednoduché to však není ani na pevnině. Většina suchozemských druhů se vyskytuje v málo přístupných nebo neprobádaných končinách tropických deštných lesů. Odhaduje se, že přibližně 1/2 až 2/3 neznámých druhů žije právě v tropických deštných lesích.

**Biologická diverzita.** Rozmanitost živých forem, tj. *biologická diverzita*, nezahrnuje pouze biologický druh. Každý organismus je vybaven určitou dávkou genetické informace, počtem genů, jejichž množství se pohybuje v rozmezí asi 1 tis. u bakterií až 400 tis. i více u některých vyšších rostlin. Typický savец, jako je myš domácí, má přibližně 100 tis. genů. Počet druhů na Zemi a množství jednotlivých genů v jejich chromozomech je pouze částí biologické diverzity naší planety. Každý druh se vyskytuje ve formě populací, a ty jsou složeny z velmi těžko odhadnutelného množství jedinců. S malými výjimkami nenalezeme dva geneticky shodné jedince téhož druhu. Rozrůzněnost platí také pro vyšší stupně organizace - pro společenstva, jejichž množství a různorodost na zeměkouli je obrovská.

Značná pestrost forem života znamená i rozmanitost v potravních sítích a vztazích mezi organismy. I při stejném počtu druhů ve dvou odlišných ekosystémech, např. ve vodním a suchozemském ekosystému, bude nejen různý počet vrstev potravní pyramidy (tropických úrovní), ale také odlišnost vazeb mezi nimi. Například vodní plankton nemá v suchozemských podmínkách svůj protějšek.

#### 2.4.2 Vznik nových druhů (speciace)

Počet druhů nebyl na Zemi vždy stejný. Odhady založené na paleontologických nálezech ukazují, že za dobu existence života na Zemi mohlo na naší planetě žít dohromady okolo 500 až 1 500 mil. druhů organismů. Srovnáme-li tuto hodnotu se současným stavem, tedy 5 až 30 mil. druhů, znamená to, že 95 až 99 % druhů, které kdy na Zemi žily, vymřelo. Vymírání a vznik nových druhů je přirozeným procesem. Nové druhy obvykle vznikají jedním ze dvou odlišných způsobů.

**Polyploidie.** Velmi malá část rostlinných druhů může vzniknout procesem zmnožení chromozomů, který se nazývá *polyploidie*. Vyšší organismy mají v jádrech dvě sady stejných chromozomů - jsou diploidní. Při dělení jádra, kdy se počet chromozomů zdvojuje, však může náhodně dojít u některých buněk ke špatnému rozdělení a všechny chromozomy přecházejí do jedné dceřiné buňky, která se stává tetraploidní. Polyploidní organismy nejsou často schopny vytvářet plodné potomky s rodičovským druhem, a tak jsou považovány za nové druhy.

**Geografická speciace.** Obvyklejším, ale dlouhodobějším procesem, je tzv. geografická speciace. Dojde k ní, když je populace rozdělena nepřekonatelnou překážkou (rameno řeky, záliv moře, horský hřbet apod.). Během oddělení se může uplatnit *náhodná změna genetické informace (mutace)*, která i po vymizení geografické bariéry znemožní opětné zkřížení dřívějších sesterských populací. Nový druh může vzniknout na základě náhodné vhodné mutace u části jedinců populace, aniž by existovala zásadní geografická bariéra. Umožňuje-li navíc nová mutace (změna některé vrozené vlastnosti) lepší přizpůsobení stávajícím podmínkám (adaptaci), je nový druh ve výhodě proti druhu původnímu.

Vývoj nových druhů je dlouhodobým procesem **vytváření mezidruhových bariér**. Princip vzniku nových druhů tkví v přírodním výběru náhodné vhodné nebo „neškodné“ mutace, která odlišuje nový druh od původního. Vývoj nového druhu může trvat desítky až stovky tisíc generací.

#### 2.4.3 Zánik druhů (extinkce)

Podobně jako je přirozeným jevem vývoj nových druhů, je i jejich *vymírání (extinkce)* logickým následkem přírodního výběru. Populace, jejichž jedinci nejsou přizpůsobeni měnícím se podmínkám (při změně podmínek se neuplatnila žádná vhodná mutace), vymírají.

Na základě neustálého vznikání a zanikání druhů se složení biosféry v průběhu asi 600 mil. let existence mnohobuněčných organismů pravděpodobně mnohokrát zásadně změnilo. Druhy neschopné přizpůsobit se změněným podmínkám jsou z další evoluce vyřazeny - vymírají, přičemž mohou nebo nemusí dát vzniknout dalším příbuzným druhům. Druhy bez vývojového pokračování označujeme za *slepé vývojové větve*.

#### Vymírání druhů v pravěku

Postupný vývoj a vymírání druhů bylo několikrát narušeno jejich hromadným vymíráním. V období od prvohor do třetihor lze zjistit 5 až 6 velkých zlomů, které znamenaly zásadní snížení biologické rozmanitosti. Pravděpodobně k největšímu z nich došlo ke konci permu před 250 mil. let, kdy vymizelo asi 52 % čeledí mořských živočichů, tj. asi 77 až 96 % tehdy žijících druhů. Rovněž na konci křídly (v přelomu druhohor a třetihor), asi před 65 mil. let došlo k masovému úbytku asi 11 % čeledí organismů, hlavně velkých druhů ještěřů - dinosaurů.

**Obměna společenstev.** Stálá obměna druhů během dlouhodobého geologického vývoje Země znamenala i obměnu společenstev. V jiných klimatických, fyzikálních i geografických podmínkách existovaly i jiné ekosystémy. Paleontologie dokládá, že některé životní formy (i vztahy mezi organismy) nemají dnes svůj protějšek. Byly unikátní ve své době, tak jako je řada druhů unikátních i dnes.



### Vymírání druhů v novověku

Před vznikem moderní lidské civilizace nedosáhlo v dlouhodobém průměru vymírání druhů více než 9 % druhů za 1 mil. let, což je asi 1 druh za 5 let, až 2 druhy za rok (pro 2 až 20 mil. druhů žijících na Zemi). Tato rychlost vymírání je zanedbatelná ve srovnání s úbytkem druhů v dnešní době, který je způsobován člověkem. Podle dokladů Světového ochrannářského monitorovacího centra (WCMC) a Světové unie pro ochranu přírody (IUCN) bylo v době od r. 1600 do r. 1993 vyhubeno 485 druhů popsaných živočichů a 584 známých druhů rostlin. 3 565 druhů živočichů a 22 137 druhů rostlin je považováno za ohrožené vyhubením. Ubývání druhů pokračuje zvyšujícím se tempem. Kromě popsaných druhů totiž mizí i druhy nepopsané, a tedy i nepoznané. Pokud za tři a půl století zmizelo asi 1 000 známých druhů z 1,5 mil. popsaných, kolik jich vymizelo ze zbývajících asi 25 mil. neznámých druhů?

Hlavní příčiny ohrožení biologické různorodosti Země tkví v exponenciálním růstu lidské populace. Od této skutečnosti se odvíjejí všechny ostatní druhotné příčiny.

**Změny přirozených stanovišť.** Jsou dlouhodobě způsobovány především odlesňováním, odvodňováním, zavlažováním, těžbou surovin, výstavbou měst a průmyslových závodů, stavbou komunikací, erozí půdy i rozdělováním větších celků - fragmentací biotopů. K nejdrastičtějšímu ovlivnění biosféry dochází v oblasti tropických deštných lesů. Podle biogeografických údajů se odhaduje rychlost úbytku na 1 druh za 1 den, až 1 druh za 1 hodinu. To znamená, že asi za třicet let bude vyhubeno 33 až 50 % druhů. Valná většina takto rychle zmizelých druhů zůstane pro člověka zcela nepoznána. Podobný osud čeká pravděpodobně i pobřežní zóny - přirozené písčité pláže, mangrovové porosty, korálové útesy.

Hlavní příčinou ubývání druhů je znečištění pobřeží i mělkých moří a zvýšená eroze břehů. Tyto biotopy by mohly být ohroženy i zvýšením hladiny oceánu vyvolané globálním oteplováním.

**Kontaminace prostředí cizorodými látkami.** Průmyslovými hnojivy, pesticidy, radioaktivními látkami, ropnými produkty, polychlorovanými bifenyly (PCB) i těžkými kovy mohou být kontaminovány všechny složky prostředí, tj. oceány, sladkovodní ekosystémy, ovzduší, půda i horniny, a tím následně snížena životaschopnost organismů.

**Lov, odchyt a sběr.** Značné ovlivnění některých populací velkých savců je známo již z období posledního zalednění a těsně po něm, kdy nadměrný lov mohl být jednou z příčin vymizení např. mamuta. Řada organismů je dosud lovena jako významná složka potravy, jiné z důvodů sportovních, farmaceutických i kultovních. Exotické druhy rostlin a živočichů jsou sbírány také jako dekorativní předměty nebo chovány v zajetí (motýli, lastury, pokojové rostliny, plazi, papoušci).

**Zavlečení (introdukce) cizích druhů.** Člověk rozšiřuje vědomě nebo nevědomě po celé Zemi nejrůznější nepůvodní druhy (např. u nás mandelinka bramborová, ondatra, jelenec viržinský, akát, bolševník, netýkavka Roileova, křídlatka japonská). Ty mohou narušit vztahy v původních společenstvech organismů. Často zabírají ekologické niky na organismy se slabší schopností konkurovat. Králíci a pes dingo se stali v Austrálii velkými konkurenty místních živočichů. Může také docházet k narušení genofondu při vzájemném křížení (hybridizaci) příbuzných druhů.

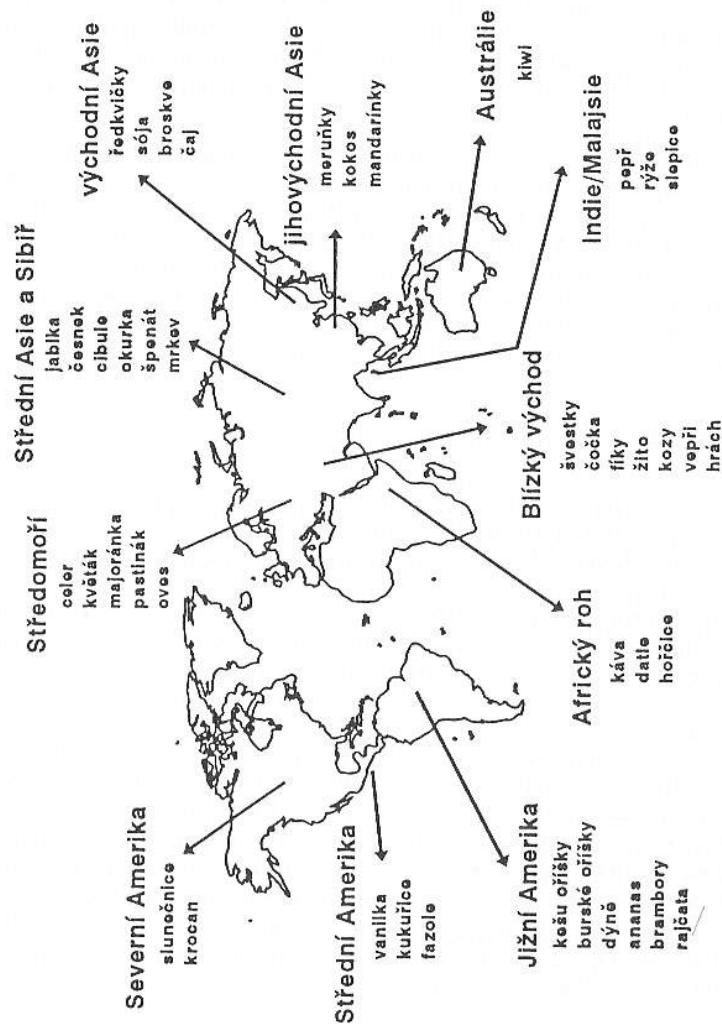
**Války.** Zhoubný vliv na organismy mají válečné konflikty. V období 1962 až 1971 během války ve Vietnamu bylo použito celkem 72 354 m<sup>3</sup> herbicidů, z toho 60 594 m<sup>3</sup> na lesy, 1 550 m<sup>3</sup> na jiné porosty a 10 210 m<sup>3</sup> na zemědělské plodiny. Zasažená plocha představuje celkem 1,7 mil. ha lesů, 150 tis. ha mangrovů. Navíc bylo 325 tis. ha lesů zničeno buldozery a 8,1 mil. ha lesů záměrně bombardováno. Ve střední Africe byly během válečného konfliktu v polovině 70. let love-ny volně žijící druhy velkých savců jako potrava, i když byly přísně chráněny zákonem. Výsledky jaderného konfliktu je těžké si vůbec představit.

### 2.4.4 Význam organismů pro člověka

Navzdory všem negativním lidským vlivům vzrůstá zájem o uchování přírodních hodnot, které člověku nabízejí živé organismy.

**Ekonomické důvody.** K péči o organismy má člověk hlavně ekonomické důvody. Již několik tisíciletí jsou některé organismy využívány jako domestikované druhy plodin a zvířat v zemědělství (*obr. 22*). Ze známých asi 250 tis. druhů vyšších rostlin je přibližně 3 tis. druhů užíváno k obživě. Pouze 20 až 30 druhů je intenzivně pěstováno. Světová produkce těchto rostlin představuje 95 % lidské výživy. Podobně to platí o několika málo desítkách domácích zvířat. Nové plodiny a domácí zvířata můžeme nalézt pouze v přírodě. Různé dřeviny byly a jsou významným stavebním materiálem, vlákna užívaná v textilním průmyslu jsou jak rostlinného (bavlna, sisal, konopí), tak i živočišného původu (vlna, hedvábí). Kaučuková hmota, i když je v současné době nahrazována synteticky, je čistým biologickým produktem. Biomasa rostlin je využívána i k produkci energie (spalování dřeva, výroba bioplynu a tzv. bionafty). Metabolické procesy kvasinek jsou základními biotechnologiemi. Některé kmeny bakterií jsou schopny metabolizovat ropu a ropné produkty, a čistit tak kontaminované půdy a vody. Řada látek produkovaných rostlinami nebo mikroby má zásadní účinek na buňky, tkáň i orgány člověka. Používají se jako léčiva.

**Vědecká hodnota druhu.** Každý druh má svou vědeckou hodnotu, kterou nese v podobě informace o stavbě, funkci, vývoji i o začlenění do prostředí. Považujeme-li vznik života na Zemi za unikátní rys v okolním vesmíru, pak biosféra na Zemi je obrovská databanka informací o úspěšných strategiích přeží-



Obr. 22. Původ některých domestikovaných druhů rostlin a živočichů

vání organismů v nejrůznějších podmínkách pro stamilióny let. Experimentální biologické obory zkoumají životní procesy u modelových druhů organismů hlavně z důvodu zlepšení zdraví člověka a prodloužení jeho věku.

**Estetické a etické (citové) důvody.** Různé organismy mohou být pro člověka zdrojem radosti, vzorem krásy a umělecké inspirace. Místa v nenarušeném území jsou pro řadu lidí místem odpočinku a rekreace. Do oblasti života v přírodě se promítá řada zálib a koníčků, jako např. fotografování, sbírání přírodnin, sportovní lov. Je známo, že kontakt dětí se zvířaty a rostlinami, jejich poznávání, chov, pěstování snižuje případnou agresivitu v dospělosti. Mezi člověkem a zvířaty vzniká často velmi silné citové pouto.

**Provázanost přírodních dějů s životem člověka.** Hlavním důvodem pro ochranu biosféry je především provázanost jednotlivých přírodních dějů s životem člověka. Organického původu jsou přirozené mechanismy vyvinuté za miliardy let a zajišťují koloběh látek, příznivé klimatické podmínky, recyklaci nebo likvidaci většiny odpadů, dostupnost vody i vzduchu, i zdroje energie (uhlí, ropa) vzniklé v minulosti. Kyslík v ovzduší je výsledkem činnosti zelených rostlin. Tyto *ekologické služby biosféry* zahrnují i přirozený boj se škůdci, zaručují opylování kulturních rostlin apod. Půdní mikroorganismy, houby, rostliny i živočichové zajišťují provzdušnění, zkyplení i hnojení, tj. úrodnost půdy. Kořeny rostlin jsou ochranou proti erozi. Bez těchto služeb, které poskytuje příroda zdarma, by pravděpodobně žádná forma obdělávání a hnojení nebyla schopna zajistit základní vlastnosti půdy pro pěstování plodin ve velkém.

## 2.4.5 Ochrana přírody

Vzácné, jedinečné, původní, ohrožené i potřebné druhy člověk dnes chrání téměř na celém světě. Ochrana přírody je chápána obvykle odděleně ve dvou rovinách. Jednak jde o ochranu vzácných, zajímavých a ohrožených druhů rostlin a živočichů (*ochrana druhová*), jednak o snahu zachovat jedinečné nebo člověkem nedotčené oblasti (*ochrana územní - ekosystémová*). V prvním případě, kdy je středem zájmu konkrétní druh, zákon většinou zakazuje jedince sbírat, lovit (živočich) nebo trhat (rostlina), popř. jakkoli ovlivňovat vývojová stadia chráněných druhů. Ve druhém případě je vymezeno určité území, v němž platí řada omezení pro různé lidské aktivity (stavba průmyslových podniků, intenzivní hospodaření na polích a v lesích, budování dálnic, vodních děl apod.). Chránit však musíme nejen jednotlivé druhy a jejich společenstva, ale také jejich stanoviště. Pro záchranu živé přírody v celé její rozmanitosti je proto třeba *propojit ochranu druhovou s ochranou ekosystémovou*.

**Instituce pro ochranu přírody.** Neúčinnější je ochrana druhů i společenstev v původních místech výskytu, v dobře organizačně zajištěných chráněných úze-

mich - rezervacích. V takových oblastech jsou společenstva pod stálým dohledem správy území, je v něm prováděna inventarizace (soupis druhů), kontrola výskytu jednotlivých druhů, pro území je připraven i tzv. *plán péče* a je v něm většinou umožněn vědecký výzkum. Návštěvní řád přesně stanovuje možnosti pohybu v chráněných územích. V některých případech však musíme ohrožené druhy přenést do umělých podmínek nebo mimo původní oblast jejich výskytu. K tomu slouží botanické a zoologické zahrady, lesní obory, kultury mikroorganismů a sementné banky. Velmi často se některé instituce specializují jen na určité druhy.

**Historie ochrany přírody.** V minulosti se omezovala ochrana přírody spíše na využitelné zdroje (dřevo, lovná zvěř, pitná voda). Skutečná ochrana přírody začala až vyhlášením rezervací. První byla založena v r. 1832 v USA ve státě Arkansas. Jedny z prvních evropských rezervací vznikly v polovině 19. století v jižních Čechách na území panství Bukwoyů a Schwarzenbergů.

**Mezinárodní dohody o ochraně přírody.** Mezinárodně je ochrana přírody zabezpečena řadou dohod (konvencí). Mezi nejvýznamnější patří např. Ramsarská konvence o ochraně mokřadních území světového významu z r. 1971, Washingtonská konvence o mezinárodním obchodu s ohroženými volně žijícími rostlinnými a živočišnými druhy - CITES z r. 1973 a Bonnská konvence o ochraně migrujících druhů zvířat z r. 1979.

Dosud nejrozsáhlejším pokusem o ochranu biologické rozmanitosti na Zemi je *Úmluva o biodiverzitě*. V souvislosti s konáním Konference Spojených národů o životním prostředí a rozvoji, pořádané v Rio de Janeiro v červnu 1992, ji podepsalo 153 států světa.

### Otázky

1. Jaký je přibližný poměr počtu známých a neznámých druhů organismů?
2. Jak vznikají nové druhy a jak zanikají?
3. Jaké důvody má člověk k ochraně rostlin a živočichů?
4. Co jsou „ekologické“ služby biosféry?
5. Jaký je rozdíl mezi druhovou a ekosystémovou ochranou?

## 2.5 Ovzduší a klima

### 2.5.1 Složení atmosféry

Podobně jako u některých dalších planet sluneční soustavy vyskytuje se i okolo Země plynný obal - *atmosféra*. Atmosféra obsahuje celou řadu plynů (hlavně dusík, kyslík a argon), vodní páru, polévaté částice - aerosoly v pevném i kapalném skupenství, živé organismy, popř. části jejich těl (vlákna mikroskopické

Tab. 10. Složení atmosféry

Plyn	Hodnoty objemové [ppm]	Hodnoty hmotnostní [ppm]
N <sub>2</sub>	780 900 (78,09 %)	755 100
O <sub>2</sub>	209 500 (20,95 %)	231 500
Ar	9 300 (0,93 %)	12 800
CO <sub>2</sub>	360 (0,036 %)	552
Me	18	12,5
He	5,2	0,72
CH <sub>4</sub>	1,5	0,9
Kr	1	2,9
N <sub>2</sub> O	0,5	0,8
H <sub>2</sub>	0,5	0,03
O <sub>3</sub>	0,4	0,6
Xe	0,08	0,36
SO <sub>2</sub>	0,000 3 až 0,05	stopová množství
CFC	stopová množství	stopová množství

hub, pylová zrnka, mikroorganismy) a řadu znečišťujících látek. Ostatní plyny, včetně hlavních znečištěnin, tvoří pouze nepatrná (stopová) množství (tab. 10).

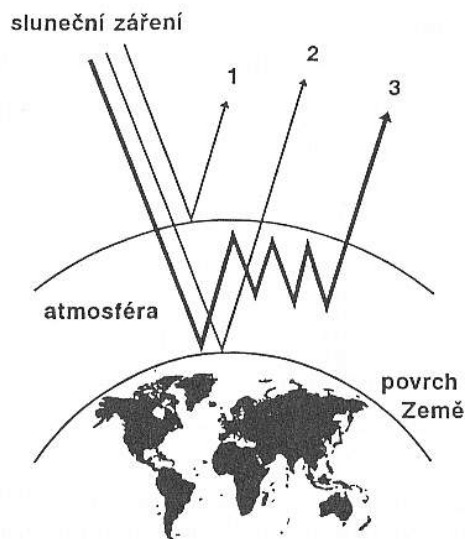
**Členění atmosféry.** Podle teplotních charakteristik se od zemského povrchu směrem do vesmírného prostoru člení atmosféra na troposféru (od povrchu do 8 až 15 km), stratosféru (do 50 až 55 km), mezofosféru (do 80 až 90 km), termosféru (asi do 400 km) a exosféru (nad 400 km).

### 2.5.2 Skleníkový jev

Pokud by byl zemský povrch stejnorodý, teplý vzduch by stoupal z oblasti rovníku a rozléval by se směrem k pólům. Na jeho místo by se tlačil studený vzduch z vyšších zeměpisných šířek. Cirkulace vzdušných mas na obou polokoulích by byla podobná. Díky velkému množství vzájemně se kombinujících faktorů je však proudění hlavních vzdušných mas podstatně složitější.

**Vlivy vytvářející klimatické podmínky na Zemi.** Hlavní příčinou pohybu vzduchu jsou rozdíly teplot vznikající nerovnoměrným ozářením Země Sluncem během denních a ročních období nestejné rozložení pevnin a oceánů, různá odrazivost povrchu vody, ledovců, pevniny i oblaků, rotace Země či tření vzdušných mas o její povrch. Kromě těchto stabilních faktorů hraje roli i celá řada nepravidelných vlivů - náhlé změny sluneční aktivity nebo sopečná činnost. Celý chod „atmosférického stroje“ je také závislý na cirkulaci vody v oceánech. Toto všechno jsou vlivy, které vytvářely a vytvářejí klimatické podmínky na Zemi.

**Princip skleníkového jevu.** Jedním ze základních procesů, který udržuje na Zemi poměrně stálé teplotní podmínky vhodné pro život, je mechanismus průni-



Obr. 23. Skleníkový jev

1 - část slunečního záření se odráží od atmosféry a oblaků; 2 - část se odráží od vodních ploch, sněhu a ledu; 3 - část je pohlcena povrchem Země, vyzářena do atmosféry jako tepelné (infračervené) záření a skleníkovými plyny zadržena

ku, zadržování a výdeje slunečního záření přes atmosféru. Všeobecně je znám pod pojmem *skleníkový jev (efekt)*, obr. 23.

Od Slunce k Zemi směřuje neustálý proud elektromagnetického záření širokého spektra, od krátkovlnného kosmického záření až po dlouhé rádiové vlny (viz tab. 1). Většina krátkovlnného a dlouhovlnného záření je však pohlcena v atmosféře. Světelné záření se částečně odráží od svrchních vrstev atmosféry, ale jeho značná část proniká na zemský povrch. Zde se opět část záření odráží (zejména od vodní hladiny a od sněhu a ledu), ale většina je pohlcena povrchem Země. Ten se díky tomu zahřívá. Země tedy sálá teplo (infračervené záření), které ovšem neprochází atmosférou do kosmického prostoru snadno jako záření světelné. Infračervené záření je některými plyny v atmosféře po určitou dobu zachycováno a vysíláno zpět k povrchu Země i do kosmického prostoru.

Nejde proto o pohlcování a hromadění tepla v atmosféře, ale o snížení jeho úniku zpět do kosmického prostoru. Země stejně množství energie, které od Slunce přijímá, opět do kosmického prostoru vyzářuje. Rovnováha mezi příjmem a výdajem je ustálena na úrovni, kdy přízemní vrstvy atmosféry jsou vlastně stále ohřátý dočasně zadrženým teplem. Protože je účinek těchto plynů připodobňován k efektu skel kryjících skleník (světlo sklem skleníku prochází bez větších

překážek, zahřívá půdu ve skleníku, ale teplo sklem prochází jen v omezené míře a pomalu), nazývají se *skleníkové plyny*. Patří mezi ně především *vodní pára, oxid uhličitý, metan*, ale i další složky atmosféry (tab. 11).

Skleníkový jev je jevem přirozeným, působícím na Zemi stovky milionů, možná miliardy let. Hlavní roli v zachycování infračerveného záření má rozptýlená vodní pára a oxid uhličitý.

Tab. 11. Podíl plynů na přirozeném skleníkovém efektu

Plyn	Účinnost [%]
vodní pára	62
oxid uhličitý	22
troposférický ozon	7
oxid dusný	4
metan	2,5
ostatní plyny	2,5

### 2.5.3 Ozonová vrstva

**Ultrafialové záření.** Jednou ze složek slunečního záření je i ultrafialové (UV) záření, které má kratší vlnovou délku než viditelné světlo (tab. 1 a tab. 12).

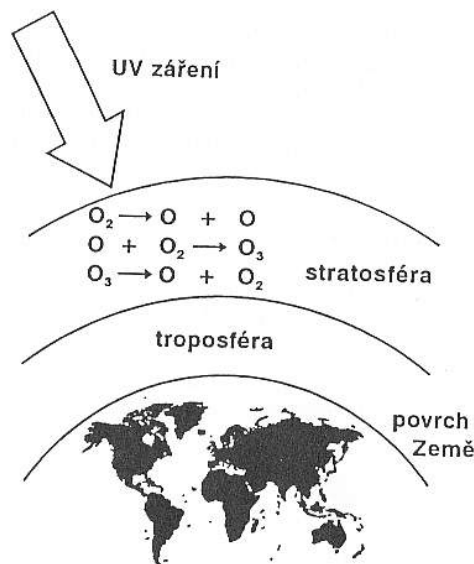
Toto záření je nebezpečné, protože zpomaluje až blokuje proces fotosyntézy, přímo poškozuje rostlinné i živočišné tkáně a způsobuje vážné škody na zdraví člověka. Na zemský povrch ho dopadá jen mizivé množství. Převážná část UV záření je pohlcována vysoko ve stratosféře, v oblasti 15 až 40 km nad povrchem Země.

**Mechanismus vzniku ozonové vrstvy.** Na své cestě prostorem k Zemi se ve stratosféře ultrafialové záření poprvé setkává s molekulami kyslíku a svou energií je rozbíjí na jednotlivé atomy. Ty však rychle reagují s okolními molekulami kyslíku a vzniká molekula větší - tříatomová *molekula ozonu* ( $O_3$ ). Molekuly ozonu jsou však další složkou UV záření zase rozbijeny (obr. 24). Energie záření je využita na rozklad molekuly a mění se na teplo. Oba děje vzniku a zániku ozonu jsou v rovnováze.

Tab. 12. Ultrafialové záření

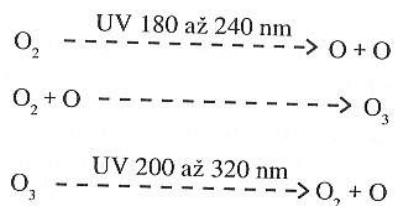
Typ	Vlnová délka [nm]	Škodlivost pro buňky	Pohlčení v atmosféře
UV-A	320-400	neškodné	málo
UV-B	280-320	smrtící	silně
UV-C	180-280	smrtící	zcela

1 mm = 1 000  $\mu$ m (mikrometrů); 1  $\mu$ m = 1 000 nm (nanometrů)



Obr. 24. Vznik ozónového štítu Země

Ozonu příliš nepřibývá ani neubývá. Ozonový štít Země tedy není nějakou pevnou strukturou a stálou vrstvou určitého plynu, ale vlastně soustavou fotochemických reakcí atomů a molekul kyslíku podmíněnou ultrafialovým zářením:



Ozon se nevyskytuje pouze ve výškách mezi 15 až 40 km nad zemským povrchem. Asi 90 % ozonu je obsaženo ve stratosféře, kde tvoří ozonový štít a chrání Zemi před pronikáním škodlivého ultrafialového záření. Asi 10 % je ho v troposféře, kde vzniká přirozeně především vlivem blesků. Ve výškách 15 až 25 km je ho asi 3/4 objemu.

**Měření obsahu ozonu.** Celkem je ozonu v atmosféře velmi málo. Kdyby se veškerý ozon shromáždil na povrchu Země, vznikla by vrstvička o síle asi 3 mm. Obsah  $O_3$  se měří v Dobsonových jednotkách (DU). Sto Dobsonových jednotek odpovídá právě sloupci 1 mm  $O_3$  při povrchu Země.

## 2.5.4 Změny klimatu a poškození ozonové vrstvy způsobené činností člověka

Přirozené složení atmosféry i základní děje, které pomáhají udržovat na Zemi podmínky vhodné pro život (skleníkový jev a ozonová vrstva) byly po nástupu industrializace v minulých dvou staletích, a zvláště v období rozvoje nových technologií posledních desetiletí, významně narušovány činností člověka.

### Zesílení skleníkového jevu

Činností člověka se prokazatelně zvyšuje obsah jak přirozených skleníkových plynů ( $CO_2$ ,  $CH_4$ ,  $N_2O$ , troposférického ozonu), tak i dalších plynů, které v daleko větší míře pohlcují infračervené záření unikající ze Země (tab. 13). Často jde o zcela umělé produkty. Zvýší-li se množství plynů schopných zadržovat teplo, znamená to, že se zvýší i teplota při zemském povrchu a dojde postupně ke globálnímu oteplování.

**Následky globálního oteplování.** Oteplování atmosféry může mít dalekosáhlé následky. Uvažuje se o postupném roztávání vysokohorských i polárních ledovců, následném zvýšení hladiny světového oceánu, o změnách klimatických pochodů (zejména srážkového režimu) v řadě oblastí. Asi před dvaceti lety byl odhadnut nárůst oxidu uhličitého o 55 %, metanu o 15 %, oxidu dusného o 6 %, halogenovaných uhlovodíků o 24 %.

Proti zesilování skleníkového efektu působí paradoxně další následek spalování fosilních paliv - uvolňování oxidu siřičitého. Ten má schopnost vytvářet v troposféře tzv. kondenzační jádra a zvyšovat tak oblačnost, od níž se sluneční záření odráží. Sluneční záření tak nemá možnost pronikat na povrch Země a ohřívat ho, a nemůže být tedy v podobě tepla pohlceno skleníkovými plyny. I když považujeme  $SO_2$  za znečištěninu ovzduší, jeho „ochlazovací“ účinek nelze zcela opominout.

Tab. 13. Přirozená a nepřirozená produkce skleníkových plynů

Plyn	Přirozená produkce	Nepřirozená produkce
oxid uhličité	dýchání rostlin a živočichů, rozklad organických látek v půdě, zvětrávání, vulkanická činnost, uvolňování z oceánů	spalování fosilních paliv, odlesňování a vypalování lesů (tropy) a půdní eroze
metan	v mokřadech jako bahenní plyn, tlení, vulkanická činnost	těžba zemního plynu a uhlí, pěstování rýže, chov dobytka, skládky odpadů
oxid dusný	uvolňování z oceánu, pochody v atmosféře, přirozené lesní požáry	spalování fosilních paliv, hnojení dusíkatými hnojivy

Tab. 14. Nejznámější freony, halony a chlorované uhlovodíky s negativními vlivy na ozonoféru

Látka		Životnost v troposféře [roky]
vzorec	označení	
$\text{CFCl}_3$	CFC-11 (freon 11)	75 až 76,5
$\text{CF}_2\text{Cl}_2$	CFC-12 (freon 12)	110 až 139
$\text{CHF}_2\text{Cl}$	CFC-22 (freon 22)	14 až 22
$\text{CF}_2\text{Cl}-\text{CFCl}_2$	CFC-113 (freon 113)	90 až 92
$\text{CF}_2\text{Cl}_2-\text{CF}_2\text{Cl}$	CFC-114 (freon 114)	185
$\text{CF}_3-\text{CF}_2\text{Cl}$	CFC-115 (freon 115)	380
$\text{CF}_3\text{ClBr}$	H-1211 (halon 1211)	12 až 25
$\text{CF}_3\text{Br}$	H-1301 (halon 1301)	101 až 110
$\text{CCl}_4$	tetrachlorometan	50 až 67
$\text{CCl}_3-\text{CH}_3$	methylchloroform	6,5 až 8,5

#### Poškození ozonové vrstvy

Tvorba a koncentrace ozonu ve stratosféře i troposféře může být do značné míry ovlivňována i člověkem. Ačkoliv ozonový štít poškozují i stratosférické bouře, výbuchy sopek, sluneční protonové bouře a průlety meteoritů, zásadním vlivem se stává především činnost člověka. Jde o zkoušky jaderných zbraní v atmosféře, průlety letadel ve vyšších vrstvách troposféry i ve stratosféře, a hlavně o produkci halovaných uhlovodíků, chlór-fluórokarbonů, tzv. freonů (tab. 14).

**Freony.** Freony jsou výhodné chladicí kapaliny a nosná média pro spreje a těsnící pěny. Jsou to sloučeniny stálé a netoxické. Jejich stálost jim umožňuje setrvávat v atmosféře až stovky let. I když by bylo užívání těchto látek ihned zastaveno, následky jejich působení ponесou i příští generace.

**Chlór, fluór, bróm.** Chlór a částečně i další halogeny (fluór, bróm), které mohou také být součástí freonů, reagují s ozonem a způsobují jeho rozklad, přičemž samy mohou vstoupit do reakce až 30 000krát. Jeden atom chlóru tak může rozrušit až 30 tis. molekul ozonu. Do podobných reakcí mohou však vstupovat i jiné plyny:



**Ozonové díry.** Vážné úbytky ozonu byly pozorovány hlavně na jižním pólu nad Antarktidou a nad velkými městy. Oblasti se sníženou koncentrací ozonu se nazývají ozonové díry. Tudy proniká na povrch Země UV záření ve zvýšené míře a může poškodit rostlinné i živočišné tkáně nebo narušit proces fotosyntézy.

I když na možnost ovlivnění stratosférického ozónu poukazují vědci již od počátku 70. let, byla první důkladná měření úbytků ozónu nad Antarktidou provedena až v letech 1985 až 1987. Ještě donedávna se uvažovalo o přirozené přítomnosti ozonové díry (zejména nad Antarktidou na konci zimy), neboť i z moře jsou uvolňovány látky obsahující chlór ( $\text{HCl}$ ,  $\text{CH}_3\text{Cl}$ ) i bróm; reakce snadněji probíhají na ledových krystalcích stratosférických oblaků vyskytujících se v polárních oblastech častěji než jinde. Poslední výzkumy dokazují, že na úbytcích ozónu ve stratosféře se podílejí stále větší měrou právě halogeny uvolňované z freonů a halonů.

**Mezinárodní úmluvy o ochraně ozonové vrstvy.** Vážnost situace vyjadřuje celá řada mezinárodních konvencí, které byly na ochranu stratosférické ozonové vrstvy přijaty. Jde o Vídeňskou dohodu z r. 1985, kterou podepsalo 21 států (tzv. rámcová dohoda o ochraně ozonové vrstvy), Montrealský protokol z r. 1987, který přijalo 24 států, stanovuje konkrétní velikost redukce výroby a spotřeby halogenovaných uhlovodíků (vstoupil v platnost 1. 1. 1989), Londýnská konference signatářů Montrealského protokolu z r. 1990 (připojila se i tehdejší ČSFR) revidovala a zprísnila přijatá opatření. Od r. 2000 smějí být freony užívány pouze v případech, kdy není jiná alternativa, ne však déle než do r. 2040.

#### 2.5.5 Znečištění ovzduší

Kromě dusíku, kyslíku a několika dalších hlavních plynů se v atmosféře vyskytují i stopová množství mnoha dalších plynů. I bez přispění člověka jsou zdrojem oxidu siřičitého ( $\text{SO}_2$ ), oxidu dusíku (označované vzorcem  $\text{NO}_x$ ), amoniaku ( $\text{NH}_3$ ) i metanu ( $\text{CH}_4$ ) nejrůznější přírodní procesy.

**Přirozené zdroje atmosférických příměsí.** Největším přirozeným zdrojem nejrůznějších plyných sloučenin a aerosolů je oceán. Kromě pohlcování a výdaje  $\text{CO}_2$  je oceán hlavním zdrojem  $\text{N}_2\text{O}$ , sirovodíku ( $\text{H}_2\text{S}$ ) a chlorovodíku ( $\text{HCl}$ ), který je uvolňován z mořské soli. Biologické procesy v oceánu jsou dokonce zdrojem některých chlorovaných uhlovodíků, např.  $\text{CH}_3\text{Cl}$ . Také vegetace je přirozeným zdrojem některých látek. Vedle produkce  $\text{CO}_2$  při dýchání a  $\text{O}_2$  při fotosyntéze rostliny uvolňují i metan,  $\text{CO}$ , aldehydy, ketony, organické peroxidy, terpeny a izopren. Tyto látky mohou být někdy i příčinou vzniku aerosolů a mohou snížit viditelnost. Požáry lesů, křovin a stepí mohou být přirozeným zdrojem celé řady látek známých ze spalování fosilních paliv. Do ovzduší se uvolňuje celá škála látek vulkanickou činností ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{NH}_4$ , prašný aerosol) a činností mikroorganismů ( $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{CH}_4$ ). Zdrojem oxidů dusíku ( $\text{NO}_x$  -  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ) a ozónu mohou být i blesky.

**Nepřirozené zdroje atmosférických příměsí.** K uvedeným přirozeným procesům významně přispívá činnost člověka. Jde především o spalovací procesy, jako je vypalování lesů, spalování fosilních paliv, topení dřevem. Významná je

i produkce potravin - pěstování rostlin a chov domácích zvířat. Znečištění ovzduší zasahuje do mnoha zásadních přirozených mechanismů.

### Kyselé srážky

Přítomnost silných anorganických kyselin ve srážkové vodě byla prokázána již dávno. Produkty spalovacích procesů, zejména  $\text{SO}_2$  a  $\text{NO}_x$ , postupně v atmosféře oxidují a reagují s vodou až na kyselinu sírovou a dusičnou. V podobě sněhu, deště, rosy a námrazy je známe jako *kyselé srážky*.

**Vlivy kyselých srážek.** Tyto srážky ohrožují lesy, okyselují jezera a toky (ohrožení života ryb a planktonu), degradují půdy (ohrožení půdních organismů, změna chemismu půdy). Kyselými srážkami není poškozována pouze příroda. Kyseliny obsažené v kyselých srážkách reagují s řadou materiálů a způsobují jejich korozi. Výrazně tak mohou být poškozeny i stavby, sochy i jiné historické památky ve městech.

**Odsíření.** Účinky kyselých srážek mohou být sníženy pouze tehdy, když bude do ovzduší vypouštěno méně oxidů síry a dusíku. Jedním ze způsobů, které umožňují významně omezit emise oxidu siřičitého z velkých zdrojů, jako jsou tepelné elektrárny spalující hnědé sirlaté uhlí, je odsíření. Nejběžnějším procesem je tzv. odsíření mokrou cestou, kdy se do spalín vstříkuje jemně mletý vápenec s vodou. Tento proces umožňuje zachytit unikající spaliny tím, že oxidem siřičitým vzniká sádrovec. Zjednodušeně lze princip reakce uvést takto

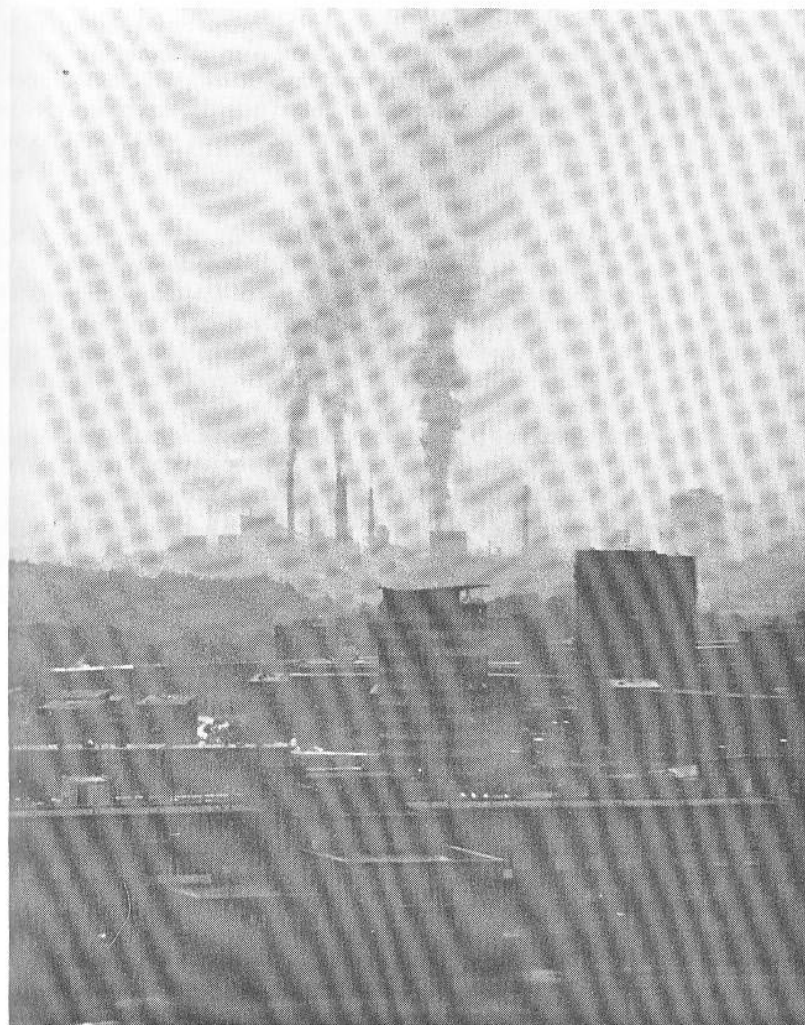


Odsíření uvedenou metodou má asi 90 % účinnost. Způsobů odsíření je několik, ale žádný z nich neřeší problém úplně. Sádrovec vzniklý při reakci vápence se sirlatými spaliny bývá zpracováván na sádro a dále na sádrokartonové desky, které mají velmi dobré využití ve stavebnictví. Do ovzduší je ale uvolněno více oxidu uhličitého (z vápence), který je významným skleníkovým plynem. Odsíření proto není dokonalá metoda zabráňující znečištění ovzduší, ale jen posouvá problém do jiné úrovně.

Jedinou skutečně účinnou metodou ke snížení koncentrace škodlivin vznikajících při spalování sirlatého uhlí je omezení tohoto způsobu výroby elektrické energie. Toho je možno dosáhnout hlavně úsporami energie, přechodem na alternativní zdroje energie a nahrazením stávajících technologií příznivějšími pro životní prostředí.

### Smog

Kombinací mnoha typů lidské činnosti a klimatických faktorů vzniká ve městech a průmyslových oblastech znečištění nazývané *smog* (z ang. *smoke* a *fog* - kouř a mlha). Rozeznáváme dva typy smogu.



Obr. 25. Smog nad průmyslovým městem

**Zimní (londýnský) smog.** Tento smog dostal jméno podle situací známých z Londýna už od 18. a 19. století. Vzniká za mlhavých dnů nebo při teplotních inverzích (studená vrstva vzduchu se drží při zemi a teplejší je nad ní), při spalování pevných paliv s vysokým obsahem popelovin a síry. Skládá se z prашného aerosolu (jemné částičky popílku a sazí),  $\text{SO}_2$  a CO. Podle přítomnosti obou

uvedených plynných škodlivin, které mají redukční vlastnosti, se také zimní smog nazývá *redukční*. Smog se objevuje zejména v zimě a má prokazatelný vliv na zhoršení zdravotního stavu, zejména na vyšší výskyt bronchitidy, astmatu a dalších dýchacích potíží i na zvýšení úmrtnosti. Dokud budou k topení využívána tuhá paliva, bude se tzv. londýnský smog v zimních obdobích vyskytovat jak ve větších městech (v Praze, Ostravě, Teplicích, Mostě, Chomutově a Ústí nad Labem), tak i v každé vesnici (obr. 25).

**Letní (losangelský) smog.** Vzniká za intenzivního slunečního svitu, kdy na zplodiny ze spalovacích motorů, zejména  $\text{NO}_x$ , CO a uhlovodíky působí UV záření. Vytváří se ozon, který vstupuje do složitých, tzv. fotooxidačních reakcí za vzniku aldehydů, kyseliny dusičné, peroxidů a řady dalších látek. Celá směs působí nejen dráždění oční rohovky a spojivky, sliznic dýchacích cest a zhoršení plicních funkcí, ale i ztráty rostlinné produkce a poškozování uměleckých památek.

Losangelský smog (nazvaný podle místa, kde byl poprvé zaznamenán a studován) se vyskytuje především v létě a během teplých podzimních i jarních dnů. Pro vysoký obsah peroxidů a ozonu, které mají silné oxidační účinky, a podle významné účasti slunečního záření při reakcích v ovzduší, se také letní smog nazývá *fotooxidační*.

**Situace u nás.** I když produkce oxidů síry v posledních letech významně poklesla, stále využívání sirnatého uhlí v lokálních topeništích ve městech i na vesnicích a nedokonale odsířené elektrárny budou na našem území příčinou zimního smogu i v budoucnu. Zlepšení může přinést jak modernější spalovací technologie, tak především šetření energií a hledání alternativních zdrojů vytápění a produkce elektřiny.

Vysoký nárůst automobilové dopravy zejména od počátku 90. let 20. století způsobuje, že se v řadě našich měst vyskytuje letní smog čím dál častěji a koncentrace škodlivin vzrůstá. Jedinou ochranou proti jeho vzniku je omezení využívání automobilů v individuální a nákladní dopravě a upřednostnění hromadné dopravy jak ve městech (metro, tramvaje, trolejbusy), tak i mimo města na delší vzdálenosti (železnice).

### **Teplo, hluk a radioaktivita**

Na znečištění ovzduší se podílejí i fyzikální faktory, jako je *teplo, hluk a radioaktivita*.

**Tepelné znečištění ovzduší.** Nad velkými městy a průmyslovými centry má ovzduší obvykle vyšší teplotu, díky soustředění nejrůznějších spalovacích, ale i chladicích procesů. Změna teploty (tepelné znečištění atmosféry) může znamenat i změnu místních klimatických poměrů, změnu tvorby oblačnosti a místní bouřky.

**Vliv hluku.** Hluk, který je přenášen vzduchem, způsobuje hlavně doprava, využívání strojů a nástrojů, často také hlasitá reprodukováná hudba. S vysokými hladinami hluku se setkáváme především ve městech. Při vyšších intenzitách výrazně ovlivňuje zdraví člověka (podrobněji v kap. 2.9.2).

**Zdroje radioaktivity.** Do ovzduší se dostává z geologického podloží nebo ze stavebního materiálu též radon (Rn). Zvýšenou radiaktivitu může způsobit i havárie jaderných elektráren, vyhořelé jaderné palivo a pokusy s jadernými zbraněmi. V naší republice je doložen výskyt radioaktivních popílků z tepelných elektráren, které spalují velká množství uhlí se stopovým množstvím radioaktivních prvků.

### **Znečištění ovzduší vnitřních prostorů**

Ovzduší uvnitř domů, bytů a škol bývá znečištěno nejrůznějšími látkami. Velkou nevýhodou uzavřených prostorů je často jejich *nízká větratelnost*.

**Produkty spalování.** Nejvýznamnějšími škodlivinami vnitřních prostor jsou produkty spalování vznikající při *vaření, kouření a topení*. Jde o *oxidy dusíku, oxid uhelnatý, benzo-a-pyren a prашné částice*. V domácnostech, kde se užívá k vaření, topení i ohřevu vody zemní plyn nebo svítíplyn, lze zjistit vysoké koncentrace  $\text{NO}_2$ .

**Stavební materiály a vybavení bytů.** Různé chemické látky tekavé povahy se uvolňují z nábytku, kobereců, bytových doplňků i ze stavebního materiálu. Jde např. o *styrén* z plastů a umělých vláken, *formaldehyd* z tmelících pryskyřic dřevovláknitých desek. Z prostředků užívaných k čištění a konzervaci textilií se uvolňuje *tetrachlóretylen* a *tetrachlórmethan*, popř. *paradichlórbenzen*. Většina tekavých látek tohoto typu způsobuje podráždění sliznic, ale i nervové poruchy a může přispět k tvorbě rakoviny. Klasický dřevěný nábytek je vhodnější. Nejen že obsahuje malé množství tekavých látek, ale napomáhá také vyrovnávat hladinu vlhkosti v bytě. Ze stavebních a tepelných izolací se do ovzduší dostávají jemná *azbestová vlákna* s prokazatelně kancerogenními účinky. Významným faktorem znečišťujícím vnitřní prostředí je i *tabákový kouř*.

**Alergeny.** Na znečištění ovzduší se podílejí i významné alergen - části těl *roztoců, vlákn*a a spóry *plísni* i některé patogenní *mikroorganismy*.

**Radon.** V některých málo větraných místnostech může být i vysoká koncentrace radonu, který se může dostávat do obytných prostorů z geologického podloží a ze stavebního materiálu (který může být vyráběn z radioaktivních popílků).

**Pracovní prostředí.** Daleko více je znečištěno ovzduší v průmyslových provozech než v obytných místnostech a v kancelářích. Výše uvedené látky se mohou vyskytovat v daleko vyšších koncentracích a navíc k nim přistupují další



látky, např. těžké kovy, organická rozpouštědla a faktory fyzikální podstaty, jako je vysoká teplota, oslnění, hluk, vibrace apod.

### Emise a imise

Znečišťující látky unikající ze zdrojů (např. z komína nebo výfuku automobilu) označujeme jako *emise*. Jakmile se dostanou do ovzduší, účastní se dalších chemických reakcí nebo se přenášejí z místa na místo; nazýváme je *imisemi*. Emise škodlivin je vždy daleko koncentrovanější než škodlivina ve formě imise. Po přechodu do ovzduší a přenosu jsou totiž znečišťující látky vždy naředěny neznečištěným nebo málo znečištěným vzduchem.

### Sledování a měření znečištění ovzduší

Koncentrace škodlivin v ovzduší jsou sledovány obvykle skupinou jednotných měřicích stanic, tzv. monitorovací sítí. V ČR tvoří hlavní monitorovací síť stanice Českého hydrometeorologického ústavu. Svě síť má i hygienická služba, jednotlivé stanice mohou provozovat také průmyslové podniky, místní a okresní úřady či vědecké ústavy. Moderní síť monitorovacích stanic je plně automatizovaná. Údaje o znečištění ovzduší se přenášejí do centrální databáze pevnými telefonními linkami většinou v intervalech jedenkrát za půl hodiny. Pro další využití se nejčastěji vypočítávají denní (24hodinové), měsíční a roční průměry.

Koncentrace hlavních škodlivin ( $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$  a prašného aerosolu) se vyjadřuje nejčastěji v  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (mikrogramy na metr krychlový). Nejvyšší přípustný denní limit (přípustné znečištění ovzduší vyjádřené jako průměr za 24 hod. měření) je v naší republice pro  $\text{NO}_x$  100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , pro  $\text{SO}_2$  150  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  a pro prašný aerosol také 150  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

### Otázky

1. Vysvětlíte princip skleníkového efektu. Které činnosti člověka napomáhají jeho zesílení a jak?
2. Jaký je mechanismus funkce ozonového štítu Země?
3. Co jsou freony a jak působí rozklad ozonu?
4. Jak vznikají kyselá deště?
5. Jaký je rozdíl mezi letním a zimním smogem?
6. Lze nalézt informace o některých atmosférických škodlivinách ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{O}_3$ , freony, radon atd.) také v učebnici chemie, kterou používáte? Co je tam uvedeno?
7. Pokuste se v hodině chemie vypočítat, kolik tun  $\text{SO}_2$  vyprodukuje naše uhelné elektrárny, když průměrný obsah síry v uhlí je 1 % a roční spotřeba uhlí je 50 mil. t. Zjistěte také, kolik bude nutno vytěžit vápence (při 90 % obsahu  $\text{CaCO}_3$ ) pro neutralizaci, tj. odsíření 1 tuny  $\text{SO}_2$ , a kolik  $\text{CaSO}_4$  (sádrovce) přibude. Napište na toto téma úvahu.

## 2.6 Využívání a znečišťování vody

### 2.6.1 Charakteristika vody

**Vznik hydrosféry.** I když se voda na Zemi vyskytuje ve všech třech skupenstvích, je pro vznik života nejdůležitější přítomnost kapalného skupenství. Za velké množství vody vděčíme především *postupnému odvodňování zemského nitra* (kap. 1.4.3). Během miliard let se z hornin, které se dostávaly na povrch, uvolňovala do ovzduší voda. Při chladnutí měnila voda skupenství a postupným vysrážením vznikly oceány, řeky, jezera a později i ledovce.

**Význam vody.** Voda a její koloběh úzce souvisí s procesy v atmosféře. Oceán je obrovským rezervoárem tepla, které získává ze slunečního záření. Se zpožděním několika měsíců až desetiletí ho opět uvolňuje do atmosféry. Pohyb vodních mas o různé teplotě je jedním z hnacích kol klimatického stroje. Blízkost oceánu také významně ovlivňuje místní klima (oceánské a pevninské podnebí). Kromě této zásadní funkce v globálním měřítku má voda význam také pro funkci živých organismů, protože je základní stavební látkou živých těl. Organismy obvykle obsahují okolo 60 % ale často i 99 % vody.

**Chemické vlastnosti vody.** Chemicky se molekula vody skládá ze dvou atomů vodíku a jednoho atomu kyslíku. Molekuly vody vytvářejí mezi sebou pevné vazby, které dále ovlivňují její fyzikální a chemické vlastnosti. Díky pevným vazbám mezi molekulami vody se udrží její pevné skupenství při normálním tlaku až do 0 °C a kapalné skupenství od 0 až do 100 °C. Voda na naší planetě se nevyskytuje takřka nikde v čistém stavu, tj. jako voda destilovaná. Vždy jsou v ní přítomny různé příměsi a rozpuštěny různé sloučeniny. Nejvíce obsahuje chloridy, sírany, bromidy a uhličitany ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ), ve vodě jsou rozpuštěny i plyny ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$ ).

Největší zásobárnou vody je oceán. V mořské vodě je rozpuštěna řada solí. Mezi prvky, které se ve vodě nejčastěji vyskytují, patří hlavně chlór, sodík, hořčík, síra, draslík a vápník (tab. 15).

Tab. 15. Obsah deseti nejčastějších prvků ve vodě na Zemi

Prvek	Množství prvku [mg/l vody]	Prvek	Množství prvku [mg/l vody]
Cl	19 000	K	380
Na	10 500	Br	65
Mg	1 350	C	28
S	855	Sr	8
Ca	400	B	4,6

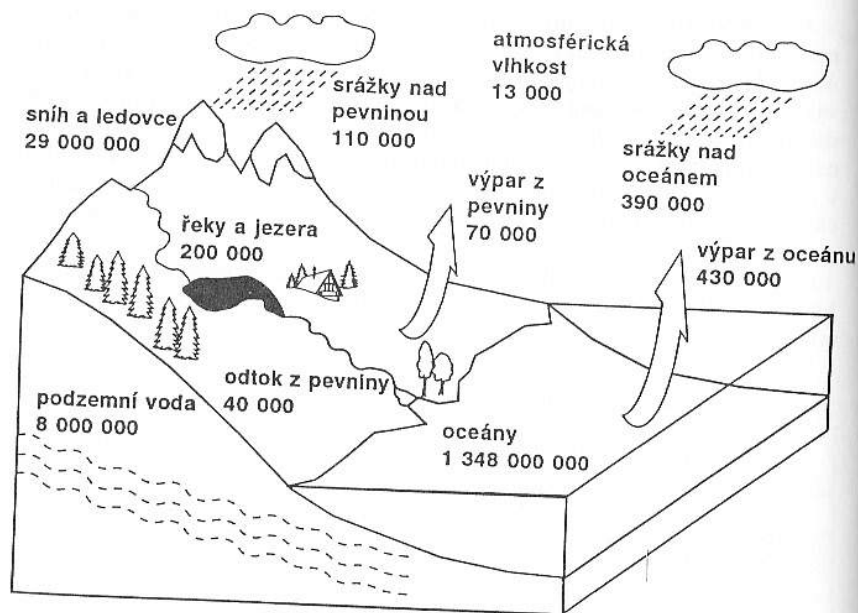
1 mg = 0,001 g

## 2.6.2 Využitelné množství vody

**Zdroje použitelné vody.** Více než 97 % vody je slaná a je součástí světového oceánu. Není proto vhodná ani k pití, k zavlažování, ani pro řadu dalších možných způsobů využití. Teoreticky má člověk k dispozici obrovské množství sladké vody v podzemí, v ledovcích, v jezerech a v řekách (viz tab. 2). Ne všechna tato voda je ale dosažitelná a technicky získatelná.

**Stabilní roční odtok.** Množství, které koloběh dovoluje opakovaně použít, je jen ta část, která se každoročně vrací z pevnin do oceánů - tedy jen nepatrné množství, asi 40 tis. km<sup>3</sup> vody ročně (obr. 26). Toto množství nazýváme *stabilní roční odtok*. Všechnu tuto vodu nemohou rostliny, živočichové a člověk využít, protože největší podíl odeče v podobě přivalových vod po prudkých deštích (26 tis. km<sup>3</sup>), další část odeče řekami a potoky z neobydlených oblastí (5 tis. km<sup>3</sup>). To znamená, že člověk může každoročně využít asi 9 tis. km<sup>3</sup> vody.

**Roční spotřeba vody na osobu.** Odhaduje se, že na světě se roční spotřeba na osobu pohybuje mezi 7 až 8 tis. m<sup>3</sup>. Všechno obyvatelstvo světa tak spotřebuje asi 3 až 4 tis. km<sup>3</sup> vody ročně, což je méně než polovina vody, kterou můžeme



Obr. 26. Množství vody v globálním koloběhu (km<sup>3</sup>)

odebírat, asi desetina stabilního odtoku a jen zlomek toho, co nalézáme v dalších rezervoárech vody, např. v podzemí.

**Rozdělení zdrojů vody.** Srážky, rychlost výparu, zásoby podzemní vody ani odtok nejsou rozprostřeny rovnoměrně. Tato nerovnoměrnost je hlavní příčinou obav o dostatek pitné či užitkové vody pro člověka. Díky vysokým srážkám má např. každý Kanaďan možnost využít až 120 tis. m<sup>3</sup> za rok, naproti tomu obyvatel Malty má k dispozici průměrně asi 70 m<sup>3</sup> za rok. V mnoha oblastech světa žijí lidé v ještě nepříznivějších podmínkách. Někde může sucho trvat i několik let, jinde jsou naopak některá území často zaplavována následkem vysokých srážek.

**Dostupnost vody v České republice.** I když naše republika nepatří ke srážkově chudým oblastem, jsou ve skutečnosti atmosférické srážky našim jediným zdrojem vody. Přítok řekami ze sousedních zemí je zanedbatelný. Podle dlouhodobých průměrů se objem vody získaný ze srážek pohybuje okolo 52,7 km<sup>3</sup> ročně. Zdálo by se, že je u nás mnoho pramenných oblastí, a tedy i dostatečné množství kvalitní čisté vody. Tuto vodu je však nutno pro další použití zachycovat v údolních nádržích. Je tu i možnost využívat podzemní zdroje vody. Její zásoby jsou ale závislé na místních srážkách. Znamená to, že je u nás dostatek vody dán především dostatečným množstvím srážek a jejich vhodným zadržením. Z celkového objemu ročních srážek pouze asi 2,7 % přispívá k obnově podzemních zdrojů vody, 28,8 % (asi 15 km<sup>3</sup> ročně) tvoří povrchový odtok a 68,5 % připadá na výpar a půdní vláhu.

Naše naprostá závislost na srážkách se projevila několikrát v minulosti, naposled v období, které začalo v r. 1989. Srážkový deficit začal narůstat na jaře 1989 a měl své maximum v r. 1994. V nejsušších měsících byly nádrže v Čechách naplněny z 50 až 70 %, na Moravě ze 40 až 65 %. Zásoby v Brněnské přehradě byly však v té době pouze 10 %. Drastický pokles hladiny byl zaznamenán v období 1989 až 1994 i v údolní nádrži Švihov-Želivka, zásobárny pitné vody pro Prahu, nebo v údolní nádrži Klíčava, což je rezervoár pitné vody pro Kladno a okolí. Od druhé poloviny 90. let je nedostatek srážek minulých let postupně vyrovnáván zvýšenými srážkami v posledních letech.

## 2.6.3 Počet obyvatel a dostatek vody

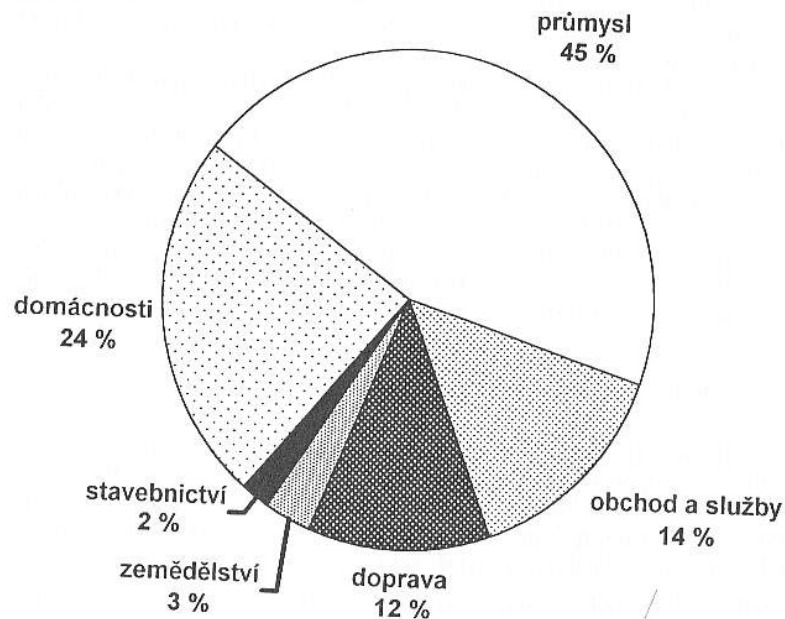
V mnoha oblastech svět, kde rychle roste populace a kde jsou malé zdroje vody, klesá dostupnost pitné i užitkové vody na osobu s počtem přibývajících obyvatel. Je třeba si uvědomit, že nejde pouze o vodu k pití, ale také o vodu nutnou k zavlažování, tj. k produkci potravin. Ve světě je 50 až 80 % celkové spotřebované vody použito pro zavlažování.

**Faktory ovlivňující dostatek vody.** Růst populace v některých částech světa není jediným faktorem, který bude v budoucnu ovlivňovat dostatek pitné i užitkové vody v zemích, které jsou již nyní v její spotřebě pod celosvětovým průmě-

Tab. 16. Spotřeba vody pro různé účely

Účel	Množství
jídlo a pití na osobu (za den)	2 až 3 l
splachovací WC (1x)	6 až 10 l
koupání (1x)	100 až 200 l
výroba 1 kg papíru	0,8 m <sup>3</sup>
vypěstování 1 kg pšenice	0,6 až 1,4 m <sup>3</sup>
vypěstování 1 kg rýže	4,5 m <sup>3</sup>
vypěstování 1 kg bavlny	16 m <sup>3</sup>
produkce 1 kg masa	30 až 60 m <sup>3</sup>
výroba automobilu o hmotnosti 1 až 2 t	500 až 800 m <sup>3</sup>

rem. Odběr vody není závislý pouze na počtu obyvatel, ale také na způsobu jejich života. S rostoucí průmyslovou výrobou, kterou řada rozvojových zemí předpokládá, bude vzrůstat i potřeba vody pro průmysl a pro požadované zvýšení hygieny v domácnostech (tab. 16). Při střízlivém zhodnocení situace není často z tohoto problému východiska. Rostoucí populace v suchých oblastech východní a subsaharské Afriky bude mít patrně vody stále nedostatek, jak pro osobní použití, tak i pro průmysl i zavlažování.



Obr. 27. Využití pitné vody v ČR

**Problémy s vodou v ČR.** Také současný stav spotřeby a produkce pitné vody v ČR napovídá, že ačkoli je v různých obdobích znám z naší republiky srážkový deficit a zásoby pitné vody se mohou značně zmenšit, úsporná opatření jsou nedostatečná. Na konci 80. a na začátku 90. let z pražské vodovodní sítě unikalo následkem netěsností a havárií potrubí okolo 30 % pitné vody (obr. 27).

## 2.6.4 Znečištění vody

**Kvalita vody a její použití.** Voda potřebná pro zavlažování nemusí mít stejné vlastnosti jako voda pitná. Pro posouzení kvality vody existují určitá kritéria. Nejprísnejší jsou kladena na pitnou vodu a na produkci potravin, nejmenší nároky jsou kladeny na vodu využívanou v průmyslu. Ta obvykle nesmí obsahovat velké množství pevných látek a nesmí mít korozivní účinky.

Pro dopravu a energetické využití vody v přehradách je jediným limitujícím faktorem její dostatek. Každý stát má pro posouzení kvality vody celou řadu norem.

**Znečištění pitné vody.** Dříve měla pramenitá i čerpaná podzemní voda dostatečnou kvalitu, a tak mohla být po mírných úpravách použita jako pitná. V současné době je často situace horší a mnoho přirozených pramenišť a podzemních zásob vody je znečištěno.

V důsledku činnosti člověka se ve vodě vyskytují i další látky, nebo se obsah jinak přirozených látek neúměrně zvyšuje. Nejčastější příčinou znečištění podzemních vod jsou průsaky z půdy, vypouštění odpadních vod z průmyslu nebo havárie nádrží s nebezpečnými kapalinami. Znečištění podzemních vod je dlouhodobé. Voda je zde vázána na horniny a její pohyb a výměna jsou velmi pomalé.

V České republice byly znečištěny podzemní vody ve velkém rozsahu vlivem těžby uranu u České Lípy. Do zdejšího podzemí byly zvláštními vrty vtačeny statisíce tun kyseliny sírové, dusičné a fluorovodíkové. Uran obsažený v horninách se jejich pomocí vyloužil a roztok byl vypumpovávan zpět na povrch k dalšímu zpracování. Zbytky kyselin však kontaminovaly ohromná množství pro vodu propustných hornin. Následky tohoto znečištění ponесou ještě příští generace.

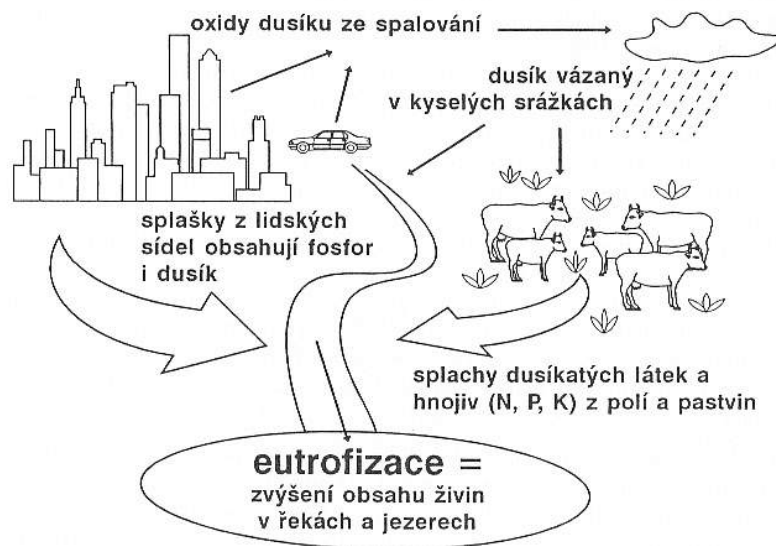
**Znečištění oceánů.** Kromě stálého přítoku znečištěné vody řekami přispívá ke znečištění pobřežních oblastí moří vypouštění odpadů na volném moři, rozptylování kalů z čistíren odpadních vod, ukládání radioaktivních odpadů a vyplachování tankerů dopravujících ropu. Havárie tankerů byly již několikrát příčinou rozsáhlých pobřežních ekologických katastrof. Znečištění vody se tak stává i globálním nebezpečím.

### Faktory způsobující znečištění vody

• **Patogenní organismy.** Viry, bakterie, prvoci a některé další organismy, jako např. plísňe, jsou přítomny v odpadních vodách z lidských sídel, v odpadech ze zemědělské výroby či ze skládek tuhého komunálního odpadu (TKO). Voda takto znečištěná je nevhodná k pití a často i k zavlažování, hlavně vzhledem k možnému ohrožení zdraví lidí. Tímto způsobem se mohou přenášet nákazy živočichů a rostlin.

• **Netoxické organické látky.** Odpadní vody z potravinářského, textilního a papírenského průmyslu i zemědělství mohou obsahovat tuky, bílkoviny, polysacharidy, zbytky rostlinných a živočišných tkání. Tyto jinak netoxické látky jsou ve vodě dále rozkládány. Při rozkladu je spotřebováván kyslík rozpuštěný ve vodě. Ve vodě bez kyslíku nemohou žít rostliny ani živočichové. Tato voda je vhodná pouze pro některé druhy bakterií, které jsou schopny žít v bezkyslíkatých (anaerobních) podmínkách. Takové vody zapáchají a rozklad organických látek v nich probíhá pomalu.

• **Nadměrný obsah živin.** Za živiny jsou považovány látky potřebné pro růst rostlin. Jde většinou o rozpustné soli - dusičnany a fosforečnany, které jsou obsaženy v zemědělských hnojivech, ať už průmyslových nebo statkových. Tyto látky se dostávají do vod v podobě smyvů z polí a pastvín, dusičnany též ze septiků



Obr. 28. Příčiny eutrofizace

a hnojišť. Významným zdrojem látek obsahujících fosfor jsou mycí a prací prostředky, které se do vod dostávají jako složka splaškových vod z lidských sídel. Nadměrné množství živin se označuje jako *eutrofizace* (obr. 28).

• Ve vodách s nadměrným obsahem živin dochází v první fázi k nárůstu fytoplanktonu (fotosyntetizujících řas a sinic) a dalších vodních rostlin. Následuje pomnožení zooplanktonu (drobných vodních heterotrofních organismů), které se řasami živí. Vzrůstá spotřeba kyslíku potřebného k dýchání pomnožených organismů i k rozkladu odumírajících těl těchto organismů.

• Takto znečištěné vody mají často podobný osud, jako vody znečištěné nejedovatými organickými látkami - dochází v nich ke vzniku anaerobních podmínek a omezení života ve vodě. Přebytečné množství jinak potřebných živin tak může díky nedostatku kyslíku přivodit zhroucení původních ekosystémů.

• **Toxické kovy.** Rozpustné nebo nerozpustné sloučeniny některých kovů (jako jsou Hg, Pb, Zn, Cd, Cu, Cr, Ni, As) se dostávají do vod z různých technologických procesů, při těžbě a zpracování rud a z chemického průmyslu. Často jsou součástí nerozpustných částic, s nimiž se usazují v řekách a jezerech. Postupným uvolňováním nebo rozpouštěním kontaminují vodu. Kdykoli v budoucnu jsou po náhodném zvíření usazenin zdrojem jedovatých látek.

• **Toxické organické látky.** Při zpracování ropy, uhlí, při výrobě barev a laků i při produkci a aplikaci pesticidů přecházejí do vody různé organické látky. Jsou většinou ve vodě nerozpustné nebo rozpustné jen v malém množství. Patří sem polychlorované bifenylly (PCB), polyaromatické uhlovodíky, ropné látky, DDT a další pesticidy, organická rozpouštědla atd. Toxicita některých látek nemusí být vysoká, ale mohou svým zápachem či zabarvením omezit použití vody. Často jde o tak nízké koncentrace, že jejich detekce je velmi obtížná.

• **Kyselé srážky.** Při spalování uhlí, ropy a plynu vznikají oxidy síry a dusíku, plyny, které se ve srážkové vodě rozpouštějí na slabé kyseliny. S deštěm či sněhem se nakonec dostávají do vodního prostředí. Způsobují jev známý jako *okyselování (acidifikaci)* vod pramenů a jezer. Kyselost (pH)<sup>5</sup> nevyhovuje planktonu a některým druhům ryb. V některých vodách nejsou vzácností hodnoty pH 4 i méně, což je hodnota, která představuje pro řadu organismů příliš kyselé prostředí. Navíc jsou okyselenou vodou uvolňovány z geologického podloží a půdy některé sloučeniny či prvky, které mohou být i toxické (Al). Kyselost srážek i povrchových vod se v posledních letech mírně snižuje především snížením produkce oxidu siřičitého. Řada tepelných elektráren je vybavena odsiřovacími zařízeními. Proti okyselování bylo ve Skandinávii používáno i vápnění jezer. To

<sup>5</sup> Hodnota pH označuje kyselost nebo zásaditost roztoků. Neutrální jsou ty, jejichž pH je 7. Směrem k nule stoupá kyselost, od pH 7 do pH 14 stoupá zásaditost. Normální pH srážkových vod je okolo 5,5 až 6. Mírná kyselost je způsobena přítomností oxidů uhlíku, síry a dusíku. Hodnoty po pH 5,5 však ukazují na nepřirozené okyselování srážek.

však znamenalo přísun dalších nepřírodných látek, a tak bylo od těchto zákroků nakonec upuštěno.

**Pevné látky ve vodě - suspenze.** Vlivem eroze, zvířením usazenin, smyvů z prašných povrchů, ale také přímým vypouštěním kalů se mohou do vody dostat toxické i netoxické částičky pevných látek. Mohou se na nich uchytit i choroboplodné zárodky. Z fyzikálního hlediska mohou tyto částičky značně omezovat prostupnost vody pro světlo, a tak nepříznivě ovlivňovat fotosyntézu v hlubší vodě. Částičky přenašené vodou se nakonec usazují v rybnících, přehradních nádržích i přírodních jezerech a způsobují jejich zanášení.

**Zvyšování teploty vody - odpadní teplo.** Vysoká spotřeba vody pro chladicí účely v technologických procesech různých odvětví průmyslu a při výrobě energie i ohřev vody v domácnostech a její následné vypouštění do kanalizační sítě způsobují zvýšení teploty povrchové vody v tocích. Tyto podmínky ovlivňují skladbu společenstev vodních organismů, zvyšují rozpustnost některých sloučenin, snižují nasycenost vody kyslíkem a usnadňují přežívání choroboplodných mikroorganismů. Zásahem do teplotního režimu toků je i vypouštění vody z přehradních nádrží spodem. Vzhledem k tomu, že nejtěžší voda u dna nádrží je pouze 4 °C teplá, v zimním období voda v řekách pod nádržemi nezamrzá a v letních měsících je nepřírodně chladná. Tento jev lze pozorovat např. na Vltavě v Praze, kde je teplota protékající vody silně ovlivněna několika přehradami.

**Radioaktivita.** Dlouhodobým sledováním radioaktivity usazenin bylo prokázáno, že se do vody dostává řada radioaktivních látek při těžbě a zpracování uranové rudy. V ČR jde hlavně o Labe, Vltavu a Ohři, do nichž proniká radium, thorium, popř. uran. Voda může být kontaminována i po haváriích jaderných elektráren cesiem, a dokonce po zkouškách jaderných zbraní, popř. neuváženým vypouštěním radioizotopů užívaných při výzkumu. Přírodně může do vody z hornin pronikat radon. Při delší expozici organismu radioaktivním zářením se zvyšuje možnost vzniku rakoviny.

#### *Prostorové a časové aspekty znečištění vody*

Znečišťování je možno rozlišit podle místa vzniku a podle doby působení. Dlouhodobé nebo také pravidelné znečištění dělíme na dva typy.

**Plošné znečištění.** Za plošné znečištění považujeme smyvvy z polí, pastvin, velkých oblastí městských a průmyslových aglomerací.

**Bodové znečištění.** Za bodové znečištění považujeme odpadní vody z dobře zjištěných míst, tedy výpustě z továren, kanalizace, z čistíren odpadních vod, vody z dolů apod.

Jak u znečištění plošného, tak i bodového můžeme poměrně dobře předvídat složení a koncentraci látek. Látky charakteristické pro oba typy jsou známé

a koncentrace dobře odhadnutelné. Původci bodového znečištění jsou velmi dobře sledovatelní a za vypouštění odpadních vod do vod povrchových platí poplatky, při překročení stanovených limitů i pokuty. Znečištění z plošných zdrojů je obtížněji sledovatelné a je obtížnější přesně určit původce.

**Havárie.** Představují neočekávané, nepravidelné a obvykle okamžité znečištění vody. Za havárie označujeme úniky nejrůznějších látek, které se dostávají do toků náhle a ve vysokých koncentracích. Havárie jsou ve většině případů vlastně zvláštním stavem bodového znečištění. Havárii nemusí být vždy únik jedovaté látky. Havárii je i náhlý vznik kyslíkového deficitu v eutrofizované nádrži a následný úhyn ryb.

Nejčastější příčinou havárií je *nedbalost* a chybná manipulace se zařízením, dále *dopravní nehody* a *technické závady*. Haváriemi se nejčastěji dostávají do toků, nádrží i do podzemních vod ropné látky a nejrůznější chemikálie. Řadě znečištění můžeme předejít dodržováním pracovní kázně a předpisů. Monitorování havárií je obtížné a mnoho havárií nebo jejich příčin a původců zůstává nezjištěno.

#### *Znečištěná voda a zdraví člověka*

Znečištěná voda působí nepříznivě na zdraví člověka a také na skladbu a životaschopnost společenstev organismů. Toxické kovy, pesticidy a PCB (polychlorované bifenylly) obsažené ve vodě většinou nepůsobí akutní otravy člověka. Mohou se však v tělech rostlin a živočichů kumulovat a v potravním řetězci vedoucím k člověku postupně zvyšovat svou koncentraci. Akutní a chronické otravy rtutí, kadmiiem a olovem většinou způsobují otravy centrálního nervového systému, jater a ledvin.

Zvýšené množství dusičnanů v pitné vodě poškozuje funkce hemoglobinu u dětí. Červené krvinky nejsou schopny vázat v dostatečném množství kyslík (alimentární methemoglobinémie). Vodou se šíří i řada nakažlivých chorob a parazitů. Znečištěné studně jsou dodnes v některých zemích zdrojem nákazy tyfem a cholera. Ve vyspělých zemích s přísnými státními normami a hygienickou kontrolou k podobným onemocněním dochází velmi zřídka.

#### *Čištění vody*

Člověk se dlouhou dobu znečištěním vody nezabýval a spoléhal na přirozené *samočisticí schopnosti* vod. K procesům, které umožňují postupné zlepšení kvality, patří *usazování sedimentu*, přirozený *rozklad znečišťujících látek mikroorganismy*, *spotřeba živin* řasami a *přímé okysličování* a *hydrolyza* (rozklad látek ve vodě). Mechanismus řízeného čištění odpadních vod se neliší od přirozeného mechanismu.

**Čistírny odpadních vod.** V čistírnách odpadních vod je prvním stupněm čištění usazování těžších částic a zachycování hrubých nečistot. Druhým stupněm je biologické odbourávání živin. Voda přichází do styku s řasami a mikroorganismy, které rozkládají organické látky a odstraňují do určité míry i dusíkaté živiny. Ve třetím stupni se chemicky odstraňují látky bohaté na fosfor. Při reakci se železitými solemi se vysráží, usadí na dně nádrží, a mohou tak být z vody odstraněny.

V čistírnách odpadních vod se ovšem těžko odstraňují toxické látky, zvláště těžké kovy, které často znemožňují použití čistírenských kalů ke kompostování a k hnojení. Voda znečištěná jedovatými látkami může způsobit odumírání mikrobů a zablokovat vlastní biologický proces čištění.

**Čištění v lagunách a kořenových čistírnách.** Principy čištění vody v lagunách nebo v kořenových čistírnách jsou založeny na přirozených schopnostech bakterií a jiných mikroskopických organismů žijících v mokřadech rozkládat organické látky z odpadů. Vzniklé živiny jsou vodními a mokřadními rostlinami využívány ke stavbě jejich těl. Odpadní nebo znečištěné vody, které nesmí obsahovat vysoké množství toxických látek, jsou přiváděny do uměle vytvořených mokřadů, kde jsou zbaveny nadměrného množství živin, zákalu a často i ropných látek. Aby bylo čištění účinné, je na jednoho obyvatele třeba i několik m<sup>2</sup> takového mokřadu.

Tento způsob čištění je náročný na zábor ploch, ale velmi šetrný k prostředí, neboť kořenové a mokřadní čistírny odpadních vod neprodukují žádný zbytkový kal, který musí být v klasickém čištění dále zpracováván, spalován nebo ukládán na skládky, a nevyžadují téměř žádnou dodatečnou energii na pohon technologických zařízení. V USA, v západní a severní Evropě již pracuje několik set takových čistíren.

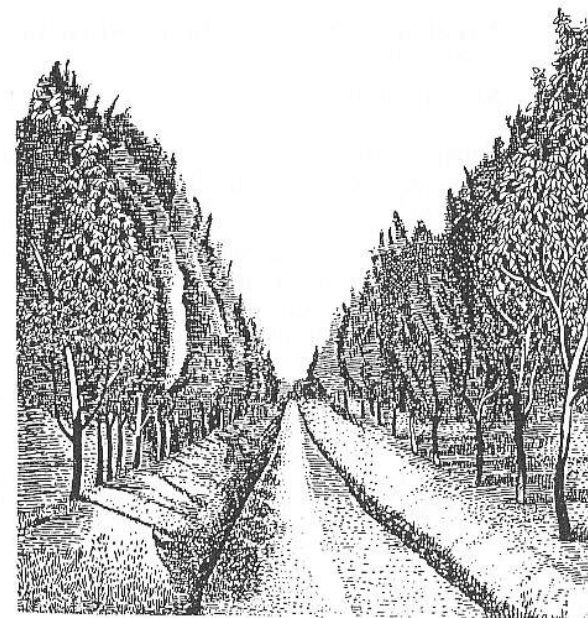
#### *Nevhodné vodohospodářské zásahy*

Činnost člověka nemusí vždy způsobovat jen znečištění vody. Také nevhodné zásahy do vodního režimu v krajině mohou mít řadu negativních vlivů.

**Odvodňování.** Odvodňování zamokřených ploch je nepřirozené. Narovnávání toků řek a potoků způsobuje rychlý odtok vody z krajiny, a tedy i její nedostatek, a také snižuje jejich samočisticí schopnosti (obr. 29). Zасыпávání slepých ramen řek snižuje rozmanitost druhů v přírodě. Meliorace půdy znamenala mimo jiné i odvodnění velkých ploch půdy především v podhůří. Louky a lesy ztratily zadržovací schopnost a přívalové deště způsobovaly záplavy. Rychlý odtok vody z území znamená nižší přítok vody do podzemních zásobáren. Mnoho dříve odvodněných ploch je dnes nevhodných pro pěstování obilí.

*Příklad.* Zасыпávání slepých ramen toku Labe a vysoušení mokřadů pro využití takto získaných ploch k zemědělským účelům způsobilo v Polabí drastický úbytek některých vodních organismů z třídy korýšů - žábřonožek a listonohů.

Obr. 29. Nevhodná regulace toku



Tyto organismy jsou vázány na střídavé zaplavitelnost a vysoušení tůň, slepých ramen řek a mokřadů.

**Zavlažování.** I nadměrné zavlažování zemědělských ploch vede ke zvýšenému výparu, a tedy i ke ztrátám vody. Typickým příkladem ekologických katastrof způsobených takovými zásahy je odvedení vod Amudarji a Syrdarji k zavlažování bavlníkových plantáží v poušti Karakum z původního směru do Aralského jezera. Následkem je nejen vysychání Aralského jezera, ale i zasolení půdy plantáží. Dalším lidským omylem byla stavba Asuánské přehrady na Nilu. Přehrada sice omezila záplavy, ale tím i přisun úrodného bahna, které zaručovalo rolníkům na dolním toku pravidelné výnosy. Erodivaná půda z horního toku však přehradu zanáší a očekává se její úplné zaměření, a tedy i likvidace.

#### *Otázky*

1. Jaké jsou příčiny nedostatku vody v různých oblastech světa?
2. Co člověk využívá při čištění odpadních vod?
3. Jak ovlivňuje spalování uhlí a dalších paliv kvalitu vody?
4. Vysvětlete pojem eutrofizace.
5. Proč je znečištění podzemních vod dlouhodobé?
6. Jaké následky mohou mít špatné vodohospodářské zásahy do krajiny?

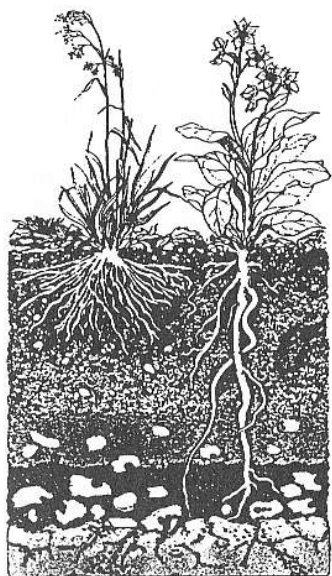
## 2.7 Využívání půdy a produkce potravin

### 2.7.1 Složení půdy

Nejsvrchnější vrstvou zemské kůry je půda. S výjimkou ledovců, pouští a skalnatých oblastí pokrývá většinu povrchu pevniny.

**Vznik půdy.** Půda vznikla a stále vzniká působením celé řady faktorů, a to jak abiogenního, tak biogenního původu. Základem půdy je *povrchová vrstva zvětralé podložní (matečné) horniny*. Rychlost a charakter *zvětrávání* záleží na složení horniny, tj. na jejich fyzikálních a chemických vlastnostech, a na *vlivech podnebí*, tj. na teplotě, proudění vzduchu a srážkách.

Nezanedbatelnou roli při tvorbě půdy hrají i *organismy*, rostliny, živočichové, houby a mikroorganismy. *Půdu je možno charakterizovat jako směs minerálních látek, které vznikají rozkladem horniny a organických látek z rozložených těl organismů*. Mimo to obsahuje tato neživá část plyny, vodu (vodné roztoky látek) a živou složku (bakterie, sinice, houby, řasy, rostliny a živočichy a produkty jejich metabolismu). Živá složka půdy se nazývá *edafon*. Částečně rozložené části těl rostlin a živočichů spolu s výkaly půdních živočichů tvoří *humus* (obr. 30).



povrchová opadanka

humusovitá vrstva

jílovitá vrstva

rozrušená hornina

matečná hornina

Obr. 30. Půdní profil

Mezi půdou a prostředím (horninami, vodou, ovzduším a organismy) dochází k výměně látek (C, N, P, K, Mg, S atd.). Půda je nezanedbatelnou součástí biogeochemických cyklů.

**Typy půd.** Podle klimatických podmínek a charakteru matečné horniny rozznáváme celou řadu typů půdy. Tyto typy se liší chemickými ukazateli, zastoupením organismů, strukturou a propustností pro vodu a plyny. Typy půd se vytvářely, vyvíjely a stabilizovaly pod vlivem mnoha faktorů. Určité typy vznikaly ve stepích a savanách, jiné typy v jehličnatých nebo listnatých lesích mírného pásma, další na pouštích a jiné v tropických deštných lesích. Vyvinuly se tak půdy suché, trvale nebo periodicky podmáčené, půdy trvale zmrzlé a řada dalších typů. Půdu jako složitý systém studuje *pedologie*.

### 2.7.2 Plocha půdy na Zemi

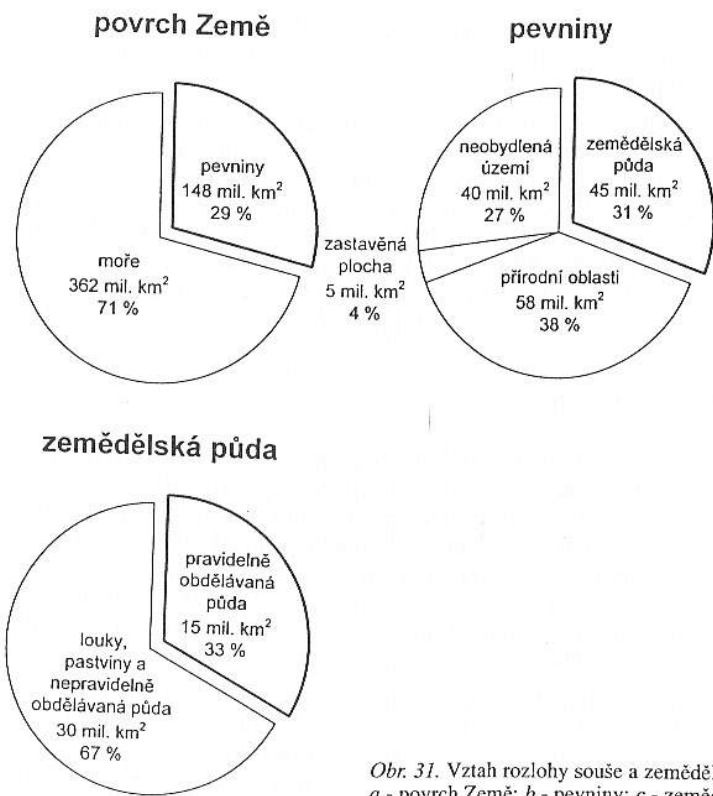
Teprve od doby, kdy začal člověk využívat půdu k pěstování rostlin a k pastvě domácích zvířat, dal vzniknout i půdě, tak jak ji chápeme nyní, tedy jako prostředek pro obstarávání potravy, zdroj surovin pro průmysl, k topení (rašelina), ke stavbě a k výrobě keramiky (cihlařské hlíny) apod. Člověk chápe půdu především jako zemědělskou obdělávanou půdu, která je z velké části umělým systémem, který před započítáním zemědělství v přírodě neexistoval. Člověk musí do tohoto polopřirozeného substrátu vkládat značné množství energie a látek, aby ho udržel stabilní a dlouhodobě produktivní, což se vždy nedaří.

**Pevnina a půda.** Množství půdy na Zemi je dáno plochou pevniny. Z celkové plochy povrchu Země (asi 510 mil. km<sup>2</sup>) připadá na souše 29 %, tj. asi 148 mil. km<sup>2</sup>. Asi 58 mil. km<sup>2</sup> připadá na nenarušené přirozené ekosystémy, 40 mil. km<sup>2</sup> na ostatní neobydlená území, asi 5 mil. km<sup>2</sup> je plocha zastavěná a něco přes 45 mil. km<sup>2</sup> je zemědělská půda.

**Zemědělská půda.** Asi 15 mil. km<sup>2</sup> (11 % souše) je zemědělsky obhospodařováno. Z tohoto množství tvoří přibližně dvě třetiny plocha pastvin, luk, či nepravidelně obhospodařované půdy, a pouze jednu třetinu, tj. asi 15 mil. km<sup>2</sup>, můžeme považovat za intenzivně zemědělsky obdělávanou půdu (obr. 31).

### 2.7.3 Změna struktury půdy a její poškozování

**Obhospodařování.** Oráním, okopáváním, hnojením, odvodňováním, nebo naopak zavlažováním a dalšími činnostmi, pozměnil člověk nejen přirozenou strukturu půdy, ale ovlivnil významně i její fyzikální vlastnosti, chemismus a složení edafonu. Stálá snaha zvyšovat úrodu mnohdy za každou cenu nevedla vždy ke zlepšení podmínek pro pěstování, ale často k jejich zhoršení, nebo dokonce k degradaci půdního horizontu a ztrátě humusu.



Obr. 31. Vztah rozlohy souše a zemědělské půdy  
a - povrch Země; b - pevniny; c - zemědělská půda

**Degradace půdy.** Ztrátu biologických, chemických či fyzikálních vlastností lze pro přehlednost rozdělit do několika kategorií. Jednotlivé typy snížení kvality půdy se však, jak je obvyklé i u jiných složek prostředí, nevyskytují odděleně. Často se následek jedné změny stává příčinou druhé, popř. se některé negativní vlivy uplatňují společně.

**Eroze.** Je to přirozený jev, který je způsoben činností podnebních vlivů. Dochází při něm k rozrušování a transportu půdy. Narušování celistvosti povrchu půdy může způsobovat voda, vítr či mráz. Částičky půdy pak může voda nebo vítr přenášet na velké vzdálenosti. Řada typů půd je proti přirozené erozi chráněna vegetací a zpevněna kořeny. Erozi mohou zesilovat některé činnosti člověka. Po špatných agrotechnických zásadách, např. při rozorávání svažitých ploch, při pěstování nevhodných plodin nebo využívání půd v nepříznivých klimatických podmínkách, jsou půdní částičky větrem nebo vodou odnášeny snadněji. K půd-

ni erozi patří i sesuvy půdy, často způsobené odlesněním a následným přívalovým deštěm, který nezpevněnou půdu podmáčí a vodou ztěžklé svahy se sunou do údolí.

**Dezertifikace (přeměna v poušť).** Asi 30 % povrchu souše tvoří polopouště a pouště, z nichž část využívá i člověk. Nadměrná pastva, rozrušování půdy kopyty dobytka, pěstování nevhodných plodin, nedostatek statkových i průmyslových hnojiv způsobují nejen erozi, ale také vysoušení povrchové vrstvy půdy. Z půdního horizontu je odnášen nejen základní stavební materiál - půdní částičky matečné horniny, ale i humusová složka. Tak se půda v některých polopouštích a stepních oblastech světa postupně přeměňuje v poušť.

**Příklad.** Jednou z oblastí, která je nejvíce ohrožena dezertifikací, je krajina na jižním okraji Sahary, táhnoucí se od Atlantického oceánu až po Rudé moře. Nazývá se jižní sahel. Srážky jsou zde velmi nízké, 100 až 500 mm ročně. Převážná většina srážek spadne během tříměsíčního období dešťů. Tato vlaha umožňuje růst suchomilné vegetaci, která je spásána velkými stády dobytka. Kopyty rozrušená země a spasený vegetační kryt umožňuje erozi a odnos humusovité složky půdy větrem. V oblasti nastávají i katastrofální sucha, kdy je velmi málo potravy pro dobytek. V těchto obdobích jsou převáděna stáda z místa na místo, což způsobuje ještě větší erozi a přeměnu v poušť. Následkem je úhyn dobytka a hladomor lidí.

**Podmáčení.** Rozsáhlé močály, bažiny a rašeliniště jsou důkazem, že se zamokřené půdy vyskytují také přirozeně. K podmáčení dochází i následkem nadměrného zavlažování na nevhodných místech. V půdním horizontu je pak přebytek vody a nedostatek kyslíku. Prostředí s nedostatkem kyslíku je nevhodné pro život celé řady organismů, rozkladačů organických zbytků, které půdu zkyprňují a obohacují živinami.

**Zasolení půdy.** Voda, která je používána k zavlažování, je vždy slabým roztokem mnoha solí. V teplých oblastech při nadměrném zavlažování, když výpar převládá nad srážkami, dochází postupně ke zvýšení jejich koncentrace a ke hromadění v půdě. V pouštních a polopouštních oblastech je tak častým následkem přemíry zavlažování postupné zasolení půdy. Rostliny jsou velmi citlivé na obsah látek v půdě a mnoho kulturních plodin neroste nebo výrazně snižuje výnosy v půdách s jinými chemickými vlastnostmi. V půdách se změněným chemismem bývá také negativně ovlivněna funkce edafonu. Následky zasolení jsou eroze a dezertifikace. Zasolení půd byl pravděpodobně jeden z důvodů konce civilizace v Mezopotámii.

O postupném zasolení půdy se můžeme přesvědčit i doma. Na okraji květináčů s pokojovými rostlinami a na povrchu půdy se po čase usazují bílé krystaliky, které vypadají spíše jako plíseň. To jsou právě soli z vody, kterou zaléváme. Voda totiž substrátem v květináči neprotéká tak, jako je tomu v půdě, ale převážná část se jí odpaří a zůstanou po ní vysrážené soli. Rostliny v takových květináčích, i když jsou dobře hnojeny, po nějaké době zpomalují růst, chřadnou a musíme je přesadit.



Některé soli (NaCl) se mohou v půdním horizontu shromažďovat i jako následek solení komunikací. Vegetace v úzkém pásu podle silnic jeví známky neduživosti a často odumírá. Mnohdy se na soli obohacených půdách mění složení vegetace. Převažují zde potom slanomilné, často nepůvodní druhy.

**Kontaminace půdy - chemická degradace.** Přítomnost cizích prvků a sloučenin mnohdy významně ovlivňuje pohyb živin, mění chemické reakce a snižuje životaschopnost organismů v půdě. Za chemickou kontaminaci lze považovat nadměrné hnojení strojenými hnojivy, užívání pesticidů a průnik některých anorganických nebo organických toxických látek (těžké kovy, ropné produkty, PCB - polychlórované bifenyly). Tyto látky se nejčastěji dostávají do půdy při obhospodařování, např. kadmium z některých průmyslových hnojiv, rtuť z mořidel osiva proti plísním. Hydraulické oleje používané v pístech zvedáků zemědělských strojů obsahují polychlórované bifenyly. Ropné látky unikají z palivových nádrží.

Nebezpečí plynoucí z chemické kontaminace půdy je dvojího druhu. Na jedné straně může dojít k nahromadění škodlivin v rostlinách, které se buď přímo, nebo přes zkrmování domácími zvířaty dostanou nakonec do lidského organismu, na druhé straně hrozí otrava půdní fauny a flóry, která má v půdě nezastupitelnou roli při rozkladu organické hmoty, kypření a koloběhu živin. I když přehnojení dusíkatými hnojivy můžeme pokládat za chemickou degradaci v pravém slova smyslu, je nadbytek živin častou příčinou *eutrofizace půdy* a rozšíření některých rumištních druhů rostlin. U nás jsou to kopřivy, bez černý apod.

**Změna kyselosti.** Kyselina sírová a dusičná, které vznikají při spalovacích procesech reakcí oxidů dusíku a síry, se v podobě kyselých srážek dostávají do vody i půdy. Jde vlastně také o chemické znečištění, především o změnu kyselosti půdy. Kyselé srážky usnadňují *proces podzolizace*, kdy jsou sloučeniny hliníku a železa vyplavovány ze svrchních půdních vrstev do spodních a půda je ochuzována o humus. Kyselé podzolové půdy se vyskytují i přirozeně pod jehličnatými lesy. Nepřirozená změna kyselosti má za následek změnu druhového složení rostlinných společenstev, velmi často jde o ochuzení druhové rozmanitosti. Velmi citlivé na změnu kyselosti jsou houby, které žijí v symbióze s kořeny stromů v lese (mykorrhíza). Živoří-li houba, živoří též lesní porosty.

**Zhutňování půdy.** Působením těžkých mechanismů a používáním nadměrného množství průmyslových hnojiv na úkor hnojiv statkových dochází ke změně struktury a propustnosti půdy. Ztrácí se „pružná“ a nasáková humusová složka. Pro nedostatek humusu a stlačení půdních prostorů mají tyto půdy velmi slabou schopnost zadržovat půdní vodu. Původní drobtovitá struktura se rozpadá, půda tvoří větší množství jemných částic, které jsou vodou a větrem snadněji erodovány. Půdní horizont je nedostatečně provzdušněn a nedostatkem kyslíku silně omezuje životaschopnost edafonu. Při deštích jsou z takových půd rychle vyplavena průmyslová hnojiva. Tento typ degradace půdy je charakteristický pro řadu oblastí v České republice.

**Zábor půdy.** Značná část půdy přichází nazmar i bez působení vlivů daných obhospodařováním, tj. pěstováním zemědělských plodin a chovem dobytka. Velké

plochy zemědělské nebo panenské půdy jsou nenávratně zabírány pro výstavbu lidských sídel, průmyslových podniků, komunikace, těžbu cihlářských hlin a při otevírání velkoplošných povrchových dolů a lomů. Jde vlastně o spotřebu krajiny - o její konzumaci člověkem. I když bývají povrchové doly a výsyvky s hlubinou často *rekultivovány* (povrchové vrstvy je složitými pěstebními a technickými procesy navracena do jisté míry úrodnost), změny v krajině jsou dlouhodobé a často přesahují délku života dvou i více generací.

#### **Důsledky degradace půdy**

**Úbytek přirozených ekosystémů.** Změna kvality půdy a její ztráty mají velký vliv na přírodu i společnost. Člověk vždy získával zemědělskou půdu na úkor přirozených ekosystémů tím, že si přizpůsoboval původní stepi, listnaté a smíšené lesy mírného pásma, později i polopouště a dnes dokonce tropické deštné lesy. Přeměna přirozených půd v půdy zemědělské je vlastně prvotní degradací nejen půdního substrátu jako takového, ale i likvidací přirozených ekosystémů, které jsou na tento typ půdy a na klima v dané oblasti vázány.



Obr. 32. Přirozený listnatý bukový les ve středních Čechách

*Situace v ČR.* Takřka celé území České republiky bylo v minulosti kryto porostem listnatých a smíšených lesů mírného pásma (obr. 32). Kryje-li v současné době les 1/3 území naší republiky, neznamená to, že pouze 2/3 plochy byly přeměněny na zemědělskou půdu nebo zastavěny, popř. obětovány těžbě. Přeměnou na smrkové monokultury se změnil také charakter většiny našich lesních porostů, a tím byl změněn i charakter lesní půdy.

*Tropické deštné lesy.* Nejdrastičtějšími změnami prochází v současné době biotropických deštných lesů. Až do r. 1950 tvořily porosty deštných lesů asi 30 % povrchu pevniny. V polovině 90. let se rozkládají tyto lesy již jen na 6 až 7 %, což je přibližně 7,5 mil. km<sup>2</sup>. Uvážíme-li, že ročně ubývá 160 až 200 tis. km<sup>2</sup>, za 30 až 40 let mohou tropické deštné lesy zmizet z povrchu naší planety.

*Vliv sousedních kulturních ploch.* Na přirozené půdy může mít nepřímo vliv i obhospodařování sousedících kulturních ploch. Jde zejména o průnik živin a pesticidů nebo o změnu vodního režimu díky zavlažování nebo odvodňování (dříve nazývané meliorace - zlepšování půd). Výsledkem je vždy změna vegetace a následně i druhové složení fauny. Na přirozených půdách je tak ohrožena přirozená rovnováha a biologická diverzita.

**Snížení zemědělské produkce.** Špatné zacházení s půdou, obhospodařování a kontaminace, může mít pro člověka dalekosáhlé následky - především snížení úrodnosti, tj. zemědělské produkce. V mnoha oblastech světa je následkem degradace půdy hlad a další sociální problémy. Snížení produkce nutí člověka také k aplikaci vyšších dávek hnojiv, pesticidů a vody k zavlažování. To může druhotně vést ke kontaminaci potravin a ke znečištění dalších složek prostředí, hornin, vody a ovzduší. V některých chudých zemích trpí půdy naopak nedostatkem vláhy nebo živin. Půdy jsou zde vyčerpávány dlouhodobým pěstováním plodin bez používání hnojiv.

## 2.7.4 Ochrana půdy

**Přeměna zemědělské půdy.** V některých klimatických oblastech nejsou vhodné podmínky pro pěstování určitých zemědělských plodin. Neúrodné nebo nedostupné plochy jsou v těchto případech přeměněny k jiným, vhodnějším produkčním účelům. K tomu dochází i v naší republice. Některé dříve nevhodně obdělávané pozemky na svazích v podhůří jsou nyní *převáděny na louky* nebo *zalesňovány*.

**Opatření v zemědělských oblastech.** V intenzivně zemědělsky využívaných oblastech bývají často uplatňována nejrůznější ochranná opatření od *větrolamů* (proti větrné erozi a vysychání), po *zonální pěstování* (plodiny nejsou pěstovány na velkých lánách několik let za sebou, ale v pásech postupně se posouvajících a střídajících po obhospodařované ploše). Pěstování polních plodin je možné i bez povrchové orby za současné podpovrchové aplikace hnojiv a osiva. Častější je dnes i *využívání statkových hnojiv a kompostů*.

## 2.7.5 Půda a produkce potravin

**Charakteristika výživy člověka.** I když nemůžeme opomenout existenci lovecko-sběračského způsobu obživy u některých původních kmenů Afriky, Austrálie, Asie i Jižní Ameriky, obstarávání potravy i lidská výživa se od původního způsobu našich dávných předků podstatně liší. Dnešní způsob výživy lze charakterizovat dále uvedenými body.

- Potravu si vybíráme podle chuti a zvyku. Tento výběr je dán především rodinnými a sociálně kulturními zvyky.
- Potravu si před požitím připravujeme vařením, pečením, potravu si kořeníme.
- Potrava je přijímána v určitých časových intervalech (snídaně, oběd, večeře).
- Jako potraviny slouží kromě domácích druhů i druhy cizí. Ty jsou pěstovány, chovány, loveny v oblastech daleko od trvalého pobytu, v jiných zemích i světadílech. Strava je dokonce umělá.
- Člověk nejen potravu shání (sbírá a loví), ale i produkuje.
- Potravu konzervujeme, skladujeme a dopravujeme na velké vzdálenosti.

Všechny tyto body kladou velké nároky na pracovní kapacity, organizaci, technologii, získávání surovin a samozřejmě i na prostředí. Produkce potravin je velmi komplikovaný systém, v němž půda hraje sice zásadní, nicméně ne jedinou roli.

**Zemědělský systém.** Z hlediska využívání prostředí a jeho ohrožení tvoří systém výroby potravin čtyři hlavní provázané složky, bez nichž by moderní výroba potravin nebyla možná.

- **Zdroje** - půda, voda, hnojiva a pracovní síla.
- **Technologie** - zemědělské stroje, zpracování surovin, skladování i šlechtitelství. Jde o způsob využívání zdrojů.
- **Přírodní prostředí** - z něho je mnoho zdrojů čerpáno („nová“ půda je dnes získávána např. odlesněním či kultivací stepí). Do prostředí také odcházejí zplodiny hospodaření - odpady a znečištění.
- **Instituce** - společenská složka tvořená organizací, řízením, právními předpisy, státní regulací i politikou.

Oslabení funkce jedné ze složek znamená naopak snížení produkce potravin. Je-li třeba produkci potravin zvýšit, musí se jedna nebo více složek tohoto systému zlepšit. Vzhledem k tomu, že počet obyvatel stále roste, bude třeba hledat cesty, jak učinit produkci potravin efektivnější a výkonnější.

**Zvýšení produkce potravin.** V různých oblastech světa není možnost ke zlepšení stejná. V bohatých průmyslově vyspělých zemích je naděje na zlepšení vyšší, než v chudých rozvojových zemích. Zvýšení výkonu lze očekávat např. v Kanadě a USA, kde lze nalézt řadu rezerv v prostředí. Je zde možné získat další půdu (třetí bod systému) a podmínky jsou dobré i pro zlepšení ve druhém a čtvrtém bodě.

Málo pravděpodobné je zvýšení produkce potravin v některých zemích již dnes trpících hladomorem, kde je nejen nemožné získat další půdu, ale je zde i špatné institucionální zabezpečení, technologie a přístup k dalším zdrojům. Bez mezinárodní pomoci lze v některých zemích východní a střední Afriky očekávat další hladomor a sociální nepokoje.

#### *Nové možnosti produkce potravin*

**Šlechtění rostlin a živočichů.** K zajištění výživy bude třeba hledat nové plodiny a živočichy. Šlechtění je však dlouhodobý proces, a tak se nezdá pravděpodobné okamžité zvýšení produkce objevem nové, výživné a snadno získatelné plodiny. Z dnes známých asi 250 tis. druhů vyšších rostlin je asi 8 tis. jedlých, 3 tis. se jich jako potrava více nebo méně využívá, asi 150 se jich komerčně pěstuje. Pouze však jen 20 až 30 se jich podílí na 90 % celkové lidské výživy. Předpokládá se však, že i nadále bude využíváno nejvíce čtyř hlavních plodin, a to pšenice, rýže, kukuřice a brambor. Jsou to jednoleté plodiny, k jejichž pěstování je nutné každoročně narušit půdu orbou, setím a ošetřením proti chorobám.

**Omezení spotřeby potravin živočišného původu.** Jednou z cest vedoucích k ušetření zdrojů je i *omezení spotřeby bílkovinné potravy živočišného původu*. To znamená snížení produkce masa, protože asi 50 až 70 % veškeré produkce obilovin je zkrmováno domácími zvířaty, jejichž maso však tvoří pouze asi 7 % potravy člověka. Účinnost převodu z jedné hladiny potravní pyramidy na druhou je pouze 10 až 12 %, což je energeticky i ekologicky nešetrný způsob získávání potravin (*obr. 18, kap. 1.6.2*).

**Větší využití moří.** Protože pouze asi 3 % potravy člověka pochází z moře, je další cestou větší využití oceánu. Ani zde však není možné zvyšovat lov ryb do nekonečna, protože dnes průmyslově řízený rybolov způsobuje úbytek některých druhů ryb. I z moří by bylo nutno více využít spíše rostlinnou potravu. Spotřeba potravin je ale do velké míry vázána na rodinné a kulturněsociální zvyky. Přečhod na rostlinnou stravu představuje v mnoha zemích výrazné změny v potravním chování lidí. Doba pro takové změny se však počítá spíše na generace.

**Výhled do budoucna.** I když existuje řada možností, jak se zemědělskou půdou šetrně zacházet, vhodně využívat hnojiva, pesticidy i závlahovou vodu a uplatňovat pěstování velmi produktivních plodin, bude produkce potravin a na ni navazující činnosti (skladování, konzervace, zpracování surovin, doprava) zcela jistě v budoucnu jedním z hlavních problémů lidstva i příčinou devastace přírody.

Za nejzávažnější problém je nutno považovat růst lidské populace. Zejména v oblastech rostoucí populace jsou i málo vhodné klimatické podmínky, zemědělství je špatně organizováno a využívá se jen velmi málo finančních prostředků na pořízení moderní techniky, hnojiv a pesticidů.

#### **Otázky**

1. *Jakými činnostmi změnil člověk přirozené půdy v půdu zemědělskou?*
2. *Jaká je role organismů v půdě?*
3. *Čím může zavlažování půd prospět a čím uškodit?*
4. *Jak může kontaminace půdy chemickými látkami ovlivnit vlastnosti půdy a kvalitu potravin?*
5. *Jaké jsou nové možnosti produkce potravin a jaká mají omezení?*

## **2.8 Energie, látky a odpady**

### **2.8.1 Energie a její využití**

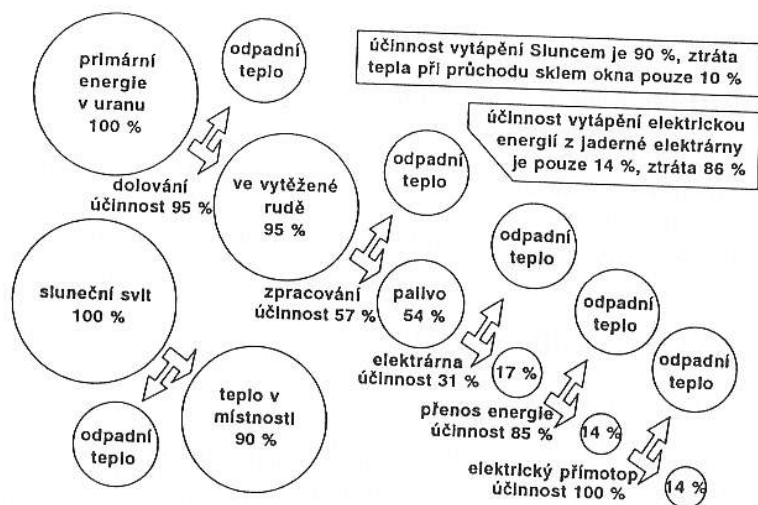
Energie je schopnost konat práci. Energie nevzniká ani nezaniká (zákon zachování energie). Energie se může mezi různými systémy předávat pouze ve formě tepla nebo práce. Energii nelze vyrobit ani obstarat jinak, než že využijeme nějaký její již existující zdroj. Stejně tak energii vlastně nespotřebováváme, ale pouze ji přeměňujeme na jinou formu. Při každé přeměně energie je vždy nějaká část přeměněna na nevyužitelnou energii, tzv. zbytkové teplo, které už nemůže být využito pro další transformaci. Kvalitní, tj. využitelná energie je převedena na nekvalitní, tj. nevyužitelnou.

Čím složitějším způsobem energii získáváme, tím je více jejich přeměn. Zahřívá-li např. vnitřek místnosti sluneční záření procházející oknem, jedinou ztrátou energie je ohřátá tabulka skla. Ostatní energie záření prochází dovnitř a zahřívá předměty i vzduch. Získáváme-li energii složitějším způsobem, ztráty jsou vyšší (*obr. 33*). Příroda i lidská společnost jsou velmi složité systémy, které by bez stálého přísunu energie brzy ztratily schopnost udržet se v činnosti.

Bez zdrojů energie se neobejdeme, neboť dříve či později se získaná energie promění na nevyužitelné teplo.

**Slunce jako hlavní zdroj energie na Zemi.** Pomíneme-li energii skrytou v nitru Země, která je většinou pro procesy v živé přírodě zanedbatelná, pak jediným stálým zdrojem energie pro naši planetu je Slunce. Stejně jako celá živá příroda je i člověk bytostně závislý na energii ze slunečního záření. Lidská společnost ke svému vývoji a udržení potřebovala stále více energie, až jí přestaly stačit zdroje energie uložené v biomase rostlin a živočichů, a začala čerpat energii i ze zásob, které se v poměru k délce lidského života vytvářely po velmi dlouhou dobu.

**Růst spotřeby energie.** Růst spotřeby energie závisí na dvou ukazatelích. Prvním je růst populace člověka - čím je více lidí, tím je třeba více energie. Druhým je postupná změna způsobu života společnosti. S rozšiřující se industri-



Obr. 33. Využití energie Slunce a jaderného paliva k topení

alizací a spotřebou zboží vzrůstá množství energie spotřebovávané na jednoho obyvatele. Je zřejmé, že bude-li se rozšiřovat konzumní styl života do dalších a dalších zemí, bude spotřeba energie stále růst.

## 2.8.2 Zdroje energie

Jak již bylo uvedeno, hlavním zdrojem energie na Zemi je Slunce. V porovnání s délkou existence organismů včetně člověka je sluneční energie dostupná prakticky neustále. Přímou energii Slunce (různé vlnové délky elektromagnetického záření) a energii Slunce přeměněnou na kinetickou nebo potenciální energii vody, větru i energii skrytou v chemických vazbách stavebních organických látek dnes žijících organismů nazýváme energií obnovitelnou. Tato energie je stále nebo periodicky dostupná. Obnovitelným zdrojům energie se také říká *alternativní*. To proto, že představují jinou možnost (alternativu) současného využívání neobnovitelných zdrojů (fosilních paliv a jaderné energie, viz dále).

### Obnovitelné zdroje energie

**Energie přímého slunečního záření.** Přímé sluneční záření je dnes využitelné v tepelných kolektorech. Sluneční záření (především světlo) je absorbováno v tmavých panelech, kterým protéká ohřevné médium, nejčastěji voda. Ta je pak

využívána přímo jako užitková voda, nebo jako topné médium. Záření může být soustředováno do jednoho místa pomocí soustavy zrcadel. Teplota v ohnisku může sloužit i k tavení kovů nebo k pohonu parní turbíny. Sluneční světlo lze přímo převést na energii elektrickou pomocí tzv. fotovoltaických článků. Napětí v nich vzniká po dopadu paprsku světla (fotonů) na rozhraní dvou různých polovodičů. Nevýhodou slunečních kolektorů a fotovoltaických článků je hlavně nedostatek slunečních dnů v některých oblastech na Zemi a také poměrně malá účinnost. Při využití slunečních zrcadel je nutné obětovat velkou plochu na jejich rozmístění a také zajistit jejich neustálé natáčení do vhodného úhlu. Fotovoltaické články jsou stále dosti drahé.

**Energie větru.** Povrch Země je Sluncem na různých místech zahříván nerovnoměrně a rozdíly teplot vedou k proudění vzdušných mas, a tak vzniká vítr. Kinetická energie větru byla využívána již tradičně ve větrných mlýnech. Dnes je převáděna na elektrickou energii v moderních větrných elektrárnách, které tvoří několik až několik set jednotlivých vrcholových jednotek. Nevýhodou větrných elektráren je nepravidelnost v síle a směru větru, zábor půdy a také hluk, který listy vrtulí vydávají.

**Energie vody.** Také energie vodních mlýnů a elektráren je sluneční energii transformovanou do polohové energie vodní masy nad jezem nebo nad přehradou a její pohybové energie, proudí-li vody přes turbínu nebo vodní kolo. Hnací silou pro koloběh vody je Slunce. Využitelná je také *energie vln* a v některých pobřežních oblastech *energie mořského přílivu a odlivu*. I když je vodní energie jednou z nečistších energií (podobně jako větrná), přesto stavba přehradních nádrží do jisté míry ovlivňuje ekosystémy v zaplavených říčních nivách. Riziko protržení hrází při havárii je u moderních přehrad málo pravděpodobné.

**Energie biomasy.** Snad nejdéle člověkem využívaný zdroj energie je energie biomasy rostlin i živočichů. Je to energie slunečního záření, která v procesu fotosyntézy a následných metabolických procesů přechází (transformuje se) na vnitřní energii chemických vazeb stavebních látek rostlinných a někdy dále i živočišných těl. Dřevo, pryskyřice, oleje i vosky byly užívány k topení a svícení již před tisíci lety.

Biomasa může být využitelná k výrobě energie i v dnešní době. *Rostlinné oleje (bionafta)* a *etanol* z kvasných procesů je možné použít i jako pohonnou hmotu pro vozidla. Na *spalování dřeva a zemědělských odpadů* (slámy) existují již výkonné kotle. Také anaerobní rozkladné procesy (za nepřístupu vzduchu) mohou poskytnout dále využitelný *metan - bioplyn*. V mnoha zemích rozvoje světa je spalování dřeva dosud nejběžnějším způsobem získávání energie pro přípravu pokrmů a k topení. Nevýhodou využívání biomasy ke spalování je samozřejmě produkce spalin, podobně jako je tomu u uhlí a ropných produktů. Závažnějším důsledkem využívání biomasy dřeva k energetickým účelům je ohrožení lesů, dnes zvláště v tropech a subtropích.

**Geotermální energie.** Mimo sluneční energii lze teoreticky považovat za obnovitelný zdroj energie také zemské nitro. Teplo zemského nitra, nejčastěji využívané v podobě horkých pramenů z hloubkových vrstev, nazýváme geotermální energií. Je však dosažitelná pouze v některých oblastech světa a ne vždy jsou zdroje termálních pramenů (jsou-li přímo využívány) nevyčerpatelné.

**Tepelná čerpadla.** Energií k vytápění a k ohřevu vody lze získávat i pomocí tzv. tepelných čerpadel. Teplo se odebírá z vrstev, z půdy, řeky nebo jezera pomocí nízkovroucí kapaliny v plynném skupenství. Ta se v kompresoru tlakem zkapalňuje a zahřívá. Předává pak teplo vlastnímu vytápěcímu médiu, kterým je obvykle voda. V expanzním ventilu se zkapalnělý plyn rozpíná, ochlazuje a v systému trubek mimo dům opět pohlcuje okolní teplo. Celý cyklus pokračuje stlačením v kompresoru.

### Neobnovitelné zdroje energie

Obnovitelné zdroje však nejsou v potřebné míře rovnoměrně dostupné po celém povrchu Země. Jejich získání často vyžaduje vysoké náklady a jejich účinnost není také vysoká. Proto se pozornost člověka obrátila ke zdrojům neobnovitelným. Jsou to látky, které nejsou dostupné stále, nebo se neobnovují, a pokud se obnovují, tak rychlostí, která je daleko nižší než rychlost spotřeby (viz dále).

**Fosilní paliva.** Největší skupinu těchto zdrojů energie tvoří tzv. fosilní paliva. Jde o energii Slunce, která byla postupně v procesu fotosyntézy ukládána do biomasy organismů před mnoha milióny let. Složitým procesem rozkladu na jednodušší organické látky a následným procesem zuhelnění (karbonizací) vznikly po bažinách s bujnou vegetací vrstvy (sloje) uhlí. Procesem ropotvorby vznikla z odumřelé biomasy planktonu a bakterií ropa. Fosilní paliva obsahují uhlík nebo uhlovodíky.

**Uhlí.** Vyskytuje se ve třech formách, a to jako uhlí hnědé, černé a antracit. Uhlí je tvořeno převážně uhlíkem, dále vodíkem, kyslíkem, dusíkem, sírou a dalšími příměšinami. Některé doprovodné prvky a jejich sloučeniny jsou zodpovědné za znečištění ovzduší, k němuž dochází při spalování uhlí. Při spalování se oxidačními procesy uvolňuje hlavně oxid uhličitý a částečně též oxid uhelnatý. Obsah síry (u černého uhlí dosahující většinou několik desetin procenta, obvykle méně než 1 %, u hnědého několik desetin, ale i několik procent) má za následek produkci  $\text{SO}_2$ , při vysokých spalovacích teplotách se ze vzdušného dusíku a kyslíku tvoří oxidy dusíku. Obsah nespalitelných látek (popelovin) způsobuje, že při spalování uhlí uniká do ovzduší množství jemných částic prachu a zbývá popel. Obsah popela tvoří 10 až 30 %, u nekvalitních typů černého a hnědého uhlí až asi 50 % hmotnosti uhlí.

V uhlí je přítomna i celá řada stopových prvků, často ze skupiny těžkých kovů a radioaktivních prvků. Ty se dostávají do ovzduší s ostatními organickými a anorganickými látkami v podobě popílku a aerosolu. Hlavní nevýhodou při

spalování uhlí je **znečištění všech složek prostředí**, především ovzduší vody i půdy, kyselá srážka, devastace krajiny povrchovou (u nás Severočeská pánev) i podpovrchovou těžbou (u nás Ostravsko a Kladensko). Pouhé spalování uhlí je plýtvání surovinou, která může být použita v jiných odvětvích výroby.

**Ropa.** Ropa je směs kapalných uhlovodíků, pravděpodobně původem z organických zbytků vodních organismů. V rafineriích bývá zpracovávána na řadu produktů většinou sloužících k získání energie ve spalovacích motorech nebo hořácích. Znečištění prostředí způsobuje samo zpracování ropy a posléze i spalování jejích produktů. Zplodinami jsou stejné látky jako při spalování uhlí, snad s výjimkou kovů a radionuklidů. Nezanedbatelné je i znečištění v místě těžby a po trasách transportu, hlavně v moři, i v okolí skladovacích prostor. Také ropa může být využita daleko lépe jako surovina pro další zpracování v chemickém průmyslu, a ne jen jako palivo.

**Hořlavé břidlice a písky.** Ropě podobné látky jsou obsaženy také v některých usazených horninách, které se nazývají *hořlavé břidlice a písky*. Uhlovodíky z těchto hornin mohou být získány tepelným rozkladem (pyrolýzou) i organickými rozpouštědly. Význam těchto zdrojů energie není tak veliký, jako ropy a uhlí, neboť náklady na těžbu a zpracování jsou vyšší. Vzniká při nich také mnohem více odpadu.

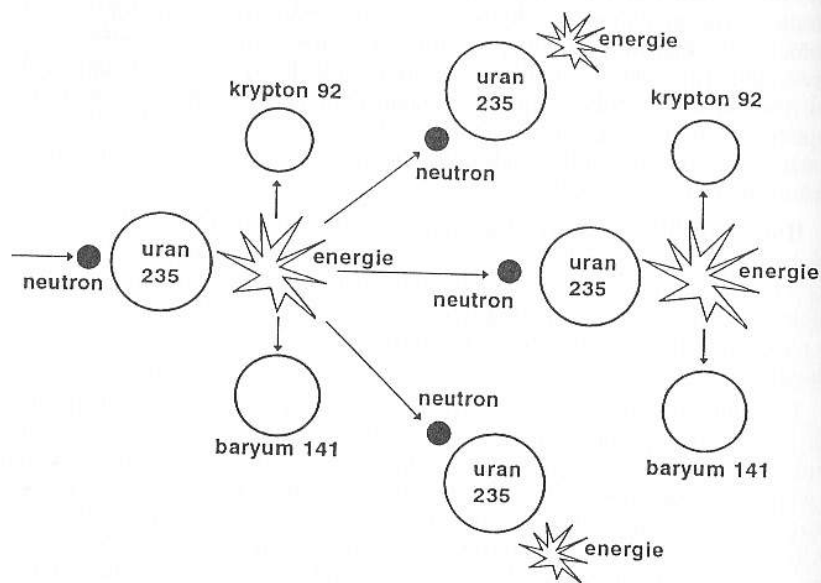
**Rašelina.** Za neobnovitelný zdroj energie je také považována rašelina, i když se jí k vytápění a pohonu parních strojů vlastně už nevyužívá. Většina objemu její těžby nachází uplatnění v zahradnictví a v zemědělství, v omezené míře i v lázeňství. Rašelina vzniká i za současných podmínek. Proces ukládání je však ve srovnání s rychlostí těžby velmi pomalý. Těžba rašeliny často poškozují unikátní přírodní oblasti mokřadů, na něž je vázán velký počet různých druhů rostlin a živočichů. U nás dochází k poškozování např. v okrajových partiích CHKO Třeboňsko.

**Zemní plyn.** Často doprovází ložiska uhlí a ropy. Kromě metanu, který tvoří obvykle přes 80 %, obsahuje ještě určitá množství dalších jednodušších plynných uhlovodíků - alkanů (asi 6 %), oxid uhličitý (asi 5 %), sirovodík (1 až 2 %) a také velmi malá množství dalších plynů, mezi nimi i helium. Zemní plyn je stále více využíván, a to nejen jako palivo v domácnostech, ale i k výrobě elektrické energie a k pohonu motorových vozidel. Znečištění ze spalování zemního plynu je daleko menší než z uhlí a ropy. Neobsahuje takřka žádné škodlivé příměšiny, a produkce  $\text{CO}_2$  při spalování je asi poloviční než u ostatních fosilních paliv. Velkou nevýhodou je omezenost jeho výskytu. Se zvyšováním spotřeby lze očekávat vyčerpání dostupných zdrojů za 100 až 200 let.

**Jaderné palivo.** K neobnovitelným zdrojům energie patří i jaderné palivo, *uran 235 a uran 238*. I když jsou zásoby uranu na Zemi v porovnání s rychlostí jeho spotřeby daleko větší než u uhlí, ropy a zemního plynu, je využití jaderné energie stále problematické. V jaderných elektrárnách se využívá energie štěpné

reakce U 235. Při této reakci vznikají další radioaktivní produkty, a to krypton 92, baryum 142, plutonium 239 a další radionuklidy (obr. 34). Plutonium může být použito dále i k výrobě jaderných zbraní.

Výhodou výroby jaderné energie je, že neprodukuje žádné  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$  a popílek. Pracuje-li jaderná elektrárna dobře, není ani únik radioaktivity do pro-



Obr. 34. Štěpení uranu 235 v jaderném reaktoru

středí velkým problémem. Černobylská havárie v dubnu 1986 ukázala, jak nebezpečné je podcenění jaderného nebezpečí. Výbuch reaktoru a únik radioaktivity měl za následek poškození zdraví desetitisíců lidí a kontaminaci půdy na stovkách čtverečních kilometrů. Zhoubné mutace byly zaznamenány nejen u lidí, ale i u rostlin a živočichů. Kromě možné havárie je další velkou nevýhodou výroby jaderné energie zneškodnění vyhořelého paliva a také likvidace celého provozu jaderné elektrárny po skončení její činnosti. Radioaktivní palivo a odpady musí být ukládány na bezpečné místo hluboko pod zem, kde budou zářit ještě několik desítek tisíc let.

Velké škody na prostředí způsobuje těžba uranu jako u většiny neobnovitelných zdrojů energie. Ta se provádí jednak dolováním pod povrchem, nebo se těží

v roztoku silných kyselin (sirové, dusičné a fluorovodíkové), který je zvláštními vrty vtlačěn do hornin. Rozpuštěný uran se čerpá na povrch jinými vrty. Zbytky kyselin však zůstávají v podzemí a kontaminují horniny i podzemní vodu.

### Budoucnost energetických zdrojů

Člověk dnes využívá uhlí, ropu a zemní plyn, neboť jde o zdroje dostupné, poměrně rovnoměrně rozšířené, a také proto, že technologie jejich zpracování byly vyvíjeny a užívány po velmi dlouhou dobu. Přechod na nové zdroje znamená v mnohém opustit staré zvyky a osvědčené postupy. I když jsou zásoby hlavních energetických surovin na Zemi odhadovány na více než několik set let, bude patrně stále obtížnější a dražší těžit z méně dostupných ložisek. Předpokládáme rovněž, že požadavky na energii porostou, především v rozvojových zemích světa. Energie bude zřejmě stále dražší.

**Oddálení energetické krize.** V budoucnu lze oddálení energetické krize řešit třemi způsoby.

- Zvýšením využíváním alternativních zdrojů energie, tj. čisté energie sluneční, větrné, vodní či geotermální.
- Získáním energie novým způsobem, např. pomocí slučování jader těžkého vodíku - jadernou fúzí (tento způsob je však stále ve stadiu pokusů).
- Úsporami energie - zvýšením účinnosti při výrobě energie a zvýšením účinnosti spotřebičů.

*Příklad.* Klasická žárovka využije pouze 5 % z dodané energie ke svícení, zatímco fluorescenční až 25 %. U normální žárovky se tak až 95 % elektrické energie přemění na teplo a nikoli na světlo. Podobně nízká účinnost je známa u řady zastaralých spotřebičů. Odhaduje se, že skutečně vykonaná práce u spotřebiče, v domácnosti, výrobě, či dopravě nepřesahuje 15 až 20 % primární energie, tj. energie obsažené v chemických vazbách v uhlí, ropě nebo zemním plynu.

**Řešení energetické krize.** Jedinou skutečnou možností, jak snížit spotřebu energie a dlouhodobě ji udržet na potřebné úrovni, je kromě úspor a zvýšení efektivit především snížení spotřeby energie. Ke snížení spotřeby energie lze dojít především prostřednictvím snížení materiální spotřeby. Řada výrobků dnešní doby jsou výrobky na jedno použití. V dopravě je dávana přednost energeticky náročné individuální dopravě před hromadnou dopravou, velmi málo materiálů je recyklováno, a mnoho energie se tak spotřebuje na těžbu a zpracování primárních surovin. Energií se také plýtvá, a to nejen v domácnostech.

Šetrnost ve spotřebě energie a skromnost ve spotřebě zboží je tou nejzásadnější cestou. Nevyrobené zboží totiž nevyžaduje žádnou energii. Řešení nedostatku energie spočívá nejen ve zvýšení účinnosti technologií a větším využíváním obnovitelných zdrojů energie, ale ve změně způsobu života nás všech.

### 2.8.3 Prostředí a hmota

**Vztah hmoty a energie.** Současné představy o struktuře látek vycházejí ze zákonů klasické fyziky. Jedním z nich je *zákon zachování hmotnosti*, formulovaný již v polovině 18. století Lomonosovem. Hmotnost všech látek vstupujících do určité reakce je rovna hmotnosti všech reakčních produktů. Hmota (látka) za normálních podmínek nikde nevzniká ani nezaniká. Veškeré přeměny látek se dějí na základě vyvážených chemických reakcí nebo na základě změny skupenství. Lomonosov jako první formuloval též *zákon zachování energie*. Klasická fyzika od sebe oba tyto zákony oddělovala až do doby, kdy Einstein formuloval svou teorii relativity, z níž vyplynul i zákon ekvivalence hmotnosti a energie zapisovaný známým vztahem  $E = mc^2$ . Látky a energii proto nelze od sebe oddělit.

**Všechny látky mají původ v přírodě.** Získávání látek z přírody prostřednictvím těžby neznamená, že je nějaká surovina v procesu těžby vytvořena. Každá surovina musí mít svůj zdroj. Nebere se odnikud, ale je pouze dočasně vyňata z nějakého prostředí, aby byla využita nebo zpracována a po využití opět do prostředí vrácena. Hmota v podobě výrobku ani po využití nezaniká - stále existuje. I odpady jsou vsudypřítomným průvodcem jakékoli těžby, zpracování, výroby a používání. Úplné vyčištění prostředí nebo zcela bezodpadové technologie neexistují. Jedinou možností je produkovat méně odpadu, nebo jej opět vrátit do výroby, či do koloběhu přírody. Znečištění a produkci odpadů se nelze nikdy zcela vyhnout. Je možné je pouze přesunout v čase a prostoru, nebo z jedné formy do jiné.

#### Zdroje a suroviny

Potřebuje-li člověk k výrobě předmětu železo, musí mít k dispozici nejdříve železnou rudu. Surovinou pro výrobu železa je železná ruda, zdrojem železné rudy je horninové prostředí. Potřebuje-li člověk dřevo, získá ho pokácením stromu, který roste v lese. Surovinou pro výrobu dřevěného výrobku nebo papíru je dřevo stromu, zdrojem dřeva je les. Prvotním zdrojem látek jsou tedy určité oblasti na Zemi, kde se daná látka vyskytuje jako součást neživé nebo živé přírody.

Zdroje většiny látek jsou *omezeny výskytem i dobou vzniku* (jak bylo uvedeno výše, látky v přírodě nevznikají z ničeho, ale opět na základě chemických reakcí, krystalizací, usazování atd.). Některé látky se různými procesy vytvářejí *neustále nebo často - periodicky*. Zdroje látek lze rozdělit na dva typy, na zdroje obnovitelné a neobnovitelné.

**Obnovitelné zdroje látek.** Látka je stále nebo periodicky dostupná, neboť rychlost její spotřeby je buď rovna obnově, nebo je menší než rychlost její obnovy (např. pokud není les zcela vykácen, přirůstá dřevo v lese neustále):

$$V_s \leq V_o,$$

kde  $V_s$  je rychlost spotřeby,  
 $V_o$  - rychlost obnovy.

Obnovitelnými zdroji látek (surovin) jsou buď části těl rostlin a živočichů (dřevo, vláknina, kůže, vlna, bavlna apod.), nebo produkty jejich metabolismu (surový kaučuk, řepkový olej), tj. biomasa.

**Neobnovitelné zdroje látek.** Potřebná látka není stále nebo periodicky dostupná, přičemž rychlost její spotřeby a využití často mnohonásobně překračuje rychlost její obnovy:

$$V_s \gg V_o.$$

Člověk těží a bude těžit uhlí několik stovek, max. tisíců let. Uhlí se však vytvářelo ze zbytků těl rostlin po mnoho milionů let. I v případě, že by byly dnes vhodné podmínky pro vytváření uhlí<sup>6</sup>, bylo by uhlí v té podobě, jak ho těžíme nyní, k dispozici až za několik milionů nebo desítek milionů let. Kromě fosilních paliv a ropy, které mohou sloužit nejen jako zdroje energie, ale i jako suroviny pro chemický průmysl, považujeme za neobnovitelné suroviny především rudy. V současnosti se těží asi 100 rud kovů (Fe, Cu, Al, Zn, Cr, Pb, U atd.), nerudní suroviny (kamenivo, šterkopisky a písky, cihlářské hlíny, kaoliny, jíly, grafit, fluorit, CaCO<sub>3</sub> atd.), hnojiva (ledky NaNO<sub>3</sub>, Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, fosfáty) atd.

Je často sporné, zda za zdroj považovat vodu, půdu nebo vzduch. Je-li ale surovinou *každá látka, kterou člověk z prostředí potřebuje, omezená svým výskytem nebo dostupností, musí vynaložit úsilí a finanční prostředky na její získání*; vodu a vzduch můžeme pak za určitých podmínek považovat za zdroj. Voda v přírodě je především zdrojem pitné vody. V rybníkářství je nutno vynaložit úsilí na zadržení vody a na hospodaření s jejím množstvím v umělých nádržích.

I když vzduch nemá žádnou ekonomickou hodnotu, neplatíme za něj, je všeobecně dostupný a není třeba na jeho získání vynaložit žádné úsilí, přesto za určitých podmínek považujeme vzduch za zdroj kyslíku. Je to v okamžiku, kdy není volně dostupný. Za stlačený vzduch v dýchacích přístrojích, které nám umožňují pobývat v místech bez vzduchu (kosmické stanice, voda, zamořené oblasti) je třeba platit. To je situace, kdy je i vzduch zdrojem. Nepřímo platíme za čistý vzduch také tehdy, vydáváme-li se za rekreaci do přírody nebo do lázeňských oblastí a za tyto cesty vydáváme finanční prostředky.

Pro mnoho neobnovitelných zdrojů platí, že jejich zásoby nemohou být člověkem využity zcela. Omezení jsou dána dostupností, technologií těžby, nebo společenskými a právními zábranami. Například část lázeňského města Karlovy Vary leží na ložisku hnědého uhlí. Ze společenského hlediska není možné toto uhlí vytěžit, neboť by s největší pravděpodobností došlo k poškození struktury podzemních pramenů, nebo by byl dotčen historický ráz města. Řada přírodních rezervací je chráněna zákonem, i když leží na místě naleziště užitkové suroviny.

<sup>6</sup> Vytváření uhlí je dlouhodobý proces. Uhlí vznikalo po statisíce, možná miliony let v rozsáhlých mokřadech s hustou vegetací, která po odumření klesala do bahna vytvořeného ze zbytků již uhynulých rostlin. Mocné vrstvy organických zbytků pak podléhaly hnití bez přítomnosti vzduchu. Vytvořené vrstvy pak byly dále přeměňovány a hutněny při dlouhodobém procesu uhelnatění, v němž se uplatňují vysoké tlaky a teplota.

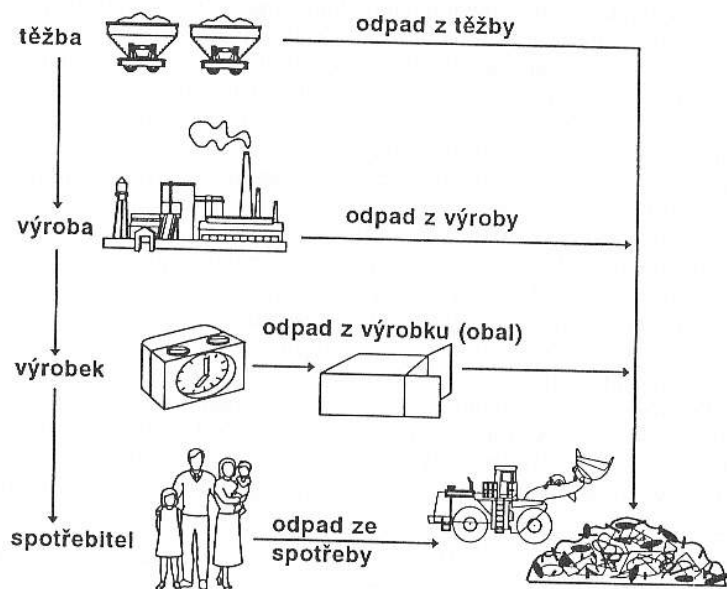
## 2.8.4 Odpady

Každá látka má svůj zdroj, tedy již na Zemi existuje. Po skončení životnosti výrobku nemizí, ale v každém případě se vrací zpět do prostředí.

Pro každou surovinu a s ní spojenou lidskou výrobní činností lze sledovat osud využívané látky, její životní cyklus, čili jakýsi metabolický proces získání, zpracování, využití a odstranění. Při každé přeměně získané látky však vzniká nějaký odpad (obr. 35).

**Odpad je následek výroby a spotřeby.** Řada ekonomických schémat obsahuje pouze tři úrovně našeho „metabolismu“ - surovinu, zpracování a spotřebitele. Zanedbává tu část „metabolismu“, která se týká nežádoucích nebo nepoužitelných látek - odpadu. Termín spotřebitel je zavádějící. Ani člověk, ani příroda ve skutečnosti nic nevytvářejí a nic nespotebouvají, pouze přetvářejí (transformují). Opomenutí principu koloběhu látek (tedy i zákona zachování hmoty) vede k nepochopení problému odpadů, které prostě vznikají musejí.

Odpady však nevznikají pouze při těžbě a zpracování surovin pro výrobu zboží, z obalů zboží a po ukončení životnosti výrobku. Značné množství odpadů



Obr. 35. Metabolismus spotřeby



Obr. 36. Člověk a jeho odpad

vzniká v procesu výroby energie. Při spalování uhlí vznikají popílký. Některé naše druhy hnědého uhlí obsahují okolo 30 % popelovin. Odsíření zbaví spaliny většiny  $\text{SO}_2$ . Tento plyn však nemizí. Reaguje při spalování s mletým vápencem za vzniku síranu vápenatého ( $\text{CaSO}_4$ ). I když část je využitelná ve stavebnictví, většina musí být ukládána na zvláštní skládky. Pro člověka je odpad vždy něco nežádoucího a odpuzujícího (obr. 36). Z tohoto faktu také vychází definice odpadu.

**Definice odpadu.** Odpad je chápán jako věc, které se chce její majitel či původce zbavit, nebo věc, jejíž odstranění je nutné z hlediska ochrany životního prostředí, popř. ochrany zdraví člověka.

**Druhy odpadů.** Pro potřeby nakládání s odpady a pro studium problematiky odpadů dělíme odpady do různých skupin podle nejrůznějších hledisek. Podle chemického složení na kyselé, zásadité, neutrální, organické, anorganické. Podle skupenství na pevné, kapalné, plynné a kaly. Podle původu na komunální (z lidských sídel), průmyslové, zemědělské. Podle nebezpečnosti na neškodné, toxické, radioaktivní, hořlavé atd. Obvykle však pro kategorizaci odpadů slouží



více kritérií, přičemž hlavním hlediskem je původ a nebezpečnost odpadů. Podle toho rozdělujeme odpady zpravidla na odpady:

- **rostlinného a živočišného původu** - nejčastěji ze zemědělské výroby, dřevo-zpracujícího a potravinářského průmyslu,
- **minerálního původu** - odvaly z dolů, popílky s nízkým obsahem toxických látek, suť ze staveb,
- **z chemických procesů** - kyseliny, zásady, fenoly, dehty, rozpouštědla, odpady s příměsí toxických kovů (Hg, Cd),
- **radioaktivní** - odpad vzniklý při úpravě jaderného paliva, vyhořelé jaderné palivo, odpad z laboratoří využívajících radioizotopy,
- **z obcí (komunální)** - smíšený odpad obsahující smetky, zbytky potravin, papíru, plasty, popel, lišící se často podle typu zástavby, v níž vznikl (obr. 36).

Jiné dělení odpadů vychází z typu činnosti, v níž vznikl. Podle klasifikace Organizace pro ekonomickou spolupráci a rozvoj (OECD) se rozdělují odpady na typy:

- ze zemědělství a lesnictví,
- z průmyslu,
- z energetiky,
- z dolování a těžby,
- komunální,
- ostatní odpady.

Zákony jednotlivých zemí obsahují oficiální katalogy odpadů. Podle uvedených typů je také s odpady nakládáno. Odpad, jakmile je vyprodukován, podléhá obvykle řadě předpisů a norem. Jelikož není možné, aby se odpad hromadil na místě vzniku, a je třeba, aby byly následky jeho produkce minimalizovány, přijímá se řada opatření k jeho zneškodnění. Při organizaci nakládání s odpady je vždy důležité určit původce a nejvhodnější způsob zneškodnění.

### Zneškodňování odpadů

**Recyklace odpadů.** Příroda nezná odpad<sup>7</sup>. V koloběhu látek ekosystémem je na každém stupni určitá látka předmětem řady chemických reakcí a po vyčerpání potřebných živin a energie jsou zbytky, produkty metabolismu nebo mrtvá těla samotných organismů („odpad“) zdrojem látek a energie pro další trofický

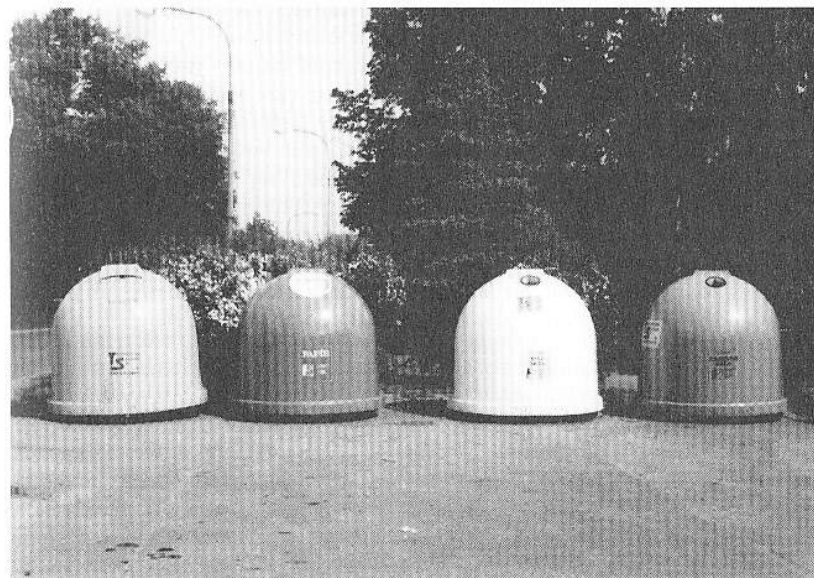
<sup>7</sup> Někdy se jako příklad přírodního odpadu uvádí uhlí. V době svého vzniku - ukládání v mokřadech - byly rozkládající se zbytky teoreticky vhodné jako zdroj látek pro další růst rostlin. Ukládaly se však bez dalšího využití. To, že se nedostaly do koloběhu, ale uložily se a zuhelnatěly, je tedy jediným kritériem pro jejich přirovnávání k odpadu. V žádném případě ale nebylo organické bahno rostlinného původu škodlivé pro společenstvo, v němž vznikalo, a nebylo třeba se ho zbavit. Byly to látky, které pouze nebyly dále využity.

stupeň. Procesy v živé přírodě tedy neustále látky vracejí do koloběhu, *recyklují*. Ve velkém měřítku jsou látky recyklovány vlastně všemi biogeochemickými procesy.

Protože odpady nejsou nic jiného než výrobním a spotřebním procesem prošlá původní látka, je zřejmé, že v odpadech je skryto obrovské množství využitelných surovin.

Recyklace je tedy jednou z možností, jak se zbavit odpadu, a dokonce využít v něm skryté látky a energii k další potřebě. Vzhledem k tomu, že téměř do středověku používal člověk převážně přírodní materiály, buď sám odpady recykloval, nebo k recyklaci pomáhaly děje v přírodě. Materiály, které lidé užívají dnes, jsou velmi obtížné v přírodě recyklovatelné.

*Podmínky recyklace.* V odpadní „surovině“ musí být co nejméně přimíšenin, musí být snadno transportovatelná a technologicky nepříliš náročně zpracovatelná. Základem recyklace je *třídění odpadu*, a to nejlépe už u jeho původce (obr. 37). Třídění smíšeného odpadu je technologicky, a tedy i finančně velmi náročné a umožňuje vytřídit jen velmi málo látek pro další zpracování (např. železné kovy, směs plastů, sklo). Pro recyklaci jsou proto vhodné tradičně sbírané kovy, sklo a papír. Pro velkou různorodost a chemické složení je prakticky nemožné ve velkém sbírat a recyklovat plasty, i když určité pokusy jsou činěny s PET lahvemi. K recyklaci se hodí i použité baterie, ale i jejich zpracování je finančně náročné.



Obr. 37. Počátkem recyklace je sběr a třídění odpadů

**Biodegradabilní odpady.** V ideálním případě, pokud nelze odpad recyklovat, by bylo vhodné nechat látku „zpracovat“ v přirozených trofických řetězcích, tedy vyrobit ji jako *biodegradabilní* - rozložitelnou biologickými procesy. To platí především pro obaly, které často končí ve smíšeném komunálním odpadu. Odpady jsou však recyklovány pouze v omezené míře a biodegradabilita některých krátkodobě užívaných předmětů (zejména obalů) není dosud u většiny těchto produktů zajištěna. Proto přicházejí v úvahu další metody zpracování a zneškodňování odpadů.

**Kompostování.** Odpad rostlinného a živočišného původu je ze své podstaty biodegradabilní a velmi vhodný ke kompostování. Nejde vlastně o zneškodňování odpadů v pravém slova smyslu, neboť je využito přirozených mikrobiálních a klimatických procesů a organická hmota je rozložena na složky vhodné k obhacování půdy živinami - ke hnojení. Tento způsob je přírodě nejbližší a nejšetrnější. Při využití rozložitelných (biodegradabilních) látek např. v obalové technice by mohly skládky i spalovny významně snížit svou kapacitu.

Pro kompostování jsou nevhodné organické látky s choroboplodnými zárodky, s obsahem pesticidů nebo toxických kovů. Ty se mohou při použití kompostu v zemědělské výrobě dostat do potravin. Výhodou je pochopitelně zneškodnění celého objemu odpadní hmoty.

**Ředění.** Původně člověk vypouštěl a ukládal odpady do prostředí bez zábran. Využíval tak přirozených samočisticích a asimilačních mechanismů přírody. U některých odpadů je možno využít samočisticích a asimilačních mechanismů přírody i dnes a vypouštět je do prostředí. Takové odpady (nejčastěji odpadní vody a plynné produkty spalování) jsou po určitém čase rozředěny a zneškodněny reakcemi s ostatními složkami, nebo rozloženy organismy na běžně se vyskytující látky. To je případ omezeného vypouštění např. vod s obsahem živin. Většinou však odpady nejsou jednoduché a neškodné sloučeniny, a proto musí být odpad na místo zneškodnění dopraven a před zneškodněním někdy i upraven. Doprava odpadů se musí řídit pravidly vycházejícími z jejich charakteru, nebezpečnosti pro přírodu i pro zdraví člověka. Ředění odpadu je nejjednodušší způsob zneškodňování odpadů, ale také způsob, který je nejvíce zneužíván pro ilegální vypouštění kapalných a plynných odpadů do přírody.

**Skládkování.** Nejznámější a snad i nejužívanější způsob je *ukládání odpadů na skládky*. Původně skládky (smetiště) vznikaly živelně v blízkosti lidských sídel. V současné době však není možné živelné zakládání skládek trpět. Důvodem je především velká různorodost odpadů, jejich množství, toxicita a zápach. Z neřízené skládky může do prostředí unikat řada nežádoucích škodlivin. Skládky jsou proto nyní řízené s určitými parametry propustnosti podloží, odvádění skládkové a dešťové vody a s přesným režimem ukládání. Je přirozené, že se požadavky na skládku liší podle původu a vlastností ukládaného odpadu, a to od nejmírnějších opatření pro ukládání neškodného odpadu až po ukládání odpadu

toxického a radioaktivního. Neškodný a tuhý komunální odpad (TKO) je obvykle před trvalým uložením pouze zhutněn.

Nevýhodou skládkování je ztráta recyklovatelných surovin, znečištění průsakovými vodami, zápach v okolí, úlet lehkých materiálů (plasty, papíry). Po uzavření skládky a její rekultivaci vznikají v krajině nepřirozené pahorky. Skládky také zabírají půdu. Výhodou skládek odpadů je ve většině případů jednoduchost odvozu a ukládání. Rozkladnými procesy vzniká ve skládkách metan, který může být jako tzv. skládkový plyn energeticky využíván.

**Vitrifikace.** Toxický a radioaktivní odpad je obklopen obaly, které zabraňují úniku účinné látky nebo záření a také je musí v případě úniku dokázat dostatečně absorbovat. Jedním z nevhodnějších způsobů likvidace vysoce toxických a radioaktivních odpadů je jejich zalévání do sklovité hmoty - vitrifikace. Konečné uložení (zneškodnění) takových odpadů je vázáno na místa, které jsou v bezpečné vzdálenosti od lidských sídel, vegetace, zdrojů povrchové i podzemní vody. Proto je mnohdy takový odpad ukládán v podzemních prostorách. Některé odpady se zalévají též do betonových směsí nebo do živice (asfaltové) hmoty.

Zneškodňování toxických a radioaktivních odpadů je dosud velkým problémem. Důležité je nejen odpady odstranit, ale zvláště u radioaktivních látek, odstranit je na dobu několika tisíc let, než dojde k rozpadu na neškodné izotopy, které produkují jen mizivé množství radioaktivního záření.

**Teplné zpracování odpadů.** K úpravě a zneškodňování odpadů také slouží vysoké teploty, které mohou být využity k rozkladu některých látek, nebo dokonce ke spálení odpadu a využití v nich obsažené energie.

*Spalování.* Jde o postup, při kterém se zvláště u tuhého komunálního odpadu využívá vysokého obsahu energie. Ve spalovnách je tak získávána i tepelná, popř. elektrická energie. Odpad je spalován *za přístupu dostatečného množství vzduchu*. Teplota spalování musí být vysoká (i přes 1 000 °C), neboť při nižších teplotách se z některých plastů uvolňují dioxiny, fosgen a další jedovaté plyny. Zbytky po vyhoření mohou být dále zbaveny některých kovů. Popel, který často tvoří pouze okolo 10 až 30 % z původního objemu odpadu, je pak uložen na skládky.

Největším problémem spalování odpadu je zvýšení koncentrace některých závadných látek, např. toxických kovů, a tím i zvýšení nebezpečnosti odpadu. Spalování je velmi náročné na používané technologie, neboť spaliny musí být čišťeny. Výhodou je, že po spálení je původní objem odpadu zredukován asi na 1/3, a navíc je spalovna zdrojem tepla nebo elektrické energie pro okolí. Jak skládkováním, tak i spalováním se nenávratně ztrácí řada druhotných surovin, které by mohly po recyklaci nahradit určité množství primární suroviny.

*Pyrolýza.* Pyrolýza je tepelný rozklad odpadu, při němž jsou *bez přístupu vzduchu* nežádoucí toxické látky tepelně rozloženy na látky dále snadněji upravitelné nebo uložitelné, filtrovatelné, nebo na sloučeniny neškodné. Při tepelném rozkladu organických látek vzniká hlavně CO<sub>2</sub> a H<sub>2</sub>O.

**Snižování produkce odpadů.** Každý typ zneškodnění odpadů má své výhody i nevýhody. Při všech úvahách nakládání s odpady a o jejich zneškodňování platí, že jediným skutečným řešením není např. pouze spalování nebo skládkování, recyklace ani větší využití biodegradabilních materiálů. Všechny tyto způsoby reagují až na množství a typ odpadů, které byly už vyprodukovány. Nejzákladnější a také nejúčinnější je prevence, tedy snížení jejich produkce. Snižovat produkci odpadů je možno dvěma způsoby.

**Snižování materiálové náročnosti.** Jde o zvyšování efektivity výroby, snižování materiálové a energetické náročnosti technologií, které se podílejí na výrobě zboží a na produkci energie pro tuto výrobu. Je to také prodloužení životnosti výrobků a omezení produkce zboží na jedno použití, zvláště takového, které je vyrobeno z plastů.

**Snižování spotřeby.** Spotřební způsob života vede ke stále většímu obratu zboží, obalů, a tedy i odpadu. Snížení materiální spotřeby každého z nás je tou hlavní cestou i ke snížení produkce odpadů.

### **Odpady a industrializace**

Převážná část odpadů je produkována v souvislosti s těžbou nerostných surovin a jejich zpracování na výrobky. Také ve městech je produkováno daleko větší množství tuhého komunálního odpadu než na venkově, kde je jeho značná část kompostována. S rostoucí předpokládanou industrializací rozvojových zemí lze očekávat i nárůst produkce odpadů v těchto oblastech světa. Odpad je a bude patrně i předmětem obchodu. Ekonomicky rozvinuté a bohaté země, v nichž platí velmi přísné právní normy pro nakládání s odpady a jejich zneškodňování, se snaží vyvážet svůj odpad do zemí chudších, kde platí mírnější zákony na ochranu prostředí a kde může být dovoz odpadů důležitým zdrojem státního příjmu. Odpad byl a mistry stále je bez jakéhokoli zajištění a kontroly ukládán i do moří.

Předpokládáme-li postupnou industrializaci i v dalších zemích tzv. chudého jihu, je třeba, abychom spolu s technologiemi pro výrobu předali technologie a návody na zpracování odpadů a sami omezili materiální spotřebu, a tím dali příklad k následování. Zvýší-li se ještě více využívání nerostných zdrojů přírody, výroba, spotřeba a produkce odpadů bez preventivních opatření, budou zanedlouho zdroje Země vyčerpány a volná místa pokryta zplodinami metabolismu civilizace - odpady.

### **Otázky**

1. *Co je základním zdrojem energie na Zemi a proč?*
2. *Jaký je rozdíl mezi obnovitelnými a neobnovitelnými zdroji energie? Uveďte jejich příklady.*
3. *Jaké jsou možné zdroje energie budoucnosti? Jaká mají omezení?*

4. *Jmenujte některé neobnovitelné a obnovitelné suroviny pro stavbu obydlí, pro výrobu oděvů a pro přípravu hnojiv.*
5. *Co je odpad? Vyskytuje se odpad i v přirozeném ekosystému?*
6. *Jaké jsou možnosti využití odpadů a snížení jejich produkce?*
7. *Co je největším problémem při ukládání radioaktivních odpadů?*

## **2.9 Zdraví lidí a životní prostředí**

### **2.9.1 Přirozená a civilizační rizika**

Moderní člověk čelí v každém okamžiku života řadě předvídatelných i nepředvídatelných nebezpečí ohrožujících jeho zdraví i život. Zvyšující se počet automobilů znamená zvýšený počet automobilových nehod. Pracovní stres a nevhodná výživa, nedostatek pohybu i infekce AIDS představují celou škálu civilizačních chorob. K těmto nebezpečím můžeme přičíst i nežádoucí zdravotní vlivy z kontaminované vody, ovzduší nebo potravin.

**Přirozená zdravotní rizika.** Bylo by mylné domnívat se, že v minulosti, kdy byli naši předkové součástí přirozeného ekosystému, byla situace jiná. Rizika ohrožující život (včetně zdravotních rizik) byla součástí každodenní lidské činnosti. Člověk byl ohrožen nepříznivými klimatickými podmínkami a nedostatkem potravy. Běžná byla zranění a úrazy při jejím obstarávání a infekční i neinfekční nemoci. Člověk byl vystaven ohrožení ze strany velkých šelem. I přírodní katastrofy (povodně, požáry, sesuvy půdy, vichřice apod.) mohly hrát někdy velkou roli.

**Charakter současných rizik.** V současné době si většinou přirozená nebezpečí neuvědomujeme. Se změnou způsobu života, bydlení, obstarávání výživy, výchovy a lékařské péče se změnily i faktory ohrožující zdraví. Přirozená rizika byla potlačena pod úroveň individuálního i společenského vědomí. Původní zdravotní rizika byla nahrazena mírnějšími, ale zato působivějšími na větší počet lidí. Charakter rizika se sice změnil, ale nezměnila se reakce lidského organismu. Vlivy znečištěného prostředí lze podle působení obvykle rozdělit do čtyř skupin.

- Působení nízkých dávek škodlivin na různorodou, poměrně početnou populaci na velkém území (např. zimní epizody redukčního smogu ve městech a v průmyslových oblastech).
- Působení dávek o určitých koncentracích na konkrétně definovanou populaci určitého stáří a pohlaví po velmi dlouhou dobu (expozice škodlivin v pracovním prostředí).
- Působení vysokých koncentrací v jedné epizodě na relativně malou populaci (havárie výrobních technologií spojené s únikem toxické látky do vody nebo ovzduší).

- Dlouhodobé působení následků havárie nebo většího úniku škodlivé látky do ovzduší, vody, půdy a následná kontaminace potravního řetězce vedoucího k člověku (následky havárie jaderné elektrárny, následky vypouštění škodlivin do pobřežních moří, kontaminace ryb v moři, kontaminace zemědělské půdy pesticidy, těžkými kovy apod.).

I když je nepříznivému vlivu prostředí často vystavena velká skupina osob, na většinu tento vliv nepůsobí, nebo působí málo. Menší část je postižena dočasně, ještě méně osob onemocní nebo je na dlouho postiženo. Pouze malá část na následky umírá (tab. 17).

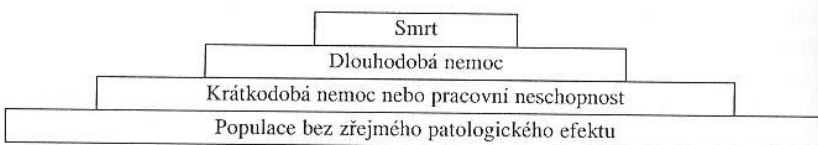
Nejzávažnějším poškozením zdraví je smrt, a dále dlouhodobá invalidita a nemocnost.

**Definice zdraví.** Podle Světové zdravotnické organizace (WHO) je zdraví stav fyzické, duševní a sociální pohody a ne pouze nepřítomnost nemoci nebo invalidity.

**Hodnocení vlivů na zdraví.** Při hodnocení vlivu zevních faktorů prostředí na člověka nestačí pouze určit, zda je jedinec nemocen (postižen). Řada nemocí a zdravotních potíží se v populaci vyskytuje v určitém počtu, který je považován za normální, tj. běžný. Teprve zvýšení nad určitou míru může mít své příčiny např. ve znečištěném prostředí.

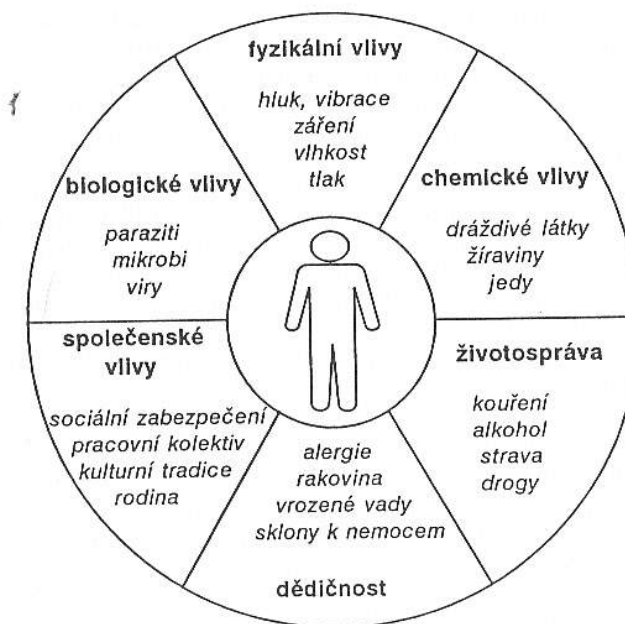
Důležité je také určit, zda jsou v postižené populaci jedinci *citliví* (vnímaví) a kolik jich asi ve sledované skupině je. Mezi lidmi většinou existují rozdíly ve vnímavosti, které nezáleží jen na okažitějším stavu jedince, ale např. na jeho věku, barvě pleti či pohlaví. Je ale především nutné vědět, co z prostředí na člověka může působit negativně, tedy jaké jsou vlastně hlavní faktory podílející se na vzniku nemocí, nebo dokonce přispívající ke zvýšené úmrtnosti.

Tab. 17. Reakce populace na nežádoucí vliv prostředí



## 2.9.2 Vlivy prostředí ovlivňující zdraví

Život vznikl a vyvíjel se za určitých přirozených podmínek, jejichž kolísání je organismus schopen do určité míry vyrovnávat. Na takový rozsah podmínek je organismus přizpůsoben (adaptován). Překročení adaptačních mezí nebo působení nepřirozených faktorů pak znamená nemoc, invaliditu nebo smrt. Záleží na množství negativní dávky a na čase působení. Podobně jako přirozené faktory



Obr. 38. Vlivy prostředí na zdraví člověka

vnějšího prostředí se ani antropogenní rizikové faktory nevyskytují v prostředí odděleně. Život a zdraví člověka ovlivňuje vždy kombinace faktorů (obr. 38). Jejich účinky se mohou navzájem podmiňovat, sčítat, násobit, tlumit, nebo dokonce rušit.

Pro potřeby měření, studia, stanovení limitů a pro potřeby prevence dělíme nežádoucí faktory prostředí podle podstaty do čtyř skupin.

**Fyzikální vlivy prostředí.** Mezi fyzikální faktory patří záření (radioaktivita, UV, světelné, infračervené, viz tab. 1), dále hluk a vibrace, atmosférický tlak, geomagnetické pole, vlhkost apod.

**Radioaktivní záření.** V prostředí je zastoupeno především radioaktivním plyným prvkem radonem <sup>222</sup>. Člověk se nejčastěji dostává do kontaktu s radonem v uzavřených a málo větraných místnostech, do nichž v některých oblastech radon proniká z geologického podloží. Zdrojem radonu mohou být i radioaktivní stavební materiály, např. elektrárenský popílek z některých druhů uhlí. Nejlepší ochranou před kontaminací ovzduší v místnostech je časté větrání.

Při těžbě a zpracování surovin pro výrobu jaderného paliva (uranu <sup>235</sup> a <sup>238</sup>) a ukládání vyhořelého jaderného paliva po použití v jaderných elektrárnách, po haváriích jaderných elektráren a při zkouškách jaderných zbraní (plutonium <sup>239</sup>,

stroncium 90, cesium 137) se však uvolňuje do prostředí další záření. Určitému množství nebezpečného ionizujícího záření je člověk vystaven i při některých lékařských zákrocích a při vědeckém výzkumu.

**Hluk a vibrace.** Představují mechanické vlnění pružného prostředí (nemohou se šířit ve vakuu). Za hluk je považován jakýkoli zvuk v rozsahu lidského sluchu (asi 16 až 20 tis. Hz), který může poškodit sluchový orgán nebo ovlivnit duševní pohodu člověka. Vysoké intenzity okolo 140 dB porušují struktury vnitřního ucha mechanickou silou zvukové vlny. Nižší intenzity od 75 dB výše poškozují sluch po dlouhodobější expozici. Prostřednictvím sluchových center v mozku může dojít i k ovlivnění jiných funkcí organismu. Takové účinky se označují za mimosluchové. Hluk snižuje soustředěnost, omezuje krátkodobou paměť a může způsobit zvýšení krevního tlaku. Vibrace, tj. vlnění pod hranici lidského sluchu, ovlivňují funkci orgánů a tkání. Při dlouhodobém působení se nedostatečně prokrvují končetiny.

**Tlak a geomagnetické pole.** Vliv tlaku a geomagnetického pole není dostatečně podrobně prozkoumán. Některé poznatky však naznačují, že i tyto faktory prostředí mohou mít významný vliv na lidské zdraví.

**Chemické vlivy.** Podle Americké chemické společnosti je každým rokem připraveno asi 500 nových chemických sloučenin. Zjistit vlastnosti (a toxicitu) takového množství není prakticky možné. Chemické faktory, které negativně ovlivňují zdraví člověka (ale i ostatních organismů), představují ty sloučeniny a prvky, které chápeme jako znečištění, tj. kontaminaci v pravém slova smyslu. Jde o organické a anorganické sloučeniny různé molekulové váhy a nejrůznějšího složení, které se dostávají do prostředí ve větších množstvích a často pravidelně a *nevhodně působí na chemickou strukturu buněk, orgánů, tkání, anebo ovlivňují metabolismus člověka*. Tyto látky jsou dráždivé, žiravé, omamné a toxické, a tak působí u člověka řadu zdravotních potíží, nemocí, rakovinu i smrt. Jedná se o silné kyseliny a zásady, některé kovy (především Hg, Pb, Cd, Zn), polyaromatické uhlovodíky, organická rozpouštědla, polychlorované bifenyly (a jim příbuzné dibenzofurany, dibenzodioxiny), DDT, CO, O<sub>3</sub>, dusitany, dusičnany a tisíce dalších sloučenin.

Nebezpečné chemické látky se dostávají do prostředí z různých průmyslových výroby, jako je zpracování kovů, rafinace ropy, chemická výroba apod. Další látky jsou užívány v zemědělství při ošetřování plodin nebo osiva, při konzervaci potravin. Také při spalování fosilních paliv a odpadů může do prostředí unikat značné množství různých sloučenin. Příkladem populace vystavené dlouhodobému působení účinkům chemických látek je obyvatelstvo Ústí nad Labem, Ostravy či Prahy.

**Biologické vlivy v prostředí.** Viry, bakterie, paraziti, které napadají člověka, významně ovlivňují jeho zdraví od narození až do stáří. Infekční (nakažlivé) i neinfekční nemoci jsou také příčinami smrti. Při velkých koncentracích obyvatel a špatných hygienických podmínkách se tyto choroby šíří velmi rychle. Mno-

ho nemocí přenášejí mikrobi, kteří žijí ve splašcích a prúsacích ze septiků a žump. Mnoho nebezpečných onemocnění přenáší hmyz a další organismy.

**Společenské a kulturní vlivy.** K negativním faktorům prostředí člověka náleží i odchylky od normálního společenského života. Mezi negativní sociální faktory náleží nevhodná životospráva, špatné pracovní prostředí, vysoká populační hustota, nedostatečné vzdělání a výchova, některé kulturní tradice a životní styl, ekonomická situace (chudoba) a dostupnost zdravotní péče. Za nevhodné civilizační návyky je považováno zejména požívání alkoholu, drogy a kouření. Záporným jevem spojeným s civilizací, hlavně ve velkých městech, je i kriminalita. Za nepříznivý faktor prostředí, který je dán společenskými a kulturními podmínkami, lze považovat i podvýživu, nebo naopak nadbytek potravy a její špatnou skladbu.

Sociální a kulturní podmínky se takřka vždy prolínají s biologickými, chemickými a fyzikálními vlivy, neboť do značné míry určují, jak a kterým vlivům bude jedinec vystaven, bude-li schopen si rizika uvědomit, pokusí-li se jim vyhnout, nebo je alespoň vědomě minimalizovat, popř. jim předcházet.

### 2.9.3 Účinky vlivů prostředí působící na zdraví

Účinky nežádoucích faktorů prostředí nelze jednoduše zjišťovat podle podstaty daného faktoru. Rakovina - zhoubné bujení buněk těla může být způsobeno jak fyzikálním faktorem (záření), tak i chemicky (PCB), nebo i biologickým vlivem (některé viry). Účinky tedy častěji charakterizujeme podle doby působení sledovaného faktoru, podle místa působení (orgán, soubor buněk), podle následků (alergie, otrava) nebo podle způsobu léčby zasaženého organismu nebo orgánu.

Podle výše dávky a doby působení (expozice) mohou mít chemické, fyzikální a biologické faktory různě dlouhý a různě významný účinek.

**Akutní účinky.** Za akutní je považováno okamžité působení obvykle jednorázové vyšší dávky škodliviny (chemikálie, patogenní organismy, záření).

**Chronické účinky.** Za chronické považujeme dlouhodobé působení nižších dávek určité škodliviny o různé podstatě (dlouhodobá expozice hluku, toxické látky, UV záření apod.).

Jak dlouhodobé, tak i krátkodobé účinky mohou být buď dočasné (vratné - reversibilní), poškozený orgán nebo tkáň se po ukončení působení škodliviny nebo po vyléčení vrací ke své původní funkci bez patrných následků, nebo trvalé (nevratné - ireversibilní), kdy se u postiženého orgánu (či jedince) nebo poškozené tkáni již plně neobnoví původní funkce nebo tvary.

Škodlivost vlivů se sleduje často s ohledem na cílový orgán nebo tkáň. Rozeznáváme tak účinek na nervovou tkáň - neurotoxicitu (olovo), na ledviny - nef-

rotoxicitu (rtuť, kadmium, chróm, olovo), na játra - hepatotoxicitu (aflatoxiny) apod.

**Pozdní účinky.** Kromě akutních a chronických účinků rozeznáváme ještě tzv. pozdní účinky. Jde o účinky projevující se obvykle po dlouhé době (někdy i v příštích generacích), často bez zjevné příčinné souvislosti s expozicí nepříznivému vlivu. Sem patří účinky mutagenní, teratogenní, karcinogenní a alergenní.

**Mutagenní účinky.** Mutagenním účinkem rozumíme schopnost škodliviny vyvolat (indukovat) *mutace*, tj. trvalou změnu nukleových kyselin a chromozómů v pohlavních buňkách. Změna je přenášena na potomstvo. *Mutageny* mohou být jak fyzikální (např. záření), tak i chemické a biologické povahy. Z chemických mutagenů u savců byla prokázána mutagenita insekticidů, aflatoxinů, PCB. Mutagenní účinky mohou mít i léky.

**Karcinogenní účinky.** Karcinogenní faktory mohou způsobit nádorové bujení - rakovinu určité tkáně nebo orgánu. Podobně jako mutageny jsou *karcinogeny* mnohdy účinné v nízkých koncentracích a mohou se projevit až po letech. Mezi karcinogeny patří např. benzo-a-pyren, saze a dehty vznikající spalováním fosilních paliv, sloučeniny niklu, arzenu, organická rozpouštědla (např. benzen), křemíkové silikáty, vlákna azbestu, radon, aflatoxiny (toxiny produkované plísněmi *Aspergillus flavus*). Mnoho karcinogenů je zároveň mutageny.

**Teratogenní účinky.** Látky, které způsobují vrozené vývojové vady člověka (i jiných živočichů) v průběhu jejich embryonálního vývoje, jsou označovány jako *teratogeny*. Podle období, v němž dojde k expozici, se mohou u postižených dětí projevit vrozené vývojové vady nejrůznějšího stupně, od malých funkčních a morfologických poruch až po těžké strukturální vady (chybějící končetiny, srůsty apod.). Patří sem např. celá řada léků, teratogenní účinky má také např. nedostatek jódu nebo vysoký nadbytek vitamínu A, ionizující záření atd. Teratogeny mohou mít zároveň karcinogenní i mutagenní účinky, např. PCB.

**Alergenní účinky.** Jedním z pozdních účinků faktorů zevního prostředí je i alergická reakce. Označujeme tak obranný imunologický mechanismus s nepřírozným průběhem. I když podstata alergických reakcí nebyla zcela vysvětlena, jde vždy o zvýšenou přecitlivělost vůči některým látkám v prostředí - *alergenům*. Alergie může být vyvolána širokou škálou podnětů, chemickými látkami (některými kovy), léky, bílkovinnými složkami potravy, prachem, pylem i cho-roploplodnými zárodky, plísněmi, formaldehydem, částmi těl živočichů (srst savců, peří ptáků), exkrementy a částmi těl roztočů, spóry a vlákny plísní apod. Alergeny způsobují ekzémy pokožky, střevní a dýchací potíže atd. Alergické reakce mohou mít příčinu i ve vrozených chybách v imunitních mechanismech.

V poslední době poutají naši pozornost nekarcinogenní (nemutagenní a neteratogenní) účinky látek, které narušují některé fyziologické funkce, přičemž nejde přímo o toxické účinky. Některé látky, např. pesticidy dieldrin, endosulfan nebo plynchlorované bifenyly, mohou blokovat působení pro růst důležitých estrogenních hormonů. Nebezpečné není, působí-li tyto látky samostatně. Při spolupůsobení dvou těchto sloučenin však jejich účinek několikatisíckrát vzrůstá.

## 2.9.4 Vztah dávky škodliviny a jejího účinku

Aby si člověk zachoval zdraví, musí z prostředí přijmout řadu důležitých látek - vodu, vzduch, potraviny, popř. léky. Spolu s nimi může do těla vstoupit řada látek škodlivých. Škodliviny mohou přijít do styku s organismem i samostatně - při práci v zamořeném prostředí, při náhodném požití nebo při potřísnění pokožky. Každý *organismus toleruje* do jisté míry *odchylky* od normálního složení potřebných látek v prostředí. Jsou-li ale překročeny určité hranice, zdravotní stav se zhoršuje.

**Dávka.** Chceme-li poznat vztah mezi velikostí dávky škodliviny a účinkem na lidský organismus, musíme nejdříve zjistit, kolik se do organismu účinné látky dostane. Každá škodlivina má svůj zdroj. Z tohoto zdroje se látka (záření) šíří prostředím nějakým konkrétním médiem - vodou, vzduchem, potravinami. Také *cesta vstupu škodliviny* do těla může být různá. Může jít o vdechnutí, požití, průnik kůží atd. Často je velmi jednoduché zjistit koncentraci v ovzduší, vodě nebo v potravinách. Nelze ale přesně určit, kolik se dostane do těla. Ani toto množství však není vlastní dávkou (část vdechnutého vzduchu se škodlivinou je obvykle opět vydechnuta). *Dávkou je až ta část, která je některými buňkami přijata.*

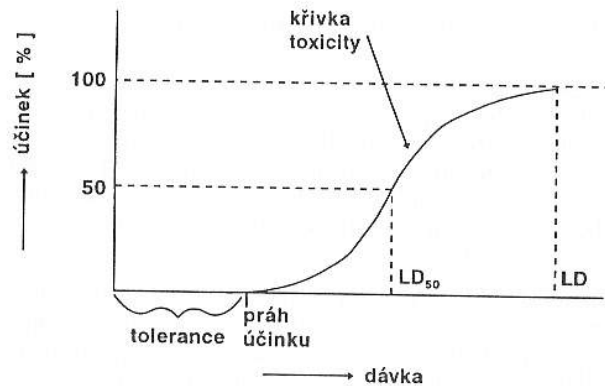
Škodlivina pak může být neutralizována nebo přeměněna metabolismem na jinou látku, rozvedena po těle, uložena (např. v tukové tkáni) nebo opět vyloučena z těla. Po dobu, kterou se setkává s buňkami těla, jim může škodit.

**Expozice.** Organismus je ve styku se škodlivinou vždy po určitý čas. Doba, po kterou je vystavena tkáň, orgán, jedinec určité dávce záření či hluku nebo koncentraci chemické látky, se nazývá *expozice*. Expozice může být okamžitá, jednorázová nebo opakovaná, krátkodobá (minuty, hodiny) nebo dlouhodobá (měsíce, roky).

Působení určité dávky na organismus závisí na třech faktorech, a to *charakteru látky* (záření, vlnění, virus apod.), na jejím *množství* (koncentraci) a na *době*, po kterou působí.

To, co nás obvykle na škodlivinách zajímá, však není dávka samotná, ale její účinek. Z dlouhodobého vědeckého výzkumu i ze zkušenosti plyne, že síla účinku je většinou přímo úměrná výši dávky, tedy čím větší dávka (koncentrace), tím silnější je účinek. Velmi malá množství nebo nízké koncentrace škodlivin jsou tolerovány. Překročí-li dávka určitou velikost, dochází k reakci organismu nebo tkáně. Odumírají buňky, je omezena funkce, nebo jedinci umírají. Po dosažení určité vysoké koncentrace se již účinek nezvyšuje, neboť dávka je smrtelná pro všechny jedince (buňky), kteří byli škodlivině vystaveni (*obr. 39*).

Vztah dávky a účinku je základem studia pro celý vědní obor, *toxikologii*. Ta většinou prostřednictvím pokusů sleduje vlivy látek, záření, či hluku na organismy a snaží se co nejpřesněji odhalit vztah mezi dávkou (koncentrace, intenzita působící složky) a účinkem, který se projeví nějakou negativní změnou studo-



Obr. 39. Vztah dávky a účinku  
účinek - smrt jedinců nebo buněk zasažené populace (tkáně) následkem toxického účinku látky; dávka - množství či koncentrace užití toxické látky

vaného organismu. Změní se funkce orgánu, odumřou buňky tkáně nebo dojde ke smrti jedince.

**Stanovení dávky a expozice.** Stanovit dávku škodliviny nebo expozici u člověka nebo u skupiny lidí je někdy problematické. V mnoha případech existuje určité přirozené pozadí (stálý výskyt látky v prostředí, potravě, ovzduší či vodě). Je také nutno vzít v úvahu způsob života, rozdíl v expozici během dne, roku i v průběhu celého života. Různě působí cizorodé látky na starší, dospělé a děti, na ženy a muže, na jedince po námaze nebo v klidu. Účinek může zesílit nebo zeslabit spolupůsobení jiného vlivu prostředí. Užívání některých léků (antibiotik, chininu) zesiluje účinky hluku.

**Příklady problémů měření dávek.** Sledujeme-li např. vliv znečištění ovzduší na zdraví, není možné měřit pouze znečištění ovzduší venku. Člověk tráví daleko více času doma, v zaměstnání nebo ve škole, než na ulici. Přesto se ve většině studií uvádí pouze koncentrace škodlivin z venkovního ovzduší. Zkreslení může nastat i tehdy, když při smogové situaci lidé výrazně omezí pobyt venku, užívají preventivně léky nebo vitamíny nebo odjíždějí na víkend mimo město. Může se tak stát, že se u některých jedinců nejen zdravotní stav nezmění, ale dokonce zlepší.

Podobně zkreslené výsledky může dát studie vlivu nekvalitní pitné vody na zdraví. V místech s nevhodnou pitnou vodou jsou občané obvykle o její nižší kvalitě informováni a kupují hygienicky nezávadnou balenou pramenitou vodu. Pak se může ukázat, že v oblastech s kontaminovanou vodou je méně případů zdravotních potíží, než by se dalo očekávat.

Při studiu vlivu škodlivých faktorů prostředí je třeba vždy přesně charakteri-

zovat cílovou populaci lidí (organismů) a zjistit co nejpřesněji druh látky (složení, koncentraci atd.) a dobu, po kterou na organismus působí.

## 2.9.5 Dobrovolná a vynucená zdravotní rizika

Zdravotní rizika nepřijímáme vždy pasivně. Řada činností a s nimi spojená přítomnost škodlivin je vázána na dobrovolné rozhodnutí, jiným se můžeme jen těžko vyhnout. Chceme-li hodnotit zátěž lidského organismu vzhledem ke znečištěnému prostředí, musíme tento fakt vzít v úvahu a hodnotit i podle toho, zda je náš organismus vystaven riziku na základě svobodné volby nebo nuceně.

**Vynucená rizika.** Vynucená rizika jsou rizika, která musíme podstoupit v rámci běžného života. Takovým typem rizika je kontaminace ovzduší v místě, ve kterém žijeme, pitné vody, kterou pijeme, každodenní práce ve znečištěném prostředí. Jsou to tedy faktory a činnosti, které jsou neoddelitelnou součástí našeho prostředí a jimž se nelze vyhnout nebo uniknout.

**Dobrovolná rizika.** Naproti tomu rizika dobrovolná jsou nepříznivé faktory, jejichž přítomnosti a účinkům se můžeme vyhnout, ale nebezpečí nerespektujeme, podceňujeme, nebo se mu dokonce dobrovolně vystavujeme. Mezi dobrovolná zdravotní rizika patří např. kouření, alkoholismus, užívání drog a především špatné stravovací návyky (včetně složení výživy) a nevhodná životospráva. K opomíjeným dobrovolným rizikům náleží i častý poslech hlasité hudby. Také podceňování pracovní expozice a odmítání ochranných pracovních pomůcek jsou rizika, která podstupujeme dobrovolně. Dobrovolná rizika často zkrslují a také zesilují účinky rizik nedobrovolných. Mnohdy je riziko onemocnění nebo úmrtí z dobrovolně přijímaných rizik několikanásobně vyšší než z rizik plynoucích ze znečištěného prostředí.

Tabulka 18 udává příklady různých faktorů, které jsou příčinou úmrtí na rakovinu. Z uvedených čísel je zřejmé, že hlavní vliv na zhoršení zdravotního stavu

Tab. 18. Podíl jednotlivých vlivů na smrti způsobené rakovinou

Faktor	Odhad [%]	Rozsah [%]
složení stravy a stravovací návyky	35	10 až 70
kouření	30	25 až 40
infekce a genetické vlivy	13	10 až 15
pohlavní život, těhotenství	7	1 až 13
škodliviny v pracovním prostředí	4	2 až 8
alkohol	3	2 až 4
záření	3	2 až 4
znečištění prostředí	2	méně než 1 až 5
kontakt s průmyslovými výrobky	méně než 1	méně než 1 až 2
léky	1	0,5 až 3
umělá barviva, ochucování potravin	méně než 1	0 až 2

(úmrtí na rakovinu) má způsob života, a zejména výživa a kouření. Údaje uvedené v tabulce však neznamenají, že kontaminace prostředí cizorodými látkami představuje pro člověka zanedbatelné nebezpečí. Celá řada toxikologických a epidemiologických studií ukázala dostatečně jasně, že znečištěné prostředí může významně postihnout lidské zdraví a způsobit i smrt.

*Příklady.* Mezi takové případy patří i smogová epizoda, která postihla na začátku prosince 1952 Londýn, kdy z důvodu znečištěného ovzduší vzrostla úmrtnost v důsledku vzniku vážných dýchacích potíží. Podle odhadů z uveřejněných studií zemřelo v Londýně během smogového týdne následkem znečištění ovzduší 2 850 osob.

Havárie 4. reaktoru v ukrajinském Černobylu, ke které došlo 26. dubna 1986, způsobila dosud největší únik radioaktivity v historii využívání jaderné energie. Zamořeny byly tisíce čtverečních kilometrů nejen v blízkosti elektrárny, ale i v rozsáhlých částech Ukrajiny, evropské části Ruska a v Bělorusku. Vyšší radioaktivita byla naměřena téměř ve všech zemích Evropy. Na nemoc z ozáření zemřelo přímo několik desítek lidí. Pozdní následky jsou v některých ohledech srovnatelné s výbuchy prvních jaderných pum svržených na konci 2. světové války nad japonskými městy Hirošimou a Nagasaki. Mutace byly zjištěny u lidí, rostlin i živočichů. Jedním z nejzávažnějších poškození lidského zdraví byl nárůst rakoviny štítné žlázy u dětí na Ukrajině, v Bělorusku a přilehlých částech Ruska.

### Otázky

1. Uveďte příklad fyzikálního, chemického, biologického a společenského vlivu na zdraví člověka.
2. Co znamená akutní a chronické působení cizorodých látek na organismus?
3. Co to je teratogen?
4. Co může ovlivnit účinnost škodlivé látky na organismus?
5. Jaký je rozdíl mezi vynucenými a dobrovolnými riziky? Uveďte příklad obou druhů rizik a diskutujte o roli škodlivých faktorů prostředí a životosprávy na zdraví.

## 2.10 Lidská společnost a prostředí

**Limity růstu.** Prostor, který má člověk na Zemi k dispozici, je omezený. Je dán plochou kontinentů a podmínkami vhodnými pro život. Zeměkouli nelze zvětšit a brzké osídlení jiných vesmírných těles je ještě nepravděpodobnější než trvalé osídlení mořských hlubin a polárních oblastí. Počet lidí na Zemi však poroste přinejmenším do poloviny 21. století. Omezenost prostoru pro bydlení, pěstování plodin, stejně jako omezenost surovinových zdrojů klade před lidstvo

nemalé problémy. Již dnes se ukazuje, že růst populace není ve všech oblastech světa udržitelný. Udržitelný není také způsob čerpání zdrojů ani prohlubující se rozdíl mezi chudými rozvojovými a bohatými průmyslovými zeměmi. Řešení těchto problémů je však nutné.

### 2.10.1 Ekonomický rozvoj a zachování přírody

S postupujícím vývojem společnosti využíval člověk stále více přírodních zdrojů. Vytvoření polí, pastvin a trvalých sídel znamenalo ovlivnění přírody v okolí a její postupnou přeměnu na kulturní krajinu. Zavedení průmyslové výroby způsobilo nárůst čerpání nerostných zdrojů nejen v blízkém okolí sídel, ale přeneslo se i do míst s bohatými nalezišti surovin, do neobydlených krajin a na mořské dno. Doprava surovin a výrobků do míst zpracování a spotřeby vyžaduje budování dopravních cest, překladů a skladů, zvyšující se produkce znamená zvýšení množství odpadů a hledání míst a cest k jejich zneškodnění.

Zdá se, že další hospodářský rozvoj zemí i jednotlivých oblastí není možný bez další devastace přírodní krajiny, horninového prostředí, půdy, vody, ovzduší, rostlin a živočichů.

### 2.10.2 Rozdíly mezi bohatými a chudými státy

**Boj o zdroje surovin.** Hospodářský růst vždy byl a je i dnes spojen s růstem politického vlivu. Téměř neomezený přístup ke zdrojům, který mají bohaté státy světa, jim umožňuje významnou měrou ovlivňovat politickou situaci ve světě, a tím získat ještě výhodnější přístup k dalším zdrojům. Na světě proto není stát, který by se chtěl zbavit svého politického vlivu a hospodářských výhod. Ztráty vlivu znamenají ztrátu přístupu ke zdrojům surovin, což vede ke snížení ekonomické úrovně, a to opět k poklesu politického vlivu.

Hospodářský růst je nejlepší zárukou k dosažení vlivu a zlepšení přístupu ke zdrojům. Regionální i světové válečné konflikty minulosti a současnosti nejsou většinou ničím jiným než bojem o politickou moc, tedy o možnost volného přístupu k přírodním zdrojům. Jedním z příkladů udržení přístupu ke zdrojům ropy byla i válka v Perském zálivu v r. 1992. Armády USA, Velká Británie, Francie a dalších průmyslově vyspělých zemí tam bránily nejen Irákem napadený Kuvajt, ale především možnost neomezeného nákupu kuvajtské ropy.

Kdyby byl přírodních zdrojů dostatek, jejich množství nekonečné a kvalita surovin vysoká, tyto problémy by neexistovaly. Každý by si mohl brát tolik, kolik potřebuje. Důkazem omezenosti zdrojů na Zemi je právě rozdíl mezi chudými a bohatými zeměmi a také snaha některých států zasahovat do vnitřních záležitostí jiných zemí.

Mnoho rozvinutých průmyslových zemí již značné části zásob surovin na svém území vyčerpalo, anebo je získávání surovin na jejich území drahé, a proto se



obraccí díky svému politickému a ekonomickému vlivu na chudší země a čerpaní suroviny z jejich nalezišť. Do chudších zemí se naopak vyvázejí odpady, pro které už není vhodné místo tam, kde je odpad produkován, nebo se do těchto zemí přesouvá výroba s nepříznivým vlivem na prostředí. Světové společnosti se ocitá v obtížně řešitelné situaci. Na jedné straně jsou velké ekonomické rozdíly mezi zeměmi zdrojem nepokojů a nerovnováhy a na straně druhé případné vyrovnání rozdílů v ekonomické úrovni mezi rozvojovými a rozvinutými státy by znamenalo významné přehodnocení současného přístupu ke zdrojům v neprospěch bohatých rozvinutých států. Existuje nějaké schůdné řešení tohoto problému?

**Hospodářské rozdělení Země.** Země je hospodářsky rozdělena na dvě hlavní oblasti. Na jedné straně stojí rozvinuté země převážně rozložené na severní polokouli a na druhé straně chudé, tzv. rozvojové země převážně ležící na polokouli jižní. Obě oblasti mají rozdílné charakteristiky, které však vedou ke zvyšování zátěže prostředí.

- *Bohaté země severu.* Populace je zde vyvážená a růst počtu obyvatel je malý. Zdravotní a sociální péče je na vysoké úrovni. Ohrožení prostředí plyne zejména z vysoké a stále se zvyšující spotřeby zdrojů i energie na jednoho obyvatele - ze zvyšování materiální životní úrovně a z produkce nejrůznějších typů odpadů.
- *Chudé země jihu.* Počet obyvatel stále roste. Zdravotní a sociální zabezpečení je na nízké úrovni. Materiální spotřeba je ve srovnání s bohatými zeměmi nízká. Ohrožení plyne ze stále většího počtu obyvatel. Rozvojové země navíc chtějí zvýšit životní úroveň, tedy materiální zabezpečení jednotlivců.

Současný vývoj v obou oblastech naznačuje, že materiální spotřeba na Zemi stále poroste, ať už je její příčinou zvyšování osobní spotřeby (životní úrovně) v zemích bohatého severu, nebo růst počtu obyvatel v chudších zemích jihu. Obojí bude klást velké nároky na prostředí v současnosti a omezí v mnoha směrech i uspokojování potřeb budoucích generací.

### 2.10.3 Udržitelný rozvoj společnosti

Cesta k možnému řešení současného nerovnoměrného uspořádání světa a k omezení dopadu dnešních problémů na život budoucích generací vede přes *udržitelný rozvoj* (také se používá spojení *trvale udržitelný rozvoj*) společnosti. Jde o takový rozvoj společnosti, který umožňuje současným generacím uspokojovat základní životní potřeby, nesnižuje rozmanitost přírody, zachovává přirozené funkce ekosystémů a zároveň neomezuje možnosti uspokojování životních potřeb příštích generací. Udržitelný rozvoj společnosti také předpokládá postupné snižování ekonomické nerovnováhy mezi bohatými a chudými zeměmi, přičemž

respektuje i kulturní a národnostní různorodost. K dlouhodobě udržitelnému způsobu života lze přispět především následujícími činnostmi a cestami.

- Zvýšením recyklace surovin a omezením čerpání surovin nových.
- Zvýšením účinnosti průmyslových a energetických technologií, lepším využitím nových surovin a omezením plýtvání, vyšlechtěním výnosných plodin.
- Snižováním spotřeby energie, zejména z fosilních paliv a jejich nahrazením obnovitelnými zdroji (sluneční, větrná, vodní energie).
- Zvýšením využíváním přírodních nebo méně škodlivých materiálů a látek rozložitelných přírodními procesy.
- Předáním nových a šetrných technologií rozvojovým zemím.
- Vyšším využíváním hromadné dopravy na úkor osobní dopravy.
- Plánováním rodiny v rozvojových zemích.
- Zvýšením toku informací na úkor toku látek a energie.
- Změnou způsobů spotřeby zboží a skladby potravy, omezením výroby předmětů na jedno použití, minimalizací plýtvání potravinami, snížením osobní spotřeby luxusních výrobků náročných na zátěž prostředí.
- Vysvětlováním dopadů lidské činnosti na prostředí, výchovou, vzděláváním a osvětou.

**Problémy k řešení.** Uskutečnění uvedených cílů však není a nebude vždy snadné a schůdné. Lze si poměrně dobře představit zlepšení technologií nebo např. zvýšení objemu recyklovaných látek. Velkým problémem ale bude zavedení nebo předání šetrných technologií do rozvojových zemí. Využívání moderních metod a strojů je významnou výhodou bohatých států. Tato přednost je vlastně určujícím faktorem jejich bohatství. Předání moderních technologií sice znamená na jedné straně ztrátu této výhody, ale na druhé straně industrializace rozvojových zemí bude mít za následek zvýšení životní úrovně, a tím i zvýšení materiální spotřeby, a tedy i tlak na využívání dalších zdrojů přírody.

I kdyby ale bylo zajištěno předání moderních technologií do zemí s odlišnými politickými a kulturními podmínkami, velkým problémem bude zajištění výškolení a vzdělání odborníků, kteří budou s novými zařízeními pracovat.

Ani přesvědčování občanů ke skromnosti a omezení vlastní spotřeby není krátkodobým cílem. V mnoha případech společnost bude řešit nedostatek zvyšováním cen. Je pravděpodobné, že teprve zvýšení ceny energie z klasických zdrojů (spalování fosilních paliv) bude důvodem pro širší zavedení např. fotovoltaických článků, tepelných čerpadel a dalších, dnes poměrně drahých, alternativních zdrojů energie. Zvýšené užívání hromadné dopravy v některých zemích Evropy je dnes spíše následek zpomalující se dopravy osobními auty, než rozumného plánování.

Pokud se týká informovanosti a osvěty, je důležité, aby zájem projevovali především občané sami. Jen málo oficiálních státních kampaní vede k naplnění cíle. Pouhá existence osvětových center podporovaných státem, vydávání letáků

nebo přijetí zákona o právu na informace o životním prostředí, nestačí. Aktivita občanů je nezastupitelná.

#### 2.10.4 Nástroje společnosti k ochraně prostředí

Myšlenka trvale udržitelného rozvoje se neprosadí sama o sobě. Občané musí sami chtít a musí požadovat řešení jednotlivých kroků i od svých parlamentů a vlád. Ke změně způsobu života je třeba využít demokratických nástrojů.

**Právní normy.** Jeden z nejdůležitějších nástrojů k uskutečňování ekologické politiky jsou právní normy - zákony. Zákony musí zabezpečit ochranu prostředí i zdraví před škodlivinami a stanovit limity, které nelze překročit při vypouštění látek do prostředí nebo při pozměňování krajiny. V zákonech musí být také jasně určen postih a jeho výše.

**Ekonomické nástroje.** Vedle zákonů na ochranu prostředí musí stát využívat i ekonomické nástroje, např. nižší daně a cla za zboží a za služby příznivé pro prostředí, a vyšší daně a cla za zboží a služby škodlivější. Stát by měl poskytovat půjčky s nízkými úroky pro zavedení šetrných technologií, dotace hromadné dopravě a finanční podporu recyklačním programům, podporu vědeckých projektů apod.

**Informační nástroje.** Vzdělávání, výchova a osvětová činnost patří mezi nástroje, jimiž mohou státní i nestátní organizace přispívat k šíření informací o ochraně prostředí o významu přírodních dějů pro lidskou společnost. Kromě škol mohou k přenosu informací přispět i různé skupiny a sdružení (v ČR existuje velké množství nevládních center ekologické výchovy) a v neposlední řadě i sdělovací prostředky. Důležitou informací je i označování výrobků jako vhodných a šetrných, recyklovatelných nebo vratných. Označování výrobků jako „ekologických“ však může být i reklamním trikem. Důležité je vědět, která značka je udělována na základě řádného oficiálního řízení, obvykle státem řízené instituce nebo nezávislého občanského sdružení, a která nikolí. V mnoha státech je udělována značka ekologicky šetrného výrobku po důkladném výběru spolupracujících státních a nestátních organizací.

**Role občana.** Udržitelný rozvoj není v žádném případě pouze záležitostí státu. Nelze spoléhat ani na to, že dodržování stanovených cílů budou sledovat a zabezpečí nevládní organizace aktivistů. Nejdůležitější je vědomí a vůle každého občana a především jeho způsob života. Úspory energie, šetrné zacházení s věcmi, respektování přírody a správná osobní životospráva nejen sníží finanční náročnost našeho života, ale pomůže nám i budoucím generacím zachovat Zemi v takovém stavu, v jakém jsme ji zdědili od svých rodičů, nebo dokonce současný stav ještě zlepšit.

#### Otázky

1. Jaké jsou důkazy omezenosti zdrojů?
2. Které oblasti světa trpí chudobou a které počítáme mezi bohaté? Proč?
3. Jak si představujete postupné hospodářské vyrovnání mezi rozvinutými a rozvojovými zeměmi? Jaké faktory hrají důležitou roli?
4. Jaké nástroje k ochraně prostředí mají lidé k dispozici?
5. Zjistěte, jaké nevládní organizace v blízkosti vaší školy jsou a které z nich pořádají programy pro školy.
6. Vyhledejte, které výrobky často používané v domácnosti mají označení ekologicky šetrný výrobek. Pokuste se najít i další značky, které informují např. o složení nebo o původu výrobku, popř. o možnosti jeho recyklace.

## 3 Životní prostředí České republiky

Historické, geografické, klimatické, politické, sociální a ekonomické podmínky způsobují, že ani naše země není ušetřena celé řady problémů, které souvisejí s poškozením životního prostředí. Populace v České republice je již dlouhou dobu stabilizována, a tak mezi hlavní problémy nepatří růst populace, ale spíše způsob využívání přírodních zdrojů, rysy spotřeby a energetická a surovinová náročnost naší výroby.

### 3.1 Charakteristika území

#### 3.1.1 Klima

Česká republika má atlanticko-kontinentální mírné klima s typickým střídáním ročních období. Průměrné roční teploty se pohybují mezi 1,0 až 9,4 °C (8,8 až 18,5 °C v létě a -6,8 až +0,2 °C v zimě). Povrch země je velmi heterogenní a složitý s velkým množstvím pahorkatin. Roční rozložení srážek vykazuje spíše kontinentální rysy. Dlouhodobé průměry ročních srážek se pohybují okolo 680 až 690 mm s minimem 410 mm v suchých oblastech a 1 500 mm ve srážkově bohatých, zvláště v horských oblastech. Sněhová pokrývka není stálá. Nižší položené oblasti jsou i v zimě obvykle bez trvalé sněhové pokrývky. Na území republiky naprší ročně v průměru 52,6 km<sup>3</sup> vody.

Pokud bychom tato čísla přepočítali na vteřinový průtok, dojdeme k hodnotě 1 668 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>. Veškeré roční srážky tedy nepředstavují více než je průtok Dunaje v Bratislavě, jehož průměrný průtok dosahuje okolo 2 000 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>. Jelikož naší republikou neprotéká žádný velký tok, nemáme k dispozici žádný jiný zdroj vody než srážky a akumulovanou vodu v nádržích a podzemních rezervoárech. Vodní bilance je úzce závislá na ročních výkyvech srážek a každý srážkový deficit se dříve nebo později projeví v nedostatku vody.

#### 3.1.2 Obyvatelstvo

V ČR žije nyní asi 10,3 mil. obyvatel. Hustota zalidnění je poměrně vysoká, asi 131 obyvatel na km<sup>2</sup>. Věková struktura obyvatelstva je nerovnoměrná s nápadným podílem věkových tříd v rozmezí 10 až 20 let a 35 až 45 let, a naopak s nízkým podílem dětí do 10 let a kategorie 55 až 60 let, tj. věkových skupin

z prvních let 2. sv. války. Osídlení je ve srovnání s jinými evropskými zeměmi typické velkým počtem malých sídel. Celkem je v České republice více než 15 tis. sídel, přičemž jedno sídlo připadá průměrně na 5,16 km<sup>2</sup> krajiny. Oblasti s nejvíce zatíženým životním prostředím se kryjí většinou se sídelními a průmyslovými aglomeracemi.

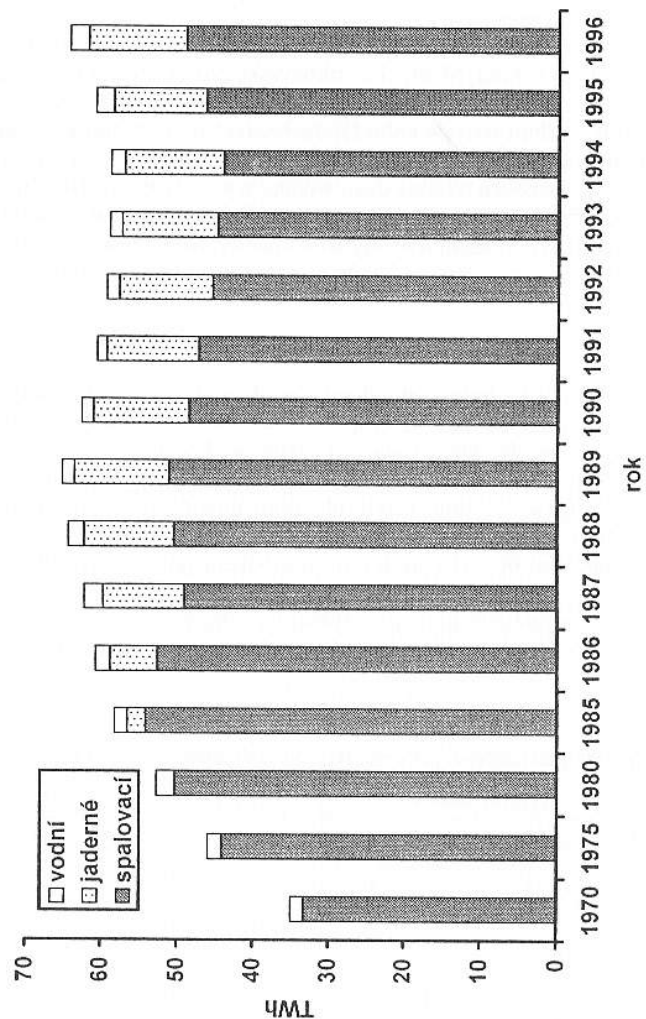
Přibližně 2,5 mil. obyvatel České republiky žije v silně narušeném životním prostředí (Praha, Ostrava, Mostecko-sokolovská oblast, Plzeňsko či Mělnicko). Průměrný věk u mužů je dnes asi 70 let, u žen asi 75 let, což je ve srovnání s rozvinutými zeměmi Evropy nebo Japonskem o 5 až 8 let méně. Nejčastějšími příčinami úmrtí jsou poruchy oběhového systému, dále novotvary a nemoci dýchacích cest. V oblastech se silně devastovaným prostředím, především v severních Čechách, lze v řadě případů přímo prokázat vztah mezi nízkou kvalitou životního prostředí a zvýšením výskytu nemocí dýchacího traktu, popř. i snížení imunity či zvýšenou frekvencí výskytu alergických onemocnění dětí.

### 3.1.3 Výroba

Pro celou republiku byla v minulosti charakteristická vysoká spotřeba energie, často i dvakrát vyšší než ve vyspělých státech srovnatelné rozlohy. Státem dotovaná cena energie, která byla získávána především v tepelných elektrárnách spalujících nekvalitní hnědé uhlí, a koncentrace na těžký průmysl (výroba železa, oceli a těžké techniky) byly hlavními důvody postupného zhoršování kvality prostředí již od konce 50. let 20. století. Změnami v ekonomice na konci 80. a na počátku 90. let (především následkem poklesu výroby) se snížila spotřeba, a tedy i produkce energie (obr. 40, tab. 19). Průmysl země se přestal orientovat na energeticky náročná odvětví těžkého průmyslu. Tyto ekonomické změny měly většinou pozitivní vliv na strukturu výroby, a tím i na stav životního prostředí.

Tab. 19. Výroba elektrické energie v různých typech elektráren v TWh

Rok	Typy elektráren			Rok	Typy elektráren		
	spalovací	jaderné	vodní		spalovací	jaderné	vodní
1970	33,3	0	1,7	1992	45,4	12,3	1,6
1975	44,1	0	1,8	1993	44,7	12,6	1,6
1980	50,26	0	2,4	1994	44	13	1,8
1985	54,1	2,4	1,7	1995	46,3	12,2	2,3
1986	52,58	6,2	1,9	1996	49	12,3	2,4
1987	49	10,7	2,5	1997	49,8	12,5	2,3
1988	50,4	11,8	2,1	1998			
1989	51,1	12,4	1,6	1999			
1990	48,5	12,6	1,5	2000			
1991	47,2	12,1	1,3				



Obr. 40. Výroba elektrické energie v elektrárnách různého typu v ČR

### 3.1.4 Doprava

V České republice byly tradičně využívány různé druhy dopravy. Hustá síť silnic, železnic i rozvinutá lodní doprava na Labi a Vltavě umožňovala pohyb zboží i cestujících po celém území republiky již v minulém století. K bouřlivému rozvoji letecké a silniční dopravy došlo především po 2. sv. válce, a zejména pak po r. 1989.

**Železnice.** Již na počátku 20. století byla délka železničních tratí téměř stejná jako v současné době (k r. 1996 celkem 9 435 km). V souladu s poklesem průmyslové výroby se po r. 1990 začaly snižovat požadavky na nákladní dopravu. Nejvýrazněji poklesla přeprava pevných paliv, rud, hutnických a strojírenských výrobků, snížila se i přeprava dalších substrátů (viz tab. 20). Pokles přepravovaných nákladů na železnici stále klesá.

Tab. 20. Přeprava zboží v mil. t

Rok	Železnice	Automobily	Lodě
1989	192,4	223,5	
1990	170,4	173	6,4
1991	132,7	83	5,9
1992	117,3	87,3	5,1
1993	123,7	70,5	4,9
1994	110,2	74,8	4,8
1995	108,9	81	4,3
1996	107,3	78,6	2,9
1997	103,4	71,2	1,6
1998			
1999			
2000			

**Silniční doprava.** V současné době je na území České republiky asi 55 500 km silnic, z toho dálnice a čtyřproudé rychlostní komunikace tvoří asi 770 km. V souvislosti s útlumem průmyslové výroby klesá po roce 1990 i objem dopravy materiálů po silnicích. Přibližně od roku 1994 se opět množství přepravovaného zboží a substrátů zvyšuje (tab. 20).

**Přeprava osob.** Současný trend u nás sleduje osobní dopravu a vývoj v zemích Evropské Unie i v dalších vyspělých průmyslových státech světa. Výrazně se zvyšuje přeprava osobními automobily, přeprava osob vlaky a hromadnými dopravními prostředky ve městech klesá (tab. 21, 22). Prudký nárůst počtu osobních automobilů způsobuje nemalé problémy v průjezdnosti silnic, zvláště na hraničních přechodech, ve velkých městech a v jejich okolí. Růst soukromé dopravy má za následek postupný růst znečištění vlivem spalování pohonných hmot

Tab. 21. Přeprava osob v městské hromadné dopravě (území ČR v tis. za rok)

Rok	Počet přepravených osob			
	autobusy	tramvaje	metro	trolejbusy
1985	1 066 283	901 390	335 151	171 547
1988	1 084 686	878 497	446 088	198 481
1989	1 069 699	866 208	459 361	215 165
1990	1 049 284	851 244	472 002	218 833
1991	1 128 618	963 966	556 503	232 058
1992	1 066 492	883 725	629 164	237 739
1993	995 059	846 279	554 867	239 058
1994	963 231	832 669	531 402	235 496
1995	834 422	749 320	413 442	233 079
1996	811 154	724 838	406 127	236 955
1997	777 192	753 817	409 761	250 387
1998				
1999				
2000				

Tab. 22. Počet osobních automobilů (včetně dodávek) a autobusů registrovaných v Československu do r. 1992 a v ČR od r. 1993

Rok	Osobní a dodávky	Autobusy	Rok	Osobní a dodávky	Autobusy
1970	685 426	13 740	1991	2 484 222	26 724
1975	1 198 613	16 402	1992	2 580 297	26 552
1980	1 779 425	20 255	1993	2 746 995	24 654
1985	2 066 375	23 079	1994	2 967 253	22 761
1986	2 123 570	23 403	1995	3 113 476	21 912
1987	2 180 871	23 809	1996	3 349 476	21 912
1988	2 247 710	24 416	1997	3 547 745	20 916
1989	2 330 735	25 646	1998		
1990	2 411 297	26 036	1999		
			2000		

a častější výskyt letního oxidativního smogu. I když přeprava osob letecky postupně vzrůstá, přesto je jen zlomkem přepravy cestujících po silnicích a železnicích.

**Lodní doprava.** Podobně jako klesá výkonnost u železniční dopravy substrátů a zboží, platí totéž pro lodní dopravu. V porovnání se silniční a železniční dopravou představuje lodní doprava pouze jednotky procent váhy a objemu přepravovaných nákladů (viz tab. 20).

## 3.2 Znečištění složek prostředí

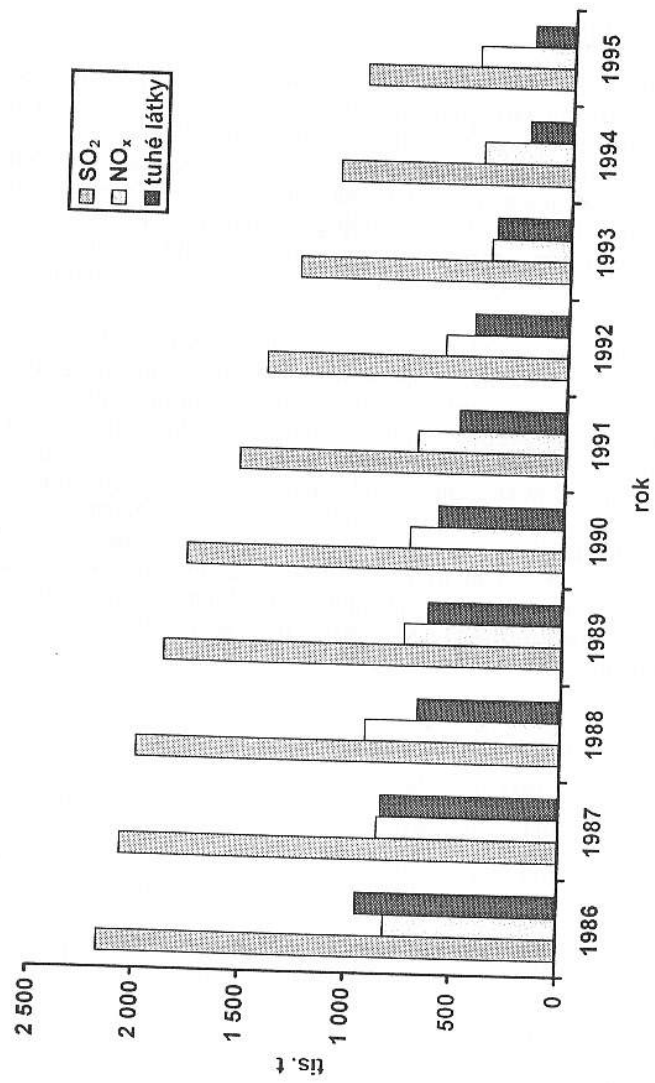
### 3.2.1 Ovzduší

**Emise do ovzduší.** Hlavními znečišťovateli ovzduší byly již od počátku sedmdesátých let elektrárny, teplárny, průmysl zpracování kovů, chemický průmysl a doprava. Emise  $\text{SO}_2$  vzrostly od r. 1950 do r. 1980 zhruba třikrát. Od r. 1989 do r. 1994 byl zaznamenán pokles téměř o 30 %. V současné době jsou emise  $\text{SO}_2$  již pod úrovní 1 mil. t za rok. Stále však patříme mezi významné znečišťovatele touto škodlivinou v Evropě. Od druhé poloviny 80. let postupně klesá i emise prашného aerosolu a do jisté míry též oxidů dusíku. Emise oxidu uhelnatého a uhlovodíků se nesnižují, stagnují, nebo dokonce mírně vzrůstají (tab. 23, obr. 41).

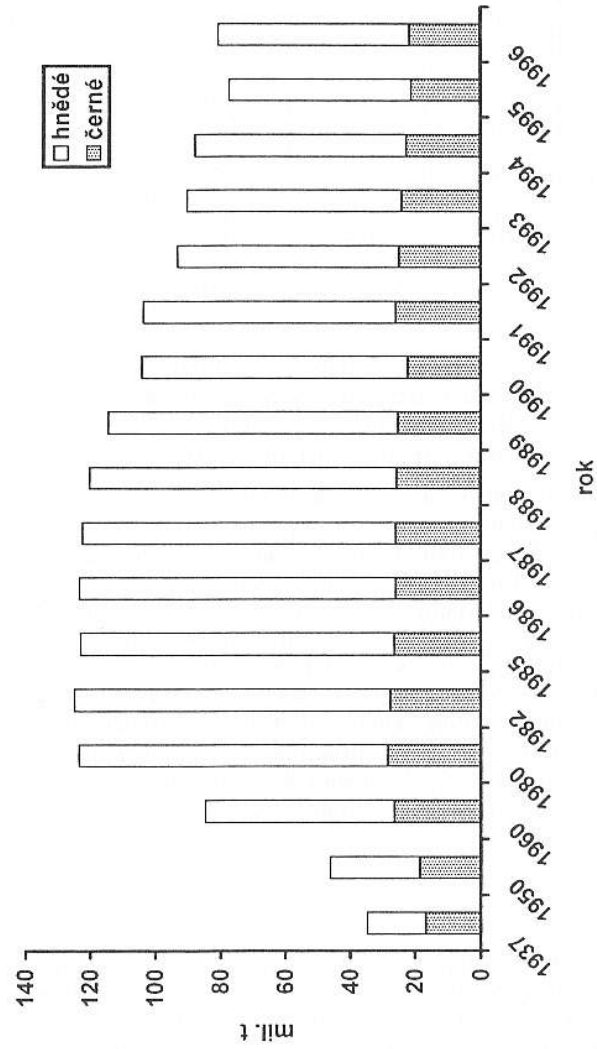
**Imise.** I když postupně klesá znečištění ovzduší oxidem siřičitým a prachem, koncentrace  $\text{SO}_2$  a prachu v ovzduší často překračují maximální denní povolenou výši znečištění (povolené denní znečištění, tzv. imisní limit, je stanoveno pro 24hodinovou koncentraci oxidu siřičitého i prашného aerosolu na 150  $\mu\text{g}$  na  $\text{m}^3$ ). Překročení jsou častá zvláště v severozápadních Čechách, v Praze a na Ostravsku. Imisní koncentrace oxidů dusíku (24hodinový limit pro  $\text{NO}_x$  je 100  $\mu\text{g}$  na  $\text{m}^3$ ) se pohybují těsně pod hranicí povoleného ročního limitu. Vzhledem ke stále narůstající intenzitě automobilové dopravy lze ale další nárůst této škodliviny očekávat. Kromě uvedených látek se do ovzduší dostávají nezanedbatelná množství uhlovodíků vznikajících především při nedokonalém spalování, z nichž velmi nebezpečné jsou polycyklické aromatické uhlovodíky s karcinogenními účinky.

Tab. 23. Emise hlavních škodlivin do ovzduší v tis. t

Rok	Tuhé látky	$\text{NO}_x$	$\text{SO}_2$	CO	Uhlovodíky
1987	951	816	2 164	738	139
1988	840	858	2 066	737	139
1989	673	920	1 998	885	228
1990	631	742	1 876	1 055	225
1991	592	725	1 776	1 102	227
1992	501	698	1 538	1 045	205
1993	441	574	1 419	967	204
1994	344	368	1 270	978	208
1995	201	413	1 091	874	174
1996	179	432	946	886	146
1997	128	423	701	877	181
1998					
1999					
2000					



Obr. 41. Emise hlavních znečišťujících látek do ovzduší v ČR



Obr. 42. Těžba černého a hnědého uhlí v ČR

Tab. 24. Těžba uhlí v mil. t

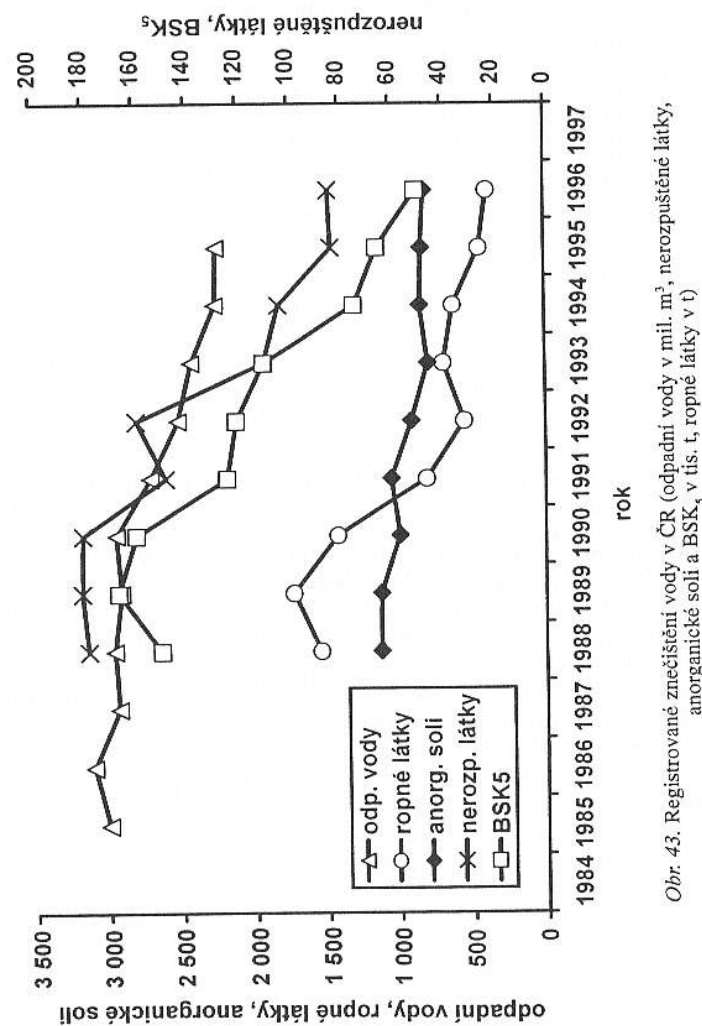
Rok	Uhlí		Rok	Uhlí	
	hnědé	černé		hnědé	černé
1937	18,0	16,7	1990	81,7	22,1
1950	27,5	18,5	1991	77,5	25,8
1960	58,4	26,2	1992	68,1	24,7
1980	95,1	28,2	1993	66,0	23,9
1982	97,1	27,5	1994	65,0	22,5
1985	96,6	26,2	1995	56,0	21,0
1986	97,4	25,7	1996	59,0	21,5
1987	96,4	25,7	1997	58,0	21,0
1988	94,3	25,5	1998		
1989	89,0	25,1	1999		
			2000		

Množstvím emisí oxidu uhličitého se řadíme mezi významné přispěvatele k zesílení skleníkového efektu. Do ovzduší se dostává i celá paleta těžkých kovů pocházejících ze spalovacích procesů, z hutních provozů, z výroby průmyslových hnojiv i z dopravy. Jde většinou o toxické látky.

**Měrná emise hlavních škodlivin.** Hlavní příčinou snížení koncentrace významných škodlivin byl pokles průmyslové výroby na počátku 90. let a s ní související pokles spotřeby energie. Jelikož se většina naší elektrické energie vyrábí v tepelných elektrárnách spalujících málo kvalitní hnědé uhlí (výhřevnost hnědého uhlí se u nás pohybuje mezi 10 až 15 MJ na kg, obsah síry je obvykle mezi 0,3 % až 3 % a obsah popelovin mezi 20 % až 40 % hmotnosti, poklesla významně těžba uhlí (tab. 24, obr. 42). Pozitivní vliv na snížení emisí mají také přijaté zákony na ochranu ovzduší. Oba tyto faktory však neovlivnily celkové měrné emise (měrné emise = množství vypouštěných škodlivin na obyvatele nebo na plochu území) natolik, abychom se vyrovnali vyspělým státům na světě. Emise téměř všech hlavních škodlivin stále 2 až 4krát přesahují měrné hodnoty na 1 obyvatele uváděné pro většinu zemí Evropské Unie.

### 3.2.2 Voda

**Odběr vody.** Největšími odběrateli vody z *povrchových toků* jsou energetika, průmysl a vodovody. I když odběry postupně od poloviny 80. let klesají, pohybuje se odběr jednotlivých uvedených sektorů mezi 600 až 800 mil. m<sup>3</sup> ročně. Na rozdíl od řady rozvojových zemí je odběr povrchové vody pro zemědělskou výrobu k zavlažování minimální. Hlavním odběratelem *podzemní vody* jsou vodovody (okolo 450 mil. m<sup>3</sup> za rok). Průmysl, energetika, zemědělství a ostatní resorty nespotřebují více než 100 mil. m<sup>3</sup> vody za rok. I zde odběr v dlouhodobě



Obr. 43. Registrované znečištění vody v ČR (odpadní vody v mil. m<sup>3</sup>, nerozpuštěné látky, anorganické soli a BSK<sub>5</sub> v tis. t, ropné látky v t)

Tab. 25. Spotřeba průmyslových hnojiv v kg/ha

Rok	Hnojiva		
	dusíkatá	fosforečná	draselná
1986	99	78	77
1987	87	66	71
1988	97	69	67
1989	103	67	60
1990	86	53	47
1991	50	11	8
1992	50	11	7
1993	40	13	11
1994	58	10	13
1995	56	15	13
1996	61	12	8
1997	55	12	10
1998			
1999			
2000			

perspektivě postupně klesá. Jeden z velkých problémů představují ztráty pitné vody ve vodovodních sítích (viz obr. 27).

**Znečištění vody.** Od počátku 90. let postupně klesá znečištění vod. Množství vypouštěných nerozpuštěných látek pokleslo v období 1990 až 1995 ze 180 na 80 tis. t za rok, rozpuštěných anorganické soli z 1 000 na 800 tis. t za rok, hodnota BSK<sub>5</sub><sup>8</sup> poklesla ve stejném období ze 160 na 60 tis. t za rok. U ropných látek byl zaznamenán pokles z 1,4 na 0,4 tis. t za rok (obr. 43). Stálým problémem zůstává znečištění sedimentů některých řek těžkými kovy a kontaminace některých velkých rezervoárů podzemních vod.

Zlepšení stavu znečištění vod podobně jako u ovzduší způsobil pokles průmyslové výroby po r. 1990 a zásadní snížení spotřeby průmyslových hnojiv v zemědělství (tab. 25). Tomu napomohlo omezení dotací do zemědělské prvovýroby a výstavba stěžejních čistíren odpadních vod u velkých měst a průmyslových podniků. Jen v období 1992 až 1994 bylo investováno na výstavbu 78 velkých čistíren odpadních vod 13,8 mld. Kč.

<sup>8</sup> Biochemická spotřeba kyslíku je množství rozpuštěného kyslíku spotřebovaného za standardních laboratorních podmínek v kyslíkatém (oxickém) prostředí k biochemické oxidaci látek ve vodě. Používá se jako míra koncentrace biologicky rozložitelných organických látek. Vyjadřuje se v mg.l<sup>-1</sup>. Obvykle se stanovuje rozdíl mezi množstvím rozpuštěného kyslíku ve vodě v 0. a 5. den po odběru, tzv. BSK<sub>5</sub>). Množství BSK<sub>5</sub> vyjadřuje míru znečištění organického původu ve vodě.

**Havárie.** Od r. 1988 klesá havarijní znečištění vod. Zatímco v r. 1988 bylo na našem území registrováno 584 havárií (z toho 316 ropných), od r. 1993 se udržuje počet havárií mírně nad 200 za rok. V r. 1995 bylo registrováno 243 havárií, z toho 134 ropných. Hlavním původcem havárií je doprava (přes 20 %) a hlavními příčinami jsou dopravní nehody, nedbalost a technická závada (20 %, 19,5 % a 16 %).

Přetrvávajícím problémem zůstává kontaminace sedimentů některých řek a nádrží těžkými kovy a persistentními organickými látkami, např. PCB.

### 3.2.3 Horninové prostředí a půda

**Energetické a stavební suroviny.** V souvislosti s poklesem průmyslové výroby klesala v průběhu let 1990 až 1993 výrazně i těžba všech zásadních nerudných a energetických surovin (kaolin, jíl, písky a šterkopisky, sklářské písky, vápence, stavební kámen, černé uhlí, hnědé uhlí). U všech šlo o poklesy v řádech desítek procent (20 až 50 %). To je zejména významné u hnědého energetického uhlí, jehož těžba se v posledních 10 letech výrazně snížila (viz tab. 24). Byla snížena i kriticky nežádoucí těžba uranu v okolí Stráže pod Ralskem (z 2 500 t v r. 1989 na 600 t v r. 1995). O definitivním ukončení těžby a o zahájení útlumového programu bylo rozhodnuto v r. 1996.

**Těžba v chráněných územích.** Velké snížení objemů těžebních surovin v uvedených odvětvích neznamená, že by prostředí nebylo nadále těžbou ohroženo. Řada provozů je umístěna v chráněných územích (vápenc v Českém a Moravském krasu, kamenivo v Českém středohoří, šterkopisky na Třeboňsku atd.). Také průzkumné aktivity k vyhledání nových ložisek (zejména zlata) směřují v mnoha případech do chráněných území (Šumava).

**Zemědělská půda.** Od r. 1950 do r. 1989 poklesla výměra zemědělské půdy na jednoho obyvatele asi o čtvrtinu (z 0,57 na 0,43 ha na 1 obyvatele). U orné půdy došlo též k poklesu, a to z asi 0,43 na 0,31 ha na 1 obyvatele. Úbytky zemědělské půdy byly způsobeny výstavbou průmyslových podniků, těžbou surovin, stavbou přehrad, ale také zalesněním některých ploch nevhodných nebo nevyužívaných k zemědělské výrobě. Velké oblasti tak byly zalesněny např. v západním pohraničí.

Průměrné hektarové výnosy obilovin ve stejném období vzrostly asi třikrát (z 2 na 6 tun na ha) a spotřeba průmyslových hnojiv stoupla z necelých 50 až téměř na 250 kg na ha (tedy pětkrát). Od r. 1990 však dochází k výraznému útlumu v používání drahých průmyslových hnojiv a pesticidů. Zátěž půdy se tedy postupně snižuje. U všech druhů hnojiv se jejich spotřeba od r. 1989 podstatně snížila (viz tab. 25).



### 3.2.4 Lesy

Jak bylo uvedeno v *kap. 1.6.5*, původním vegetačním pokryvem na území České republiky byly převážně listnaté lesy. Přírozená skladba se však s postupnou přeměnou na hospodářské lesy měnila. Původní porosty byly tvořeny převážně bukem (40 %) a dubem (18 %). Z jehličnatých dřevin převládala jedle (16 %). Smrk byl zastoupen v původních lesích pouze asi 15 % a borovice 3 %. Současné lesy jsou však z více než 54 % tvořeny porosty smrku a borovice (18 %). Původní dominantní listnaté stromy, buk a dub, nyní pokrývají 6 % plochy lesů v republice. Zastoupení jedle pokleslo na méně než 1 % (*tab. 26*).

**Poškození lesů.** Nepřírozená skladba lesů způsobuje řadu problémů. Monokultury smrků jsou často napadány některými dřevokaznými druhy hmyzu (lýkožrout smrkový, obaleč modřínový). Lesy trpí hlavně znečištěním ovzduší, oxidem siričitým v zimě a ozónem v letních měsících. Oslabené porosty jsou náchylné k polomům. V současné době je imisemi poškozeno 70 až 90 % severomoravského, jihomoravského, střeďočeského a severočeského regionu. Sto procentní poškození lesů vykazuje východočeský region. Lesy v západočeském a jihočeském regionu jsou poškozeny asi z 15 až 25 %. Se zdravotním stavem

Tab. 26. Zastoupení dřevin v lesích ČR v %

Dřevina	Zastoupení		
	původní	současné	plánované
smrk	15	55	30
borovice	3	17	20
modřín	1	3	5
jedle	16	1	5
buk	40	6	18
dub	18	6	8
ostatní listnaté dřeviny	7	11	14
celkem	100	100	100

lesa souvisí i tzv. nahodilá (vynucená) těžba dřeva, která představuje v současné době asi 2/3 celkového objemu těžby. Hlavními důvody jsou imisní a polomová poškození.

V budoucnu lze předejít poškození lesů pouze výrazným snížením znečištění ovzduší z energetických technologií a zvýšením podílu listnatých dřevin. Se zvyšováním intenzity automobilové dopravy lze v příštích letech očekávat nárůst poškození lesů následkem zvyšování koncentrace ozónu jako průvodního jevu letního oxidačního smogu.

### 3.2.5 Odpady

S aktivitou člověka je spojena i produkce velkého množství odpadů, které představují trvalé nebezpečí pro životní prostředí. Monitorování množství odpadů nebylo v minulosti prováděno ani pravidelně, ani systematicky podle zavedených metodik. Informací o produkci odpadů na území republiky je tedy poskrovnu. Podle posledních šetření bylo v roce 1994 vyprodukováno v ČR 47 720 tis. t odpadů. Z toho 41,5 % pocházelo z průmyslu, 17,4 % z energetiky, 11,5 % ze zemědělství a lesnictví, 4,2 % tvořil komunální odpad, pouze 0,3 % byl odpad z těžby a 25,1 % byl nespecifikovaný odpad. Odlišné údaje byly zaznamenány pro r. 1995 a 1996 (*tab. 27*).

Rozdíl v údajích ukazuje nedokonalou metodu při získávání prvotních dat od původců nebo zpracovatelů odpadů spíše než prudký nárůst produkce odpadů.

Odpady jsou u nás zneškodňovány převážně formou skládkování na rozdíl od většiny vyspělých zemí, kde převládá spalování. Velmi málo odpadů je recyklováno a kompostováno (méně než 5 %).

Tab. 27. Produkce odpadů podle původu v mil. t

Oblast	Rok	
	1995	1996
zemědělství a lesnictví	6,2	5,5
dolování a těžba	2,4	5,0
průmysl	27,0	38,5
energetika	10,6	17,1
komunální odpad	2,0	3,2
ostatní	25,9	19,8

## 3.3 Ochrana přírody a krajiny

### 3.3.1 Historie a současný stav

**První rezervace na území Čech.** Již v první polovině 19. století byly na území Čech založeny přírodní rezervace. Nacházely se v jižních Čechách na území panství Bukwojů a Schwarzenberků. Patřily k prvním rezervacím v Evropě. *Žofínský prales* a *Hojná voda* vznikly v r. 1838, *Boubínský prales* v r. 1858. Prvním národním parkem v České republice se stal Krkonošský národní park.

**Zákony na ochranu přírody.** V období po druhé světové válce byla ochrana přírody v České republice právně zakotvena v r. 1956 přijetím *Zákona o ochraně přírody č. 40/1956*. V současnosti platí nová zákonná norma, *Zákon o ochraně přírody a krajiny č. 114/1992 Sb.* Zákon vymezuje dva typy ochrany přírody - *obecnou a zvláštní*.

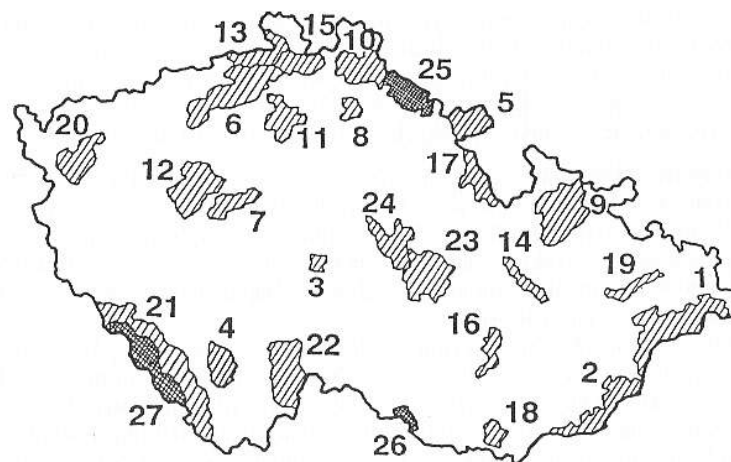
**Obecná ochrana přírody.** Pod pojmem obecná ochrana přírody se rozumí ochrana prvků územního systému ekologické stability, významných krajinných prvků (lesy, nivy řek, rybníky a jezera, jeskyně, geologická a paleontologická naleziště a řada dalších útvarů), živých organismů, ale i jeskyní, paleontologických nálezů i krajiny všeobecně. Obecná ochrana přírody se vztahuje na přírodu republiky jako celek.

**Zvláštní ochrana přírody.** Zákonem č. 114/1992 jsou přesně vymezena určitá území a vyjmenovány určité druhy organismů. Jsou to území i druhy, jejichž ochraně je věnována zvláštní pozornost. Zákon vymezuje celkem 6 kategorií chráněných území: národní park (NP), chráněná krajinná oblast (CHKO), národní přírodní rezervace (NPR), národní přírodní památka (NPP), přírodní rezervace (PR) a přírodní památka (PP). Zákon podporuje výrazně ekosystémovou ochranu biologické rozmanitosti přírody. Druhovú ochranu je zajištěna ve vyhlášce č. 395/1992. Ta stanovuje stupeň ohrožení chráněných druhů ve třech kategoriích: kriticky ohrožený druh, silně ohrožený druh a ohrožený druh. Seznam zvláště chráněných druhů obsahuje několik set rostlin (včetně hub) a živočichů.

**Chráněná území.** Chráněná území pokrývají v České republice 11 882 km<sup>2</sup>, což představuje více než 15 % plochy státu. Naše země se tak řadí na přední místa v Evropě, vedle Rakouska, Švýcarska a Velké Británie. V ČR jsou 4 národní parky. NP Krkonoše má rozlohu 385 km<sup>2</sup>, s ochranným pásmem 547 km<sup>2</sup>. Byl založen v r. 1963. Od r. 1992 je biosférickou rezervací UNESCO. NP Šumava je největším národním parkem v republice. Má rozlohu 685 km<sup>2</sup>, funkci ochranné zóny plní CHKO Šumava s 945 km<sup>2</sup>. Byl vyhlášen v r. 1991. Od r. 1990 je biosférickou rezervací UNESCO. Nejmenším a nejmladším národním parkem je NP Podyjí. Byl založen v r. 1991. Jeho rozloha je 34 km<sup>2</sup> (s ochranným pásmem 63 km<sup>2</sup>). Nejmladším NP je od r. 1999 České Švýcarsko. Má plochu 75 km<sup>2</sup> a rozkládá se na části CHKO Labské Pískovce. Chráněných krajinných oblastí je na našem území 24 (obr. 44). Ostatních chráněných území (tzv. maloplošných chráněných území) je celkem 1 706 (k 1. 1. 1996).

**Biosférické rezervace.** Šest velkoplošných chráněných území má mezinárodní statut *biosférické rezervace*. Tyto oblasti jsou zahrnuty v celosvětové síti rezervací UNESCO. Patří sem NP Krkonoše a Šumava, CHKO Křivoklátsko, Pálava, Třeboňsko a Bílé Karpaty. Kromě hlavní ochranné úlohy musí biosférické rezervace plnit i další úkoly. Jde především o pravidelný vědecký výzkum a také o osvětovou činnost směrem k veřejnosti, která do rezervací přichází za poznáním přírodního bohatství. V současné době je na Zemi okolo 200 biosférických rezervací. Snahou je zahrnout do této sítě další významné a reprezentativní krajinné oblasti.

O významném rozšíření sítě chráněných území v naší republice se neuvažuje. Předpokládá se, že by na území České republiky mohl vzniknout v budoucnu ještě 1 národní park (NP Křivoklátsko ze stejnojmenné CHKO). Dvacet čtyř dnešních CHKO by mohly ještě doplnit chystané CHKO Novohradské hory a Javořícká vrchovina.



Obr. 44. Chráněné krajinné oblasti a národní parky v ČR

1 - Beskydy, 2 - Bílé Karpaty, 3 - Blanič, 4 - Blanský les, 5 - Broumovsko, 6 - České stře-dohoří, 7 - Český kras, 8 - Český ráj, 9 - Jeseníky, 10 - Jizerské hory, 11 - Kokořínsko, 12 - Křivoklátsko, 13 - Labské pískovce, 14 - Litovelské pomoraví, 15 - Lužické hory, 16 - Moravský kras, 17 - Orlické hory, 18 - Pálava, 19 - Poodří, 20 - Slavkovský les, 21 - CHKO Šumava, 22 - Třeboňsko, 23 - Žďárské vrchy, 24 - Železné hory, 25 - Krkonošský národní park, 26 - Národní park Podyjí, 27 - Národní park Šumava

### 3.3.2 Problémy ochrany přírody v České republice

Území naší země je charakteristické vysokou hustotou osídlení, velkým počtem sídel (měst, městeček a vesnic), hustou sítí silničních i železničních komunikací. V současné době u nás najdeme jen málo ploch, které by nebyly využívány pro uspokojování potřeb obyvatel. I v chráněných územích je tedy činnost člověka patrná.

**Těžba surovin.** V řadě chráněných území nebo v jejich okolí probíhá těžba různých surovin. Na Třeboňsku se těží šterkopísky a rašelina, v Českém středohoří stavební kamenivo, v Českém krasu vápenec. Problémy nejsou spojeny pouze s těžbou samotnou, tedy se změnami reliéfu a původních společenstev, ale také s dopravou materiálu, hlukem, prachem apod.

**Poškození lesů imisemi.** Některá chráněná území jsou pod silným vlivem znečištěného ovzduší. Největší ztráty lesů v chráněných územích byly zaznamenány v CHKO Jizerské hory a v národním parku Krkonoše. Také lesy v národním parku a CHKO Šumava jsou poškozeny zvýšenými koncentracemi škodlivin přenášenými ze vzdálených zdrojů. Lesním společenstvům škodí v zimě

hlavně oxid siřičitý, který má svůj původ v severočeské oblasti s vysokou hustotou tepelných elektráren. I když dochází k výraznému zlepšení (mnohé elektrárny jsou dnes odsířeny), přesto jsou lesy na severu Čech poškozovány částečně našimi a částečně i polskými zdroji znečištění. V létě poškozují lesy dálkový přenos ozónu, který vzniká ve velkých městech jako složka oxidativního smogu.

**Rekreace.** Chráněná území jsou zároveň oblastmi turistiky a rekreace. Vysoká návštěvnost Krkonoš, a to jak v létě, tak i v zimě klade na ochranu přírody v tomto národním parku velké nároky. Hlavním problémem způsobuje neukázněnost turistů jak v létě (zkracování a nerespektování značených cest, užívání horských kol v zakázaných územích), tak v zimě (rozmach hlučných sněžných skútrů, stavba vleků a lanovek apod.).

Problémy obecné ochrany přírody zahrnují především rozvoj komunikační sítě, na kterou se vážou stavební aktivity. Podél silnic a v okolí měst vznikají nové zóny skladů, obytných čtvrtí, velkokapacitních prodejen, čerpadel pohonných hmot apod. Dochází tak k fragmentaci stanovišť, kontaminaci škodlivými látkami, hlukem, prachem a také šíření nepůvodních druhů rostlin (např. rdesno sachalinské, netýkavka Roileova).

### 3.4 Hodnocení ochrany životního prostředí a výhledy do budoucna

#### 3.4.1 Příčiny zlepšování a zhoršování stavu životního prostředí

Životní prostředí u nás doznává v posledních letech řadu změn. Je třeba konstatovat, že většina z nich byla pozitivních. Zlepšení situace však nenastalo ve všech případech následkem zlepšené legislativy, zvýšením investic do ochrany prostředí nebo zlepšením přístupu lidí.

Zásadní změny nastaly především následkem snížení průmyslové produkce a spotřeby energie. Důležitým faktorem bylo snížení až úplné zrušení státních dotací některých odvětví národního hospodářství (zemědělství, těžkého průmyslu apod.).

Zhoršení proti minulým desetiletím je třeba spatřovat zejména ve vysokém nárůstu osobních vozidel a často v živelné výstavbě, zejména v okolí větších měst. Hlavním důsledkem zvyšování osobní automobilové dopravy je opět postupné narůstání koncentrací oxidů dusíku v atmosféře a zvyšování výskytu letního smogu. S novou výstavbou se snižuje rozloha zemědělské půdy a negativně je ovlivňován i charakteristický ráz naší krajiny.

#### 3.4.2 Financování ochrany životního prostředí

Spolu se snižováním dotací průmyslu a zemědělství se v průběhu devadesátých let zvyšují investice směřující přímo nebo nepřímo do ochrany životního prostředí. Mezi lety 1990 až 1995 se státní výdaje na ochranu prostředí (včetně výdajů za zabezpečení pitné vody pro obyvatelstvo) zvýšily téměř třikrát (z 5,1 mld. Kč v r. 1990 na 14,9 mld. Kč v r. 1995). Mezi zcela zásadní investice státu patří financování čistíren odpadních vod. Do tohoto sektoru stát investoval v r. 1995 1,3 mld. Kč (v r. 1990 pouze 11,4 mil. Kč.). V r. 1995 bylo v jednotlivých sektorech investováno do ochrany životního prostředí 32 mld. Kč (9,8 mld. do ochrany čistoty vod, 18,1 mld. do ochrany ovzduší, 2,7 mld. do odpadového hospodářství, 1 mld. do ochrany před fyzikálními faktory a 0,4 mld. do rekultivací).

Celkově se podíl dotací na ochranu životního prostředí ze státního i nestátního sektoru zvýšil od r. 1990 do r. 1995 více než pětkrát (z 6,05 na 32 mld. Kč). I když jde o velmi výrazný nárůst, uvedené hodnoty neodrážejí věrně skutečné investice do ochrany životního prostředí. V tzv. běžných cenách, v nichž se výdaje udávají, totiž není zohledněna meziroční inflace. I když se jeví nárůst finančních objemů značný, je lépe brát v úvahu údaj o výši investic do životního prostředí jako podíl na výši hrubého národního produktu (HDP). V dlouhodobé perspektivě se podíl výdajů na životní prostředí z HDP zvýšil o něco více než dvakrát, z 1,1 % na 2,6 %.

**Staré ekologické zátěže.** Stát bude i v budoucnu nejen stále finančně podporovat průběžné zlepšování stavu prostředí, ale i financovat a odpovídat za dlouhodobě devastovaná a kontaminovaná území (tzv. staré ekologické zátěže). Patří sem zejména asanace neřízených skládek a odkališť, dekontaminace podzemních vod v okolí velkých průmyslových a těžebních podniků, náprava škod způsobených těžbou uranové rudy, asanace bývalých vojenských prostor po sovětské okupační armádě, rekultivace po těžbě a také náhrada porostů a škod způsobených na lesích znečištěným ovzduším. Výdaje na odstranění starých ekologických zátěží jsou odhadovány na několik set miliard korun.

#### Otázky

1. Porovnejte údaje o těžbě hnědého uhlí a černého uhlí s údaji o emisích hlavních škodlivin a rozhodněte, u kterého druhu paliva ovlivnilo snížení těžby více produkci emisí.
2. Zjistěte z uvedených tabulek, popř. z ročenky životního prostředí České republiky a z dalších statistických publikací, jak se vyvíjely hodnoty přepravovaného zboží po železnici a po silnicích po r. 1989 (pracujte i se staršími vydáními ročenek).

3. Čím zatěžuje prostředí osobní automobilová doprava?
4. Jaké byly následky snížení státních dotací zemědělství z pohledu ochrany životního prostředí a z pohledu zemědělské výroby?
5. Jaké jsou problémy ochrany přírody ve velkoplošných chráněných územích? Uveďte příklady, navrhněte řešení problémů.

### 3.5 Přehled důležitých zákonů a některých dalších obecně závazných předpisů na ochranu životního prostředí v ČR

#### Životní prostředí všeobecně

- Zákon č. 17/1992 Sb., o životním prostředí
- Zákon ČNR č. 388/1991 Sb., o státním fondu životního prostředí, ve znění zákona ČNR č. 334/1992 Sb.
- Zákon ČNR č. 282/1991 Sb., o České inspekci životního prostředí
- Zákon č. 123/1998 Sb., o právu na informace o životním prostředí

#### Ochrana přírody a krajiny

- Zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny
- Zákon č. 16/1997 Sb., o podmínkách dovozu a vývozu ohrožených druhů volně žijících živočichů a planě rostoucích rostlin a dalších opatřeních k ochraně těchto druhů a o změně a doplnění zákona ČNR č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny ve znění pozdějších předpisů
- Vyhláška MŽP č. 395/1992 Sb. (ve vazbě na zákon č. 114/1992 Sb. upravuje ochranu druhů organismů)
- Další vyhlášky a výnosy ministerstev se týkají zřízení národních parků, CHKO a chráněných území

#### Ochrana ovzduší

- Zákon č. 309/1991 Sb., o ochraně ovzduší před znečišťujícími látkami (zákon o ovzduší), ve znění zákona č. 218/1992 Sb. a zákona č. 158/1994 Sb. (úplné znění zákona č. 211/1994 Sb.)
- Zákon č. 86/1995 Sb., o ochraně ozónové vrstvy Země
- Vyhláška MŽP č. 117/1997 Sb., kterou se stanovují emisní limity a další podmínky provozování stacionárních zdrojů znečišťování a ochrany ovzduší
- Vyhláška MŽP č. 41/1992 Sb., kterou se vymezují oblasti vyžadující zvláštní ochranu ovzduší a stanoví zásady vytváření a provozu regulačních systémů a některá další opatření k ochraně ovzduší ve znění vyhlášky č. 279/1993 Sb.

- Některé další vyhlášky ve vazbě na zákon č. 86/1995 Sb. stanovují např. množství látek poškozujících ozónovou vrstvu Země, které mohou být vyrobeny, dovezeny, nebo užívány v ČR apod.

#### Ochrana vod - vodní hospodářství

- Zákon ČNR č. 138/1973 Sb., o vodách (vodní zákon), ve znění zákona ČNR č. 425/1990 Sb., zákona č. 114/1995 Sb., zákona č. 14/1998 Sb. a zákona č. 58/1998 Sb.
- Zákon ČNR č. 130/1974 Sb., o státní správě ve vodním hospodářství, ve znění zákona ČNR č. 49/1982 Sb., zákona ČNR č. 425/1990 Sb. a zákona č. 23/1992 Sb., (úplné znění zákona ČNR č. 458/1992 Sb.), ve znění zákona č. 114/1995 Sb.
- Zákon č. 58/1998 Sb., o poplatcích za vypouštění odpadních vod do vod povrchových
- Nařízení vlády ČR č. 171/1992 Sb., kterým se stanoví ukazatele přípustného znečištění vod ve znění nařízení vlády ČR č. 185/1996 Sb.
- Nařízení vlády č. 27/1975 Sb., o ochraně před povodněmi
- Další nařízení vlády a vyhlášky ministerstev upravují například ochranu oblastí přirozené akumulace vod (Jeseníky, Jizerské hory, Šumava, Žďárské vrchy, Orlické hory, Třeboňsko atd.), dále stanovují povinnosti správců toků, plavbu, provoz veřejných vodovodů atd.

#### Lesní hospodářství

- Zákon č. 289/1995 Sb., o lesích a o změně některých zákonů (lesní zákon)
- Skupina vyhlášek Ministerstva zemědělství č. 77 až 84/1996 Sb., např. o odnětí nebo omezení lesních pozemků, o lesním hospodářském plánování, o stanovení pásem ohrožení lesů emisemi, o způsobu výpočtu újmu nebo škody na produkčních funkcích lesa, o výsadbě melioračních a zpevňujících dřevin, o lesní stráží, o udělování licencí v lesním hospodářství apod.

#### Ochrana zemědělského půdního fondu

- Zákon ČNR č. 334/1992 Sb., o ochraně zemědělského půdního fondu (jak vyplývá z doplňků a změn zákona č. 10/1993 Sb.)
- Vyhláška Ministerstva životního prostředí č. 13/1994 Sb., kterou se upravují některé podrobnosti ochrany zemědělského půdního fondu

#### Ochrana horninového prostředí

- Zákon č. 44/1988 Sb., o ochraně a využití nerostného bohatství (horní zákon), ve znění zákona ČNR č. 541/1991 Sb. (úplné znění zákona pod č. 439/1992 Sb.) a změny vyplývající ze zákona ČNR č. 10/1993 Sb. a zákona č. 168/1993 Sb.
- Zákon ČNR č. 61/1988 Sb., o hornické činnosti, výbušninách a ostatní báňské správě, ve znění zákona ČNR 425/1990 Sb. a zákona ČNR č. 542/1991 Sb. (úplné znění zákona pod č. 440/1992 Sb.) a zákona 169/1993 Sb.

- Zákon ČNR č. 62/1988 Sb., o geologických pracích a o Českém geologickém úřadu, ve znění zákona č. 543/1991 Sb.
- Další závazné předpisy stanovují postupy při vyhledávání, průzkumu a využití ložisek surovin, o projektování, provádění a vyhodnocování geologických prací, o zajišťování důlních děl, o chráněných ložiskových územích atd.

#### **Odpady**

- Zákon č. 125/1997 Sb., o odpadech, ve znění zákona č. 167/1998 Sb.
- Vyhláška Českého báňského úřadu č. 99/1992 Sb., o zřízení, provozu, zajištění a likvidaci zařízení pro ukládání odpadů v podzemních prostorech
- Vyhláška Ministerstva životního prostředí č. 337/1997 Sb., kterou se vydává Katalog odpadů a stanoví další seznamy odpadů (katalog odpadů)
- Vyhláška Ministerstva životního prostředí č. 338/1997 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady
- Vyhláška Ministerstva životního prostředí č. 338/1997 Sb., o hodnocení nebezpečných vlastností odpadů
- Vyhláška Ministerstva životního prostředí č. 338/1997 Sb., kterou stanoví výše finanční rezervy na rekultivaci, zajištění péče o skládku a asanaci po ukončení jejího provozu a podrobnosti jejího vytváření a užití

#### **Nakládání s chemickými látkami**

- Zákon č. 157/1998 Sb., o chemických látkách a chemických přípravcích a o změně některých dalších zákonů
- Vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 250/1998 Sb., o registraci chemických látek
- Vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 251/1998 Sb., kterou se stanoví metody pro zjišťování toxicity chemických látek a přípravků
- Vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 301/1998 Sb., kterou se stanoví seznam chemických látek a chemických přípravků, jejichž výroba, uvádění na trh a používání je omezeno
- Další vyhlášky a předpisy se týkají např. bližších podmínek odborné způsobilosti, zásad správné laboratorní praxe, postupů hodnocení rizik apod.

#### **Posuzování vlivů na životní prostředí**

- Zákon č. 244/1992 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí
- Vyhláška Ministerstva životního prostředí č. 499/1992 Sb., o odborné způsobilosti pro posuzování vlivů na životní prostředí a o způsobu a průběhu veřejného projednání posudku

## **Použitá a doporučená literatura**

- Begon, M. - Harper, J. L. - Townsend, C. R.: Ekologie - jedinci, populace, společenstva. Olomouc, Vydavatelství Univerzity Palackého 1997 (český překlad podle 2. vydání).
- Darwin, Ch.: O vzniku druhů přírodním výběrem. Praha, ČSAV 1953 (český překlad podle 2. kritického vydání).
- Duvigneaud, P.: Ekologická syntéza. Praha, Academia 1988.
- Farb, P.: Ekologie. Praha, Mladá fronta 1977 (český překlad podle 3. revidovaného vydání).
- Friedman, B.: Environmental ecology. The ecological effects of pollution, disturbance and other stresses. Second edition. California (USA), Academic Press, San Diego 1995.
- Jenik, J.: Ekosystémy (Úvod do organizace zonálních a azonálních biotů). Praha, Karolinum 1995.
- Kovář, P.: Ekologie krajiny. Praha, Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy 1993.
- Kudrna, K. a kol.: Biosféra a lidstvo. Praha, Academia 1988.
- Losos, B. - Gulička, J. - Lellák, J. - Pelikán, J.: Ekologie živočichů. Praha, SPN 1984.
- Miller, G. T., Jr.: Living in the environment, An introduction to environmental science. USA. Wadsworth Publishing Company 1990.
- Moldan, B.: Příroda a civilizace. Životní prostředí a civilizace. Praha, SPN 1997.
- Moldan, B.: Životní prostředí - globální perspektiva. Praha, Karolinum 1994.
- Moldan, B. - Jenik, J. - Zýka, J.: Životní prostředí očima přírodovědce. Praha, Academia 1989.
- Odum, E. P.: Základy ekologie. Praha, Academia 1977.
- Pivnička, K.: Ekologie. Praha, SPN 1986.
- Pivnička, K. - Braniš, M.: Úvod do problematiky životního prostředí. Praha, Karolinum 1998.
- Raup, D. M.: O zániku druhů. Praha, Nakladatelství Lidové noviny 1995.
- Slavíková, J.: Ekologie rostlin. Praha, SPN 1986.
- Světová komise pro životní prostředí a rozvoj: Naše společná budoucnost. Praha, Academia 1991.
- Štulc, M. - Götz, A.: Krajina a životní prostředí pohledem geografie. Praha, ČEÚ a MŽP ČR 1993.
- Vallin, J.: Světové obyvatelstvo. Praha, Academia 1992.
- Wilson, E. O.: Rozmanitost života. Praha, Nakladatelství Lidové noviny 1995.