



# **CHÉMIA A ŽIVOTNÉ PROSTREDIE**

**Mária Orolínová**

**Trnavská univerzita v Trnave  
Pedagogická fakulta**

**2009**



© Mária Orolínová

Recenzenti: doc. Ing. Maroš Soldán, CSc.  
Ing. Viera Peterková, PhD.

Vydala: Trnavská univerzita v Trnave  
Pedagogická fakulta

Rok vydania: 2009

ISBN 978-80-8082-298-9



# Obsah

Predhovor .....	7
Úvod .....	9
<b>1 Životné prostredie človeka .....</b>	<b>10</b>
1.1 Základné pojmy .....	10
1.2 Zložky životného prostredia .....	11
1.2.1 Ovzdušie ako zložka životného prostredia človeka .....	12
Zloženie vzduchu .....	12
Slnéčné žiarenie a atmosféra .....	13
1.2.2 Voda ako zložka životného prostredia človeka .....	14
Anomália vody .....	15
Hydrologický cyklus .....	16
Zloženie vody .....	17
Rozdelenie vody podľa výskytu a použitia .....	18
1.2.3 Horniny ako zložka životného prostredia .....	20
1.2.4 Pôda ako zložka životného prostredia človeka .....	22
Význam pôdy pre život na Zemi .....	23
Úrodnosť pôdy .....	24
Erózia pôdy .....	24
1.2.5 Živé organizmy ako zložka životného prostredia človeka .....	25
1.3 Racionálne využívanie prírodných zdrojov .....	27
Slnéčná energia .....	28
Veterná energia .....	29
Vodná energia .....	29
Geotermálna energia .....	29
Energia biomasy .....	30
<b>2 Chemické procesy v životnom prostredí .....</b>	<b>31</b>
2.1 Atmosférické reakcie .....	31
2.2 Chemické reakcie vo vodách .....	33
2.3 Chemické reakcie v pôde .....	34
<b>3 Účasť biotických systémov na chemických procesoch v životnom prostredí .....</b>	<b>36</b>
3.1 Biogeochemické cykly .....	38
Cyklus uhlíka a kyslíka .....	38
Cyklus dusíka .....	39
Cyklus fosforu .....	40
Cyklus síry .....	41
3.2 Biodegradácia a biotransformácia .....	41
<b>4 Pôvod a osud niektorých chemikálií v životnom prostredí .....</b>	<b>43</b>
4.1 Kovy a ich zlúčeniny v životnom prostredí .....	43
Sodík, draslík .....	45
Lítium, rubídium, cézium .....	45
Horčík, vápnik .....	45
Stroncium, bárium .....	46
Hliník .....	47
Mangán .....	47
Železo .....	48
Zinok .....	49
Kadmium .....	49
Ortuť .....	50
Olovo .....	50
Arzén .....	51

Selén .....	51
Chróm, nikel, kobalt, molybdén, wolfrám, vanád .....	52
4.2 Nekovové prvky v životnom prostredí .....	52
Halogény v životnom prostredí .....	52
Zlúčeniny síry .....	53
Zlúčeniny dusíka .....	55
Dusík a fosfor .....	55
Zlúčeniny uhlíka .....	56
Rádioaktívne látky .....	56
4.3 Organické zlúčeniny .....	58
Fenoly, polyfenoly a triesloviny .....	58
Humínové látky .....	59
Lignín, lignínsulfónové kyseliny .....	59
Ropa a ropné látky .....	60
Metán .....	61
Prchavé organické zlúčeniny .....	61
Halogenované uhľovodíky .....	61
Pesticídy .....	64
Detergenty a tenzidy .....	65
5 Škodlivé látky v životnom prostredí .....	67
5.1 Šírenie znečisťujúcich látok v životnom prostredí .....	67
5.2 Chemické znečisťovanie životného prostredia .....	71
5.2.1 Znečisťovanie ovzdušia .....	71
5.2.2 Znečisťovanie vody .....	74
5.2.3 Znečisťovanie pôdy .....	75
5.3 Fyzikálne znečisťovanie životného prostredia .....	77
5.3.1 Tepelné znečistenie .....	77
5.3.2 Hluk a vibrácie .....	77
5.3.3 Elektrické a magnetické polia .....	78
5.3.4 Ionizujúce žiarenie .....	79
6 Globálne problémy životného prostredia .....	80
6.1 Smog .....	80
6.2 Úbytok stratosferického ozónu .....	81
6.3 Kyslé dažde .....	86
6.4 Skleníkový efekt .....	86
7 Monitoring a informácie o znečisťovaní životného prostredia .....	88
7.1 Kontrola čistoty ovzdušia .....	91
7.1.1 Znižovanie nečistôt v ovzduší .....	91
7.1.2 Ochrana ovzdušia na medzinárodnej úrovni .....	93
7.1.3 Právna úprava ochrany ovzdušia .....	94
7.1.4 Právna úprava ochrany ozónovej vrstvy Zeme .....	95
7.2 Kontrola čistoty vody .....	97
7.2.1 Hospodárenie s vodou .....	97
7.2.2 Čistenie odpadových vôd .....	98
Zrážanie fosforečnanovými a horečnatými iónmi .....	99
Chlorácia do bodu zvratu .....	100
Membránové procesy .....	101
Reverzná osmóza = hyperfiltrácia .....	101
Ultrafiltrácia .....	102
Elektrodialýza .....	102
Zeolity .....	103

---

Adsorpcia pri neustálom prestupe látky .....	104
Biologické procesy čistenia odpadových vôd .....	104
Anaeróbne čistenie – fermentácia .....	105
7.2.3 Právna úprava vodného hospodárstva, ochrany akosti a množstva vôd .....	106
<b>8 Odpadové hospodárstvo</b> .....	<b>109</b>
8.1 Nakladanie s odpadmi .....	110
8.1.1 Zber, triedenie odpadu .....	111
8.1.2 Recyklácia a bezodpadová technológia .....	112
8.1.3 Skládkovanie .....	113
8.1.4 Spaľovanie odpadu .....	114
8.1.5 Pyrolýza .....	115
8.1.6 Biodegradácia .....	115
8.2 Nakladanie s rádioaktívnymi odpadmi .....	115
8.3 Súčasná právna úprava v odpadovom hospodárstve .....	116
Prehľad legislatívneho zabezpečenia v oblasti odpadov .....	116
Literatúra .....	119





## Predhovor

Tieto skriptá sú určené študentom učiteľstva akademických predmetov v odbore chémia, prípadne príbuzných prírodovedných predmetov.

Cieľom učebných materiálov je oboznámiť poslucháčov so základnými pojmami používanými v problematike ochrany životného prostredia, s charakteristikou jednotlivých zložiek životného prostredia a s ich energetickým a surovinovým potenciálom.

Ťažiskovou témou je problematika znečisťovania jednotlivých zložiek životného prostredia. Výkladový text prináša vysvetlenie príčin a následkov znečisťovania životného prostredia, vysvetľuje mechanizmus vzniku takých globálnych problémov ako sú skleníkový efekt, stenčovanie ozónovej vrstvy, kyslé dažde a pod.

Problematika chémie a jej vzťahu so životným prostredím smeruje k uvedomeniu si limitov a medze únosnosti Zeme a zodpovednosti za budúce generácie. Dôsledky nesprávnych rozhodnutí a činnosti ľudí v minulosti majú vplyv na stav životného prostredia v súčasnosti, prípadne v budúcnosti.



## Úvod

Životné prostredie je neobyčajne zložitý systém fyzikálnych, chemických a biotických faktorov. Je predmetom skúmania mnohých vedných odborov, pričom integrácia týchto poznatkov o životnom prostredí, v záujme jeho ochrany, je úlohou environmentalistiky (environmental science). Mnohé vedné odbory pracujúce na témach ochrany životného prostredia a skúmajúce vzájomné interakcie človeka a jeho činnosti so životným prostredím preberajú prívlastok environmentálny. Napríklad environmentálna chémia, environmentálne právo, etika, filozofia...

Otázky interakcie chémie (chemického priemyslu, ale aj hmotnej, či chemickej podstaty každej ľudskej činnosti) a životného prostredia sa stávajú aktuálnymi v polovici 20. storočia a začínajú sa vytvárať rôzne interdisciplinárne prístupy k riešeniu týchto otázok. Objavujú sa nové vedecké odbory ako ekologická chémia, ekoanalytická chémia, ekotoxikológia, či environmentálne inžinierstvo. V súčasnosti je akceptovaným pojem environmentálna chémia. Prívlastok environmentálny zahŕňa komplexnosť problému interakcie antropogénnych aktivít s chemickou podstatou životného prostredia.

Predmetom skúmania environmentálnej chémie je zdroj, reakcie, transport a osud chemických látok v prostredí.

Dôležitým smerom v environmentálnej chémii je poznávanie distribučných a transportných procesov založených na štúdiu rovnováh a transportu chemických látok v jednotlivých zložkách prostredia a medzi nimi. Poznanie týchto dejov je dôležité pre pochopenie osudu látok v životnom prostredí.

# 1 Životné prostredie človeka

## 1.1 Základné pojmy

Prostredie môže byť vnútorné alebo vonkajšie. V environmentálnych súvislostiach máme na mysli zvyčajne vonkajšie prostredie. Je dôležité si uvedomiť k akému subjektu sa tento pojem vzťahuje. Ak sa vzťahuje k živému organizmu hovoríme o životnom prostredí. Zvyčajne je životné prostredie chápané ako životné prostredie človeka, ak nie je určené inak.

Životné prostredie môžeme chápať ako tú časť vonkajšej reality, s ktorou je subjekt v bezprostrednej interakcii.

Z hľadiska stupňa prírodnosti prostredia rozlišujeme prírodné (nevytvorené človekom) a umelé prostredie (vytvorené alebo podmienené človekom). Umelé životné prostredie sa odčlenilo od prírodného prostredia s narastajúcimi antropogénnymi zásahmi do prírody. Prírodné prostredie sa postupom času pretransformovalo činnosťou človeka na obytné, pracovné, rekreačné a pod. Treba si však uvedomiť, že členenie na prírodné a umelé prostredie je konvenčné a nezodpovedá úplne skutočnosti, pretože žiadne prostredie nestráca úplne charakter prírodnosti, najmä keď si uvedomíme, že i človekom vytvorené prostredie je určitým spôsobom odvodené od prírodného.

Zložky životného prostredia sú komponenty, ktoré sa podieľajú na tvorbe životného prostredia. Delíme ich na abiotické, biotické a abioticko-biotické.

V súvislosti s problematikou životného prostredia sa najčastejšie citujú tieto pojmy: environmentalistika, ekológia, fyziotaktika a podobne.

U laickej verejnosti sa veľmi často zamieňajú pojmy ekológia a environmentalistika.

Environmentalistika je interdisciplinárna veda o životnom prostredí. Nehovoríme o vede ale o interdisciplinárnej náuke, pretože životné prostredie je z hľadiska vedy neobyčajne zložitý objekt štúdia a riešenie otázok životného prostredia je úlohou viacerých vedných oblastí (prírodných, technických a spoločenských vied). V životnom prostredí možno rozlíšiť čiastkové druhy prostredia, a to prírodné, urbanizované, sociálne a pod., ktoré sú predmetom štúdia jednotlivých vedných odborov.

Existuje viac environmentálne orientovaných disciplín, pričom environmentalistika má jednotiaci interdisciplinárny prístup k otázkam životného prostredia.

Ekológia je biologická veda o vzťahoch živých organizmov k ich prostrediu a sebe navzájom. Poznatky ekológie sa dajú využiť v ochrane životného prostredia v tom zmysle, že prostredie jednotlivých druhov živých organizmov je súčasťou životného prostredia, ktoré je predmetom štúdia environmentálnych vied. Veľmi často sa používa pojem ekológia veľmi nevhodne a slovné spojenia ako napr. ekologický výrobok, ekologická stavba sa javia v zmysle vyššie uvedených definícií ako nelogické. Skôr sa odporúča hovoriť o environmentálne vhodných výrobkoch a podobne.

Fyziotaktika je náuka o racionálnom využívaní prírodných zdrojov a starostlivosti o životné prostredie. Cieľom tejto náuky je normovať spôsob nekonfliktnej existencie človeka v jeho prostredí.

Život človeka a všetkých živých organizmov na Zemi je podmienený a úplne závislý od prírodných zdrojov. Ľudská spoločnosť využíva čoraz viac prírodných zdrojov. Príčinou nie je len rast populácie, ale aj rast životnej úrovne ľudskej spoločnosti (alebo aspoň jej časti). Racionálne, teda rozumné, hospodárne a účelné využívanie prírodných zdrojov je jednou z podmienok zachovania existencie života na našej planéte.

## 1.2 Zložky životného prostredia



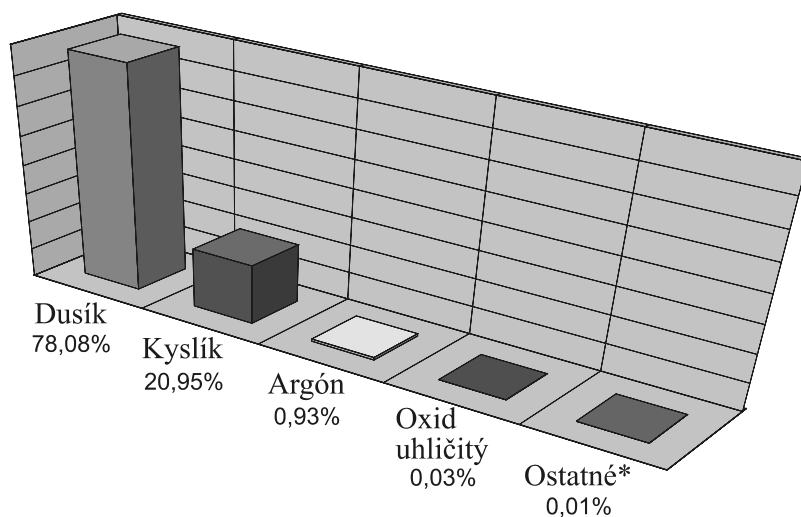
### 1.2.1 Otvzdušie ako zložka životného prostredia človeka

Otvzdušie je jednou z dôležitých abiotických (neživých) zložiek životného prostredia. Atmosféra – je plynný obal Zeme. Slovo atmosféra pochádza z gréckeho jazyka. Vzniklo zložením dvoch pojmov atmos, čo znamená para a sfaira, čiže guľa. Atmosféra je zdrojom plynov, ktoré sú nevyhnutné pre život takmer všetkých organizmov.

#### Zloženie vzduchu

Zloženie atmosféry je do výšky 30 km konštantné. S narastajúcou výškou sa jej chemické zloženie mení. S výškou sa menia aj fyzikálne vlastnosti, konkrétne teplota a tlak.

Otvzdušie je zdrojom plynov potrebných pre život. Obsahuje 21 % kyslíka, ktorý organizmy využívajú pri dýchaní a za normálnych podmienok 0,03 % oxidu uhličitého spotrebúvaného rastlinami pri fotosyntéze. Pomer týchto plynov v atmosfére je dôležitý z hľadiska zachovania kvality životného prostredia.



**Obr. 1.1** Priemerné zloženie suchého vzduchu v objemových %.

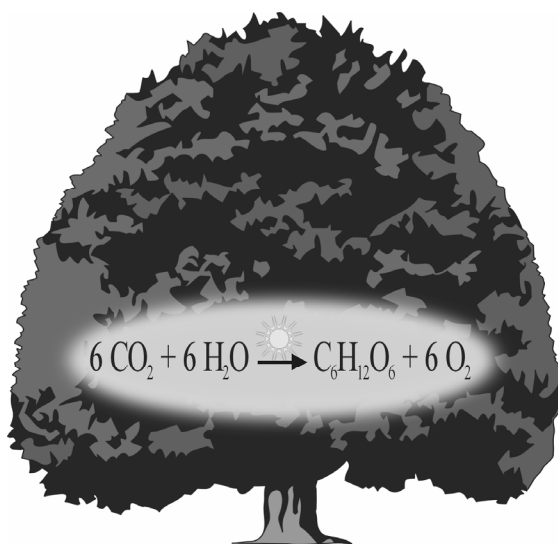
\* Ne, CH<sub>4</sub>, Kr, CO, SO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, formaldehyd, Xe, O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, He.

Obsah vodných pár vo vzduchu je veľmi premenlivý. Pohybuje sa cca. od 0,02 do 6,0 objemových %. Napriek tomu, že atmosféra je definovaná ako plynný obal Zeme, vyskytujú sa v nej aj zložky v tuhom (zrníčka prachu, peľ a pod.) a v kvapalnom skupenstve (kvapôčky vody).

Okrem biologickej funkcie má vzduch aj technickú funkciu. Veľmi často sa využíva vo výrobe ako surovina (napr. výroba plynov frakčnou destiláciou skvapalneného vzduchu) resp. ako výrobný prostriedok (využitie vzduchu ako chladiaceho alebo teplonosného média, ďalej vo vzduchoprúdnych zariadeniach a sušiarňach).

### Slnčné žiarenie a atmosféra

Základnou podmienkou existencie života na Zemi je slnečné žiarenie. Rastlinné organizmy využívajú slnečné svetlo pri fotosyntéze. V procese fotosyntézy sa z oxidu uhličitého a vody za pomoci slnečnej energie vytvárajú sacharidy a do ovzdušia sa uvoľňuje kyslík. Organické látky, ktoré vznikajú v rastlinných telách za pomoci slnečného žiarenia, sa stávajú základnou potravnou bázou pre všetky heterotrofné organizmy, či už priamo pre bylinožravce alebo sprostredkované aj pre mäsožravce. Ďalšia dôležitá látka, ktorá vzniká v procese fotosyntézy je kyslík, ktorý sa uvoľňuje do ovzdušia.



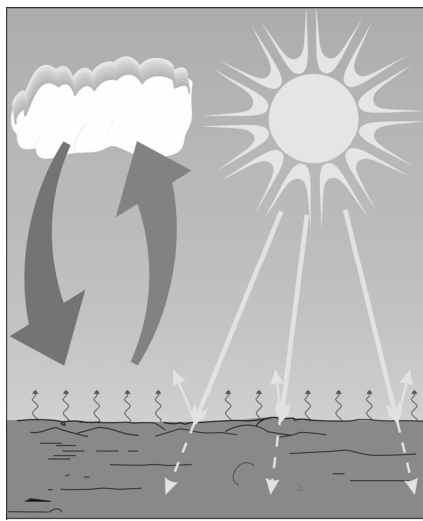
**Obr. 1.2** Fotosyntéza

Väčšia časť žiarenia zo Slnka prechádza cez atmosféru. Zvyšok tvorí škodlivé krátkovlnné ultrafialové žiarenie, ktoré je z veľkej časti zachytávané ozónovou vrstvou. Slnečné lúče, ktoré dopadajú na zemský povrch, ho ohrievajú a časť tepelného žiarenia sa odráža späť do atmosféry.

Spätnému prenikaniu tepelného žiarenia do kozmu bránia niektoré plyny obsiahnuté vo vzduchu. Sú to napr. oxid uhličitý ( $\text{CO}_2$ ), vodná para ( $\text{H}_2\text{O}$ ), metán

(CH<sub>4</sub>). Tento jav nazývame **skleníkový efekt**. Je pre živé organizmy za normálnych okolností pozitívnym javom, pretože zmierňuje teplotné výkyvy medzi dňom a nocou.

Slnečná energia sa pri nerovnomernom ohrievaní zemského povrchu stáva **zdrojom kinetickej energie vzduchu** (vetra). Pohyb vzdušných mäs (vietor) zas naopak podporuje rovnomernosť zohriatia.



*Obr. 1.3 Cirkulácia vzduchu*

Zohriaty zemský povrch vyžaruje teplo a ohrieva prízemné vrstvy vzduchu. Teplý vzduch je ľahší ako chladný, a preto stúpa hore, zatiaľ čo chladný klesá.

### 1.2.2 Voda ako zložka životného prostredia človeka

Ďalšou nenahraditeľnou a nevyhnutnou zložkou životného prostredia živých organizmov je voda. Je najrozšírenejšou látkou na Zemi, pokrýva dve tretiny zemského povrchu. Zem je jediná planéta slnečnej sústavy, na ktorej sa voda vyskytuje v tuhom, kvapalnom aj plynnom skupenstve. Súhrn vodstva na Zemi vo všetkých troch skupenstvách tvorí vodný obal Zeme, teda **hydrosféru**. Voda patrí medzi **abiotické zložky** životného prostredia. Okrem toho je aj podstatnou zložkou telesných tekutín organizmov.



### Anomália vody

Voda sa vyznačuje v porovnaní s ostatnými kvapalinami v niektorými výnimočnými fyzikálnymi vlastnosťami, ktoré súhrnne nazývame anomáliou vody. Anomália sa prejavuje v zmene hustoty kvapalnej vody v závislosti od teploty. Takmer všetky kvapaliny s klesajúcou teplotou znižujú svoj objem a zväčšujú hustotu. Táto zákonitosť platí aj pre kvapalnú vodu, ale len po teplotu 3,98 °C. S klesajúcou teplotou sa znižuje kinetická energia molekúl. Pozvoľnou asociáciou molekúl pri teplote 3,98 °C dochádza k najtesnejšiemu vyplneniu priestoru. Hustota je pri tejto teplote najvyššia (1,000 kg.dm<sup>-3</sup>). Ďalším znižovaním teploty (z 3,98 °C na nulu) sa molekuly asociujú do reťazcov podobných tým, ktoré vytvárajú štruktúru ľadu. Molekuly nevyplňajú tak spojitý priestor, a preto sa objem vody zväčšuje a hustota plynu znižuje. Pri 0 °C vzniká pevná priestorová štruktúra, pričom nastáva zväčšenie objemu. S tým je spojené oveľa menej tesné priestorové usporiadanie molekúl (väčšie medzimolekulové priestory), takže aj hustota ľadu pri 0 °C je len 0,9168 kg.dm<sup>-3</sup>.

Tento jav má veľký význam pre udržanie života vo vodách v zimnom období, pretože voda vo väčších hĺbkach (v riekach, rybníkoch, jazerách) v zime nezamrzá a vodné živočíchy nezahynú. Ak klesne teplota, vychladne najprv všetka voda až na 3,98 °C, na povrchu chladne síce ďalej, avšak táto studenšia voda má menšiu hustotu ako spodné vrstvy a preto neklesá ku dnu. Zamrzá na hladine, vytvára súvislú ľadovú pokrývku a zároveň pôsobí ako tepelnoizolujúca vrstva proti ďalšiemu zamrznutiu. Nebyť tejto anomálie vody, zamrzla by až ku dnu a zahynuli by v nej všetky živé organizmy.

Veľký význam pre život vo vodách má aj skutočnosť, že teplejšia voda má menšiu hustotu, hromadí sa na povrchu a preto počas letných horúčav sa neprehrieva celý objem, čím je zabezpečený dostatok kyslíka nevyhnutného pre vodné živočíchy.

Skutočnosť, že voda pri zamrznutí zväčšuje svoj objem, má veľký význam pre proces zvetrávania hornín a kyprenia pôd.

Hodnota mernej tepelnej kapacity vody je vysoká, a preto veľké vodné plochy (moria, jazerá, rieky) sa významne podieľajú na regulácii teploty na Zemi (pevninu v zime ohrievajú a v lete ochladzujú), pretože na zohriatie vody treba viac tepla a opačne pri ochladení sa odovzdáva viac tepla než pri chladnutí iných látok. Voda je teda výborným akumulátorom tepla, čo má veľký význam aj pri regulácii teplotných výkyvov v bunkách živočíšnych a rastlinných organizmov.

Väzba molekúl vody vodíkovými väzbami sa prejavuje aj vysokou hodnotou povrchového napätia (72,7 mN.m<sup>-1</sup> pri 20 °C). Povrchové napätie je

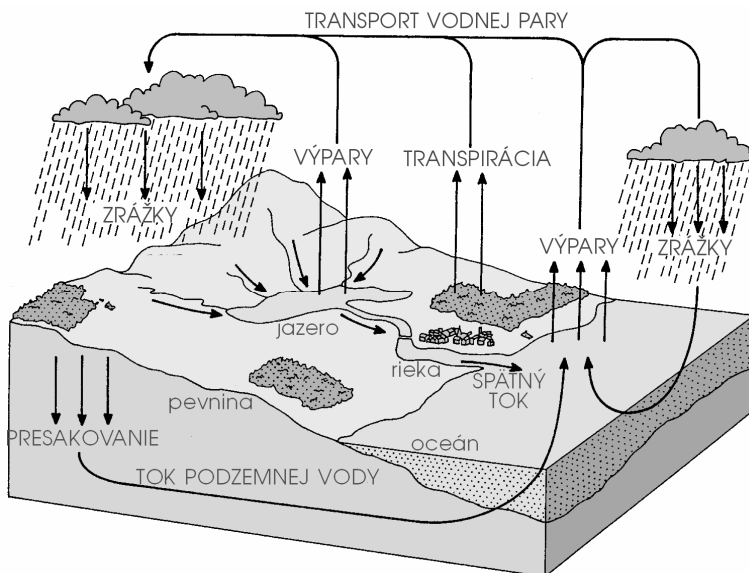
príčinou tzv. kapilárnych javov, ako je vzĺnavosť vody v kapilárach pôdy a hornín, v cievach rastlín (zásobovanie rastlinných pletív vodou), zmáčacia schopnosť, tvorba peny. Uplatňuje sa tiež pri vlhnutí a sušení potravín. Povrchové napätie vody umožňuje hmyzu a rôznym vodným organizmom, aby sa udržali na hladine vody.

Vysoká priehľadnosť vody pre viditeľné svetlo a pre UV svetlo a jej bezfarebnosť umožňujú dostatok svetla pre fotosyntézu vo väčších hĺbkach morí.

Z polárneho charakteru vody vyplývajú ďalšie anomálne vlastnosti vody, napr. voda je výborné polárne rozpúšťadlo, molekuly vody sa adsorbujú na povrch tuhých látok, hydratujú ióny a koloidy a pod.

### Hydrologický cyklus

**Hnacou silou hydrologického cyklu** (kolobehu vody) v prírode je **slniečna energia** a **gravitácia Zeme**. Vyparovaním z oceánov, morí, riek, jazier a vlhkej pôdy sa voda dostáva do atmosféry v podobe vodných pár. Za určitých meteorologických podmienok para kondenzuje na tzv. kondenzačných jadrách, tvorí oblaky a v podobe zrážok sa dostáva späť na zemský povrch. Časť zrážok sa vsiakne (infiltruje) do zeme, časť sa odparí a zvyšok sa pôsobením gravitácie dostáva späť po zemskom povrchu, alebo pod ním, do riek, morí a oceánov, čím sa uzatvára hydrologický cyklus. Na rozdelenie zrážok vplyva mnoho faktorov, ale vo všeobecnosti platí tretinové pravidlo, t. z., že tretina spadnutej vody sa vyparí, tretina stečie po povrchu a tretina infiltruje do zeme.



**Obr. 1.4** Hydrologický cyklus

Nad pevninou rozlišujeme ešte tzv. **malý hydrologický cyklus** (kontinentálny obeh). Voda sa na súši odparí a opäť sa vracia na zem v podobe zrážok. Tento malý cyklus môže prebehnúť niekoľkokrát, kým sa voda dostane do oceánu.

Zo slanej vody v oceáne sa vyparuje čistá vodná para, ktorá neobsahuje žiadne minerálne látky. Už pri kondenzácii sa obohacuje látkami, ktoré sú prítomné v atmosfére. Množstvo minerálnych látok sa dostáva do vody pri jej pohybe po zemskom povrchu a v podzemí. Týmto spôsobom sa obeh vody stáva dôležitým faktorom obehu látok v hydrosfére, litosfére a atmosfére.

### Zloženie vody

Voda sa v prírode nevyskytuje ako čistá látka, ale len vo forme roztokov. To znamená, že obsahuje rozpustené **minerálne látky**. O tom, aké minerálne látky prírodná voda obsahuje, rozhoduje minerálne zloženie horninového prostredia, ktorým prechádzala. Okrem toho, voda v prírode obsahuje aj **organické látky** a **mikroorganizmy**.

Medzi hlavné anorganické zložky prírodných vôd patria:

1. **katióny** – vápenaté ( $\text{Ca}^{2+}$ ), horečnaté ( $\text{Mg}^{2+}$ ) a sodné ( $\text{Na}^+$ )
2. **anióny** – hydrogenuhličitanové ( $\text{HCO}_3^-$ ), síranové ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) a chloridové ( $\text{Cl}^-$ ).

V nepatrných koncentráciách sa môžu vo vode vyskytovať niektoré kovy ako draslík, mangán, železo a pod. Tieto nie sú hygienicky závadné, ale ovplyvňujú chuť a sfarbenie vody.

Vo vode sa rozpúšťajú aj **plynné látky**. Oxid uhličitý sa veľmi dobre rozpúšťa vo vode a tvorí slabú kyselinu uhličitú alebo jej soli (hydrogenuhličitaný a uhličitaný). Voda s vysokým obsahom rozpusteného oxidu uhličitého je „agresívna“, to znamená, že poškodzuje stavebné materiály, spôsobuje koróziu, rozpúšťa vápenec a pod.

Pre živé organizmy vo vode má zásadný význam rozpustený kyslík. Rozpustnosť kyslíka vo vode je dosť obmedzená a s rastúcou teplotou klesá.

**Organické látky** sa do vody dostávajú ako produkty metabolizmu vodných organizmov, vylúhovaním z pôdy alebo z odpadových vôd. Na výskyt organických látok vo vode sa zvyčajne viaže aj výskyt mikroorganizmov.

Pomer jednotlivých zložiek vo vode závisí od ich pôvodu.

### Rozdelenie vody podľa výskytu a použitia

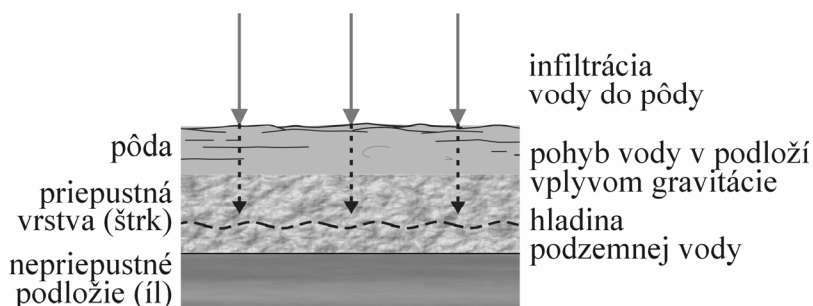
V prírode dochádza k neustálemu premiestňovaniu vody v uzavretom cykle. Vďaka tomuto pohybu môžeme hovoriť o vode ako o **nevyčerpatel'nom prírodnom zdroji**. Podľa výskytu rozlišujeme tri druhy prírodných vôd:

- vody atmosférické
- vody podpovrchové (podzemná a pôdna voda)
- vody povrchové

**Atmosférické vody** sa vyskytujú v ovzduší vo forme vodnej pary, oblakov, zrážok, hmly a pod. Tento druh vody sa pokladá za najčistejší, hoci v okolí priemyselných centier sa prechodom cez znečistené vrstvy ovzdušia značne znečisťuje (napr. vznik kyslých dažďov reakciou vzdušnej vlhkosti s oxidmi síry).

**Podzemné vody** vznikajú infiltráciou zrážkovej a povrchovej vody do zemskej kôry. Pôsobením gravitácie sa voda dostáva do väčších hĺbok kým nenarazí na nepriepustnú vrstvu. Nad touto vrstvou sa voda hromadí a tvorí zásoby podzemnej vody. Podzemné vody sú v hydrologickom cykle najmenej pohyblivé a majú zásadný význam v zásobovaní obyvateľstva pitnou vodou. Ďalší spôsob, ktorým môžu vznikáť podzemné vody, je kondenzácia vodných pár unikajúcich z horúcej magmy. Táto voda sa potom môže dostávať pozdĺž puklín na zemský povrch ako termálny prameň alebo gejzír.

**Pôdna voda** sa nachádza v prevzdušnenom pásme, kde sú kapilárne póry vyplnené vzduchom aj vodou, a nevytvára súvislú vrstvu. Obsah vody v pôde je dôležitý pre rastlinné organizmy.



**Obr. 1.5** Vznik podzemných vôd

Medzi **povrchové vody** zaraďujeme všetku vodu, ktorá sa trvalo alebo dočasne nachádza na povrchu Zeme. Povrchové vody môžeme deliť ešte podľa rôznych iných kritérií. Podľa pohyblivosti rozdelíme povrchové vody na **tečúce**

a **stojaté**, podľa obsahu solí na **slané** a **sladké**. Morská voda obsahuje priemerne 35% solí, kontinentálne vody obsahujú menej solí. V okolí ústí riek do mora sa mieša sladká voda so slanou a nazýva sa **brakická**. Podstatná časť kontinentálnych povrchových vôd je sústredená v **Padovcoch**.

Z národohospodárskeho hľadiska rozlišujeme vodu **úžitkovú**, **prevádzkovú** a **pitnú**.

**Úžitková voda** musí spĺňať určité hygienické kritériá a môže sa využívať na umývanie, kúpanie, pranie bielizne a napájanie zvierat, ale nie je vhodná na pitie, prípravu stravy alebo na čistenie nádob používaných na tieto účely.

**Prevádzková voda** sa využíva len pre potreby priemyslu a poľnohospodárstva, a preto nemusí spĺňať zvláštne hygienické kritériá.

**Pitná voda** musí byť zdravotne neškodná, číra, bez zákalu, rušivých príchuťí a pachov, nesmie obsahovať žiadne toxické, rádioaktívne ani biologicky aktívne látky. Optimálna teplota pitnej vody je 8 až 12°C. Uvedeným podmienkam najviac vyhovujú vody z podzemných zdrojov.

Voda je dôležitý spoločenský faktor, ovplyvňuje hospodársku prosperitu a životnú úroveň obyvateľstva. Je významným limitujúcim faktorom pre akúkoľvek činnosť človeka. Nebola to náhoda, že praveké civilizácie obývali práve povodia riek s dostatkom vody.

Strata 10 až 20 % vody je pre človeka smrteľná. Voda je súčasťou potravy živočíchov i človeka. Dospelý človek potrebuje prijať denne dva až tri litre vody. Priemerná denná spotreba na jedného obyvateľa Zeme je však až 100 litrov, na Slovensku dokonca 180 litrov. V tejto hodnote je zahrnutá aj voda, ktorú v domácnostiach používame na pranie, umývanie, varenie... Ďalším významným odberateľom vody je priemysel, a to najmä energetika, a poľnohospodárstvo. Voda je limitujúcim faktorom rozvoja výroby. (Napríklad elektrárne, či už tepelné alebo jadrové, nemožno stavať bez dostatočného zdroja vody, ktorá sa používa na chladenie. Odber vody pre priemysel sa u nás pohybuje okolo hodnoty 700 litrov na obyvateľa za deň.)

Spotreba vody pre poľnohospodárstvo sa líši v jednotlivých oblastiach v závislosti od klimatických podmienok. (U nás je to 75 litrov na osobu za deň, avšak v teplejších krajinách, napr. Španielsko alebo Bulharsko, je spotreba 20-násobne väčšia.)

Vodné nádrže, kúpaliská, fontány sú atraktívnymi prvkami v životnom prostredí človeka a pobyt pri vode alebo vo vode patrí k najvyhľadávanejším formám rekreácie.

Veľký význam má voda pre lodnú dopravu (námornú aj riečnu).

Na Slovensku sa nachádza asi 1200 prameňov **minerálnych** a **termálnych vôd**. Mnohé minerálne vody majú pre svoje chemické zloženie a fyzikálne vlastnosti vedecky dokázané **liečivé účinky**, a preto sa prevažne využívajú **na kúpeľnú a zdravotnícku starostlivosť**. Chemické zloženie a teplota minerálnych vôd rozhoduje aj o špecifickom liečivom účinku na jednotlivé ochorenia.

Minerálne vody sú vody z prírodného zdroja, ktoré v objeme 1 liter obsahujú aspoň 1 gram rozpustených minerálnych látok.

Termálne vody sú vody z prírodného zdroja, ktoré v mieste výveru majú teplotu vyššiu ako 25°C.

Výdatnosť niektorých prameňov minerálnych vôd umožňuje ich využitie aj vo verejných kúpaliskách. Vo väčšine kúpeľných oblastí sa liečivým účinkom vyznačuje nielen vyvierajúca voda, ale aj celé prírodné prostredie. Z tohto dôvodu je veľmi významná regulácia činností, ktoré súvisia s priemyselnou, poľnohospodárskou výrobou alebo s ťažbou surovín.

### 1.2.3 Horniny ako zložka životného prostredia

Horninové prostredie významným spôsobom ovplyvňuje životné prostredie. Zúčastňuje sa na pôdotvornom procese. Horniny predstavujú obrovské nerastné bohatstvo, ktoré vstupuje do národohospodárskeho reprodukčného procesu.

**Nerastné suroviny** sú nerovnomerne rozložené koncentrácie určitých prvkov a ich zlúčenín, ktoré vznikli počas dlhého geologického vývoja.

Z hľadiska hospodárskeho využitia sa rozoznávajú:

- **energetické suroviny** (uhlie, ropa, zemný plyn, urán, tórium atď.)
- **metalurgické suroviny** (železné, medené, cínové rudy a ďalšie rudy, ktoré slúžia na výrobu príslušných kovov)
- **chemické suroviny** (solí, síra, fosfáty, baryt, sadrovec, fluorit a iné)
- **stavebné suroviny** (štrk, piesok, íl, vápenec, tehliarske hliny, žula, sadrovec a i.).

Na svete sa v súčasnosti ťaží a premiestňuje ročne asi 20 miliárd ton materiálu. Z toho 80 % tvoria stavebné suroviny, vyše 10 % nerudné suroviny a zvyšok rudné suroviny. Ťažba sa zvyšuje ročne asi o 4 %, takže sa zdvojnásobuje každých 15 až 20 rokov.

Pri nezmenených trendoch ťažby nerastných surovín by podľa prognózy expertov od roku 1972 malo dôjsť k svetovému vyčerpaniu zásob zlata za 11

rokov, ortuti za 13 rokov, striebra za 16 rokov, cínu za 17 rokov, ropy za 31 rokov atď. Táto alarmujúca prognóza sa zatiaľ nevyplnila ani u jednej spomínanej látky. Dôvodom je **objavenie nových významných ložísk** (najmä ropy a uhlia), ďalej aplikácia nových **moderných (bezodpadových) technológií**, ktoré šetria surovinu, a v neposlednom rade **recyklácia surovín**.

Teoreticky je na Zemi dostatok surovín. Napríklad v morskej vode bola zistená prítomnosť 79 chemických prvkov. Ide preto svojím spôsobom o „tekutú rudu“. Zatiaľ však nebola vyvinutá technológia na jej využitie. V súčasnosti sa z morskej vody ťaží soľ (12 miliónov ton ročne), deutérium a horčík. Podobne veľké množstvo prvkov a zlúčenín je prítomné v zemskej kôre. Opäť nepoznáme spoľahlivý spôsob ako ich získať.

Ťažba nerastných surovín sa spája s množstvom environmentálnych problémov, a to nielen v súvislosti so spracovaním vyťaženej suroviny. Povrchové aj podzemné dobývanie nerastných surovín predstavuje výrazný **zásah do reliéfu krajiny**. Napríklad v súvislosti s poddolovaním územia môžu na povrchu vzniknúť prepadliny – tzv. **pingové polia** alebo pri povrchovej ťažbe predstavujú možné riziko **zosuny ťažobných stien**.



**Obr. 1.6** Pingové polia

Pri exploatácii sa nevyhneme nahromadeniu balastného (odpadového) materiálu. Haldy takéhoto odpadu (hlušiny) predstavujú nielen vizuálne rušivý prvok v krajine, ktorý po čase zarastie vegetáciou, ale aj potenciálne riziko, že dôjde k vylúhovaniu minerálnych látok do vody.

Pri ťažbe nerastných surovín často dochádza aj k zmene vodného režimu. Voda sa môže hromadiť v podzemných priestoroch, ktoré vznikli pri ťažbe alebo

haldy na povrchu môžu zabrániť prirodzenému odtoku vôd, čím sa vytvoria umelé jazerá a náhradné odtoky.

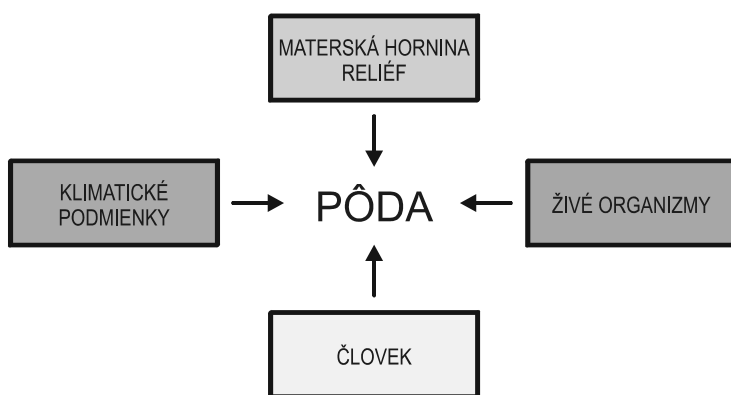
### 1.2.4 Pôda ako zložka životného prostredia človeka

Pôda je zložitý systém abiotických a biotických zložiek a je výsledkom činnosti pôdotvorných faktorov. Vzniká na rozhraní atmosféry, litosféry, hydrosféry a biosféry, a tým je aj výrazne ovplyvnené jej zloženie.

Pri pôdotvorných procesoch sa uplatňujú abiotické a biotické faktory prostredia a výsledkom ich pôsobenia je **abioticko-biotická zložka životného prostredia – pôda**.

Medzi hlavné abiotické faktory, podieľajúce sa na vzniku pôdy, patrí: **materská** (pôdotvorná) **hornina**, **relief**, **voda** a **klimatické podmienky**. Medzi biotické činitele patrí **pôdny edafón**. Tieto faktory sa spoločne nazývajú **pôdotvorné faktory**.

**Edafón** je živá zložka pôdy. Je to súbor pôdnych mikroorganizmov, húb, rastlín a živočíchov.



**Obr. 1.7** Abiotické a biotické pôdotvorné faktory

Chemické zloženie pôdy závisí predovšetkým od materskej horniny, z ktorej pôda vznikla, od procesov prebiehajúcich v pôde a od činnosti človeka. Pôda obsahuje najviac kyslíka (asi 50 %) a kremíka (asi 25 %), z ostatných prvkov je to najmä hliník (íl), železo, vápnik (vápenec, sadrovec), sodík, draslík, horčík, vodík, titán, v menšom množstve uhlík, chlór, fosfor, síra a mangán. Pôda je pre život človeka zdrojom nevyhnutných biogénnych prvkov, ktoré sa vyskytujú vo



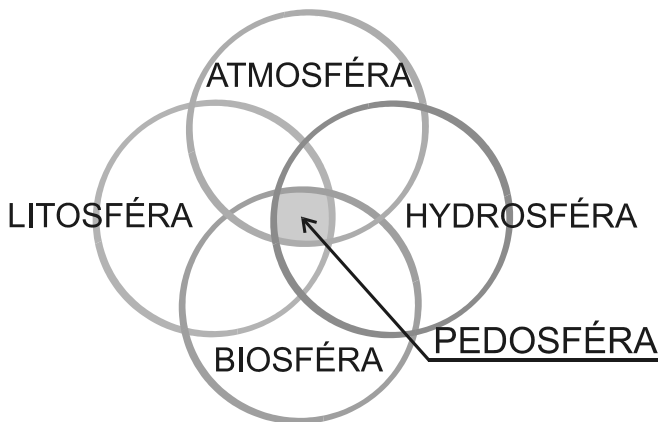
veľmi malých množstvách. Organický podiel pôdy (okrem živých organizmov) je v podobe humusu.

Jednou z veľmi dôležitých vlastností pôdy je jej pH hodnota. pH pôdy ovplyvňuje rozpustnosť látok v pôde, teda aj ich využiteľnosť živými organizmami.

Podľa pH rozlišujeme pôdy zásadité (pH > 7,5), neutrálne (pH 6,4 až 7,4), slabo kyslé (pH < 5,3 až 6,4), kyslé (pH 4,6 až 5,2), silne kyslé (pH 4,1 až 4,5) a veľmi silne kyslé (pH < 4).

Zvýšená kyslosť pôdy znižuje rozpustnosť mnohých látok (napr. zlúčenín Ca, Mg, K, Na a iné), niekedy až pod nevyhnutné životné minimum. Využiteľnosť kyseliny fosforečnej je optimálna pri pH pôdy od 6,5 do 7,5. Kyslosť pôdy zhoršuje aj životné podmienky pre pôdne mikroorganizmy. Väčšina z nich potrebuje na rozvíjanie sa neutrálne prostredie.

Do pôdotvorných procesov významne zasahuje človek hospodárením na pôde. Správnym hospodárením, zúrodňovaním môže urýchliť pôdotvorný proces, nesprávnymi zásahmi môže spôsobiť degradáciu a ničenie kvalitných pôd.



**Obr. 1.8** Pôda vzniká na styku atmosféry, hydrosféry, litosféry a biosféry a predstavuje ich prienik.

### Význam pôdy pre život na Zemi

Pôda je nenahraditeľnou a nerozmnožiteľnou prirodzenou podmienkou existencie všetkých systémov na Zemi. Je životným prostredím pre mnohé suchozemské organizmy. Pôda, ako zdroj výživy pre rastliny, je základom poľnohospodárskej produkcie a lesného hospodárstva. Má schopnosť akumulovať slnečné žiarenie, zúčastňuje sa na kolobehu látok. Pôda je významným rezervoárom vlhky a vody. Ovplyvňuje zloženie povrchových vôd, tvorí účinný filter, ktorý ovplyvňuje kvalitu podzemných vôd.

Pôda dokáže zneškodniť veľké množstvo cudzorodých látok tým, že ich zapojí do kolobehu látok. Mikroorganizmy prítomné v pôde rozkladajú mŕtve telá rastlín a živočíchov, zložité organické aj anorganické látky a odpady. Táto samočistiaca schopnosť pôdy je však obmedzená kvantitatívne i kvalitatívne.

Od jej kvality a kvantity závisí výživa rastlín, živočíchov, mikroorganizmov a v konečnom dôsledku aj **výživa obyvateľstva**.

Človek priamo využíva pôdu **pre poľnohospodársku činnosť**. Z tohto hľadiska je najcennejšia vrchná vrstva ornica. Pri záberoch pôdy pre nepoľnohospodársku činnosť (priemyselná, bytová výstavba, komunikácie) sa ornica odváža do oblastí, kde sa plánuje poľnohospodárska výroba. Je neekonomické zaberat' dobrú pôdu pod stavby alebo ju nechať zaniknúť, pretože podľa odhadov sa vrstva pôdy s hrúbkou 10 až 20 cm vytvorí za 300 až 700 rokov a ornica s touto hrúbkou sa vytvorí za 2000 až 5000 rokov.

Medzi ďalšie spôsoby využitia pôdy patrí **lesné hospodárstvo, chov a pasenie dobytky, zakladanie viníc a záhrad**.

### Úrodnosť pôdy

K základným vlastnostiam pôdy patrí jej úrodnosť. **Úrodnosť pôdy** je schopnosť pôdy poskytovať pre rastliny priaznivé životné podmienky, ktoré môžu uspokojiť ich požiadavky na vlahu, živiny a pôdny vzduch v priebehu vegetačného obdobia, a tak zaistiť úrodu.

Úrodnosť pôdy závisí od vlastnosti samotnej pôdy (prirodzená úrodnosť), jednak od činnosti človeka, ktorý pôdu obrába (umelá úrodnosť). Závisí od chemických vlastností pôdy (pH, minerálne zloženie, obsah živín a vody), od fyzikálnych vlastností pôdy a od polohy. S vyššou nadmorskou výškou súvisí väčšie množstvo zrážok a chladnejšia klíma, čo vedie k zvýšenej vlhkosti pôd. Extrémny svah môže zabrániť vzniku dostatočnej vrstvy pôdy, spôsobuje zvýšený odtok vody vplyvom gravitácie. Poloha svahu ďalej určuje množstvo slnečného žiarenia, ktoré dopadá na povrch pôdy.

### Erózia pôdy

Postupné rozrušovanie pôdy a prenos jej častíc na iné miesta sa nazýva erózia pôdy. Erózia býva zapríčinená najmä vodou alebo vetrom. Na základe toho hovoríme o **vodnej a veternej erózii**.

Je prirodzený proces, ktorý by mal byť v rovnováhe s tvorbou pôdy. V súčasnosti sú však pôdy ohrozené nadmernou eróziou, napríklad v dôsledku

holorubného spôsobu ťažby dreva. Nadmernou eróziou bývajú ohrozené hlavne poľnohospodárske pôdy. Príčinou býva obyčajne nevhodné rozmiestnenie kultúr, nesprávne agrotechnické zásahy (orba po spádnici), nadmerné zošľapávanie pôdy pri pasení, odlesňovanie a podobne.

### 1.2.5 Živé organizmy ako zložka životného prostredia človeka

Rastliny so svojou fotosyntetickou aktivitou sú hlavnou potravnou základňou pre všetky živočíchy, obohacujú ovzdušie o kyslík a zbavujú ho prachu. Jeden hektár bukového lesa zachytí až 68 ton prachu ročne a vyprodukuje 21 ton kyslíka.

Rastlinná organická hmota je hlavným zdrojom výživy obyvateľstva, predstavuje 90% celkovej spotreby potravín. Človek sa preto pokúša o maximálne zvýšenie výnosov z poľnohospodárskej produkcie. Šľachtením získava efektívne odrody, zabezpečuje dostatočné závlahy, ošetruje rastliny, chráni proti škodcom postrekmi, obrába pôdu a pridáva minerálne hnojivá. S touto činnosťou súvisí mnoho negatívnych javov v životnom prostredí. A to najmä znečisťovanie pôdy a vody, o ktorom budeme hovoriť v nasledujúcej kapitole. Ďalším sprievodným znakom je ubúdanie pôvodných foriem kultúrnych rastlín, ktoré sú prispôbené na miestne klimatické podmienky a odolné voči chorobám. V dôsledku centralizovaného šľachtenia a distribúcie výhradne registrovaných vyšľachtených odrôd rastlín ubúdajú divorastúce odrody obilnín, strukovín, ovocných drevín, viniča a pod.

Niektoré rastliny sú úzko viazané na určité podmienky, a preto na základe ich prítomnosti v prostredí môžeme predpovedať napr. vysokú koncentráciu určitých prvkov v pôde, zamokrenosť územia a podobne. Ich výskyt sa môže využiť či už v geológii pri vyhľadávaní nerastov alebo v environmentálnom výskume pri monitoringu (sledovaní) znečistenia životného prostredia. Takéto rastliny sa nazývajú **bioindikátory**. Klasickým príkladom bioindikátorov znečistenia životného prostredia sú **lišajníky**. Lišajníky používajú na výmenu plynov dutinky (cifely), ktoré nemajú zatváraciu schopnosť ako prieduchy u vyšších rastlín, a preto sa do ich organizmu ľahko dostanú imisie z ovzdušia. Z tohto dôvodu sú lišajníky veľmi citlivé na znečistenie životného prostredia a ich ústup signalizuje prítomnosť toxických látok v prostredí.

Zeleň v krajine plní aj **vodoochrannú a vodoregulačnú funkciu**. Koreňová sústava rastlín zadržuje, filtruje a čistí vodu. Retenčná (zadržiavacia) schopnosť lesných porastov a tiež mokradných ekosystémov má veľký význam v protipovodňovej ochrane.

**Lesné porasty** majú nezastupiteľný a mnohostranný význam v prírodnom prostredí. Lesy sa z funkčného hľadiska rozdeľujú na tri skupiny:

- **hospodárske lesy** – ich hlavným poslaním je produkcia drevnej hmoty pri súbežnom zabezpečovaní ostatných funkcií,
- **ochranné lesy** – ich funkčné zameranie vyplýva z konkrétnych prírodných podmienok a hospodárenie v nich musí rešpektovať ich ochrannú funkciu,
- **lesy osobitného určenia** – ich využívanie sa prispôsobuje špecifickým spoločenským potrebám a požiadavkám.

Osobitný význam má **zeleň v mestách**. Má pozitívny vplyv na psychiku človeka, esteticky dotvára prostredie. Zeleň plní zdravotno-hygienickú funkciu najmä pri znižovaní prašnosti a ochrane proti hluku a aj klimatickú funkciu. Zmierňuje teplotné výkyvy medzi dňom a nocou. Vhodné umiestnenie stavby do zelene by mohlo ušetriť až 10% nákladov na kúrenie alebo klimatizáciu.

V poľnohospodárskych oblastiach sa veľmi často zakladajú **vetrolamy** – úzke pásy stromových porastov (najčastejšie topoľov), ktoré znižujú veternú eróziu pôdy na poliach.

**Živočíchy** sú neoddeliteľnou súčasťou prírodného prostredia. Bezprostredne pre človeka majú význam ako **zdroj potravy** (mäso, tuky, mlieko, vajcia, med...) a tiež ako **zdroj surovín** (koža kožušiny, kosti...). Z tohto dôvodu začal človek zvieratá loviť a neskôr domestikovať (udomáčať) a chovať. Technológia chovu by mala byť v súlade so životnými požiadavkami zvierat, hoci v súčasnosti chovatelia často uprednostnia intenzitu produkcie bez ohľadu na zdravie zvierat, kvalitu produktu a životné prostredie.

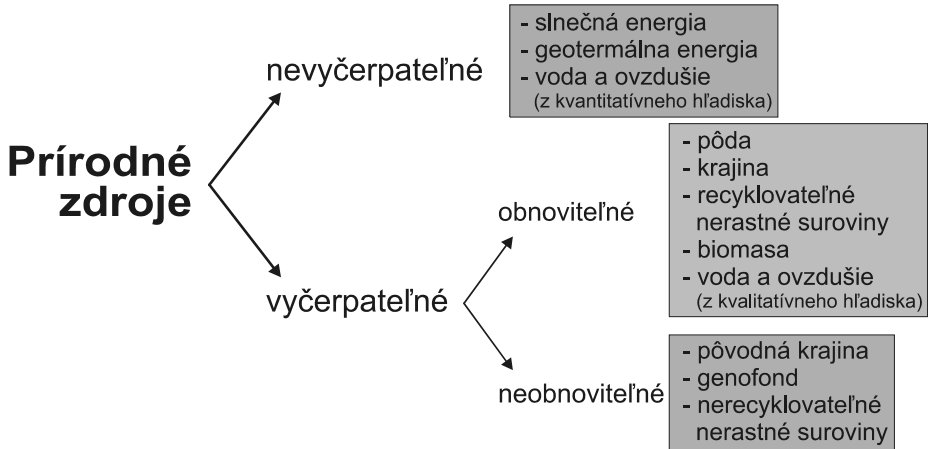
V súvislosti s intenzifikáciou živočíšnej výroby sa musí pamätať aj na obrovské množstvo organického odpadu (exkrementov), ktoré by pri lokálnom nahromadení mohli zamoriť životné prostredie (pôdu a vodu) a spôsobiť šírenie patogénnych (choroboplodných) mikroorganizmov.

Živočíchy môžu byť aj dôležitým faktorom ovplyvňujúcim úrodu, pretože niektoré poľnohospodárske kultúry sú opeľované hmyzom.

V súčasnosti je veľmi populárne rybárstvo, poľovníctvo a jazdectvo v rámci rekreácie. Zberateľská vášeň je často významným motívom k bezohľadnému prenasledovaniu a lovu živočíchov.

### 1.3 Racionálne využívanie prírodných zdrojov

**Prírodné zdroje** sú prvky (látkové substancie, množstvá energie alebo prírodné procesy) prírodného prostredia, ktoré ľudstvo využíva na uspokojovanie svojich potrieb.



**Obr. 1.9** Schéma rozdelenia prírodných zdrojov

Z hľadiska potrieb človeka sa prírodné zdroje delia na **vyčerpatel'né** a **nevyčerpatel'né**.

Medzi nevyčerpatel'né prírodné zdroje patrí slnečná energia. Treba však dodať, že slnečná energia je nevyčerpatel'ná z hľadiska dĺžky existencie ľudskej spoločnosti, ale z hľadiska evolúcie vesmíru je vyčerpatel'ná (vyhasnutie hviezd). Voda a ovzdušie patria medzi nevyčerpatel'né zdroje z kvantitatívneho a globálneho hľadiska. K regionálnemu vyčerpaniu vody a vzduchu z kvalitatívneho aspektu môže dôjsť v prípade ich znečistenia.

Pôda je vyčerpatel'ný, ale obnovitel'ný prírodný zdroj. Vzhľadom na to, že pôda s hrúbkou 10 až 20 cm sa vytvorí v priebehu niekoľkých stoviek až tisícok rokov a na odlesnenom teréne tá istá vrstva zmizne za 40 rokov, treba s pôdou hospodáriť veľmi rozvážne.

Obnovitel'nosť prírodných zdrojov je podmienená ich racionálnym (rozumným) využívaním.

Ľudstvo musí žiť v medziach únosnosti Zeme. Ak nebudeme využívať prírodné zdroje trvalo udržateľným spôsobom, s opatrnosťou a starostlivosťou, uprieme ľuďom ich budúcnosť.

**Trvalo udržateľný rozvoj** je taký spôsob rozvoja, ktorý umožňuje uspokojovanie potrieb v prítomnosti tak, aby neohrozoval uspokojovanie potrieb budúcich generácií

Medzi princípy trvalo udržateľného rozvoja sa **radí minimalizácia vyčerpávania neobnoviteľných zdrojov a dodržiavanie hraníc únosnosti Zeme.**

Jedným z možných riešení je **recyklácia** vyťažných vyčerpateľných zdrojov a **používanie technológií a spotrebičov, ktoré šetria energiu.** Na prvý pohľad by sa mohlo zdať, že úsporné spotrebiče sú finančne nákladné, ale investície sa vrátia po čase v podobe ušetrenej energie.

Obrovský potenciál dosiaľ nevyužitej energie sa skrýva v obnoviteľných a nevyčerpateľných prírodných zdrojoch (v tzv. alternatívnych zdrojoch energie). Podľa teoretických výpočtov by obnoviteľné zdroje mohli ročne poskytovať 10 – 13 TW, čo predstavuje bežnú ročnú spotrebu energie vo svete. Obnoviteľné zdroje sa v súčasnosti využívajú len na 21 %. Situácia na Slovensku je zvlášť alarmujúca, pretože vyše 85% spotreby energie sa musí kryť z dovezených zdrojov.

### **Slnečná energia**

Slnko je stredom našej planetárnej sústavy. Prebieha na ňom termojadrová reakcia, pri ktorej sa do kozmického priestoru uvoľňuje obrovské množstvo energie. Na zemský povrch sa dostáva len určitá časť tohto žiarenia a jeho intenzita sa mení v závislosti od zemepisnej šírky.

Pre energetické účely sa slnečné žiarenie zachytáva slnečnými kolektormi. Absorbér kolektora zachytáva slnečné lúče a premieňa ich na teplo. Zachytené slnečné teplo ohrieva vodu, voda sa mení na paru a tá poháňa turbínu a generátor.

V našich podmienkach sa môže využívať slnečná energia na ohrev vody, vykurovanie skleníkov, sušenie krmiva a podobne. Vzhľadom na to, že inštalácia slnečných kolektorov je veľmi nákladná a hustota slnečnej energie je v našej zemepisnej šírke nízka, javí sa využívanie slnečnej energie zatiaľ ako neefektívne. Navyše v zimnom období, keď je potrebné najväčšie množstvo energie na vykurovanie, je intenzita slnečného žiarenia najnižšia. V budúcnosti, ak dôjde k zdokonaleniu technológií, sa s týmto zdrojom počíta.

V súčasnosti sa bežne v praxi využívajú fotočlánky ako zdroj elektrickej energie v hodinkách a kalkulačkách.

### **Veterná energia**

S výrobou elektrickej energie z veternej energie sa začalo už v 19. storočí a dnes sa využíva najmä v prímorských krajinách (USA, Dánsko, India, Holandsko), kde sú výhodné poveternostné podmienky. Na Slovensku sú najvýhodnejšie podmienky na výrobu elektrickej energie z vetra na Záhorí.

Významným nedostatkom tohto zdroja je nepravidelnosť a nerovnomernosť vetra, veľký záber pôdy, hluk, vibrácie a zásahy do vzhľadu krajiny.

Veternú energiu využívali Egypťania pre plavbu na mori už v 17. storočí pred našim letopočtom.

### **Vodná energia**

Vodná energia na Slovensku je jednou z najperspektívnejších. Pri tomto spôsobe výroby elektrickej energie je vážnym problémom výstavba veľkých vodných diel. Často si vyžadajú obrovské zásahy do prírody, zatopenie obcí, poľnohospodárskej pôdy, odlesnenie a podobne. Malé vodné elektrárne sa z environmentálneho hľadiska javia ako bezproblémové. Zo slovenských riek sa využíva na energetiku Dunaj a Váh.

### **Geotermálna energia**

Pod pojmom geotermálna energia sa rozumie tepelná energia v žeravom jadre Zeme, ktorá sa dostáva na povrch prirodzene vo forme termálnych vôd, alebo by sa teoreticky mohla získať napúšťaním vody do hĺbkových vrtov a jej spätným odčerpávaním

Využitie geotermálnej energie je ešte stále len na úrovni teórie, plánov a projektov, hoci už starí Rimania 1000 rokov pred našim letopočtom využívali horúce pramene na vykurovanie svojich obydľí a na kúpanie. Na tieto účely sa využíva dodnes.

Aj tento spôsob získavania energie prináša so sebou určité riziká. Problémy by mohli nastať v súvislosti s únikmi niektorých toxických plynov (sulfán, amoniak, oxid uhoľnatý a pod.) z podzemných priestorov do ovzdušia. Prípadne by mohlo dôjsť k lokálnej zmene teplotných podmienok a k tvorbe hmiel v prostredí, najmä pri úniku horúcich pár. Ďalším technickým nedostatkom je, že pri vysokom obsahu minerálnych látok vo vode dochádza k usadzovaniu minerálov na stenách (vytvorí sa tzv. kotlový kameň), čo zhoršuje prechod tepla.

### **Energia biomasy**

Biomasa je koncentrovaná slnečná energia v organických látkach. Napríklad drevo a drevený odpad, odpad z obilnín (slama), bioplyn, komunálne odpady, biopalivá (bionafta, etylalkohol).

Biomasa je väčšinou využívaná vo forme palivového dreva, málokto si však uvedomuje, aké množstvo výdatného paliva sa necháva hniť na poliach a skládkach. Biomasa je v našich podmienkach ďalším perspektívnym zdrojom energie, pretože je ľahko dostupná a jej výhrevnosť je vyššia ako výhrevnosť niektorých klasických fosílnych palív (hnedé uhlie).

Drevo sa získava ťažbou z „energetických lesov“, v ktorých sú rýchlo rastúce dreviny vysádzané za účelom výroby palivového dreva. Slama má až o 30 % vyššiu výhrevnosť ako hnedé uhlie a pri zabezpečení krátkych transportných trás sa stáva najlacnejším palivom (napríklad v Rakúsku je celá obec Wolfsthal vykurovaná teplárnou na slamu, ktorá pochádza väčšinou zo Slovenska). Bioplyn má výhrevnosť porovnateľnú s výhrevnosťou zemného plynu. Dá sa vyrobiť z rastlinných odpadov, ale aj zo živočíšnych exkrementov. Biopalivá sa získavajú z rastlín. Bionafta sa vyrába z repky olejnej a používa sa najmä v poľnohospodárstve na pohon traktorov. Alkohol sa pripravuje alkoholovým kvasením rastlinných štiav (z kukurice, zemiakov, cukrovej repy) s obsahom cukru. Používa sa na výrobu gasoholu, čo je zmes alkoholu a benzínu v pomere 1 : 9, a v niektorých krajinách (napr. v Brazílii) sa používa ako pohonná hmota do automobilov.

Značná časť tuhých bytovo-komunálnych odpadov je spáliteľná. Na druhej strane bytový odpad obsahuje aj množstvo druhotných surovín, ktoré sa dajú využiť v spracovateľskom priemysle (kovový odpad, sklo, papier, plasty a pod.). Tento spôsob získavania energie je priamo závislý na doriešení otázky triedenia bytového odpadu.

Pri skládkovaní komunálnych odpadov v spodných vrstvách odpadu môže vznikáť tzv. skládkový plyn, ktorý možno získavať pomocou vrtných sond a používať na vykurovanie.



## 2 Chemické procesy v životnom prostredí

Procesy v prírode, či už sú prirodzené alebo vyvolané človekom, majú chemický charakter. To predurčuje, aby chémia ako vedná disciplína riešila zásadné otázky životného prostredia.

Podstata a klasifikácia chemických reakcií, ktoré prebiehajú v jednotlivých zložkách životného prostredia sa ničím nelíšia od chemických reakcií prebiehajúcich v laboratóriách alebo technologických procesoch. Podstatný rozdiel je v podmienkach.

Reakcie v laboratórnych podmienkach prebiehajú v uzavretých systémoch a kvalita i kvantita reaktantov a produktov je obyčajne známa – ich priebeh je možné priebežne sledovať a ovplyvňovať.

Životné prostredie je však otvorený multizložkový systém vyššieho rádu s mnohými fázovými rozhraniami, čo komplikuje priebeh procesov v ňom.

### 2.1 Atmosférické reakcie

Významnú úlohu pri chemických reakciách v atmosfére má okrem meteorologických faktorov, ktoré umožňujú šírenie a zried'ovanie potenciálne reagujúcich látok, aj slnečné žiarenie. Dodáva molekulám energiu potrebnú na štiepenie väzieb. Reakcie vyvolané absorpciou svetla sa nazývajú **fotochemické**. Pri týchto reakciách platia dva najdôležitejšie zákony fotochémie:

1. Aby bola reagujúca molekula aktivovaná, musí absorbovať dopadajúce slnečné žiarenie.
2. Jedna molekula reagujúcej látky je aktivovaná jedným svetelným kvantom.

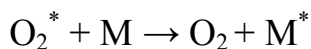
Podľa kvantovej teórie prebieha absorpcia svetla po celistvých kvantách, ktorých energia je vyjadrená vzťahom:  $Q_\nu = h\nu$ ,

kde  $h$  je Planckova konštanta ( $6,6256 \cdot 10^{-34}$  J·s a  $\nu$  je frekvencia žiarenia.

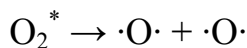
Účinok energie je tým väčší, čím je väčšie absorbované kvantum energie, resp. čím je vlnová dĺžka žiarenia kratšia. Vlnová dĺžka sa premieta do vzťahu prostredníctvom závislosti frekvencie  $\nu = c / \lambda$ ,  $c$  je rýchlosť svetla a  $\lambda$  je vlnová dĺžka.

Pri absorpcii elektromagnetického žiarenia (svetla) dochádza v molekule k excitácii elektrónov vo väzbových molekulových orbitáloch a ich prechodu do protiväzbových molekulových orbitálov. V molekule sa tým zvýši energia, čo môže mať za následok rôzny priebeh reakcií.

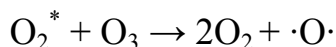
Excitovaná molekula môže odovzdať energiu inej molekule:



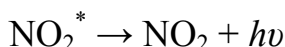
Excitovaná molekula sa rozštiepi na zodpovedajúce radikály:



Excitovaná molekula priamo reaguje s inou nestabilnou časticou:



Excitovaná molekula sa môže vrátiť do pôvodného stavu vyžiareníím energie – luminiscencia.



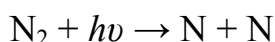
Sekundárne reakcie, ktoré prebiehajú po fotodisociácii molekúl, majú obyčajne **ret'azový priebeh**.

Okrem fotochemických reakcií prebiehajú aj klasické reakcie aktivované tepelným žiarením. Dodaním **tepelnej energie** do systém vzrastá **kinetická energia častíc**. Pri dostatočnej kinetickej energii vzrastá neusporiadaný pohyb častíc a tým i pravdepodobnosť ich vzájomných zrážok. Molekuly môžu pri zrážke reagovať, ak majú určitý minimálny obsah energie, ktorá sa nazýva **aktivačná energia**.

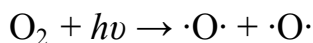
Reakčná rýchlosť je daná koncentráciou reagujúcich látok, teplotou, prítomnosťou ďalších prímiesí (ktoré môžu pôsobiť katalyticky), intenzitou a spektrom dopadajúceho slnečného žiarenia.

Najväčšie zastúpenie v atmosfére má elementárny dusík  $\text{N}\equiv\text{N}$ , avšak na atmosferických reakciách sa najväčšmi podieľajú oxidy dusíka a amoniak, či už prirodzeného alebo antropogénneho pôvodu.

K fotodisociácii molekuly dusíka dochádza, na rozdiel od molekuly kyslíka, až v termosfére, vo výške 100 km.



Kyslík  $\text{O}=\text{O}$  je druhý najviac zastúpený plyn v atmosfére. Atómový kyslík, ktorý má charakter biradikálu, vzniká pri fotodisociácii:



Významnou reakciou je vznik ozónu. Nadväzuje na fotodisociáciu  $\text{O}_2$ .



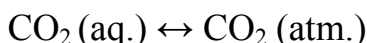
M je častica, ktorá je schopná absorbovať energiu uvoľnenú pri vzniku ozónu.

## 2.2 Chemické reakcie vo vodách

Veľké množstvo chemických reakcií a ďalších rôznych chemických a fyzikálnochemických interakcií vo vodách značne komplikuje ich exaktný opis. Vo vodách sa ustanovujú rôzne dynamické rovnováhy vyplývajúce z reakcií protolytických, komplexotvorných, oxidačno-redukčných, polymerizačných, fotochemických, hydrolytických a i. Chemická charakteristika a vlastnosti vôd nezávisia len od celkových koncentrácií látok, ale aj od foriem ich výskytu. Keďže jednotlivé formy výskytu nemožno odlíšiť analyticky, ich pomerné zastúpenie vypočítat' zo zákonov chemickej termodynamiky.

Z výrazov pre rovnovážne konštanty, hmotnostné a nábojové bilancie možno vypočítat' kvantitatívne zastúpenie jednotlivých foriem výskytu. Konečné zloženie prírodných vôd je výsledkom veľkého počtu chemických, fyzikálnochemických a biologických procesov prebiehajúcich homogénnych a heterogénnych systémoch. Ide o rozpúšťanie, zrážanie, absorpciu, výmenu iónov, membránové procesy, acidobázické reakcie, komplexotvorné reakcie, reakcie oxidačno-redukčné a z biochemických procesov ide o nitrifikáciu, denitrifikáciu, desulfuráciu, asimiláciu, fotosyntézu a i. Opis tohto systému je veľmi zložitý a preto sa riešenie chemických rovnováh sústreďuje najmä na chemické rovnováhy vznikajúce na rozhraní vody s atmosférou, minerálmi a medzi zložkami kvapalnej fázy.

Ako príklad uvádzame rovnováhu  $\text{CO}_2$  na rozhraní atmosféry a vodnej fázy, ktorú vyjadrujú nasledovné vzťahy:



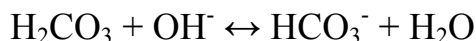
$$K_1 = [\text{H}^+] \cdot [\text{HCO}_3^-] / [\text{H}_2\text{CO}_3]$$

$$K_2 = [\text{H}^+] \cdot [\text{CO}_3^{2-}] / [\text{HCO}_3^-]$$

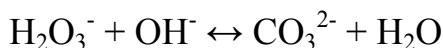
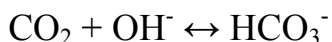
$$K_1 = 4,45 \cdot 10^{-7}$$

$$K_2 = 4,84 \cdot 10^{-11}$$

Dominantné formy oxidu uhličitého vo vode závisia od pH. Pri pH 8 je hlavným mechanizmom neutralizácie priama hydratácia oxidu:



Pri pH väčšom ako 10 prevláda priama reakcia  $\text{CO}_2$  a  $\text{OH}^-$



Prevažne sa vyskytujúcou formou v závislosti od pH je hydrogenuhličitanový anión. Hydratovaný oxid uhličité sa vyskytuje pri pH menšom ako 7.

## 2.3 Chemické reakcie v pôde

Chemické procesy v pôde závisia od jej zloženia, štruktúry a vlastností. Zastúpenie anorganických látok (minerálov) je približne 95 % a organických látok 5 %. Pre formovanie chemického zloženia majú význam také procesy ako rozpúšťanie, hydrolýza, adsorpcia, výmena iónov, oxidácia a redukcia, difúzia a osmóza. Zastúpenie minerálov je dané charakterom materskej horniny a zároveň kolobehom látok. Primárne minerály obsiahnuté v pôde sú dedičstvom horniny, môžu to byť kremeň, živce, pyroxény, karbonáty, fosfátové minerály... Sekundárne sa v pôde tvoria montmorillonit  $\text{Al}_2(\text{OH})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}$ , illit  $\text{KAl}_4(\text{Si}_8\text{Al}_2)\text{O}_{20}(\text{OH})_4$  a kaolinit  $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ . Tvoria malé čiastočky tvaru doštičiek, husto uložené a medzi nimi sú póry, ktorými môže prestupovať voda. Pórovitá štruktúra umožňuje adsorpciu napríklad niektorých nežiadúcich prvkov (Cu, Pb, Zn, Sr a pod.)

Zložitejšie reakcie prebiehajú v prítomnosti oxidu uhličitého a kyslíka. V prítomnosti  $\text{CO}_2$  sa málo rozpustné uhličitaný vápnika, horčíka, železa, mangánu a i. menia na ľahšie rozpustné hydrogenuhličitaný. Pri rozklade hlinítokremičitanov sa uplatňuje hydratácia a hydrolýza, pričom sa uvoľňujú ióny  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  náhradou za ión  $\text{H}^+$ , Si, Al a Fe.

Z oxidačno-redukčných procesov je známa oxidácia nerozpustných sulfidov za vzniku síranových aniónov.

Pre pôdu je charakteristický výskyt pôdnych koloidov, ktoré majú významnú úlohu v iónovýmienných reakciách. Nositeľmi iónovýmienných reakcií sú koloidné

častice, ktoré majú veľkosť v rozmedzí 1  $\mu\text{m}$  až 1 nm. Je pre ne charakteristický veľký špecifický povrch a veľká povrchová energia, a preto sa u nich najsilnejšie uplatňujú povrchové javy. Sú podstatou sorpčných vlastností pôdy.

Koloidné systémy v pôdach môžu byť tvorené kremičitanmi a hlinitokremičitanmi (častočky sekundárnych minerálov – kaolinit, montmorillonit a illit), hydratovanými oxidmi, fosforečnanmi alebo organickými koloidmi – môže ísť o častočky bielkovín, enzýmov, pektínov, celulózy, chitínu, škrobu.

Povrch koloidných častíc môže byť polárny, nepolárny alebo heterogénny. Miesta s polárnymi skupinami na heterogénnom povrchu sa nazývajú aktívne centrá.

Koloidná mycéla je tvorená **pevným jadrom** a polárnym povrchom. Polárne skupiny sa orientujú do kvapalnej fázy a tvoria tzv. **konštitučnú nabíjaciu vrstvu**. Elektrický náboj môže byť kladný alebo záporný a je kompenzovaný pomocou opačne nabitých iónov v **kompenzačnej vrstve**. Posledné dve tvoria **elektrickú dvojvrstvu**. Veľkosť povrchu a náboja určuje sorpčnú schopnosť micely.

V pôde je táto schopnosť merateľná kationovou, resp. aniónovou výmennou kapacitou.

Napríklad hlíny so záporným nábojom na povrchu micely viažu dôležité katióny ako  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  – tieto živiny zostávajú prítomné v pôde pri akomkoľvek premyvnom režime.

Uvoľňovanie či výmena iónov na povrchu micél je daná aj hodnotou pH v pôde.



Z anorganických aniónov sú v pôde prítomné  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{HSO}_4^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{F}^-$ . Anióny môžu tvoriť komplexy s kationmi kovov.

### 3 Účast biotických systémov na chemických procesoch v životnom prostredí

Jednotlivé zložky životného prostredia sa rozlišujú, okrem iného, na základe rozdielnych fyzikálnochemických vlastností. Z pohľadu ekológie ide o sféry, ktoré sa podieľajú na skladbe **biosféry**, čiže ekologického systému, ktorý zahŕňa všetky živé organizmy a nimi oživený priestor zemského povrchu.

Litosféra je oblasť pevného zemského obalu a pôdy (pedosféra). Hydrosféra je oblasť vôd, ktoré členíme na marínny biocyklus (vody oceánov a morí) a limnický biocyklus (cyklus kontinentálnych vôd). Atmosféra je plynný obal Zeme.

Jednota celej biosféry je zabezpečená **tokom energie a kolobehom látok**. Tok energie začína vstupom slnečného žiarenia do vrchných vrstiev atmosféry až po únik tepelného žiarenia zo Zeme do kozmu. Na tok energie nadväzuje kolobeh látok. Do toku energie a kolobehu látok významne zasahuje človek a preto sa vyčleňuje aj technosféra, či antroposféra.

Najvýznamnejšou vlastnosťou živých organizmov je neprestajná výmena látok medzi živým organizmom a prostredím a premena prijatých látok vo vnútri tela organizmu. Telá živých organizmov sú tvorené prevažne organickými zlúčeninami. Ide o sacharidy (cukry), lipidy (tuky) a proteíny (bielkoviny), pričom na ich stavbe sa podieľa približne 20 biogénnych prvkov a desiatky ďalších prvkov, ktoré nie sú pre živý organizmus nevyhnutné.

Z hľadiska koncentrácie chemických prvkov v živých organizmoch rozlišujú:

**Makroelementy** (makroživiny) – podieľajú sa viac než 1 % v sušine tkanív, či pletív živých organizmov. Je ich len 5 a sú to: C, O, H, N a P.

**Mikroelementy** (mikroživiny) – tvoria 0,05 až 1 % sušiny a patria sem S, Cl, K, Na, Ca, Mg, Fe, Cu. Menej ako 0,05 % sušiny sú zastúpené B, Mn, Zn, Si, Co, F.

**Stopové prvky**, napr. Se a Cr sa vyskytujú v sušine v nepatrných, čiže stopových množstvách.

H																	He																												
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne																												
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar																												
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr																												
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe																												
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn																												
Fr	Ra	Ac																																											
<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tbody> <tr> <td>Ce</td> <td>Pr</td> <td>Nd</td> <td>Pm</td> <td>Sm</td> <td>Eu</td> <td>Gd</td> <td>Tb</td> <td>Dy</td> <td>Ho</td> <td>Er</td> <td>Tm</td> <td>Yb</td> <td>Lu</td> </tr> <tr> <td>Th</td> <td>Pa</td> <td>U</td> <td>Np</td> <td>Pu</td> <td>Am</td> <td>Cm</td> <td>Bk</td> <td>Cf</td> <td>Es</td> <td>Fm</td> <td>Md</td> <td>No</td> <td>Lw</td> </tr> </tbody> </table>																		Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lw
Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu																																
Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lw																																

- Prvky potrebné pre život
- Prvky potrebné pre niektoré živé organizmy
- Prvky vysoko toxické pre všetky živé organizmy

**Obr. 3.1** Periodická tabuľka prvkov

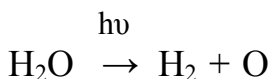
Kolobeh látok v biosfére je realizovaný tromi základnými typmi cyklov. Prvý z nich je **hydrologický cyklus**. Okrem kolobehu vody zahŕňa aj kolobeh zlúčenín rozpustných vo vode, dispergovaných alebo len unášaných vodnou masou.

Kolobehy chemických prvkov sú úzko späté s biologickými procesmi a s geologickým prostredím živých organizmov. Tento fakt je zahrnutý v termíne **biogeochemický cyklus**, ktorým označujeme kolobehy chemických prvkov. Koncentrácia prvkov v jednotlivých sférach, či zložkách životného prostredia je variabilná. Niektoré zložky životného prostredia môžeme pokladať za zdroj, či zásobáreň určitého prvku. Napríklad zdrojom a zásobárňou dusíka ( $N_2$ ) v prírode je atmosféra. Je to zapríčinené vlastnosťami molekulového dusíka. Ide o veľmi stabilnú a teda nereaktívnu molekulu. Iné prvky zas môžu byť viazané v litosfére a uvoľňujú sa z nej zvetrávaním hornín (napr. S, P, I). V tomto prípade hovoríme o **sedimentárnom type cyklu**.

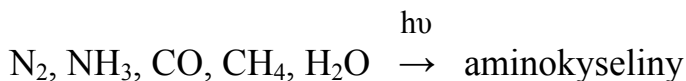
### 3.1 Biogeochemické cykly

#### Cyklus uhlíka a kyslíka

Predpokladá sa, že život na Zemi vznikol pred 3 miliardami rokov. V tom čase bol plynný obal Zeme utváraný intenzívnou sopečnou činnosťou. Skladal sa z  $N_2$ ,  $NH_3$ ,  $CO$ ,  $CH_4$ ,  $H_2O$ ,  $Cl_2$ ,  $H_2S$ . Kyslík ( $O_2$ ) a ozón ( $O_3$ ) chýbali a preto ničivé ultrafialové žiarenie prenikalo až na zemský povrch. UV žiarenie s vysokou energiou vyvolávalo fotolytickú disociáciu vodných pár v horných vrstvách atmosféry, čím sa začal uvoľňovať kyslík.



UV žiarenie bolo pravdepodobne tiež príčinou vzniku jednoduchých uhľovodíkov a organických aminokyselín vo vodách, ktoré sa následne stali základom pre rozvoj najjednoduchších foriem života s anaeróbnym metabolizmom pod ochrannou vrstvou vody.



Nedostatok organickej potravy podnietil evolúciu fotosyntetickej výživy. Tým sa prenikavo zvýšil obsah kyslíka v atmosfére, čo umožnilo vznik vyšších foriem života (živočíchov) s metabolizmom, ktorý je založený na zložitých oxidačno-redukčných procesoch.

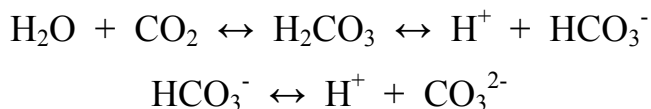
**Kyslík** je základným produktom fotosyntézy, dočasne vstupuje do atmosféry a dýchaním sa dostáva do živých organizmov.

Do bilancie kyslíka v atmosfére významne zasahuje človek spaľovaním fosílnych palív a kľčováním lesov. Fotosyntéza zelených rastlín stabilizuje obsah  $O_2$  v atmosfére.

**Uhlík** je najrozšírenejší prvok živej hmoty a má najjednoduchší a najlepšie preskúmaný cyklus v prírode. Hlavným zásobníkom uhlíka je  $CO_2$  v ovzduší (0,03 – 0,04 %). Oxid uhličitý je fixovaný zo vzduchu fotosyntetizujúcimi organizmami (producenti) a v podobe zložitých organických zlúčenín ho predávajú ďalej konzumentom.

Atmosférický  $CO_2$  je udržiavaný v rovnováhe s rozpusteným  $CO_2$  vo vode. Výmena oxidu uhličitého sa realizuje difúziou cez vodnú hladinu. Do vody sa dostáva  $CO_2$  aj prostredníctvom vodných zrážok.





Smer reakcií je daný aktuálnym koncentračným spádom. Miestny úbytok  $\text{CO}_2$  v atmosfére je kompenzovaný jeho difúziou z vody do ovzdušia a naopak.

Geologická zložka kolobehu uhlíka zahŕňa ukladanie organických látok z vody a z pôdy v podobe humusu, rašeliny, uhlia a ropy. Ukladanie schránok, ulít, kostier tvorí masívy vápenca  $\text{CaCO}_3$ . Zvetrávaním uhličitanových hornín, spaľovaním fosílnych palív a vulkanickou činnosťou je dopĺňaný obsah  $\text{CO}_2$  v atmosfére.

### Cyklus dusíka

Kolobeh dusíka je relatívne zložitý. Je najbohatšou zložkou atmosféry (78 %) a jeho pôvod v atmosfére je pravdepodobne biogénny. Trojitá väzba medzi atómami dusíka ( $\text{N}\equiv\text{N}$ ) je pevná a preto je tento plyn veľmi málo reaktívny. Väčšina organizmov nie je schopná plynný dusík asimilovať.

Organizmy sú schopné prijímať dusík viazaný v anorganických zlúčeninách (amoniak, dusičnany, dusitany) alebo v organických zlúčeninách (močovina, nukleové kyseliny, proteíny).

Do biologických procesov vstupuje dusík v anorganickej forme (napr. v podobe dusičnanov rozpustných vo vode), a to na úrovni primárnych producentov (rastliny).

Fixácia  $\text{N}_2$  z atmosféry prebieha buď fyzikálnochemickou cestou alebo biologickou cestou. Fyzikálnochemickou cestou sa premieňa len nepatrné množstvo  $\text{N}_2$  napr. pri elektrických výbojoch alebo vplyvom kozmického žiarenia.

Predpokladom fixácie dusíka biologickou cestou je schopnosť rozbiť trojitú väzbu  $\text{N}\equiv\text{N}$ . Túto funkciu plní enzým nitrogenáza a vyskytuje sa u množstva pôdných a vodných organizmov (napr. baktérie, huby, sinice). Je to energeticky náročný proces a spotrebuje sa pri ňom veľké množstvo energie získanej inými metabolickými procesmi.

Medzi symbiotických viazačov  $\text{N}_2$  patria napríklad koreňové baktérie rodu *Rhizobium* na hostiteľských rastlinách z čeľade bôbovité (*Fabaceae*). Baktérie vnikajú do koreňových vláskov, kde sa rozmnožujú a rastlina na to reaguje diferencovaným rastom korieňkov, pričom vznikajú hl'uzy.

Voľne žijúci viazači  $N_2$  môžu byť baktérie *Azotobacter*, *Clostridium* alebo sinice *Microcystis*, *Trichodesmium*. Tie získavajú energiu na rozklad väzby vlastnou fotosyntetickou aktivitou.

Amoniak  $NH_3$  je pre väčšinu živých organizmov nevyužiteľný. Baktérie *Nitrosomonas* oxidujú amoniak na dusitany a dusitany môžu byť oxidované baktériami *Nitrosobacter* na dusičnany. Tento proces sa nazýva **nitrifikácia**.

Pri nedostatku kyslíka môžu niektoré baktérie (napr. z rodu *Pseudomonas*) môžu v procese **denitrifikácie** využívať dusičnany ako zdroje kyslíka.



Človek môže zasiahnuť do kolobehu dusíka najmä poľnohospodárskou výrobou (pestovaním strukovín), priemyselnou fixáciou dusíka do podoby priemyselných hnojív na báze dusičnanov a emisiami oxidov dusíka z dopravy a zo spaľovania fosílnych palív.

### Cyklus fosforu

Fosfor je jeden z najdôležitejších prvkov limitujúcich produkčné procesy v ekosystéme. Hlavným zásobníkom P sú sedimenty a horniny, ktoré vznikli v dávnej histórii litosféry. V zemskej kôre je obsiahnutý vo forme nerozpustných fosforečnanov vápnika, horčíka, hliníka a železa. Fosforečnany sa do prostredia uvoľňujú zvetrávaním z litosféry alebo katabolickými reakciami živých organizmov.

Do ekosystému sa dostávajú v podobe rozpustných ortofosforečnanov alebo ich zrazenín (fosforečnan železitý).

V podobe rozpustných fosforečnanov je asimilovaný primárnymi producentmi a vstupujú do ďalších článkov potravného reťazca.

Po uhynutí organizmov sa fosfor čiastočne vracia do kolobehu a časť je viazaná vo forme nerozpustných sedimentov.

Hlavný podiel na kolobehu fosforu má látkový metabolizmus živých organizmov. Ich exkrementy sa dostávajú do prostredia v rozpustenej alebo koloidne rozptýlenej forme, ktorá je prijateľná pre rastliny.

Zvetrávaním hornín sa značná časť fosforečnanov dostáva do vody a končí na dne oceánov. Deponovaním fosforečnanov na dne oceánov dochádza k stratám pre P pre biosféru. Rybolovom, činnosťou morských vtákov, ťažbou morských produktov sa P recykluje z morí.

Človek zasahuje do kolobehu dusíka používaním fosforečnanových hnojív alebo úpravou ťažených hnojív.

### Cyklus síry

Základným zdrojom síry sú anorganické sírany, ktoré autotrofné organizmy redukujú a viažu do svojich bielkovín v podobe disulfidických väzieb – S – S –.

Hlavným rezervoárom síry je zemská kôra (sulfidy, sírany) a pôda, menším zásobníkom je atmosféra (oxidy síry).

Vo väčšine kontinentálnych vôd sú síranové anióny najhojnejšími hneď po uhličitanových aniónoch.

Síra je síce nevyhnutnou zložkou produkčných procesov, ale na rozdiel od dusíka a fosforu je jej spotreba menšia, a teda nie je limitujúcim faktorom rastu rastlín a živočíchov.

Na kolobehu síry sa podieľajú geochemické procesy ako zvetrávanie, sopečná činnosť, sedimentácia, zrážková činnosť. Biologická zložka kolobehu síry zahŕňa tvorbu a rozklad organickej hmoty.

Biologicky viazaná síra je mineralizovaná baktériami a hubami rodu *Aspergillus* a *Neurospora*. V anaeróbných podmienkach môžu byť organické zlúčeniny síry redukované až na sulfán  $H_2S$  (napr. u *Escherichia*, *Proteus*). Sulfán je oxidovaný niekoľkými skupinami baktérií. Bezfarebné sírne baktérie *Beggiatoa* redukujú  $H_2S$  na elementárnu síru, *Thiobacillus* oxiduje síru na sírany a za anaeróbných podmienok môžu byť sírany redukované respiráciou heterotrofných baktérií *Desulfovibrio* na elementárnu síru alebo siričitany, či sulfán. V kolobehu síry sa uplatňujú zelené a purpurové fotosyntetizujúce baktérie, ktoré využívajú vodík z  $H_2S$  ako akceptor kyslíka pri redukcii  $CO_2$ .

Zásahu človeka do kolobehu síry sú reprezentované spaľovaním fosílnych palív. Rozpustnosť  $SO_2$  vo vode je 50-krát väčšia ako rozpustnosť  $CO_2$ , čo pri vymývaní  $SO_2$  zrážkami z atmosféry spôsobuje nadmerné okysľovanie pôd.

## 3.2 Biodegradácia a biotransformácia

Biotické systémy sa významne podieľajú na odstraňovaní cudzorodých látok z prostredia. Z hľadiska chemickej látky hovoríme o biodegradovateľnosti, teda schopnosti podliehať rozkladu prirodzenými biologickými procesmi.

Biodegradácia je chemická deštrukcia materiálu v prirodzenom prostredí. Organické materiály môžu byť aeróbne, za účasti kyslíka alebo anaeróbne bez

prítomnosti kyslíka. S týmto procesom súvisí aj termín mineralizácia, pri ktorej ide o premenu organického materiálu na minerály.

Medzi rozložiteľné (biodegradovateľné) materiály patria organické zvyšky živých organizmov alebo produkty živých organizmov, tiež umelé materiály, ktoré sú podobné bioorganickým materiálom. Niektoré mikroorganizmy majú prirodzenú veľmi variabilnú katabolickú schopnosť. Môžu rozkladať, transformovať alebo akumulovať širokú škálu rôznych uhľovodíkov, polychlóvaných bifenylov, polyaromatických uhľovodíkov, farmaceutických preparátov, rádionuklidov a kovov.

Ako príklad môžeme uviesť biodegradáciu aromatických zlúčenín. V prvej fáze sa odbúrajú bočné reťazce. V ďalšom štádiu sa aromatický kruh mení účinkom enzýmov oxygenázy a dehydrogenázy na katechol. Adíciou ďalšej molekuly kyslíka sa aromatický kruh otvára za vzniku dikarboxylovej kyseliny, ktorá podlieha  $\beta$ -oxidácii za vzniku intermediátu acetylkoenzýmu A a sukcinylkoenzýmu A, ktoré sú pre bunky prirodzené.

Biotransformácia (biokonverzia) je premena prvkov z jednej formy výskytu na inú účasťou živých organizmov alebo enzýmov. Biologická transformácia je uskutočnenie takej zmeny štruktúry molekúl cudzorodej látky, ktorá vedie k zmene vlastností, reaktivity a schopnosti zapojiť sa do normálneho metabolizmu a kolobehu látok.

## 4 Pôvod a osud niektorých chemikálií v životnom prostredí

### 4.1 Kovy a ich zlúčeniny v životnom prostredí

Z hľadiska toxicity je najnebezpečnejšia prítomnosť týchto kovov vo vode: kadmium (Cd), ortuť (Hg), arzén (As), olovo (Pb), nikel (Ni), chróm (Cr).

Zdrojom kadmia sú odpadové vody z povrchovej úpravy kovov, z fotografického a polygrafického priemyslu.

Ortuť je značne toxická a zároveň má schopnosť hromadiť sa v živých organizmoch, takže môže zapríčiniť aj chronickú otravu. Rovnakú schopnosť má aj arzén a olovo.

Nikel a chróm pochádzajú hlavne z odpadových vôd vznikajúcich pri povrchovej úprave kovov. Ďalším zdrojom chrómu môže byť aj garbiarsky a textilný priemysel.

Takmer všetky kovy sú prítomné vo vode v stopových množstvách.

Výnimkou sú vody v okolí nálezísk rudy. Oxidáciou sulfidických rúd vzniká kyselina sírová, ktorá zvyšuje rozpustnosť okolitých minerálov s obsahom kovov. K obohacovaniu vôd môže dochádzať:

- prirodzene stykom vody s horninami alebo s pôdou.
- odpadovými vodami z ťažby a spracovania rúd, z povrchovej úpravy kovov, z fotografického, textilného a koželužného priemyslu, z anorganických pesticídov (Hg, As, Ba, Zn), atmosférické vody znečistené exhalátmi zo spaľovania palív, automobilizmus (Hg, Pb)

Forma výskytu kovov vo vode je kľúčová z hľadiska ich toxicity. Môže to byť výskyt vo forme:

- jednoduchých iónov,
- komplexných anorganických zlúčenín (síranové, uhličitanové, hydrogenuhličitanové, fosforečnanové),
- komplexných organických zlúčenín (humínové látky, aminokyseliny).

Prítomnosť komplexotvorných látok vo vode zvyšuje rozpustnosť kovov vo vode.

Niektoré kovy sú v stopových množstvách dôležité (Co, Cu, Fe, Mn, Cr, Zn, Mo), iné sú toxické – Hg, Pb, As, Se, Cd, Cu, Zn, Ni, Ba, V, Ag. Toxicita kovov spočíva v tom, že:

- inhibujú rast organizmov, inhibujú činnosť enzýmov – najmä tých, ktoré obsahujú tiolové skupiny,

- nepriaznivo vplývajú na samočistiace procesy vo vode.

Vplyv toxicity sa môže prejaviť vo výskyte:

- akútneho ochorenia,
- chronického ochorenia – vzhľadom na nízke koncentrácie, je riziko chronických ochorení závažnejšie,
- karcinogénneho pôsobenia,
- teratogénneho pôsobenia.

I pri menších množstvách než toxických množstvách spôsobujú zmenu senzorických vlastností vody. Platí najmä pre Mn, Fe, Cu, Zn.

Ďalšia dôležitá vlastnosť niektorých kovov je schopnosť akumulovať sa v sedimentoch alebo v živých organizmoch. Schopnosť organizmov akumulovať ióny kovov je kvantifikovaná *akumulačným koeficientom*, ktorý udáva koľkokrát je obsah kovu v danom organizme vyšší ako v prostredí. Významnú bioakumulačnú schopnosť má Hg, Pb, Se, Cu, Zn. Hodnota môže rásť s oxidačným číslom kovu. Vzhľadom na túto bioakumulačnú schopnosť kovov nie je stanovenie kovov vo vode jednoznačným ukazovateľom kontaminácie prostredia kovmi.

Toxicita kovov spočíva v:

- afinite pre väzbu s aminoskupinami, iminoskupinami, tiolovými skupinami,
- tvorbe chelátov s organickými látkami v bunkách,
- katalytickom rozklade enzýmov pod vplyvom kovov (lantanoidy rozkladajú ADP),
- vstupujú do bunkovej membrány a ovplyvňujú jej permeabilitu.

Existuje vzťah medzi toxicitou kovu a jeho postavením v tabuľke (elektronegativitou). Toxicita sa znižuje v rade:

Hg > Cu > Pb > Cd > Co > Zn > Mn.

Anorganické a organické komplexy sú menej toxické ako voľné ióny, t.z. že toxicita kovov v organicky znečistených vodách je nižšia, pretože kovy tvoria komplexy s amínmi, peptidmi, humínovými látkami.

Toxicita kovov sa mení aj s oxidačným stupňom. Napr. Cr<sup>IV</sup> a As<sup>III</sup> sú toxickéjšie ako Cr<sup>III</sup> a As<sup>V</sup>.

Veľmi mineralizované vody znižujú toxicitu kovov, čo je spôsobené potenciálom tvorby komplexov (napr. hydrogenuhličitanové vody znižujú rozpustnosť kovov vo vode, sú príčinou tvorby komplexov).

Prítomnosť viacerých kovov môže viesť k zvýšeniu toxicity. Tento jav označujeme ako synergizmus a uplatňuje sa napr. u Cd a Zn; Ni a Zn; Hg a Cu. V prípade, že dôjde k zníženiu toxicity pri spoluvýskyte kovov hovoríme o antagonizme.

Ďalšou všeobecnou vlastnosťou kovov je sorpcia na aktívnom uhlí, čo sa využíva aj pri čistení vôd. Vysoký sorpčný potenciál má As, Sn, Cr<sup>VI</sup>, Ag, Hg, Co; nízky – Cu, Cd, Zn, Mn.

### **Sodík, draslík**

Sú v zemskej kôre približne rovnako zastúpené: 2,4 – 2,6%. Sú súčasťou hlinito-kremičitanov (živce, sludy) – zvetrávaním sa z nich vylúhujú ióny Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>. Ďalšími zdrojmi sú ložiská halitu NaCl a sylvínu KCl.

Z antropogénnych zdrojov prichádzajú do úvahy: splach z polí hnojených priemyselnými hnojivami (KNO<sub>3</sub>) s obsahom K<sup>+</sup>, splaškové vody obsahujúce výkaly (človek vylúči denne v moči 5g Na a 2,2g K).

Vo vodách sa vyskytujú vo forme jednoduchých iónov Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, tvoriacich asociáty s HCO<sub>3</sub><sup>2-</sup> a SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>. Zastúpenie iónov Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> vo vodách je v pomere 100 : 10. Tento nepomer sa vysvetľuje zvýšenou absorpciou draslíka pôdnymi minerálmi a rastlinami, pretože draslík je dôležitá živina pre rastliny. V rastlinnom popole je zastúpenie K : Na = 100 : 1

V atmosférických vodách je zastúpenie zmenené – 25 % v prospech K.

Vody s obsahom K sú slabo rádioaktívne, pretože draslík v prírode obsahuje 0,0118% rádioaktívneho izotopu <sup>40</sup>K. Obsah Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> vo vodách nemá významný hygienický význam. Zvýšená koncentrácia môže vplývať negatívne na ľudí so srdcovo-cievnyim ochorením, pozitívne na ľudí s tráviacimi ťažkosťami.

### **Lítium, rubídium, cézium**

Lítium, rubídium, cézium sprevádzajú Na a K vo veľmi malých koncentráciách. Existujú minerály, ktoré obsahujú tieto prvky vo väčšej miere a ich ložiská bývajú príčinou lokálneho zvýšenia ich koncentrácie vo vode. Aj v morských vodách je prirodzene vyššia koncentrácia kationov týchto prvkov.

Zvýšená koncentrácia lítia vo vodách vedie k jeho akumulácii v pôde a môže inhibovať rast rastlín.

### **Horčík, vápnik**

Horčík a vápnik sú v zemskej kôre dosť rozšírené: 3,5 % Ca a 2 % Mg (vápence CaCO<sub>3</sub>, dolomity CaCO<sub>3</sub>·MgCO<sub>3</sub>, magnezity MgCO<sub>3</sub>, sadrovce CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O,

hlinitokremičitany  $\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]\dots$ ). Vylúhovaním z minerálov sa  $\text{Ca}^{2+}$  a  $\text{Mg}^{2+}$  dostávajú do vody. Ich rozpustnosť vo vode závisí od obsahu  $\text{CO}_2$  vo vode.

Umelé zdroje týchto prvkov sú priemyselné výroby využívajúce vápno  $\text{CaO}$  alebo vápenec  $\text{CaCO}_3$  na neutralizáciu kyslých roztokov.

V hydrogénuhličitanových systémoch je rozpustnosť  $\text{Ca}$  a  $\text{Mg}$  daná obsahom  $\text{CO}_2$ . Pomer prvkov  $\text{Ca} : \text{Mg}$  v prírodných vodách je obyčajne 4 : 1 až 2 : 1 – s rastúcou mineralizáciou sa pomer znižuje na 1 : 1.



V súvislosti s obsahom  $\text{Ca}^{2+}$  a  $\text{Mg}^{2+}$  vo vode sa spomína tvrdosť vody, vodný kameň, kotlový kameň, zmäkčovanie vody. Už koncom 18. storočia sa vedelo, že ak sa zelenina varí vo vode s vysokým obsahom solí, tak zostáva dlho tvrdá – odtiaľ pravdepodobne názov tvrdosť vody.

Typy vodného kameňa, ktorý môžu tieto ióny tvoriť je daný aniónom: uhličitanový, síranový, kremičitanový. Vzniknuté nánosy bránia nielen prechodu tepla cez steny nádoby, ale aj môžu dlhodobým prehrievaním deformovať steny nádob (kotlov, potrubí).

Aj vody s nízkym obsahom  $\text{Ca}^{2+}$  a  $\text{Mg}^{2+}$  môžu byť škodlivé, pretože tým viac sa môže prejaviť agresivita  $\text{CO}_2$ , resp.  $\text{H}_2\text{CO}_3$ . Chuťovo najprijemnejšie vody sú vápenaté a hydrogénuhličitanové. Obsah horčička nad 250 mg/l sa prejaví horkou chuťou a vysoký obsah horčička a síranov pôsobí laxatívne (napr. Šaratica).

### Stroncium, bárium

Stroncium, bárium sa vyskytujú v zemskej kôre v podobe minerálov: stroncianit  $\text{SrCO}_3$ , witerit  $\text{BaCO}_3$ , celestín  $\text{SrSO}_4$ , baryt  $\text{BaSO}_4$ . Vylúhovaním sa môžu dostať do vôd jenotky až desiatky mikrogramov na liter.

Katióny a zlúčeniny týchto kovov sa môžu vyskytovať v odpadových vodách priemyselných výrob (farieb, keramiky, papiera, skla...).

Katión  $\text{Ba}^{2+}$  je v koncentrácii rádovo mg/l v pitnej vode nežiaduci z dôvodu toxicity. Obsah  $\text{Sr}^{2+}$  nie je limitovaný, minerálne vody s obsahom  $\text{Sr}^{2+}$  pôsobia priaznivo na ochorenia dýchacích ciest a kožné ochorenia.



## Hliník

V prírode sa hliník vyskytuje v podobe minerálov: hlinítokremičitany  $\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$ ; minerál bauxit  $\text{AlO}(\text{OH})$  – má najväčší technický význam. Vylúhovaním z minerálov dostávajú do vody.

Z umelých zdrojov prichádzajú do úvahy priemyselne odpadové vody z povrchovej úpravy hliníka a jeho zliatin, z výroby papiera, kože, farbív.

Rozpustený  $[\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$  vyskytuje sa len pri nízkom pH (nižšom ako 4) – je približne rovnako kyslý ako kyselina octová;  $\text{Al}(\text{OH})_3$  sa dá získať len zrážaním z alkalického prostredia oxidom uhličitým. Koloidný hydratovaný oxid hlinitý je hlavnou formou výskytu hliníka vo vodách s neutrálnym pH.

Rozpustnosť hliníka rastie aj s rastúcim pH, takže malé koncentrácie rozpusteného hliníka sa dajú udržať len v pomerne úzkom rozmedzí pH.

Hliník tvorí komplexy nielen s hydroxidovými aniónmi, ale aj s inými ligandmi – napr. sírany, fosforečnany, fluoridy. Výskyt vo vodách je rádovo v desatinách  $\text{mg.l}^{-1}$

Vyššie množstvá sa vyskytujú najmä v okolí nálezísk sulfidických rúd, alebo bridlíc, ktorých oxidáciou dochádza k tvorbe kyseliny sírovej rozkladajúcej okolité horniny.

## Mangán

Mangán je v prírode relatívne rovnomerne rozšírený, sprevádza železné rudy. Hmotnostný pomer Fe a Mn v litosfére je 50:1. Koncentrovane sa vyskytuje v manganových rudách: burel  $\text{MnO}_2$ , braunit  $\text{Mn}_2\text{O}_3$ , dialogit  $\text{MnCO}_3$ .

Vylúhovaním z minerálov, pôdy a odumretých častí rastlín dostáva do vody.

Tiež priemyselne odpadové vody zo spracovania rúd, metalurgia a všetky chemické prevádzky využívajú manganistan ako oxidovadlo, môžu obohacovať vody mangánom.

Mangán sa vyskytuje v rôznych oxidačných stupňoch, v rozpustených aj nerozpustných formách. Najväčší význam majú zlúčeniny Mn v oxidačnom stupni II, III, IV. Za neprítomnosti rozpusteného kyslíka je najstabilnejšou formou výskytu  $\text{Mn}^{\text{II}}$ . V neutrálnom a kyslom prostredí prevažuje kation  $[\text{Mn}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ .

Rozpustnosť  $\text{Mn}^{\text{II}}$  vo vode je limitovaná rozpustnosťou hydroxidu, uhličitanu alebo sulfidu vo vode. Vo vodách obsahujúcich rozpustený kyslík je  $\text{Mn}^{\text{II}}$  nestabilný, vylučujú sa oxidy mangánu v oxidačnom čísle II a IV.

Oxidácia  $\text{Mn}^{\text{II}}$  na  $\text{Mn}^{\text{III}}$  a  $\text{Mn}^{\text{IV}}$  je sprevádzaná vyžrážaním hydratovaných oxidov, čo je aj podstatou odstraňovania Mn z vody.

Okrem chemickej oxidácie rozpusteným kyslíkom sa vo vode uplatňuje aj biochemická oxidácia mangánovými baktériami. Nadmerný rozvoj mangánových baktérií môže byť príčinou zarastania vodovodného potrubia biomasou.

Komplexné formy mangánu sú voči oxidácii kyslíkom odolnejšie ako jednoduché ióny  $Mn^{2+}$ . Veľmi stabilné sú organické komplexy Mn s humínovými látkami.

Zvýšený výskyt železa vo vodách je zvyčajne doprevádzaný aj zvýšeným obsahom mangánu. Koncentrácie v podzemných vodách sú vyššie oproti povrchovým, pretože tam neprebiehajú oxidačné procesy. Vyšší výskyt vo vodách býva spôsobený odpadovými vodami zo spracovania rúd, z chemického priemyslu kde sa Mn využíva ako oxidovadlo.

Mn je dôležitý pre rastliny aj živočíchy. Nie je škodlivý, avšak významne ovplyvňuje senzorické vlastnosti vody. Mn vo vyššom oxidačnom čísle môže sfarbovať materiály, s ktorými sa voda dostane do kontaktu a preto je Mn je v pitných vodách a vo vodách pre textilný priemysel, práčovne, farbiarne a papierne limitovaný.

### Železo

Najrozšírenejšia železná ruda je pyrit  $FeS_2$ , potom krveľ  $Fe_2O_3$ , hnedeľ  $Fe_2O_3 \cdot H_2O$ , magnetovec  $Fe_3O_4$ , siderit  $FeCO_3$ , hlinitokremičitany.

Vylúhovaním z minerálov dostáva do vody len málo. Rozpúšťaniu napomáha prítomnosť  $CO_2$  vo vode, humusových látok a kyseliny sírovej vznikajúcej pri oxidácii sulfidických rúd.

Pri oxidácii pyritu sa môžu uplatňovať chemické aj biochemické procesy (chemoautotrofné baktérie *Thiobacillus* a *Ferrobacillus*).

Umelé zdroje železa sú priemyselné odpadové vody, korozívne procesy.

Formy výskytu závisia od pH, redoxného potenciálu a prítomnosti komplexotvorných látok. V bezkyslíkatom redukčnom prostredí podzemných vôd a povrchových vôd pri dne sa vyskytuje  $Fe^{II}$ . Väčšina prírodných vôd obsahuje hydrogenuhličitan a rozpustnosť  $Fe^{II}$  je potom daná rozpustnosťou  $FeCO_3$ .

V prírodných vodách obsahujúcich kyslík sa nachádza  $Fe^{III}$ , rozpustnosť v aeróbných podmienkach je daná rozpustnosťou hydratovaného oxidu železitého.

Prítomnosť anorganických a organických komplexotvorných zlúčenín zvyšuje rozpustnosť Fe vo vode.

V malých koncentráciách je železo bežnou súčasťou vôd. V nádržiach alebo jazerách dochádza k podobnej stratifikácii železa ako je to pri Mn – v redukčnom

prostredí pri dne nádrží  $\text{Fe}^{\text{II}}$ , behom jarnej a jesennej cirkulácie vody v nádrží sa  $\text{Fe}^{\text{II}}$  vo vodnom stĺpci pri povrchu oxiduje na  $\text{Fe}^{\text{III}}$  a vylučuje sa ako hydratovaný  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , ktorý sedimentuje a tým nastáva úbytok železa po vertikále. Pri dne  $\text{Fe}^{\text{III}}$  redukuje na  $\text{Fe}^{\text{II}}$ , reakciou so sulfánom môže vznikáť čierny  $\text{FeS}$ , v dôsledku toho je železo zadržané v sedimentoch.

Vysoký výskyt Fe v je odpadových vodách z hutníctva železa. Železo významne ovplyvňuje senzorké vlastnosti vody – farbu, chuť, zákal. Zanecháva na materiáloch hrdzavé škvrny. Aj malé koncentrácia  $\text{Fe}^{\text{II}}$  môže viesť k premnoženiu železitých baktérií môže viesť k upchatiu vodovodu.

### Zinok

V prírode sú najrozšírenejšími rudami sfalerit  $\text{ZnS}$  a smithsonit  $\text{ZnCO}_3$ . Do vody sa dostáva oxidačným rozkladom sulfidických rúd a lebo z umelých zdrojov – priemyselné odpadové vody z povrchovej úpravy kovov, z výroby viskózy ...

Formy výskytu zinku sú  $\text{Zn}^{2+}$ , hydroxykomplexy, uhličitanové komplexy a chlorokomplexy. V priemyselných odpadových vodách z galvanického pokovovania sa môžu nachádzať aj kyanokompexy a aminokomplexy.

Rozpustnosť vo vodách je limitovaná rozpustnosťou  $\text{ZnCO}_3$  alebo  $\text{Zn(OH)}_2$  v alkalickej oblasti.

Zn pri vyššej koncentrácii spôsobuje gastrointestinálne ťažkosti. Pri hodnote 10 – 20 mg na liter sa prejavia chuťové vlastnosti Zn. Voda s obsahom Zn pri varení opalizuje a na povrchu sa utvorí blanka  $\text{Zn}_5(\text{OH})_6(\text{CO}_3)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ .

Zn je v pitných vodách limitovaný najmä kvôli senzorkým vlastnostiam, je toxický pre ryby a iné vodné živočích.

### Kadmium

Kadmium v prírode sprevádza Zn v jeho rudách. Umelými zdrojmi kadmia sú priemyselné odpadové vody z povrchovej úpravy kovov, z keramického, polygrafického a fotografického priemyslu. Do vody sa dostávajú aj vylúhovaním z plastov, pri výrobe ktorých a Cd používa ako stabilizátor. Do ovzdušia sa emituje pri spaľovaní fosílnych palív.

Kadmium sa vo vodách môže vyskytovať ako jednoduchý  $\text{Cd}^{2+}$ , alebo ako komplexy – hydroxykomplexy, uhličitanové, síranové, chlorokomplexy a komplexy s organickými látkami.

Cd vo vodách doprevádza Zn ale v podstatne nižších koncentráciách. Rozpustnosť vo vode je podmienená rozpustnosťou  $\text{CdCO}_3$  a  $\text{Cd(OH)}_2$ .

Cd patrí medzi veľmi nebezpečné kumulatívne jedy. Zosilňuje toxické účinky Zn a Cu (synergizmus). U človeka spôsobuje anémiu, pigmentáciu zubov, odvápnenie kostí – bolestivé skracovanie kostí. Ochorenie „itai-itai“ spôsobené otravou Cd bolo prvýkrát zaznamenané v Japonsku v roku 1969. Toxicita spočíva v tom, že Cd inhibuje oxidatívnu fosforyláciu. Na rozdiel od Hg, nepodlieha biotransformácii a nemôže byť uvoľnené ako alkylderivát z organizmu.

### Ortuť

Ortuť sa v mineráloch vyskytuje zriedka, hlavná ruda je rumelka HgS. Umelé zdroje ortuti sú priemyselné odpadové vody z elektrolýzy NaCl amalgámovým spôsobom, z chemických výrob, kde sa Hg používa ako katalyzátor... v minulosti ortuťnaté pesticídy.

Do ovzdušia sa dostáva pri spaľovaní fosílnych palív a pri tepelnom spracovaní rúd.

Ortuť sa prírode vyskytuje buď elementárna Hg<sup>0</sup>, alebo v podobe kationov Hg<sup>2+</sup>, Hg<sub>2</sub><sup>2+</sup>, hydroxykomplexov a chlorokomplexov. Alkylmerkurychloridy (R-Hg-X) boli v minulosti používané ako pesticídy a značne sa hromadili v rybom mäse.

V podzemných vodách sa ortuť vyskytuje len v okolí rudných nálezísk. V povrchových vodách svedčí zvýšený obsah o umelom znečistení vôd.

Záujem o toxicitu Hg vyvolali správy v 50. rokoch o otrave ľudí ortuťou v Japonsku a Švédsku po konzumácii rybieho mäsa. Hg má jeden z najvyšších akumulčných koeficientov, rádovo 106. Organoortuťnaté zlúčeniny sa môžu premieňať na anorganické, a niektoré mikroorganizmy vyskytujúce sa v aktivovanom kale majú schopnosť premieňať voľné Hg<sup>2+</sup> na dimetylortuť, ktorá je prechavá – prechádza do vzduchu, čo je aj podstatou čistiacich procesov.

Vďaka fungicídnym a baktericídnym vlastnostiam sa HgCl<sub>2</sub> v analytike používa na uchovávanie vzoriek vôd. Obsah ortuti vo vodách je prísne limitovaný.

### Olovo

Olovo sa v prírode vyskytuje v podobe rúd: galenit PbS, anglesit PbSO<sub>4</sub>, ceruzit PbCO<sub>3</sub> a i. Galenit je oproti ostatným sulfidickým rudám relatívne stabilný voči chemickej aj biochemickej oxidácii, preto sa olovo pomerne málo hromadí v spodných vodách, ak nie sú prítomné iné sulfidické rudy.

Pevné čiastočky zlúčenín olova sú súčasťou exhalátov pochádzajúcich z dopravných prostriedkov. Olovo sa v minulosti pridávalo do benzínu vo forme tetraetylolova, ktoré má antidetonačné účinky (obmedzuje klepanie motora).

Vzhľadom na silné toxické účinky olova sa hľadala náhradná látka s antidekonačnými účinkami. Na Slovensku sa pre tento účel pridáva do benzínu metyltercbutyléter (MTBE), ktorý nemá negatívne vplyvy na živé systémy.

Olovo sa môže vo vodách vyskytovať ako voľný kation  $Pb^{2+}$  alebo ako hydroxykomplex a uhličitanový komplex. Rozpustnosť olova je limitovaná rozpustnosťou uhličitanu.

Pb má veľký akumuláčny koeficient preto sa v prírodných vodách hromadí na dne absorbovaný v dnových sedimentoch.

U ľudí sa olovo ukladá v kostiach, v pečeni, obličkách a svaloch a medzi hlavné príznaky otravy olovom patria funkčné poruchy nervovej sústavy, zhoršovanie pamäti, intelligenčnej úrovne, zmena enzymatických aktivít, porucha krvotvorby, bolesti kĺbov, žalúdka, nízky krvný tlak, závraty, poruchy spánku. Akútne otravy nie sú bežné, skôr chronické otravy.

### **Arzén**

Arzén sa v prírode vyskytuje vo forme sulfidov arzenipyrit  $FeAsS$ , realgar  $As_4S_4$ ; auripigment  $As_2S_3$ . Doprevádza všetky sulfidické rudy, preto je relatívne rovnomerne rozptýlený v zemskej kôre.

K umelým zdrojom arzénu patria priemyselné odpadové vody z koželužní a spracovania rúd, v minulosti sa používali aj pesticídy na báze As.

Arzén sa vyskytuje v oxidačných číslach  $As^V$  a menej stabilná forma  $As^{III}$ .  $As^{III}$  býva organicky viazaný a podlieha chemickej alebo biochemickej oxidácii na  $As^V$ . V aeróbnom prostredí je  $As^V$  stabilnejší.

Arzén má veľkú schopnosť akumulovať sa v riečnych sedimentoch a vo vodných organizmoch.

Čistiaci proces spočíva v akumulácii As na hydratovaných oxidoch Fe a Al.  $As^{III}$  je toxickejší, spôsobuje chronické ochorenia a patrí medzi inhibítory biochemických oxidácií, je to karcinogén.

### **Selén**

V prírode sa vyskytuje v stopových množstvách v pôde, v sulfidických rudách. Spracovaním sulfidických rúd sa dostáva do ovzdušia a dažďom do vôd. Forma výskytu je  $Se^{IV}$ . Toxicita približne ako u arzénu, akumuluje sa v živých organizmoch.

**Chróm, nikel, kobalt, molybdén, wolfrám, vanád**

Chróm sa v prírode vyskytuje v oxidačnom čísle III (napr. minerál chromit  $\text{FeO}\cdot\text{Cr}_2\text{O}_3$ ); VI (napr. krokoit  $\text{PbCrO}_4$ ). Vylúhovaním z minerálov dostáva do vody. Medzi umelé zdroje chrómu patria priemyselné odpadové vody zo spracovania kože a povrchovej úpravy kovov, textilného priemyslu.

Toxicita Cr závisí od oxidačného stupňa,  $\text{Cr}^{\text{VI}}$  je toxickejší, karcinogénny, ovplyvňuje senzorické vlastnosti a sfarbenie vody.

Nikel sa do vôd dostáva z povrchovej úpravy kovov. Kobalt patrí medzi biogénne prvky (je súčasťou kobalamín – vitamínu B12). Molybdén má značnú bioakumulačnú schopnosť. Molybdenióza je ochorenie, ktoré sa vyskytlo u dobytka na Floride v dôsledku kontaminácie podzemnej vody molybdénom.

Wolfrám nemá zvláštny hydrochemický a hygienický význam. Vanád býva ukazovateľom výskytu ropy, je toxický.

**4.2 Nekovové prvky v životnom prostredí****Halogény v životnom prostredí**

Fluór sa vo vodách nachádza prevažne ako jednoduchý anión  $\text{F}^-$ . Do úvahy prichádzajú tiež hexafluorokremitany  $\text{SiF}_6^{2-}$  a komplexné zlúčeniny s kovmi, predovšetkým s  $\text{Fe}^{\text{III}}$  a  $\text{Al}^{\text{III}}$  (fluoroželezitany a fluorohlinity). Koncentrácia fluoridov vo vodách je limitovaná rozpustnosťou  $\text{CaF}_2$  a  $\text{MgF}_2$ . Pretože  $\text{CaF}_2$  je menej rozpustný ako  $\text{MgF}_2$ , závisí rovnovážna koncentrácia fluoridov vo vode predovšetkým od koncentrácie vápnika.

Fluór má vo vodách zvláštny hygienický význam zo stomatologického hľadiska. Zdravotné poruchy sa môžu dostaviť tak pri nedostatku, ako aj nadbytku fluóru v pitnej vode. Pri vyšších koncentráciách dochádza k chronickému ochoreniu – fluoróze, ktorá sa prejavuje škvrnami na zuboch (dentálna fluoróza). Nízke koncentrácie fluóru v pitnej vode sa naopak môžu prejaviť nadmernou kazivosťou zubov, predovšetkým u detí.

Chlór je prítomný vo vodách prevažne ako jednoduchý anión  $\text{Cl}^-$ . V niektorých prípadoch prichádzajú do úvahy aj niektoré chlorokomplexy, napr.  $[\text{FeCl}]^+$ ,  $[\text{FeCl}_2]^+$ ,  $[\text{FeCl}]^{2+}$ ,  $[\text{HgCl}_4]^{2-}$ ,  $[\text{HgCl}_3]^-$  a i. Z ďalších foriem výskytu prichádzajú do úvahy elementárny chlór, nedisociovaná kyselina chlórna  $\text{HClO}$ , anión  $\text{ClO}^-$  a rôzne chlórámíny. Ďalej môže byť prítomný organicky viazaný chlór, ktorého primárnym zdrojom môžu byť odpadové vody chemického priemyslu alebo chlоровané pesticídy. Môže však vo vode vznikáť aj sekundárne pri chlorácii organicky znečistených vôd.

Najrozšírenejšou formou výskytu sú chloridy. Vzhľadom na všeobecný výskyt chloridov v prírode obsahujú tento anión všetky vody v pomerne vysokých koncentráciách. Spolu s hydrogénuhličitanmi a síranmi sú chloridy hlavnými aniónmi vo vodách.

Človek vylučuje močom asi 9 g chloridov denne. Aj to zvyšuje pôvodný obsah chloridov v splaškových odpadových vodách. Chloridy sú v tomto prípade živočíšneho pôvodu. Vysoké koncentrácie chloridov sa vyskytujú v niektorých priemyselných odpadových vodách (vysoľovanie produktov chloridom sodným, neutralizácia vôd obsahujúcich HCl).

Chloridy sú chemicky aj biochemicky pomerne stabilné. V prírodných vodách sa nemenia. Pri infiltrácii pôdou sa zadržujú len nepatrne. V pitnej vode nie sú hygienicky škodlivé, ovplyvňujú však chuť vody.

Elementárny chlór nie je vo vode obsiahnutý prirodzene. Roztok chlóru vo vode má chloračné a oxidačné účinky. Na hygienické zabezpečenie pitnej vody sú nevyhnutné zvyškové koncentrácie chlóru vo vode. Vo vyšších koncentráciách však vyvoláva aktívny chlór senzorické závady.

Zlúčeniny chlóru s oxidačnými vlastnosťami sú značne škodlivé pre ryby a iné vodné organizmy.

Zlúčeniny halogénov sa prirodzene v ovzduší nevyskytujú. Do ovzdušia sa môžu dostávať emisiami z priemyselných výrobní alebo prirodzene vulkanickou činnosťou, či unášacou schopnosťou ovzdušia zo zvetraných častí kryolitu, fluorapatitu, fluoridu hlinitého, či sodného.

Antropogénne zdroje predstavujú prevažne z chloračné a bieliace procesy, spaľovanie plastických materiálov.

Zlúčeniny brómu a jódu v atmosférických vodách môžu byť buď pôvodu prirodzeného (v prímorských oblastiach) alebo umelého (z priemyselných exhalátov). V obyčajných podzemných a povrchových vodách sú prítomné obvykle len v stopových množstvách. Vyššie koncentrácie sú v morskej vode a v minerálnych vodách. Ovplyvňujú činnosť žliaz s vnútornou sekréciou. Nedostatok jódu je príčinou hypertrofie štítnej žľazy (struma).

### **Zlúčeniny síry**

**Oxid siričitý (SO<sub>2</sub>)** je najrozšírenejšia plynná látka znečisťujúca ovzdušie. Do atmosféry sa dostáva buď prirodzene pri sopečnej činnosti alebo z antropogénnych zdrojov. Hlavným antropogénnym zdrojom SO<sub>2</sub> sú teplárne a tepelné elektrárne, kde sa spaľujú fosílna palivá s obsahom síry, ďalej rafinácia a spracovanie ropy.

U ľudí spôsobuje dráždenie dýchacích ciest, poškodzuje sliznice, vyvoláva zápaly dýchacích ciest a poruchy srdcovocievnej sústavy. Je jednou z mnohých príčin rozvoja alergických reakcií živých organizmov. Rastliny reagujú oveľa citlivejšie na tento druh znečistenia. Na listoch vyvoláva nekrózy (odumretie pletiva). Zvlášť citlivé sú najmä ihličnaté stromy a niektoré druhy machov.

**Oxid sírový ( $\text{SO}_3$ )** vzniká tiež pri spaľovaní fosílnych palív, ale jeho obsah je podstatne nižší.

Obsah  $\text{SO}_2$  a  $\text{SO}_3$  v atmosfére podmieňuje vznik ďalších škodlivých zlúčenín, a to najmä **kyseliny sírovej ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )**, ktorá je podstatnou zložkou **kyslých dažďov**.

Oxid siričitý a oxid sírový, ktoré sú súčasťou exhalátov v priemyselných oblastiach, veľmi ochotne v ovzduší reagujú s kvapôčkami vody za vzniku kyseliny sírovej resp. siričitej. Kyselina sa v podobe zrážok dostáva na zemský povrch a do vodných zdrojov. Nízke pH môže spôsobiť vyplavenie hliníka zo zlúčenín v pôde. Hliník má toxický účinok na rastliny, pretože blokuje niektoré enzýmy.

Sírany sú z chemického hradiska vo vodách pomerne stabilné. Spolu s hydrogénuhličitanmi a chloridmi tvoria hlavnú časť aniónov v prírodných vodách. Za anaeróbných podmienok však pomerne ľahko podliehajú biochemickej redukcii na sulfán a môžu z vody takmer vymiznúť.

Vyššie obsahy síranov vo vode sú príčinou jej agresívnosti voči betónu.

**Sulfán ( $\text{H}_2\text{S}$ )** sa môže dostávať do ovzdušia najmä pri vulkanickej činnosti a v dôsledku biochemického rozkladu organických materiálov.

V blízkosti veľkochovov ošípaných a hydiny boli zaznamenané úhyny stromov v dôsledku znečistenia ovzdušia plynmi, ktoré vznikajú rozkladom organických látok v exkrementoch. Sulfán má mimoriadne toxické účinky aj na ľudský organizmus. Spôsobuje poruchy zrakového vnímania a pri vyšších koncentráciách kŕče, stratu vedomia, ochrnutie srdca a smrť.

Sírovodík a jeho iónové formy sú vo vodách nestabilné, pretože sa môžu oxidovať chemicky alebo biochemicky až na sírany. Vo vodách sa môžu trvale vyskytovať len v anaeróbnom prostredí, a sú preto dôkazom redukčných procesov prebiehajúcich vo vode (napr. pri eutrofizácii). Významne ovplyvňuje pachové vlastnosti vody a svojou toxicitou spôsobuje hromadné hynutie vodných živočíchov.

Chemická oxidácia sírovodíka kyslíkom rozpusteným vo vode je zložitý proces. Medziproduktmi oxidácie sú pravdepodobne polysulfidy, siričitany,



tiosírany a elementárna síra. Rýchlosť oxidácie závisí od pH (pri pH nižšom ako 6 je veľmi nízka) a od prítomnosti katalyzátorov ( $Mn^{2+}$ ,  $Ni^{2+}$  a  $Co^{2+}$ ).

### **Zlúčeniny dusíka**

Medzi zlúčeniny dusíka, ktoré znečisťujú ovzdušie patria predovšetkým oxidy dusíka a amoniak. Prevažná časť týchto znečisťujúcich látok pochádza z prírodných zdrojov.

**Oxid dusnatý (NO) a oxid dusičitý (NO<sub>2</sub>)** sú z hľadiska škodlivého vplyvu na životné prostredie významnejšie. Prírodnými zdrojmi týchto plynov v atmosfére sú elektrické výboje, činnosť baktérií a sopečná činnosť. Hlavným antropogénnym zdrojom je spaľovanie fosílnych palív, teplárne a tepelné elektrárne, automobilová doprava. Oxidy dusíka dráždia dýchacie cesty, ale s niekoľkohodinovým oneskorením. Znižujú obranyschopnosť organizmu voči infekciám dýchacích ciest. Oxidy dusíka sa v krvi cicavcov reverzibilne (vratne) viažu na hemoglobín za vzniku methemoglobínu. Tým je schopnosť hemoglobínu prenášať kyslík ku tkanivám dočasne blokovaná.

**Amoniak (NH<sub>3</sub>)** je nepríjemne páchnuci jedovatý plyn, ktorý sa do ovzdušia dostáva hlavne pri rozklade organických odpadov. Ďalším zdrojom je chemický priemysel (výroba priemyselných hnojív a močoviny).

### **Dusík a fosfor**

Dusík a fosfor patria medzi najdôležitejšie makrobiogénne prvky. Zúčastňujú sa na všetkých biochemických premenách v živých organizmoch i v prírodných vodách. Zlúčeniny dusíka a fosforu znečisťujúce vodu pochádzajú predovšetkým zo splaškových vôd a z odpadov zo živočíšnej výroby (napr. močovka, výkaly, odpad zo silážovania). Dôležitým anorganickým zdrojom znečisťovania vôd zlúčeninami fosforu a dusíka je poľnohospodárska pôda obrábaná priemyselnými hnojivami.

Zvýšený prísun živín (v podobe zlúčenín dusíka a fosforu) do vôd môže spôsobiť premnoženie niektorých organizmov, najmä zelených rias a planktónu, na úkor iných. Vodné živočíchy nestačia obrovskú biomasu rias skonzumovať. Riasy odumierajú, padajú na dno a hnijú. V dôsledku nadmerného množenia a rozkladných procesov sa z vody odčerpáva kyslík a vytvárajú toxické plyny (sulfán a amoniak), ktoré zabíjajú vodné živočíchy. Vody postihnuté týmto javom menia svoje sfarbenie do zelena až hnedá a nepríjemne zapáchajú. Tento proces sa nazýva **eutrofizácia**.

Eutrofizácii možno predchádzať obmedzovaním hnojenia poľnohospodárskej pôdy, čistením odpadových vôd, vysádzaním planktónožravých rýb do vôd, prevzdušňovaním vody a pod.

Pre človeka sú dusičnany veľmi nebezpečné, najmä ak sa dostanú do pitnej vody. Na zvýšený obsah dusičnanov v pitnej vode sú zvlášť citlivé dojčatá.

Anorganicky viazaný rozpustený fosfor sa môže vo vodách vyskytovať v jednoduchých alebo komplexných iónových alebo neiónových formách alebo ako polyfosforečnany. Polyfosforečnany vyskytujúce sa vo vodách môžu mať štruktúru buď reťazovú (katena-polyfosforečnany) alebo cyklickú (cyklo-polyfosforečnany), majú schopnosť viazať rôzne katióny do komplexov a udržiavať ich tak v rozpustenej forme aj za prítomnosti niektorých aniónov, s ktorými by inak tvorili nerozpustné zlúčeniny. Našli preto široké použitie v textilnom priemysle, práčovniach, pri úprave chladiacich a kotelných vôd a všade tam, kde prekáža vyššia koncentrácia vápnika, horčíka, železa, mangánu a i.

### Zlúčeniny uhlíka

**Oxid uhoľnatý (CO)** vzniká pri vulkanickej činnosti, lesných požiaroch, bakteriálnej činnosti v oceánoch. Človek prispieva k tvorbe CO spaľovacími procesmi v priemysle a v doprave (motorizmus a letectvo).

Oxid uhoľnatý je veľmi nebezpečný plyn bez farby a zápachu, takže zmyslami ho sotva spozorujeme. Jeho toxicita spočíva v tom, že sa nevratne viaže na hemoglobín, čím blokuje prenášanie kyslíka ku tkanivám. Pri otrave oxidom uhoľnatým človek reaguje spomalene, nie je schopný utiecť alebo otvoriť okno aj keď sa ešte môže pohybovať. Ďalšie príznaky sú bolesti hlavy, nevoľnosť, dávenie, únava, ospalivosť, bezvedomie a v konečnom dôsledku smrť.

**Oxid uhličitý (CO<sub>2</sub>)** je produkovaný živými organizmami pri dýchaní. V súvislosti so zvyšujúcou sa spotrebou fosílnych palív narastá v ovzduší jeho koncentrácia. Ďalšou možnou príčinou rastu CO<sub>2</sub> v atmosfére môže byť klčovanie lesov (najmä tropických), čím dochádza k znižovaniu spotreby CO<sub>2</sub> na fotosyntézu. Oba javy sú výsledkom intenzívneho využívania prírodných zdrojov.

CO<sub>2</sub> patrí medzi skleníkové plyny a s jeho zvýšenou produkciou sa spája problematika **zvýšeného skleníkového efektu**.

### Rádioaktívne látky

Rádioaktivita pochádza jednak z prírodných zdrojov (prírodná rádioaktivita) a jednak zo zdrojov umelých (umelá rádioaktivita).

Prírodná rádioaktivita je spôsobená prevažne prítomnosťou rádionuklidov  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{222}\text{Rn}$ ,  $^{238}\text{U}$ ,  $^{230}\text{Th}$ ,  $^{210}\text{Po}$ ,  $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{40}\text{K}$  a i. Na rádioaktivite podzemných vôd najviac podieľa  $^{40}\text{K}$ . Prírodný draslík obsahuje asi 0,012 % rádioaktívneho izotopu  $^{40}\text{K}$ . V atmosférických vodách možno nájsť aj prírodné rádionuklidy, ktoré vznikajú v atmosfére účinkom kozmického žiarenia, napr.  $^3\text{H}$ ,  $^{14}\text{C}$ .

Umelá rádioaktivita vôd je spôsobená najmä rádionuklidmi vznikajúcimi pri štiepnych jadrových reakciách (jadrové výbuchy, jadrové reaktory). Podiel umelej rádioaktivity pripadajúcej na odpady z vedeckých a lekárskejších inštitúcií je malý.

Do úvahy prichádzajú najmä tieto rádionuklidy:  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{90}\text{Y}$ ,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{132}\text{I}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{141}\text{Ce}$ ,  $^{144}\text{Ce}$  a i. Rádionuklidy môžu byť prítomné vo vodách v rozpustenej a nerozpustenej forme ako jednoduché a komplexné ióny.

Jednou z hlavných zložiek prírodnej aktivity minerálnych vôd je plynný radón. Ďalšími zložkami prírodnej rádioaktivity podzemných vôd je urán a rádium. Po zákaze skúšok jadrových zbraní má ako zdroj rádioaktívneho znečistenia povrchových vôd najväčší význam rádioaktivita odpadov z ťažby a spracovania uránových rúd. Odpadové vody s umelými rádionuklidmi sú ako zdroj znečistenia povrchových vôd menej závažné.

Najnebezpečnejšie sú rádionuklidy s dlhým polčasom premeny, vysielajúce žiarenie s veľkou hustotou ionizácie a významne sa zadržujúce v organizmoch. Obzvlášť toxické sú rádionuklidy,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{90}\text{Y}$ ,  $^{210}\text{Pb}$  a  $^{210}\text{Po}$ .

Po vypúšťaní rádioaktívneho odpadu prebiehajú v recipiente tieto procesy: zrážanie, sorpcia, akumulácia vo vodnej flóre a faune a dnových sedimentoch. Niektoré rádionuklidy sa akumulujú selektívne v určitých organizmoch (napr. kontaminácia rýb) alebo v určitých orgánoch. Preto pre celkové hodnotenie rádioaktívneho znečistenia treba analyzovať nielen kvapalnú fázu, ale aj sedimenty a vodnú flóru a faunu.

V prípade kontaminácie ľudského organizmu rádioaktívnym stronciom alebo jódom by mohlo dôjsť k nebezpečnej akumulácii týchto prvkov v organizme. Stroncium, vzhľadom na to, že má podobné vlastnosti ako vápnik, sa hromadí v kostiach a rádioaktívny jód v štítnej žľaze.

## 4.3 Organické zlúčeniny

Prirodzené organické znečistenie prírodných vôd spôsobujú výluhy z pôdy a sedimentov, produkty životnej činnosti rastlinných a živočíšnych organizmov žijúcich vo vode. Príčinou umelého organického znečistenia je ľudský faktor a jeho civilizačná činnosť spojená so značným chemickým odpadom (odpadové splaškové vody, priemyselné vody, poľnohospodársky znečistené vody). Z biologického hľadiska môže ísť o látky podliehajúce biologickému rozkladu, resp. o látky biochemicky a chemicky rezistentné, ktoré sa môžu hromadiť v jednotlivých zložkách životného prostredia.

Organické látky majú vplyv predovšetkým na kvalitu a vlastnosti prírodných vôd. Niektoré organické látky sú toxické. Môžu vykazovať karcinogénne, mutagénne a teratogénne účinky. Iné, aj keď netoxické, môžu veľmi negatívne ovplyvňovať kyslíkovú bilanciu toku alebo sensorické vlastnosti vody. Vzhľadom na veľmi široké spektrum organických, vo vodách sa vyskytujúcich látok je dôležité identifikovať predovšetkým tie organické látky, ktoré sú z hľadiska chemického aj biologického už rezistentné. Z aspektu biotransformačných premien je potrebné poznať možnosti biodegradability jednotlivých zlúčenín a vlastnosti vznikajúcich metabolitov.

Množstvo organických látok vo vode sa stanovuje **chemickou spotrebou kyslíka** (CHSK). Ide o množstvo kyslíka, resp. oxidačného činidla (napr. dichroman, manganistan), ktoré je potrebné na oxidáciu organických zlúčenín obsiahnutých v 1 litri vody.

**Biochemická spotreba kyslíka** (BSK) udáva množstvo kyslíka spotrebovaného mikroorganizmami pri biochemickej oxidácii organických látok za aeróbnych podmienok.

### Fenoly, polyfenoly a triesloviny

Veľkú skupinu organických látok vyskytujúcich sa vo vodách tvoria fenoly a im príbuzné zlúčeniny. Fenolové zlúčeniny patria medzi veľmi dôležité v prírode sa vyskytujúce biologické látky. Nachádzajú sa v rastlinách a drevinách, a preto sa označujú ako rastlinné fenolové zlúčeniny. Obrovské množstvo týchto látok vzniká sekundárnym metabolizmom.

Všeobecne sa fenoly správajú ako organické kyseliny. Preto sú fenolové zlúčeniny prirodzeného a umelého pôvodu vylúhované vodou. Dodávajú vode žlté

až hnedožlté zafarbenie. Sú už väčšinou chemicky a biochemicky značne rezistentné.

Triesloviny sú aromatické zlúčeniny s funkčnými skupinami  $-OH$ ,  $-COOH$ ,  $-COH$ ,  $-C=O$ ,  $-O-R$ . Rastlinné triesloviny sú fenolové zlúčeniny, ktoré sa rozpúšťajú vo vode. Majú nízky polymerizačný stupeň. Sú to látky používané v garbiarskom priemysle na vyčisňovanie koží. Triesloviny sú prítomné v tkanivách živých rastlín, najmä vo vakuolách. V kôre (suchom tkanive) sa hromadia vo väčšom množstve a podliehajú tu ďalším chemickým premenám.

Do vôd sa triesloviny dostávajú jednak prirodzenou cestou, jednak z odpadových vôd z garbiarskeho priemyslu, taktiež vylúhovaním skládok odpadu vznikajúceho v príslušných priemyselných odvetviach.

### **Humínové látky**

Vysokomolekulové cyklické zlúčeniny, ktoré obsahujú C, H, O, N. Odumreté rastlinné a živočíšne organické látky sa biologicky rozkladajú, pričom tvoria organickú zložku pôdy – humus. Rozkladné a syntetické procesy, ktorými sa z primárnej organickej hmoty tvoria vlastné humínové látky, označujú sa ako humifikačné pochody. Podľa zloženia primárnych organických látok (sacharidy, pektíny, lignín, bielkoviny, tuky, vosky, živice, triesloviny a i.) a podľa biologických podmienok v pôde kvalitatívne aj kvantitatívne zloženie humusu sa líši. Asi polovica primárnej organickej hmoty sa humifikuje a zvyšok sa mineralizuje.

Humínové látky sa nachádzajú takmer vo všetkých prírodných vodách. Vylúhujú sa z pôd a rašelin. Rozpustnosť zložiek pôdneho humusu závisí od druhu pôdy, od času styku pôdy s vodou, od pH vody a jej zloženia. V závislosti od pH vody a jej zloženia sú humínové látky prítomné ako pravé alebo koloidné roztoky.

Humínové látky sú z hygienického hľadiska málo škodlivé, ale spôsobujú zhoršenie senzorických vlastností vody. Zafarbiajú vodu do žltá až hnedá a dodávajú jej pachuť. So vzrastajúcim pH sa intenzita farby zvyšuje. Vzhľadom na uvedené vlastnosti sú humínové látky v pitných, úžitkových a prevádzkových vodách nežiaduce. Ich farebnosť môže spôsobiť znehodnotenie kvality niektorých výrobkov, napr. textilného a papierenského priemyslu.

### **Lignín, lignínsulfónové kyseliny**

Lignín predstavuje vo vyšších rastlinách 20-30 % z celkovej hmoty dreva, a tým reprezentuje, pokiaľ ide o množstvo, najzastúpenejšiu zložku dreva

Základom ich štruktúry sú fenypropánové jednotky s vysokým obsahom metoxy-skupín. Ligníny sú fenolové zlúčeniny, ktoré sa vyznačujú nerozpustnosťou vo vode.

Drevo je priemyselne najviac využívaná a chemicky spracovávaná surovina. Pri výrobe celulózy z dreva sulfítoým spôsobom sa na drevo pôsobí kyslými siričitanmi, pričom vznikajú lignínsulfónové kyseliny. Tieto sú biologicky ťažko rozložiteľné a predstavujú veľmi škodlivú súčasť odpadových vôd.

Znečistené odpadové vody z výroby sulfitovej celulózy sú príčinou hnedého zafarbenia povrchových vôd, ich penivosti v dôsledku povrchovej aktivity, a zápachu.

### **Ropa a ropné látky**

Ropa a produkty rafinácie ropy, čiže benzín, petrolej, motorová nafta a minerálna oleje, najviac ohrozujú hydrosféru.

Ropa obsahuje všetky skupiny uhľovodíkov s výnimkou monoénov a polyénov. n-Alkány sú prítomné vo všetkých podieloch ropy. Z ďalších derivátov sú to izoalkány, cykloalkány, kondenzované uhľovodíky, aromatické uhľovodíky, polykondenzované uhľovodíky. Prítomné sú tiež kyslíkaté, sírne a dusíkaté látky, ako sú cykloalkánové kyseliny, sulfán, merkaptány, acyklické a cyklické sulfidy, tiofény a v ťažších podieloch deriváty benzotiofénov. Z dusíkatých derivátov sú to pyridíny, chinolíny, karbazoly a ich hydrogenované analógy. V rope sa vyskytujú tiež niektoré kovové zlúčeniny rozpustné v olejoch. Tieto látky sa hromadia v najťažších asfaltických podieloch. Z nich najdôležitejšie sú V, Ni, Na a ďalej Al, Si, Ca, Mo, Cu, Mg, Pb, Ag, Cr, Mn. Pestré zloženie ropy spôsobuje jej značné potenciálne ovplyvnenie životného prostredia.

Znečistenie môže nastať už pri ťažbe ropy, pri preprave, spracovaní v rafinériách aj pri spotrebe ropných látok. Liter ropy dokáže znehodnotiť viac než milión litrov vody. Mení chuť, pach a sfarbenie vody už pri veľmi malých koncentráciách. Ropa a ropné látky spôsobujú odumieranie organizmov žijúcich vo vode a pri vode nielen svojou toxicitou, ale aj svojimi fyzikálnymi vlastnosťami. Tieto látky sú ľahšie ako voda, plávajú na nej a rýchlo sa šíria po hladine. Vrstva ropy na hladine bráni výmene plynov medzi vodou a ovzduším, pohlcuje kyslík rozpustený vo vode a obmedzuje fotosyntézu. Živočíchom, ktoré sa dostanú do kontaktu s ropnými látkami, sa môžu upchať dýchacie otvory, vtákom sa zlepí perie, čo im znemožňuje uniknúť (hrozí im nebezpečenstvo utopenia).

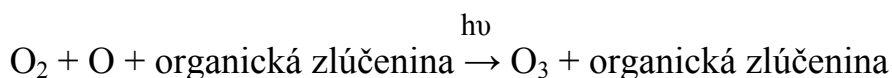
### Metán

Metán (CH<sub>4</sub>) je najrozšírenejší uhl'ovodík v ovzduší. Vzniká pri bakteriálnej činnosti bez prístupu vzduchu. Do ovzdušia sa môže dostať prirodzene únikom zo zdroja zemného plynu alebo pri ťažbe zemného plynu.

Veľké nebezpečenstvo predstavujú antropogénne zdroje uhl'ovodíkov, a to predovšetkým automobilizmus, spaľovne uhl'ovodíkov, odparovanie rozpúšťadiel, ropy, odpady z rafinérií ropy. Najväčšie koncentrácie uhl'ovodíkov v ovzduší sa namerali v mestách hustou dopravnou premávkou, ako sú New York, Los Angeles a Chicago.

### Prchavé organické zlúčeniny

**Prchavé organické zlúčeniny** VOCs (Volatile organic compounds) sú organické zlúčeniny (okrem metánu), ktoré s oxidmi dusíka za účasti slnečného žiarenia môžu produkovať fotochemické oxidanty (napr. tvorba ozónu v prízemnej vrstve atmosféry ako súčasť fotochemického smogu.



Riziko prchavých organických zlúčenín sa vyjadruje **potenciálom fotochemickej tvorby ozónu**.

### Halogenované uhl'ovodíky

Osobitné postavenie z hľadiska znečisťovania životného prostredia zaujímajú **halogénuhl'ovodíky**, ktoré sa používajú ako prostriedky na ochranu rastlín proti škodcom, organické rozpúšťadlá, čistiace prostriedky, hasiace látky, chladiace médiá, hnacie plyny v rozprašovačoch a pod. Ich spoločnými vlastnosťami sú: veľká chemická stálosť, nerozpustnosť vo vode, prchavosť, a tie určujú ich správanie sa v prostredí. Hlavným rezervoárom halogénuhl'ovodíkov sa stáva atmosféra, kam sa dostávajú vyparovaním.

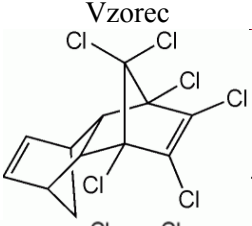
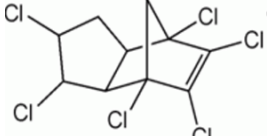
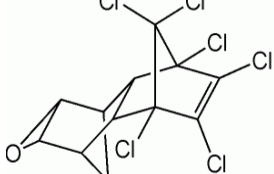
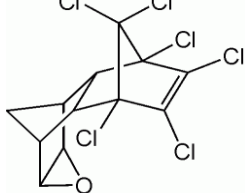
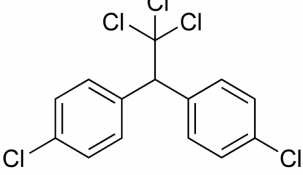
Z hľadiska znečisťovania životného prostredia sú nebezpečné najmä tzv. **freóny**. Vzhľadom na to, že majú veľkú chemickú stálosť, zotrávajú v ovzduší 20 až 30 rokov a podľa niektorých odhadov aj stovky rokov, kde sa vplyvom ultrafialového žiarenia rozkladajú na látky, ktoré môžu poškodzovať **ozónovú vrstvu**.

Na znečisťovaní vôd sa stále väčšou mierou podieľajú chlórované uhl'ovodíky, ktoré sa používajú vo viacerých odvetviach hospodárstva (v rozpúš-

ťadlách, ako prímese do farieb, pesticídy...). Spoločným znakom týchto látok je ich stálosť. Vo vode sa nerozpúšťajú, usadzujú sa na dne. Prostredníctvom organizmov žijúcich na dne sa môžu dostať do potravného reťazca, v konečnom dôsledku sa hromadia v tukovom tkanive živočíchov a človeka.

Ide o tzv. **perzistentné organické zlúčeniny**. POPs (persistent organics pollutants) sú organické zlúčeniny, ktoré sú do rôzneho stupňa rezistentné voči fotolytickej, biologickej a chemickej degradácii. Mnohé POPs sú halogenované a charakterizované nízkou rozpustnosťou vo vode a vysokou rozpustnosťou v lipidoch, v dôsledku čoho dochádza ku ich bioakumulácii v médiách obsahujúcich tuky. Sú tiež semivolatilné a pred depozíciou dochádza k ich diaľkovému prenosu v atmosfére.

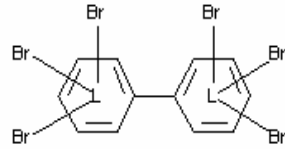
**Tabuľka 4.1: Prehľad POPs**

Názov	Využitie	Vzorec
<b>Aldrin</b>	pesticíd	
<b>Chlordan</b>	pesticíd	
<b>Dieldrin</b>	insekticíd	
<b>Endrin</b>	pesticíd	
<b>DDT</b>	insekticíd	

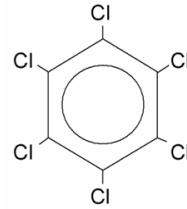


**Hexabrómbifenyl**

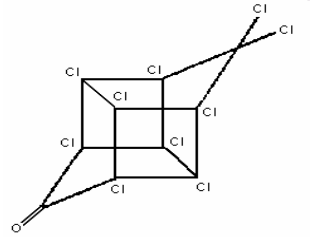
retardér horenia

**Hexachlórbenzén HCB**

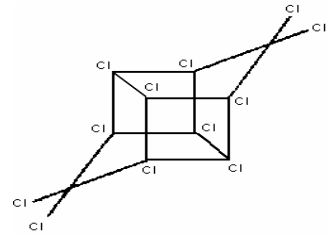
– fungicíd  
 – v pyrotechnike  
 – pri výrobe hliníka  
 a syntetického  
 kaučuku

**Chlordecon**

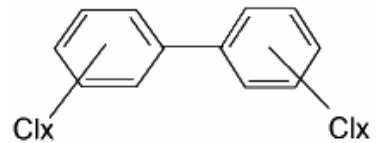
pesticíd

**Mirex**

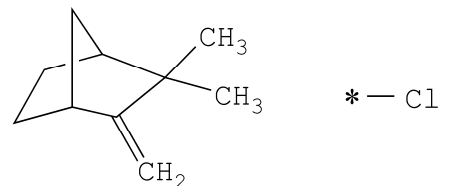
insekticíd

**PCB – polychlórované  
bifenylly**

Ide o zmes 110  
 kongenérov, ktoré  
 sa využívajú  
 v priemysle ako  
 náplň do  
 elektrických  
 transformátorov,  
 kondenzátorov,  
 prísady do farbív,  
 plastov, mazadiel...

**Toxafén (zmes látok)**

insekticíd

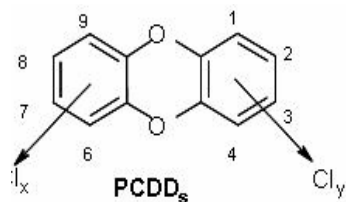
**PAHs – polyaromatické  
uhl'ovodíky**

vznikajú pri  
 spaľovacích  
 procesoch  
 (automobilizmus,  
 výroba Fe, Al,  
 koksu...)

majú najmenej dve kondenzované  
 benzénové jadrá

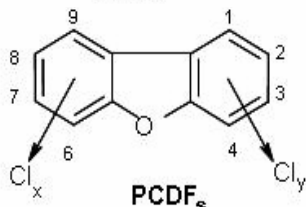
**PCDDs – polychlórované  
dibezo-p-dioxíny  
(dioxíny)**

**vedľajšie produkty  
pri výrobe  
pesticídov, PVC,  
chlórovaných  
rozpúšťadiel.**



**PCDDFs –  
polychlórované  
dibenzofurány (furány)**

**vznikajú pri výrobe  
PCB**



### Pesticídy

Pesticídy sú chemické látky, ktoré sa používajú v poľnohospodárstve na ochranu proti škodcom. Aj keď je známe negatívne ovplyvnenie životného prostredia použitím týchto prostriedkov, je isté, že i v najbližšej budúcnosti bude nevyhnutné pesticídy používať aj naďalej. Klasifikácia pesticídov podľa druhu škodlivých činiteľov, proti ktorým sa používajú, ich rozdelíme takto:

- fungicídy – proti chorobám vyvolaným hubami;
- insekticídy a akaricídy – proti hmyzu a roztočom;
- herbicídy – proti burinám;
- rodenticídy – proti hlodavcom;
- iné látky – špeciálne použitie pri ochrane rastlín.

Aj keď dnes ťažko zhodnotiť pozitívny vplyv pesticídov za obdobie ich používania, ešte zložitejšie je postihnúť ich negatívny vplyv v životnom prostredí. Chemická štruktúra pesticídov je veľmi rôznorodá. Po aplikácii však pesticídy v životnom prostredí ďalej podliehajú fyzikálno-chemickým vplyvom (slnečné žiarenie, teplo, vzduch, pôda, voda) a rôznym metabolickým premenám v rastlinách, mikroorganizmoch, hmyze a živočíchoch.

Veľký problém pre životné prostredie predstavuje veľkoplošná aplikácia uvedených prostriedkov leteckým spôsobom. Dochádza tak k transportu biocídov v atmosfére mimo cieľa aplikácie a ak ich vypieraníu zrážkami do vodných zdrojov.

Z chemického hľadiska môžu byť pesticídy rôznorodé. Môže ísť o anorganické a organické zlúčeniny. Organické pesticídy sú prevažne organohalogénové a organofosforové zlúčeniny.

Tragicky najznámejším príkladom je DDT, ktoré sa vo veľkej miere využívalo už počas druhej svetovej vojny proti ektoparazitom. Hojné používanie

DDT v rozvojových štátoch úspešne potlačilo maláriu. U nás sa DDT používalo ako insekticíd proti pásavke zemiakovej. Ešte skôr ako sa zistilo, že DDT je nebezpečný karcinogén, teratogén a poškodzuje nervovú sústavu, táto látka prenikla všade. Do tukového tkaniva rýb, do mäsa polárnych živočíchov, do materského mlieka Eskimáčiek... V súčasnosti je vo väčšine krajín používanie DDT zakázané.

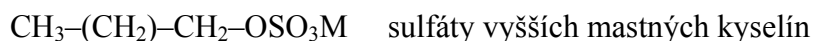
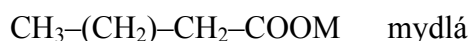
### Detergenty a tenzidy

**Tenzidy** sú chemické látky, ktoré majú schopnosť znižovať povrchové napätie na rozhraní dvoch fáz.

Molekula tenzidu sa skladá z časti hydrofilnej a hydrofóbnej. Hydrofilné sú polárne časti molekuly tvorené hlavne skupinou sulfónovou, sulfonátovou alebo kumulovanými skupinami hydroxylovými, resp. éterickými. Hydrofóbnu časť tvorí alifatický, resp. aromatický uhl'ovodík často vetvený a rôzne substituovaný. Z hľadiska disociačnej schopnosti polárnej hydrofilnej skupiny delíme tenzidy na iónové (katiónové, aniónové a amfolytické) a neiónové.

Iónové vo vodnom roztoku disociujú za tvorby kladne alebo záporne nabitých iónov. Amfolytické tenzidy v závislosti od pH uplatňujú zásadité alebo kyslé skupiny, ktoré sú v molekule obsiahnuté. Neiónové tenzidy obsahujú polárnu nedisociovanú skupinu, napr.  $-\text{OH}$ ,  $-\text{O}-$ .

#### Aniónové tenzidy



#### Katiónové tenzidy



#### Amfolytické tenzidy



#### Neiónové tenzidy



Tenzidy majú prací a emulgačný účinok a peniaci efekt. Pre tieto vlastnosti sa pridávajú do čistiacich prostriedkov na zvýšenie čistiaceho účinku. Pracie alebo čistiace prostriedky, ktoré obsahujú tenzidy sa nazývajú **detergenty**. Tenzidy majú široké uplatnenie aj v textilnom, potravinárskom priemysle, pri výrobe celulózy a papiera a v poľnohospodárstve.

Vďaka spomenutým vlastnostiam sa tenzidy veľmi ťažko odstraňujú z vody a tiež sú ťažko biologicky odbúrateľné. Pri úprave povrchových vôd na vodu pitnú sa tenzidy odstránia len čiastočne a obyvateľstvo trvale konzumuje vodu obsahujúcu tenzidy.

Výskyt tenzidov vo vodách predstavuje veľké problémy. Zvyšujú rozpustnosť iných oveľa nebezpečnejších organických látok vo vode, hoci normálne by sa nerozpúšťali. Výhodiskom z tejto situácie je prechod na výrobu a spotrebu biologicky ľahko odbúrateľných tenzidov.

Na rozdiel od tenzidov mydlá tvoria s iónmi  $\text{Ca}^{2+}$  a  $\text{Mg}^{2+}$  nachádzajúcimi sa vo vodách nerozpustné zlúčeniny, povrchovo už neaktívne. Ich zvyšky ľahko podliehajú biologickému rozkladu.

Maximálne prípustné koncentrácie tenzidov v odpadových biologicky čistých vodách závisia od typu tenzidu a jeho biologickej rozložiteľnosti.

## 5 Škodlivé látky v životnom prostredí

Negatívnym dôsledkom využívania prírodných zdrojov je znečisťovanie životného prostredia. Ľahkovážne zaobchádzanie s jednotlivými zložkami životného prostredia nás môže pripraviť o veľké zásoby prírodných zdrojov. Ochrana ovzdušia, vody a pôdy pred ich znečisťovaním, teda pred ich nenávratným kvalitatívnym vyčerpaním, má byť jednou z hlavných priorit štátnej politiky a **životného postoja každého jednotlivca**.

Podľa charakteru znečistenia rozlišujeme **chemické a fyzikálne znečisťovanie životného prostredia**. Chemického znečisťovanie životného prostredia predstavuje vnášanie látok, ktoré sú pre dané prostredie cudzorodé, alebo nadmerným množstvom môžu nepriaznivo ovplyvniť životné podmienky v danom prostredí. Nebezpečné je aj fyzikálne znečisťovanie, to znamená znečisťovanie nejakým druhom žiarenia, teplom, hlukom, vibráciami a podobne.

### 5.1 Šírenie znečisťujúcich látok v životnom prostredí

Šírenie znečisťujúcich látok v ŽP je umožnené zároveň limitované vlastnosťami jednotlivých zložiek životného prostredia. Prebieha v rámci jednej zložky životného prostredia ako aj medzi zložkami ŽP. Pohyb medzi zložkami je sprevádzaný fyzikálnymi, chemickými a biologickými procesmi.

Úplný exaktný opis kolobehu znečisťujúcich látok je zložitý, čo poukazuje na zložitosť a dokonalosť samoregulačnej schopnosti prírody, čím sa docieľuje stabilita ekosystémov (v rámci medzných hodnôt).

Veľkosť znečisteného územia závisí od veľkosti a charakteru zdroja znečisťovania, fyzikálnych a chemických vlastností znečisťujúcich látok, konfigurácie krajiny a klimatických podmienok v lokalite zdroja znečisťovania.

Podľa Zákona č. 163/2001 Z. z. o chemických látkach a chemických prípravkoch sa u každej chemickej látky sledujú nasledujúce vlastnosti:

- fyzikálne a chemické vlastnosti,
- akútna toxicita,
- podozrenie na karcinogénne a mutagénne pôsobenie,
- dôkazy o škodlivosti pre reprodukciu,
- dráždivé a žieravé vlastnosti,
- senzibilizujúce vlastnosti,
- subakútna toxicita,

- abiotická a čiastočná biologická degradovateľnosť,
- toxicita pre vodné prostredie po krátkodobej expozícii,
- inhibícia rastu rias,
- inhibícia baktérií,
- adsorpcia a desorpcie.

Podľa Vyhlášky MŽP SR č. 511/2001 Z. z. o podrobnostiach hodnotenia rizík existujúcich chemických látok a nových chemických látok pre život a zdravie ľudí a pre životné prostredie sú pre hodnotenie rizika pre životné prostredie sú relevantné nasledovné vlastnosti:

- **fyzikálne a chemické vlastnosti:**
  - teplota topenia, teplota varu, tlak pár, povrchové napätie, rozpustnosť vo vode, rozdeľovací koeficient n-oktanol/voda,
  - reaktivita, rozkladné produkty, produkty chemických premien, spôsoby expozície v životnom prostredí,
- **abiotická a čiastočná biologická degradovateľnosť,**
- **adsorpcia a desorpcie.**

Najlepšie fyzikálne podmienky z hľadiska migrácie znečisťujúcich látok sú v ovzduší (kvôli pohyblivosti), potom vo vode. Najviac obmedzená je migrácia v pôde (niekoľko sto metrov). Znečistenie pôdy zo stacionárnych zdrojov má zväčša lokálny charakter, za istých podmienok (napr. zmena pH) môže dôjsť k vylúhovaniu znečisťujúcich látok do pôdnej vody, čo umožní ich migráciu.

Mechanizmy šírenia znečistenia v ovzduší:

- mechanická turbulencia (vírenie prúdiaceho vzduchu v dôsledku nerovnosti zemského povrchu),
- horizontálne prúdenie vzduchu (v dôsledku rozdielnych teplôt ovzdušia v závislosti od výšky),
- vertikálne prúdenie vzduchu (v dôsledku rozdielnych teplôt ovzdušia v závislosti od výšky),

Týmito procesmi zároveň nastáva riedenie znečisťujúcich látok, čiže rozptyl. Rozptyl zmierňuje **lokálne znečistenie** a spôsobuje **regionálne znečistenie**.

**Lokálne znečistenie** vykazuje denné a sezónne zmeny vyvolané kolísaním zdrojov emisií a okamžitými meteorologickými podmienkami.

**Regionálne znečistenie** – prospievajú k nemu zdroje znečisťovania z veľkých vzdialeností (1 000 km) – sú zasiahnuté veľké územné celky.

**Globálne znečistenie** – v prípade atmosféry ide o znečistenie voľnej atmosféry – ide o zmeny zloženia atmosféry ako celku.

Vzhľadom na rozmanitý výskyt vody (atmosferická, povrchová, podpovrchová...) a jej premeny a kolobeh je rozmanitá aj migrácia látok pomocou tohto média. Napr. vypustením odpadovej vody do rieky (recipientu) sa táto voda v mieste výpustu mieša s vodou rieky a tým sa riedia znečisťujúce látky.

V závislosti

- od charakteru toku (prietokové množstvo, unášacia sila toku),
- celkových fyzikálnych (teplota vody) a
- chemických vlastností (kyslíkové pomery a celkové chemické zloženie vody),
- biologických pomerov v toku ako aj
- vlastností samotných znečisťujúcich látok,

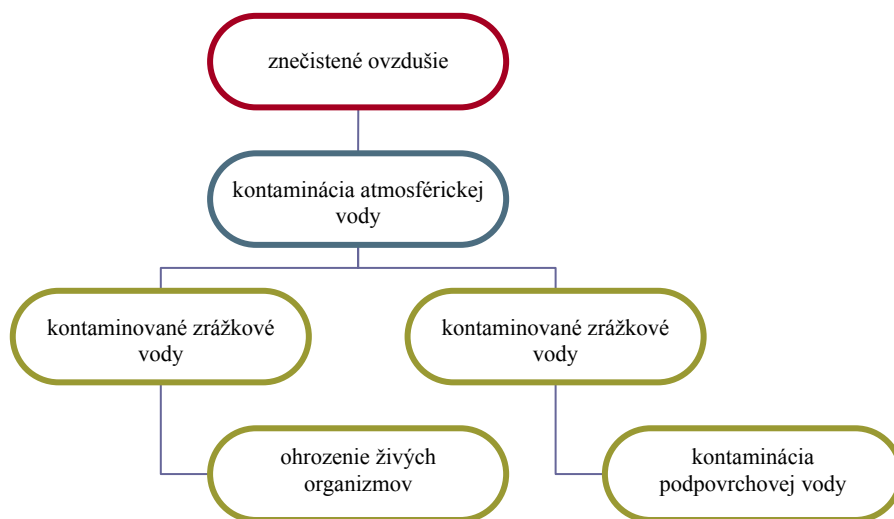
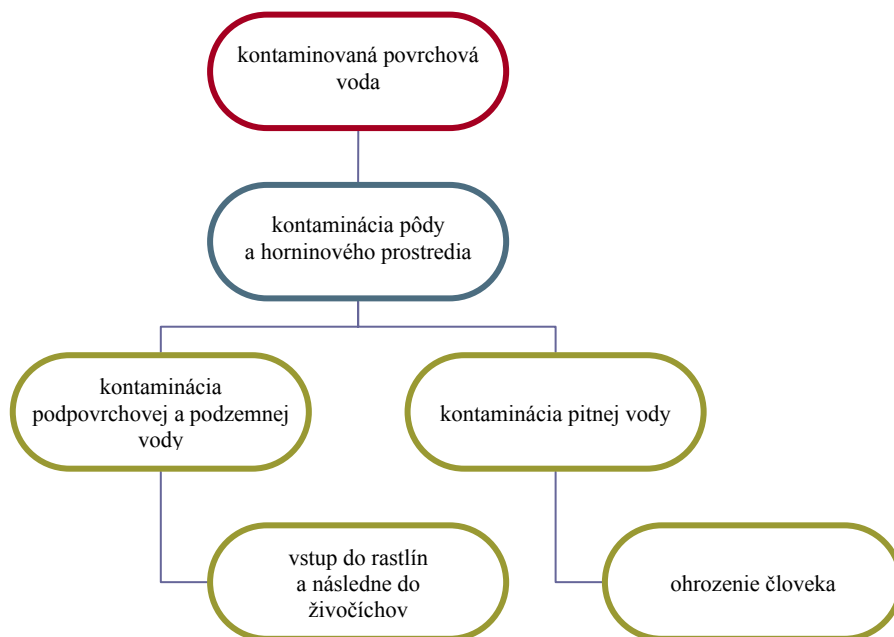
sú znečisťujúce látky unášané na určité vzdialenosti od zdroja (migrujú v recipiente).

Anorganické látky môžu priamo sedimentovať, resp. po predošlej koagulácii. Suspendované anorganické a organické látky sa ukladajú na dno toku vo forme kalu, najmä na miesta, kde je najnižšia unášacia sila toku. Premiestňovanie dnových sedimentov naopak prebieha na miestach s najvyššou unášacou silou toku.

Šírenie znečisťujúcich látok medzi zložkami je umožnené neustálym kontaktom jednotlivých zložiek navzájom. Ku kontaminácii ďalšej zložky ŽP môže dôjsť priamo pri zdroji znečisťovania, ale aj vo veľkých vzdialenostiach od príslušného zdroja.

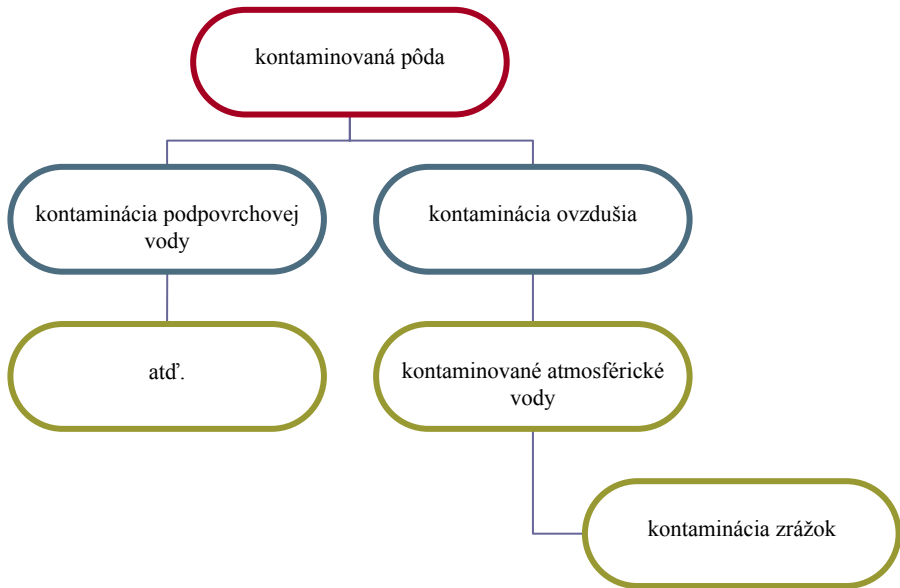
Javy, ktoré sú prejavom vzájomnej kontaminácie zložiek ŽP:

- acidifikácia vody a pôdy,
- eutrofizácia vody,
- zasoľovanie pôdy,
- chemické zvetrávanie hornín...

**Obr. 5.1** Schéma šírenia znečisťujúcich látok pochádzajúcich z ovzdušia**Obr. 5.2** Schéma šírenia znečisťujúcich látok pochádzajúcich z povrchovej vody



**Obr. 5.3** Schéma šírenia znečisťujúcich látok pochádzajúcich z pôdy

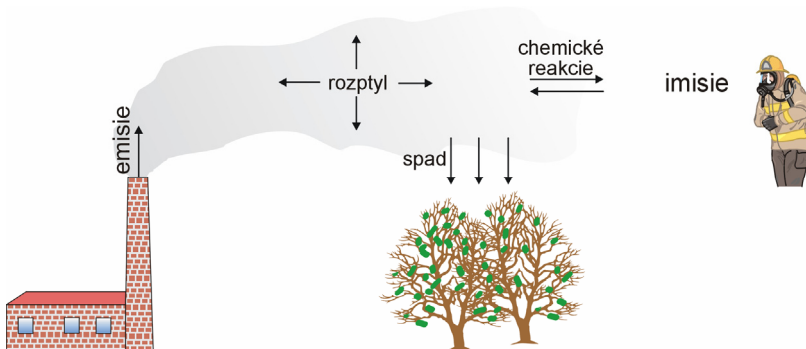


## 5.2 Chemické znečisťovanie životného prostredia

### 5.2.1 Znečisťovanie ovzdušia

Pojmom **znečisťovanie ovzdušia** označujeme dej, pri ktorom sa vypúšťajú, vnášajú znečisťujúce látky – **emisie** do atmosféry.

**Znečistenie ovzdušia** je stav, pri ktorom sú znečisťujúce látky – **imisie** prítomné v atmosfére.



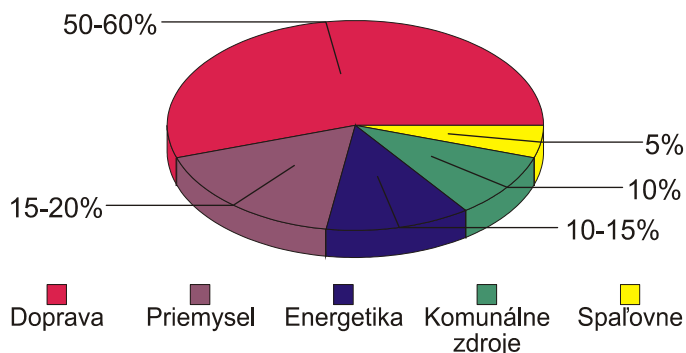
**Obr. 5.4** Škodliviny vychádzajúce zo zdroja (emisie) reagujú v ovzduší, rozptyľujú sa, usadzujú sa na zemi, takže množstvo škodlivín, ktoré vdychujeme (imisie), je iné ako ich východisková koncentrácia.

Zdroje znečistenia sú veľmi rôznorodé, početné a môžeme ich deliť podľa rôznych kritérií. Napríklad **podľa pôvodu** sa delia na **prirodzené** a **antropogénne** (spôsobené ľudskou činnosťou). Zaujímavosťou je, že prevažná časť znečisťovania atmosféry pochádza z prirodzených zdrojov. Ľudskou činnosťou sa však dostávajú do ovzdušia látky, ktoré sú oveľa agresívnejšie a môžu vážne narušiť biologické procesy.

**Tab. 5.1** Prirodzené zdroje znečistenia ovzdušia

PRIRODZENÉ ZDROJE	DRUH ZNEČISTENIA
- vulkanická činnosť	- vulkanický prach, vulkanické plyny: vodná para, oxid uhličitý, dusík, oxid siričitý, oxid uhoľnatý, vodík
- meteority a ich horenie pri prechode atmosférou	- kozmický prach
- veterná erózia pôdy, piesočné víchrice	- prach
- požiare na stepiach a v lesoch vyvolané samovznietením pri veľkých horúčavách alebo bleskom pri búrke	- oxid uhličitý
- rastlinné a živočíšne organizmy	- peľ
- rozklad organických odpadov	- metán, sulfán, amoniak, oxid uhoľnatý, dusičnany, oxid uhličitý

Medzi významné **antropogénne zdroje znečistenia** patrí napr. doprava, energetika, priemysel, komunálne zdroje a spaľovne. Na obrázku 2 si všimnite, akou mierou sa jednotlivé zdroje podieľajú na celkovom znečistení, ktoré zapríčiňuje človek.



**Obr. 5.5** Relatívny podiel zdrojov znečisťovania na celkovom antropogénnom znečistení ovzdušia.

**Z hľadiska rozlohy a tvaru** rozoznávame zdroje znečistenia **bodové**, **líniové** a **plošné**. Medzi bodové zdroje znečistenia patrí napr. komín domu, závodu alebo elektrárne. Líniovým zdrojom môže byť autostráda, železnica, dopravná linka a za plošné zdroje sa pokladá povrchová prašnosť, povrch skládky a pod.

Látky znečisťujúce ovzdušie sa nazývajú **exhaláty**. Podľa fyzikálnych vlastností rozdelujeme exhaláty na **plynné**, **pevné** a **kvapalné**. Keď sa dostanú chemické látky napr. do ovzdušia, navzájom medzi sebou reagujú. Výsledkom môže byť vznik oveľa nebezpečnejších zlúčenín alebo naopak, úplne neškodných. Mnohé typy exhalátov človek pokladá za neškodné, a až v priebehu niekoľkých rokov sa zistí ich rizikovosť pre živé systémy. Niekedy je veľmi ťažké predpovedať správanie sa chemických látok v atmosfére, totiž účinky znečistenia závisia aj od fyzikálnych a meteorologických faktorov v ovzduší (teplota, tlak, slnečné žiarenie, vlhkosť vzduchu a pod.).

**Tuhé a kvapalné častice** rozptýlené vo vzduchu tvoria **aerosól**. Pochádzajú predovšetkým z prirodzených zdrojov, napr. vulkanická činnosť, pôdny prach, peľ, kvapôčky morskej vody a mikroorganizmy roznášané vetrom. Z antropogénnych zdrojov pochádzajú sadze, popol a popolček, olovo a jeho zlúčeniny atď. Vznikajú najmä spaľovaním tuhých palív, v doprave, pri spracovaní nerastných surovín (napr. v cementárňach, metalurgických závodoch), v mlynoch, v nábytkárstve a pod.

Pevné častice môžu ovplyvňovať odraz a rozptyl slnečného žiarenia a nad silne znečistenými oblasťami môžu znížiť množstvo slnečného žiarenia o 15 % za rok. Okrem toho tuhé častice pôsobia ako kondenzačné jadrá, na ktorých kondenzuje vodná para. Týmto spôsobom významne ovplyvňujú klimatické podmienky: oblačnosť, množstvo zrážok, výskyt hmiel.

Tuhé exhaláty pochádzajúce z antropogénnych zdrojov sú veľmi nebezpečné pre dýchacie cesty človeka. Drobné zrníčka prachu dráždia dýchacie cesty, ukladajú sa v pľúcach a môžu byť jednou z príčin chronickej bronchitídy, astmy. Kremenný prach a azbest pôsobia toxicky a vyvolávajú chorobné zmeny na pľúcnom tkanive (silikóza, azbestóza).

Z kvapalných aerosólov sú rizikové aerosóly kyseliny sírovej. Majú oveľa agresívnejšie účinky na živé organizmy ako oxidy síry.

### 5.2.2 Znečisťovanie vody

Vstup toxických látok do vôd, ktoré sú následne transponované cez pôdny kryt a horninové prostredie do organickej zložky a potravinového reťazca človeka je spôsobený najmä nekontrolovateľnou priemyselnou činnosťou. Zdrojom toxických látok v povrchových, podpovrchových a podzemných vôd sú kontaminované vody z čističiek komunálnych odpadových vôd, čistiarní z jednotlivých priemyselných podnikov, z odpadových vôd starých environmentálnych záťaží, prípadne nekontrolovaných skládok.

Slovenský hydrometeorologický ústav pravidelne sleduje emisie chemických látok, vrátane emisií toxických látok do vôd v rámci čiastkového monitorovacieho systému.

**Chemické znečistenie** v povrchových vodách môže pochádzať z rôznych zdrojov. Vody znečistené komunálnym odpadom sú mimoriadne zdravotne škodlivé. **Komunálne odpadové vody** pochádzajú z domácností a zahŕňajú splašky, čistiace prostriedky používané v domácnostiach a pod.

Rozklad splaškov za neprístupu vzduchu vedie k vzniku tzv. mŕtvolných jedov kadaverínu a putrescínu, a k vzniku plynov metánu, sulfánu a amoniaku. Pri dostatku kyslíka splašky úplne mineralizujú, pričom vzniká oxid uhličitý a dusičnany. Podobné procesy prebiehajú aj pri znečistení vôd odpadom **z poľnohospodárskej výroby** (odpadové vody zo silážovania, exkrementy zo živočíšnych veľkochovov).

Osobitné nebezpečenstvo predstavuje znečisťovanie vôd v dôsledku **chemizácie poľnohospodárstva** (priemyselné hnojivá, pesticídy). S poľnohospodárskou veľkovýrobou nevyhnutne súvisí aj rozširovanie mechanizácie, pričom môže dôjsť k úniku pohonných hmôt, mazacích a vykurovacích olejov do vody.

**Priemyselné odpadové vody** sa vyznačujú špecifickým zložením podľa toho, z akého priemyselného odvetvia pochádzajú a na aký účel sa používajú. Nebezpečenstvo takéhoto znečistenia spočíva najmä v toxicite znečisťujúcich látok.

K znečisťovaniu povrchových vôd môže dôjsť **prirodzeným spôsobom**, napríklad eróziou na brehoch, vetrom, atmosférickými zrážkami a pod. Ľudská činnosť prispieva k znečisťovaniu povrchových vôd vypúšťaním odpadových vôd zo sídiel, elektrární, závodov, ťažbou nerastných surovín, leteckou aplikáciou hnojív a pesticídov v poľnohospodárstve. V oceánoch sa k tomu pridružuje aj ukládanie toxických odpadov a vyhoreného jadrového paliva v kontajneroch na dne oceánov, lodná doprava, ťažba a doprava ropy, havárie ropných tankerov a pod.

Človek môže zapríčiniť znečistenie vody aj nepriamo, a to znečisťovaním ostatných zložiek životného prostredia. Odtiaľ sa znečisťujúce látky dostávajú vylúhovaním alebo vymývaním do vody (vylúhovaním z kontaminovanej pôdy, vymývaním zrážkami z atmosféry).

**Infiltráciou** (vsakovaním) **znečistených povrchových vôd**, prípadne **zrážok** do pôdneho substrátu a horninového podložía môže dôjsť k znečisťovaniu podzemných vôd. Ďalšie formy prieniku znečistenia do podzemných vôd sú **vylúhovanie z kontaminovaných hornín, priestup iných podzemných vôd a vrty**.

V prípade potenciálneho ohrozenia podzemných vôd sa buduje ochranné zariadenie tzv. hydraulická clona. V Slovenskej republike bola vybudovaná hydraulická clona na ochranu podzemných vôd Žitného ostrova pred prípadným únikom ropných látok zo Slovnaftu.

### 5.2.3 Znečisťovanie pôdy

Veľkým problémom konzumnej spoločnosti je produkcia odpadov. Problematika odpadov sa nekončí uložením odpadov na skládky. Zrážkové vody, ktoré infiltrujú cez skládky sa znečisťujú odpadovými látkami. Takéto **výluhy zo skládok** potom môžu kontaminovať pôdu resp. horninové podložie, na ktorom je skládka umiestnená.

Ďalším faktorom, ktorý negatívne ovplyvňuje environmentálne funkcie pôd, je **kontaminácia pôdy prostredníctvom vody a vzduchu**. Znečisťujúce látky vo vzduchu a vo vode pochádzajú predovšetkým z priemyselnej výroby.

Kontamináciou pôdy exhalátmi oxidu siričitého dochádza k jej **okysľovaniu**. Nízke pH zapríčiňuje zvýšenú pohyblivosť kadmia a hliníka, ktoré môžu intoxikovať rastliny. Usadzovaním sa do pôdy zo vzduchu dostávajú aj ďalšie kontaminanty: oxidy dusíka, olovo, kadmium, arzén, popolčeky, chróm, nikel, organické zlúčeniny. Olovo, ktoré znečisťuje pôdu pochádza hlavne z automobilovej dopravy. Zdrojom kadmia je spaľovanie fosílnych palív. Arzén pochádzajúci z elektrárenských popolčiek sa dobre rozpúšťa vo vode, a preto sa nehromadí v ornici, ale prechádza do nižších vrstiev.

Kontaminácia pôdy vodou sa vyskytuje ako následok zavlažovania pôdy alebo k nej dochádza zrážkovou činnosťou.

**S intenzifikáciou poľnohospodárstva nevyhnutne súvisí aplikácia pesticídov, hnojenie priemyselnými hnojivami a pre uľahčenie ľudskej práce mechanizácia používaná na veľkoplošné obrábanie pozemkov.**

Pri nadmernom hnojení pôdy sa môže stať, že rastliny začnú vädnúť z nedostatku vody napriek tomu, že pôda je dosť vlhká. Vytvára sa tzv. **fyziologické sucho**. Je zapríčinené tým, že pôda s vysokou koncentráciou minerálnych látok odčerpáva vodu z rastlín, pretože má vyšší osmotický tlak.

**Pesticídmi** sa v poľnohospodárstve stále plytvá. V nesprávnom čase sa používajú nesprávne dávky pesticídov, ktoré účinkujú na široké spektrum živých organizmov. Napokon končia v pôde a záleží len na jej schopnosti rozložiť pesticídy na neškodné látky. Mnohé pretrvávajú v pôde veľa rokov (napr. chlórované insekticídy rádovo desiatky rokov, organofosfáty niekoľko týždňov) a vo veľkom množstve môžu vyvolať úplnú sterilitu prostredia (odumretie edafónu). V ostatnom čase nadobúdajú veľký význam pesticídy na báze biologicky účinných látok, ktoré sú v prírode bežne prítomné (napr. hormóny, feromóny) a nepredstavujú záťaž pre životné prostredie.

V prípade strojového obrábania pozemkov často dochádza k úniku pohonných hmôt (ropných látok) do pôdy. Ropné látky v pôde znemožňujú rastlinám prijímať živiny a vodu, tiež spôsobujú masové vymieranie pôdnej fauny.

Špecifickým spôsobom znečisťovania pôdy sa vyznačujú **živočíšne veľkochovy**. Produkujú veľké množstvo infekčného hnoja, trusu a uhynuté zvieratá. Takýto odpad je zdrojom patogénnych mikroorganizmov a baktérií.

Mechanické poškodzovanie pôdy má predovšetkým antropogénny charakter. Nesprávne využívanie a obhospodarovanie pôdy môže viesť k jej úbytku a k znehodnocovaniu. Veľmi neuváženým spôsobom degradácie pôdy je ich **priamy záber pre výstavbu** obytných, priemyselných budov alebo cestných komunikácií.

Používanie ťažkých mechanizmov v teréne zapríčiňuje **zhutňovanie pôdy**, čím sa stáva nepriepustnou. Podobné následky môže mať aj nadmerné pasenie. Nadmerné pasenie súvisí tiež s rizikom erózie pôdy. **Erózia** je jeden z najväznejších problémov ohrozujúcich pôdu na celom svete.

## 5.3 Fyzikálne znečisťovanie životného prostredia

Životné prostredie negatívne ovplyvňujú aj fyzikálne faktory, ako napríklad hluk, elektrické a magnetické polia, ionizujúce a tepelné žiarenie. Vplyv fyzikálnych faktorov býva často podceňovaný vzhľadom na neschopnosť detekovať polia a žiarenia bežnými ľudskými zmyslami.

### 5.3.1 Tepelné znečistenie

Voda sa využíva v mnohých prevádzkach ako chladiace médium. Čerpá sa z rieky alebo jazera a po použití (napr. na ochladenie reaktora), sa vypúšťa späť. V prípade, že sa nenechá vychladnúť na pôvodnú teplotu a priamo sa vypustí do povrchových vôd, dochádza k ich **tepelnému znečisteniu**. Zvyšovaním teploty klesá rozpustnosť kyslíka vo vode, rastie intenzita procesu eutrofizácie. Pre živočíchy a rastliny, ktorých metabolizmus je závislý od určitej teploty životného prostredia, je zmena teploty smrteľná.

### 5.3.2 Hluk a vibrácie

Veľmi nepríjemnou škodlivinou, ktorá negatívne ovplyvňuje kvalitu životného prostredia je hluk. **Hluk** spôsobuje priame škody na zdraví (nedoslýchavosť, hluchota), ale aj celý rad ďalších vážnych následkov zmien organizme, ktoré sa prejavujú až po istom čase, takže postihnutí ich už nedáva do súvislosti s pobytom v hlučnom prostredí.

Hluk z hľadiska účinkov na ľudský organizmus rozdeľujeme na jednotlivé pásma. Do 65 dB negatívne ovplyvňuje psychickú oblasť, najmä ruší a obťažuje. Hladina hluku nad 65 dB zanecháva negatívne následky na zdraví človeka už aj v somatickej oblasti. Pásmo hluku od 65 dB do 90 dB má negatívny účinok prevažne na vegetatívny nervový systém a v rozsahu od 90 dB až 120 dB poškodzuje vnútorné ucho. Hranica bolestivosti je okolo 130 dB s možnými následkami deštrukcie vnútorného ucha. Pri 160 dB dochádza k pretrhnutiu ušného bubienka.

**Vibrácie** sú mechanické kmitania pevných látok. Pri šírení sa vibrácie konštrukciou alebo telesom môže povrch chvejúceho sa materiálu časť svojej energie odovzdať okolitému vzduchu, teda môže byť zdrojom zvuku. Špecifickým druhom vibrácie je **otras**. Je to jednorázový dej, pri ktorom sa poloha mechanickej sústavy zmení v krátkom časovom intervale. Vibrácie môžu negatívne pôsobiť na ľudský organizmus.

Ochrana životného prostredia pred hlukom je zabezpečená nariadením vlády Slovenskej republiky č. 40/2002 o ochrane zdravia pred hlukom a vibráciami.

Ochrana obyvateľstva pred hlukom spočíva najmä v znižovaní hlučnosti zdroja. Druhý spôsob je lokalizácia hlučných prevádzok, letísk a pod. mimo obytných a rekreačných zón (napr. odklonenie nákladnej dopravy mimo miest). Tretí spôsob je aktívne budovanie protihlukových bariér a používanie osobných ochranných prostriedkov.

### 5.3.3 Elektrické a magnetické polia

Živé organizmy sú adaptované na prirodzené elektrické pole Zeme, ktoré vzniká medzi ionosférou a povrchom Zeme.

Menšie výkyvy intenzity elektrického poľa vnímajú len meteosenzitívni ľudia, avšak elektrické polia s vysokou intenzitou napr. spomaľujú rast rastlín, včely nemôžu žiť v plechových úľoch a žaby hynú vo Faradayovej klietke.

Niektoré prístroje vyvolávajú ionizáciu vzduchu. Záporne nabité ióny majú baktericídne účinky (hubia mikroorganizmy), čo sa využíva v niektorých zdravotníckych zariadeniach (napr. na chirurgických oddeleniach kvôli rýchlejšiemu hojeniu rán). Znižujú krvný tlak, zvyšujú pH krvi, spomaľujú dychovú frekvenciu. Naopak pri prevahe kladne nabitých iónov, ktoré vznikajú napríklad na vysokonapäťovej obrazovke televízorov, pri fajčení, znečistení ovzdušia výparmi syntetických riedidiel a pod., nastáva pocit nevoľnosti, bolesti hlavy, únava, pokles koncentrácie a pod.

Zem pôsobí aj ako gigantický magnet. Silné magnetické pole vzniká pri elektrických výbojoch v atmosfére (bleskoch). Niektoré elektrické spotrebiče môžu produkovať magnetické pole. Silné magnetické pole môže poškodiť niektoré prístroje a zariadenia. Ovplyvňuje aj priepustnosť bunkových membrán, môže nepriaznivo ovplyvňovať spánok a zdravie. Z tohto dôvodu sa odporúča cez noc vypínať príslušné prístroje zo zásuvky. Vplyv magnetického poľa na živé organizmy doteraz nebol jednoznačne preukázaný.

Elektromagnetické polia majú tiež na živé organizmy nepriaznivý vplyv, ktorý sa prejavuje najmä pri vysokých frekvenciách a napätiach (v blízkosti trafostaníc, televíznych a rozhlasových vysieláčov, v mikrovlnnej rúre...). Ľudské telo obsahuje okolo 70% vody vo voľnej forme, ktorá sa ohrieva a môže spôsobiť prehriatie organizmu až popáleniny.



### 5.3.4 Ionizujúce žiarenie

Rádioaktívne žiarenie vytvára pri prechode hmotným prostredím ióny, preto sa nazýva ionizujúce žiarenie. Ionizujúce žiarenie, ktoré vytvára prirodzené rádioaktívne pozadie v prostredí, pochádza z rôznych prírodných zdrojov – napr. z vesmíru – kozmické žiarenie, zo Slnka, hornín, vzduchu, vody.

Na celkovej záťaži obyvateľstva ionizujúcim žiarením sa podieľajú prírodné zdroje asi tromi štvrtinami. Za najzávažnejší zdroj prírodného žiarenia pokladáme radón z pôdneho vzduchu. Najčastejšie sa nachádza v horninách obsahujúcich urán: v smolinci, v žule, bridliciach a jeho šírenie umožňuje najmä pórovitosť a tektonické zlomy.

Z antropogénnych zdrojov ionizujúceho žiarenia prichádzajú do úvahy jadrové elektrárne a rôzne zdravotnícke rádiodiagnostické a rádioterapeutické pracoviská.

Ionizujúce žiarenie vyvoláva u živých organizmov vážne štrukturálne zmeny na molekulárnej úrovni. Menia sa vlastnosti vody, enzýmov, narúšajú sa metabolické deje a funkčnosť niektorých orgánov. Účinkom ionizujúceho žiarenia dochádza k mutácii, čiže k zmene štruktúry deoxyribonukleovej kyseliny, ktorá sa môže prejaviť ako dedičné ochorenie u potomkov.

Slovenské ústredie radiačnej monitorovacej siete (SÚRMS) vykonáva komplexný a kontinuálny monitoring rádioaktivity životného prostredia na Slovensku so zvýšeným dôrazom na okolie prevádzkovaných jadrových elektrární v Jaslovských Bohuniciach a v Mochovciach s cieľom získať aktuálne informácie o rádioaktívnej kontaminácii životného prostredia. Monitorovanie je zabezpečené sieťou teritoriálnych a lokálnych meračov.

## 6 Globálne problémy životného prostredia

### 6.1 Smog

Za špecifických meteorologických podmienok, keď je bezvetrie, teplotná inverzia a vysoká vlhkosť vzduchu, môže dôjsť k lokálnemu nahromadeniu škodlivín v ovzduší. Hovoríme o vzniku smogu. **Smog** tvorí clonu, ktorá znižuje slnečný svit, ohrozuje živé organizmy, poškodzuje neživé predmety, znehodnocuje drevo, kožu, vlnu, historické a kultúrne pamiatky, urýchľuje koróziu.

Smogová situácia bola po prvýkrát zaznamenaná v roku 1952 v Londýne. Nepriaznivé meteorologické podmienky spôsobili, že dym pochádzajúci z tovární, domácich kúrenísk, automobilov sa miešal s povestnou londýnskou hmlou a hromadil sa v dýchacej zóne ľudí. Nepříjemne páchnuca tmavá hmla vyvolávala akútne záchvaty kašľa, pálenie a slzenie očí, prudké zhoršenie chronických ochorení pľúc a srdca. Londýnsky smog v priebehu niekoľkých dní zahubil 4000 obyvateľov a ďalšie tisícky pripútal na lôžko. Tento typ smogu, v ktorom prevládajú splodiny oxidu siričitého, oxidov dusíka a tuhé častice, sa nazýva **redukčný resp. londýnsky typ smogu**.

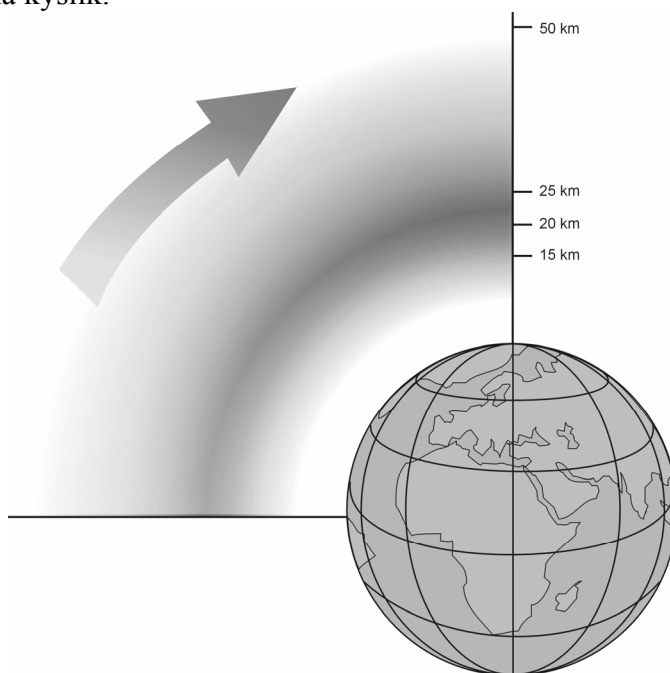
Termín smog vznikol spojením slov dym a hmla, po anglicky smoke a fog. Ďalší typ smogu, o ktorom budeme hovoriť nemá nič spoločné s hmlou alebo dymom, a preto označenie smog je vlastne nesprávne. Vzniká za jasných slnečných dní, pri nízkej vlhkosti vzduchu a teplote 25 až 30 °C, keď sa v ovzduší nahromadia splodiny zo spaľovacích motorov. Zmes SO<sub>2</sub>, oxidov dusíka a uhlíkovodíkov sa vplyvom slnečného žiarenia chemicky mení, nasleduje reťaz fotochemických reakcií, pri ktorých vzniká ozón, aldehydy a nebezpečné voľné radikály. **Ozón** je za normálnych podmienok modrastý plyn, ktorý má v stopových množstvách sviežu vôňu. Pri vyšších koncentráciách nepríjemne páchne a pre živé organizmy je silne toxický. Tento typ smogu sa v mieste epicentra javí ako belasá hmla (fotochemická zmes). Po prvý raz bol podrobne preštudovaný v Los Angeles, a preto sa nazýva **losangelský alebo oxidačný (fotochemický) smog**.

Ozón v prízemných vrstvách atmosféry môže vznikáť aj iným spôsobom okrem fotochemického smogu. Tvorí sa pri akýchkoľvek elektrických výbojoch (blesk pri búrke, elektrický oblúk, transformátor, televízia, xerox atď.). Je pre živé organizmy veľmi toxický. U živočíchov poškodzuje tkanivo dýchacej sústavy a u rastlín vyvoláva nekrózy na listoch.

## 6.2 Úbytok stratosferického ozónu

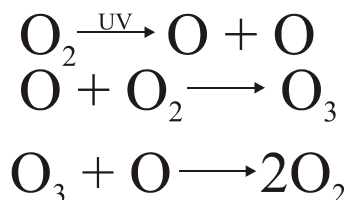
Molekula ozónu je tvorená tromi atómami kyslíka a má zalomený tvar. Vyznačuje sa silnými oxidačnými vlastnosťami, čo sa využíva pri sterilizácii vody, vzduchu a pri bielení.

Vo výške 15 až 50 km sa nachádza vrstva atmosféry so zvýšeným obsahom ozónu, pričom jeho koncentrácia je najvyššia v rozpätí **20 až 25 km** nad Zemou. Táto vrstva sa nazýva **ozónová vrstva (ozónosféra)**. Koncentrácia ozónu v ozónovej vrstve sa mení nielen s výškou, ale aj so zemepisnou šírkou a ročným obdobím. Ozón v atmosfére vzniká pôsobením ultrafialového žiarenia alebo elektrického výboja na kyslík.



**Obr. 6.1** Ozónová vrstva

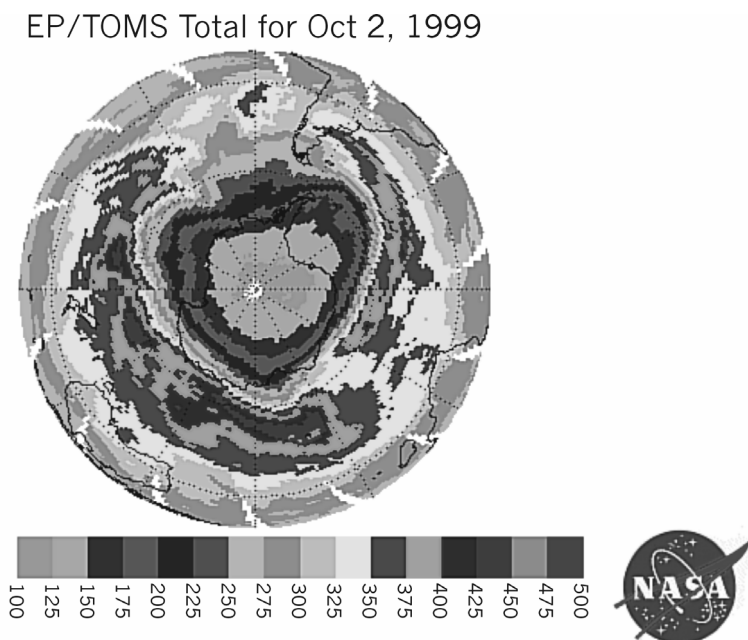
Ozón vzniká v atmosfére fotochemickou cestou. Účinkom žiarenia sa molekula kyslíka rozkladá na dva atómy a následne atóm kyslíka reaguje s molekulovým kyslíkom za vzniku ozónu.



**Ozónová vrstva sa udržuje ako výsledok rovnováhy medzi produkciou ozónu a jeho stratami.** Pre živé organizmy na Zemi má stratosferický ozón veľký význam, pretože má výnimočnú schopnosť účinne pohlcovať nebezpečné UV žiarenie, zatiaľ čo viditeľné svetlo prepúšťa na zemský povrch.

Hrúbka ozónosféry sa meria Dobsonovým spektrofotometrom a udáva sa v Dobsonových jednotkách. Priemerná hrúbka ozónovej vrstvy sa pohybuje v rozmedzí 250 – 380 DU.

**Dobsonova jednotka** (DU – Dobson Unit) je množstvo ozónu vo vertikálnom stĺpci zemskej atmosféry, ktoré by po stlačení na normálny tlak 101,325 kPa a pri teplote 0°C vytvorilo  $10^{-5}$  m hrubú vrstvu.

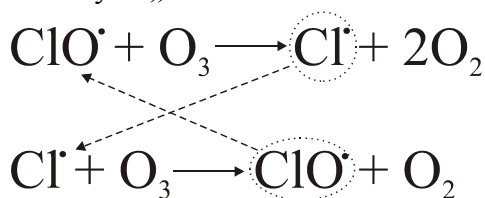


**Obr. 6.2** Družicový snímok zachytáva stav ozónovej vrstvy nad Antarktídou z dňa 2. októbra 1999. Na farebnej stupnici sú uvedené údaje o hrúbke ozónovej vrstvy v DU.

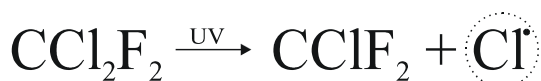
Údaje o stave ozónovej vrstvy sa získavajú aj prostredníctvom špeciálnych meracích zariadení na palubách. Na Slovensku je zabezpečená kontrola množstva stratosferického ozónu, ako aj intenzita UV-B žiarenia na meracej stanici v Poprade - Gánovciach.)

Strata atómového kyslíka a ozónu v atmosfére môže byť katalyzovaná prítomnosťou niektorých zlúčenín dusíka a halogénov ( $\text{NO}_x$ , Cl, ClO, BrO).

Vplyvom týchto látok môže dôjsť k narušeniu rovnováhy medzi vznikom a rozkladom ozónu. Narušenie rovnováhy vedie k zníženiu koncentrácie ozónu v stratosfére a tento jav sa nazýva „ozónová diera“.



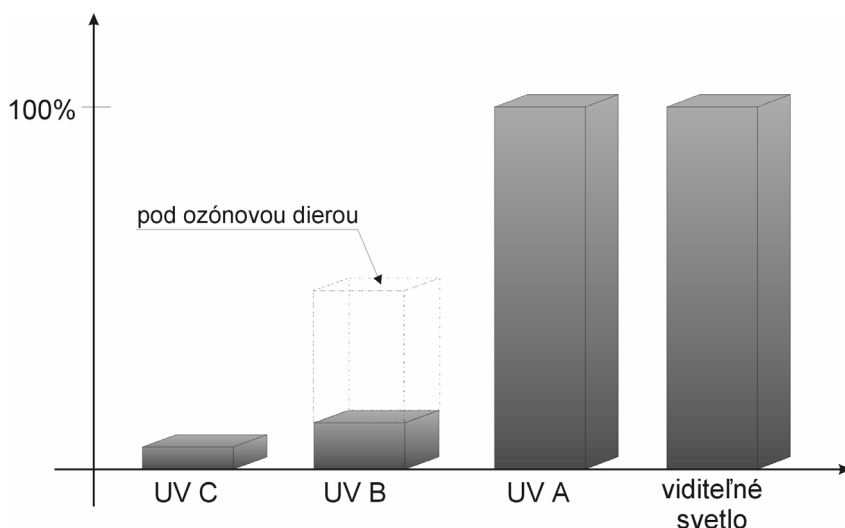
Zlúčeniny chlóru pracujú ako katalyzátory, po uskutočnení reakcie sa uvoľnia a môžu napadnúť ďalšiu molekulu ozónu. Rozklad ozónu v prítomnosti týchto látok je urýchľovaný slnečným žiarením. Molekuly katalyzujúce rozklad ozónu vznikajú z látok, ktoré sú pre ozón neškodné. Napríklad freón 12 ( $\text{CF}_2\text{Cl}_2$ ), ktorý je v prízemných vrstvách atmosféry stabilný, málo reaktívny, sa v stratosfére účinkom ultrafialového žiarenia rozkladá za vzniku aktívnych molekúl, ktoré už môžu spôsobiť deštrukciu ozónu.



Reakcie spôsobujúce deštrukciu ozónu prebiehajú na povrchu drobných kryštálikov ľadu v ovzduší. Podobnú funkciu plnia aj aerosóly oxidov síry, ktoré sa dostávajú do stratosféry pri sopečných výbuchoch.

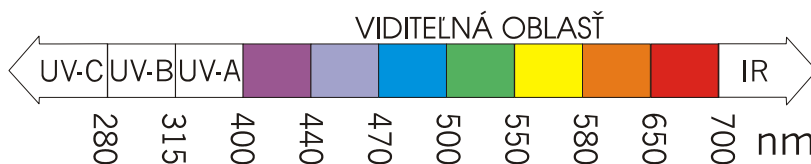
Zlúčeniny halogénov, ktoré rozkladajú ozón sa dostávajú do ovzdušia v podobe **freónov a halónov**. Freón je obchodný názov pre uhl'ovodíky, ktoré majú nahradené vodíky dvomi typmi halogénov, pričom aspoň jeden z nich je fluór a halón je obchodný názov pre brómované uhl'ovodíky.

Človek začal tieto látky používať, pretože majú zaujímavé a výhodné vlastnosti – nie sú horľavé, ani toxické, sú pomerne stále. Používali sa ako chladiace tekutiny do chladničiek a mrazničiek, pri výrobe hasiacich prístrojov, izolačných pien, pesticídov a pod. Taktiež sa používali ako hnacie plyny v sprejoch a deodorantoch. K úbytku ozónu na severnej pologuli značnou mierou prispieva aj vysoký obsah **zlúčenín síry** v atmosfére. Tieto zlúčeniny pochádzajú najmä **z výbuchov sopiek**. Ďalším závažným zdrojom látok, ktoré sa podieľajú na rozklade ozónovej vrstvy sú nadzvukové lietadlá. Splodiny spaľovania vznikajúce pri letoch obsahujú **oxidy dusíka**, ktoré sa uvoľňujú do stratosféry a spôsobujú úbytok ozónu.)



**Obr. 6.3** Pohlcovanie žiarenia ozónosférou

Ozónosféra veľmi selektívne znižuje priechodnosť UV-B žiarenia, zatiaľ čo voči UV-A žiareniu a viditeľnému svetlu je ozón neúčinný.



**Obr. 6.4** Spektrum slnečného žiarenia

Z hľadiska vplyvu na živé organizmy rozoznávame rôzne druhy UV žiarenia, ktoré sa líšia rozsahom vlnových dĺžok. **UV-A** s vlnovou dĺžkou **315 – 400 nm** spôsobuje priame zhnednutie pokožky, prechádza aj cez sklo a podieľa sa na starnutí kože. **UV-B** s vlnovou dĺžkou **280 – 315 nm** vyvoláva najprv sčervenanie kože a až druhotne vzniká pigmentácia. Prechádza aj cez vodu. UV-B žiarenie je významné z hľadiska premeny neaktívnej formy vitamínu D na biologicky účinný vitamín D<sub>3</sub>, ktorý je dôležitý pre vstrebávanie vápnika v čreve a pre stavbu kostí. Smrtiace **UV-C** žiarenie s vlnovou dĺžkou **100 – 280 nm** je pohlcované stratosférickým ozónom a kyslíkom, takže na zemský povrch sa prakticky nedostane.

Pri zvýšenom prieniku UV-B žiarenia na povrch Zeme, ktorý súvisí s redukciou ozónosféry, rastie riziko vzniku **rakoviny kože**. Výskyt zhubných nádorov (maligných melanómov) kože sa každých desať rokov zdvojnásobí,

pričom ľudia so svetlou pokožkou sú oveľa náchylnejší na vznik rakoviny kože, než ľudia s tmavou pokožkou. Ultrafialové žiarenie s nízkou vlnovou dĺžkou naruša v bunkách dôležité makromolekuly ako sú nukleové kyseliny a bielkoviny. Pri narušení štruktúry DNA dochádza k **mutácii**, t.j. k zmene genetickej informácie, čo môže byť pre bunku smrteľné alebo môže viesť ku vzniku rakovinových nádorov.

So zvýšenou intenzitou škodlivej časti UV žiarenia súvisí aj oslabenie imunity a poškodenie zraku. Ľudia s málo pigmentovanými očami (napr. modrookí) majú oveľa menšiu prirodzenú ochranu pred UV lúčmi než ľudia s tmavými očami.

UV žiarenie sa dá odtieniť tenkou vrstvičkou absorbujúceho materiálu. Pre ochranu pokožky teda stačí aj tenký odev alebo vrstva krému s dostatočne vysokým ochranným faktorom. U živočíchov túto funkciu plní srst', perie a pod. Na ochranu očí je nutné používať okuliare s UV filtrom.

Fotosyntetizujúce rastlinné organizmy majú veľkú časť povrchu svojho tela vystavenú slnečnému žiareniu, a preto sa nevyhnú jeho škodlivému pôsobeniu. Rastliny majú rôznu citlivosť k UV žiareniu, ale vo všeobecnosti platí, že zvýšená intenzita UV-B lúčov tlmí fotosyntézu a má negatívny vplyv na poľnohospodársku produkciu.

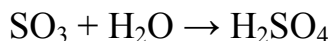
Okrem doteraz spomínaného slnečného žiarenia na zemský povrch preniká aj **kozmičné (galaktické) žiarenie**, ktoré pochádza z iných hviezd.

Je tvorené ťažkými nabitými časticami s obrovskou energiou (jadrá hélia alebo železa). Kozmičné žiarenie, ktoré prenikne na zemský povrch utvára spolu s rádionuklidmi litosféry a hydrosféry prirodzené rádioaktívne pozadie. Magnetické pole Zeme a atmosféra sú dostatočnou ochranou pred galaktickým žiarením, ktoré k nám prichádza zo všetkých strán vesmíru.

Nebezpečnou vlastnosťou tohto žiarenia je schopnosť ionizovať prostredie (ionizuje atómy a molekuly, tým že vytrháva elektróny z atómov). V živých systémoch vystavených pôsobeniu ionizačného žiarenia môže dôjsť k vážnym štruktúrnym zmenám na molekulárnej úrovni. Menia sa vlastnosti vody, enzýmov, narušajú sa metabolické deje a funkčnosť niektorých orgánov. Účinkom ionizujúceho žiarenia dochádza k mutácii, čiže k zmene štruktúry deoxyribonukleovej kyseliny, ktorá sa môže prejaviť ako dedičné ochorenie u potomkov.

### 6.3 Kyslé dažde

Zlúčeniny síry (najmä jej oxidy  $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_3$ ) ale aj oxid uhličitý ( $\text{CO}_2$ ) a oxidy dusíka sa so vzdušnou vlhkosťou zlučujú na kyselinu sírovú, uhličitú, a dusičnú a spôsobujú **kyslé dažde**.



Dôsledkom kyslých dažďov je sústavné okysľovanie pôd, vôd v jazerách a riekach a uhynutie veľkého množstva živočíchov.

Normálne zrážky majú hodnotu pH 5,6 no hodnota pH u kyslých dažďov klesá až na hodnotu 4,2. Okyslenie pôdy a vodných tokov sa prejavuje najmä v oblastiach s nedostatkom vápnika (škandinávske krajiny a niektoré časti Kanady), ktorý by rozpustené kyseliny neutralizoval. Zvýšená kyslosť pôdnej vody môže spôsobiť vylúhovanie niektorých toxických kovov. Vápenaté a horečnaté ióny, potrebné pre rast stromov sa pri nízkom pH nadmerne uvoľňujú a následne vymývajú z pôdy. Ich miesto zastupujú ióny hlinité, ktoré sú pre rastliny toxické.

Kyslé dažde poškodzujú aj predmety z kovov a kameňa. Poškodenia, ktoré takto zapríčiňujú poveternostné vplyvy, nazývame **korózia**. Škody, ktoré spôsobuje korózia sa ročne vyčíslujú na miliardy korún. Korózia neohrozuje iba kovy, ale napr. aj pieskovce. Kyslé dažde vymývajú vápenaté spojivo a kamene sa pomaly drobia. Škody na starých stavebných pamiatkach dosiahli v posledných desaťročiach hrozivé rozmery.

### 6.4 Skleníkový efekt

Zmena globálnej klímy, spôsobená antropogénnou emisiou skleníkových plynov, je jedným z najvýznamnejších environmentálnych problémov v doterajšej histórii ľudstva. Skleníkový efekt atmosféry je spôsobený tým, že tzv. skleníkové plyny v atmosfére (vodná para, oxid uhličitý, metán, oxid dusný a ďalšie) voľne prepúšťajú krátkovlnné slnečné žiarenie, to dopadá na zemský povrch a zohrieva ho. Pri odraze žiarenia zo Zeme sa mení z krátkovlnného na dlhovlnné. Dlhovlnné (infračervené) žiarenie, ktoré vyžaruje zemský povrch, je z väčšej časti týmito plynmi zachytené a čiastočne spätne vyžiarené k zemskému povrchu. Priemerná teplota prízemnej atmosféry je potom oveľa vyššia, ako by bola bez skleníkových plynov.



Obsah oxidu uhličitého, metánu a oxidu dusného v atmosfére je ovplyvnený ľudskou činnosťou. Rast koncentrácie skleníkových plynov v atmosfére vedie k zosilňovaniu skleníkového efektu a vytvára hrozbu zmeny klímy.

## 7 Monitoring a informácie o znečisťovaní životného prostredia

Monitoring životného prostredia tvorí nevyhnutný prostriedok v procese poznania stavu a rozhodovania sa v oblasti ochrany a tvorby životného prostredia. Základnými prvkami celoplošného monitoringu životného prostredia Slovenskej republiky sú čiastkové monitorovacie systémy (ČMS), ktoré zabezpečujú určené strediská. Informačnou nadstavbou je Informačný systém monitoringu (ISM), ktorého cieľom je vytvoriť homogénny, previazaný celok informácií z jednotlivých ČMS, schopný podať čo najobjektívnejšiu výpoveď o aktuálnom stave zložiek životného prostredia a je na základe vzájomne prepojených dátových zdrojov všeobecne dostupný cez internet [www.enviroportal.sk/ism](http://www.enviroportal.sk/ism).

*Tab. 7.1 Monitoring životného prostredia*

ČMS	Garant	Stredisko	Monitorovaný podsystem
<b>Kvalita ovzdušia</b>	MŽP SR	Slovenský hydrometeorologický ústav, Bratislava	Monitorovanie kvality ovzdušia Prízemná vrstva atmosféry – ovzdušie nad územím SR rozdelené do 2 aglomerácií a 8 zón
<b>Meteorológia a klimatológia</b>	MŽP SR	Slovenský hydrometeorologický ústav, Bratislava	Sieť pozemných synoptických a leteckých staníc Sieť meteorologických radarov Meteorologické družicové merania Sieť staníc s klimatologickým programom pozorovania Sieť zrážkomerných staníc Sieť staníc na meranie slnečnej radiácie a celkového atmosférického ozónu Sieť fenologických staníc Sieť na meranie pôdnej teploty a pôdnej vlhkosti Sieť pre merania v prízemnej vrstve atmosféry Aerologická stanica Sieť staníc na detekciu búrok
<b>Voda</b>	MŽP SR	Slovenský hydrometeorologický ústav, Bratislava	Kvantitatívne ukazovatele povrchových vôd Kvantitatívne ukazovatele podzemných vôd Kvalita povrchových vôd Kvalita podzemných vôd Termálne a minerálne vody Závlahové vody Rekreačné vody

<b>Rádioaktivita životného prostredia</b>	MŽP SR	Slovenský hydrometeorologický ústav, Bratislava	SHMÚ prevádzkuje dve monitorovacie siete Meranie príkonu dávkového ekvivalentu gama žiarenia v ovzduší Aerosóly
<b>Odpady</b>	MŽP SR	Slovenská agentúra životného prostredia, Banská Bystrica	Vznik a nakladanie s odpadmi v SR Zariadenia na zhodnocovanie odpadov Zariadenia na zneškodňovanie odpadov Vnútroštátna preprava nebezpečných odpadov
<b>Biota</b>	MŽP SR	Štátna ochrana prírody SR, Banská Bystrica	Fauna Flóra Biotopy
<b>Geologické faktory</b>	MŽP SR	Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava	Zosuvy a iné svahové deformácie Tektonická a seizmická aktivita územia Antropogénne sedimenty charakteru environmentálnych záťaží Vplyv ťažby na životné prostredie Monitoring objemovej aktivity radónu v geologickom prostredí Stabilita horninových masívov pod historickými objektami Monitorovanie riečnych sedimentov Objemovo nestále zeminy
<b>Pôda</b>	MP SR	Výskumný ústav pôdoznalectva a ochrany pôdy, Bratislava	Základná monitorovacia sieť má na poľnohospodárskych pôdach, lesných pôdach a pôdach nad hornou hranicou lesa spolu 430 lokalít 21 kľúčových monitorovacích lokalít
<b>Lesy</b>	MP SR	Národné lesnícke centrum, Zvolen	112 trvalých monitorovacích plôch extenzívneho monitoringu v sieti 16x16 km (I. úroveň monitoringu) 7 trvalých monitorovacích plôch intenzívneho monitoringu (II. úroveň monitoringu)
<b>Cudzorodé látky</b>	MP SR	Výskumný ústav potravinársky, Bratislava	Koordinovaný cieľový monitoring Monitoring spotrebného koša Monitoring poľovnej a voľne žijúcej zveri a rýb

Informačný systém životného prostredia integruje informácie z monitoringu životného prostredia, informácie z hodnotenia stavu životného prostredia a priestorové informácie o území. Ďalšie informácie sú vytvárané pre podporu práce úradov životného prostredia a pre subjekty zabezpečujúce výkon jednotlivých zákonov v oblasti životného prostredia. Sú to predovšetkým MŽP SR a jeho rezortné organizácie, v niektorých prípadoch aj inštitúcie z iných rezortov. MŽP SR a jeho podriadené organizácie prevádzkujú aj ďalšie databázy, informačné

systemy, intranetové a internetové webové stránky, ktoré slúžia k ich činnosti a na prezentáciu svojich výstupov.

Šírenie znečisťujúcich látok nepozná geografické hranice. Za účelom poskytovania informácií o najvýznamnejších zdrojoch uvoľňovania potenciálne škodlivých chemických látok do životného prostredia bol vytvorený slovenský Register uvoľňovania a prenosu znečisťujúcich chemických látok („Register PRTR – Pollutant Release and Transfer Register“). Register je vytvorený ako súčasť opatrení chemickej bezpečnosti s cieľom napomáhať pri poznávaní problémov spojených s uvoľňovaním nebezpečných chemických látok do životného prostredia. Vytvorenie a implementácia PRTR je jedným zo záväzkov, ktoré Slovenská republika na seba prevzala v rámci prípravy na vstup do OECD. Slovenská republika ako prvá zo štátov strednej a východnej Európy vypracovala dokument takéhoto významu.

Vytvorenie Registra PRTR (Pollutant Release and Transfer Register) ako nástroja pre zvýšenie chemickej bezpečnosti vychádza pôvodne z Kapitoly 19 Agendy 21 prijatej na Medzinárodnej konferencii UNCED konanej v Rio de Janeiro v roku 1992. Register má za úlohu

- stimulovať zníženie uvoľňovania nebezpečných chemických látok do životného prostredia
- monitorovať pozitívne a negatívne zmeny v čase (počas viacerých rokov) a v priestore
- indikovať oblasti krajiny výrazne exponované nebezpečnými chemickými látkami s potrebou výkonu hodnotenia rizika
- podporovať čistejšiu výrobu
- zlepšovať informovanosť verejnosti o znečistení prostredia chemickými látkami
- využívať register pri iných environmentálnych štúdiách
- indikovať možné vypúšťanie nebezpečných látok aj do ďalších zložiek prírodného prostredia, pokiaľ prevádzkovateľ uvádza aspoň jednu z nich.

V januári 2006 vstúpilo do platnosti aj nariadenie Európskeho parlamentu a Rady o vytvorení Európskeho registra uvoľňovania a prenosu znečisťujúcich chemických látok (E-PRTR), pričom prvá oznamovacia povinnosť bola v roku 2007.

## 7.1 Kontrola čistoty ovzdušia

**Monitorovanie (sledovanie) kvality ovzdušia** zabezpečuje **Slovenský hydrometeorologický ústav v Bratislave**. V zaťažených oblastiach na území Slovenskej republiky bola vybudovaná **sieť kontinuálne pracujúcich automatických staníc**, ktoré merajú imisie v ovzduší.

Na posúdenie kvality ovzdušia boli stanovené **limity znečisťovania ovzdušia**, ktoré sú definované vo Vyhláske MŽP SR 705/2002 Z. z. o kvalite ovzdušia a Vyhláske MŽP SR 706/2002 Z. z. o zdrojoch znečisťovania, o emisných limitoch, o technických požiadavkách a všeobecných podmienkach prevádzkovania, o zozname znečisťujúcich látok, o kategorizácii zdrojov znečisťovania ovzdušia a o požiadavkách zabezpečenia rozptylu emisií znečisťujúcich látok. **Emisný limit** stanovuje najvyššie prípustné množstvo znečisťujúcej látky, ktoré ešte môže byť emitované (vypustené) z konkrétneho zdroja. Najvyššia prípustná koncentrácia znečisťujúcej látky v ovzduší je definovaná **imisným limitom** a **depozičný limit** určuje najväčšie prípustné množstvo znečisťujúcej látky usadenej po dopade na zemskom povrchu za určitý čas.

### 7.1.1 Znižovanie nečistôt v ovzduší

Chemické látky znečisťujúce atmosféru v nej zotrávajú len určitú dobu. V atmosfére totiž prebiehajú **samočistiace procesy**. Princípom samočistiacej schopnosti ovzdušia je **rozptyl** škodlivín v dôsledku pohybu vzdušných mäs. Týmto spôsobom sa však celková bilancia znečistenia atmosféry nemení. Iný spôsob, ktorým sa dostávajú nečistoty z ovzdušia je **gravitačné usadzovanie** častíc alebo **vymývanie zrážkami**. Pri súčasnom trende v znečisťovaní ovzdušia by bolo nezodpovedné spoliehať sa len na samočistiacu schopnosť atmosféry.

Znižovanie nečistôt v ovzduší sa dá dosiahnuť tromi spôsobmi:

- zabránením vzniku škodlivín priamo v zdroji,
- zachytávaním škodlivín pri čistení vypúšťaných emisií,
- lokalizácia zdroja znečistenia na miesto s priaznivými podmienkami pre rozptyl emisií.

Prvý spôsob znižovania nečistôt v ovzduší sa dá realizovať **používaním environmentálne vhodných technológií, palív alebo surovín**. Úpravou palív sa dá napríklad znížiť obsah síry v nich. Upravené palivá sa potom používajú pri nevhodných meteorologických podmienkach so sťaženým rozptylom škodlivín.

Plynné palivá sú výhodnejšie ako tuhé, pretože sa ľahšie odsírujú a optimálne sa spaľujú.

Pokiaľ nie je možné vylúčiť vznik škodlivých látok vo výrobnom procese, je potrebné zabezpečiť ich oddelenie od prúdu vypúšťaných odpadových plynov, poprípade ich zneškodniť.

Tuhé a kvapalné častice sa odstraňujú ľahšie ako plynné nečistoty. Na oddelenie častíc z prúdu plynu je potrebné pôsobiť silou. Väčšie častice sa oddelia už pri pôsobení gravitačnej sily v tzv. **usadzovacích komorách**. Účinnejšími odlučovacími zariadeniami sú **cyklóny**, v ktorých sa častice oddeľujú pri otáčavom pohybe pôsobením odstredivej sily. Ďalší spôsob zachytávania častíc je prechod prúdu odpadových plynov cez poréznu vrstvu – **filter**. V **elektrických odlučovačoch** sa častice vplyvom intenzívneho elektromagnetického poľa nabijú a sú elektrostaticky priťahované k opačne nabitej elektróde. Na elektróde svoj náboj strácajú a sedimentujú do zbernej nádoby. Tuhé a kvapalné častice je možné zachytiť v **mokrých odlučovačoch – práčkach**. Častice sa odstraňujú tak, že sa rozpustia v pravej kvapaline.

Škodliviny vo forme plynov a pár sa zneškodňujú **absorpčnými, spaľovacími metódami** alebo ich **chemickou úpravou**. Absorpcia slúži na koncentrovanie plynov a pár na povrchu a v póroch vhodného absorpčného materiálu – absorbenta.

V prípade, že nie je možné zabezpečiť zneškodnenie odpadových plynov, je potrebné zaistiť, aby sa čo najlepšie rozptýľovali v ovzduší. Dobrý rozptyl závisí predovšetkým od meteorologických podmienok v danej oblasti, od tvaru a členitosti územia a od výšky komína. Je nevhodné lokalizovať zdroj znečistenia do oblasti s topografickými prekážkami (vrchy, hory, komunálna zástavba), pretože sa za nimi tvoria vzdušné víry, ktoré unášajú exhaláty k zemi. V hlbokých údoliach veľmi častým javom teplotná inverzia, pri ktorej je nemožná výmena vzduchu. Škodliviny sa v takomto prípade hromadia pri zemi a rýchlo by zamorili celé údolie.

Pri lokalizácii zdroja znečisťovania treba tiež pamätať, aby v smere prevládajúcich vetrov neboli obývané oblasti, pretože by boli stále zanášané exhalátmi.

### 7.1.2 Ochrana ovzdušia na medzinárodnej úrovni

V roku 1979 bol na stretnutí EHK OSN v Ženeve podpísaný Dohovor o diaľkovom znečisťovaní ovzdušia prechádzajúcom hranicami štátov. Jej základným cieľom je ochrana človeka a životného prostredia pred znečistením ovzdušia tým, že znečisťovanie bude postupne obmedzované. Dohoda bola doplnená ďalšími protokolmi:

- Protokol o dlhodobom financovaní Kooperatívneho programu monitorovania a vyhodnocovania diaľkového šírenia látok znečisťujúcich ovzdušie (Ženeva, 1984). Monitorovanie sa týka predovšetkým troch hlavných znečisťujúcich látok – oxidu siričitého, oxidov dusíka a prchavých organických látok.
- Protokol o znížení emisií síry alebo ich tokov prechádzajúcich hranice štátov (Helsinki, 1985)
- Protokol o znížení emisií oxidov dusíka alebo ich tokov prechádzajúcich hranice štátov (Sofia, 1988)
- Protokol o obmedzovaní emisií prchavých organických látok VOCs (1991)
- Protokol o ďalšom znižovaní emisií síry (Oslo, 1994)
- Protokol o obmedzovaní emisií perzistentných organických látok – POPs (Aarhus, 1998) – jeho cieľom je znížiť emisie POPs na úroveň z roku 1990.
- Protokol o ťažkých kovoch (Aarhus, 1998)
- Protokol o znížení acidifikácie, eutrofizácie a prízemného ozónu (Göteborg, 1999)

Právnym základom pre riešenie problému zmeny klímy sa stal **Rámcový dohovor OSN o zmene klímy**, prijatý v roku 1992 v New Yorku, ktorého cieľom bola stabilizácia objemu skleníkových plynov. Pre Slovensko dohovor nadobudol platnosť v roku 1994.

V roku 1997 sa konala v Kjóte v Japonsku 3. konferencia strán Rámcového dohovoru OSN o zmene klímy, ktorej výsledkom bol tzv. **Kjótsky protokol**. Ratifikácia Kjótskeho protokolu zaväzuje Slovenskú republiku v období rokov 2008-2012 neprekročiť úroveň emisií skleníkových plynov z roku 1990.

Medzinárodné dohovory zamerané na ochranu ozónosféry:

**Viedenský dohovor o ochrane ozónovej vrstvy** (Viedeň, 1985) – zmluvné strany sa podpisom zaviazali podporovať výskum, spoluprácu a výmenu informácií týkajúcich sa ozónosféry.

**Montrealský protokol o látkach, ktoré poškodzujú ozónovú vrstvu** - (16. septembra 1987, Montreal) – zmluvné strany určili, ktoré látky poškodzujú ozónovú vrstvu a stanovili presný harmonogram útlmu ich priemyselnej výroby a spotreby.

**Londýnsky dodatok a Kodaňský dodatok** – sú dokumntety, ktoré sú výsledkom stretnutia zmluvných strán (1990, Londýn), (1992, Kodaň), podľa ktorých je už od roku 1996 zakázaná výroba a spotreba väčšiny látok poškodzujúcich ozónosféru.

### 7.1.3 Právna úprava ochrany ovzdušia

- Zákon č. 401/1998 Z.z. o poplatkoch za znečisťovanie ovzdušia v znení zákona č. 161/2001 Z.z. zákona č. 553/2001 Z.z. ,zákona č. 478/2002 Z. z., zákona č. 525/2003 Z. z., zákona č. 587/2004 Z. z., zákona č. 571 /2005 Z.z., zákona č. 203/2007 Z. z., zákona č. 529/2007 Z.z. a zákona č. 515/2008 Z. z.
- Zákon č. 478/2002 Z. z. o ochrane ovzdušia a ktorým sa dopĺňa zákon č. 401/1998 Z. z. o poplatkoch za znečisťovanie ovzdušia v znení neskorších predpisov (zákon o ovzduší) v znení zákona č. 245/2003 Z. z., zákona č. 525/2003 Z.z., zákona č. 541/2004 Z.z., zákona č. 572/2004 Z. z., zákona č. 587/2004 Z. z., zákona č. 725/2004 Z.z., zákona č. 230/2005 Z. z., zákona č. 479/2005 Z.z., zákona č. 532/2005 Z.z., zákona č. 571/2005 Z.z., zákona č. 203/2007 Z. z., zákona č. 529/2007 Z.z. a zákona č. 515/2008 Z. z.
- Vyhláška Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky č. 704/2002 Z. z., ktorou sa ustanovujú technické požiadavky a všeobecné podmienky prevádzkovania zariadení používaných na skladovanie, plnenie a prepravu benzínu.
- Vyhláška Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky č. 705/2002 Z. z. o kvalite ovzdušia v znení vyhlášky č. 351/2007 Z.z
- Vyhláška Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky č. 706/2002 Z. z. o zdrojoch znečisťovania, o emisných limitoch, o technických požiadavkách a všeobecných podmienkach prevádzkovania, o zozname znečisťujúcich látok, o kategorizácii zdrojov znečisťovania ovzdušia a o požiadavkách zabezpečenia rozptylu emisií znečisťujúcich látok v znení vyhlášky č. 410/2003 Z. z., vyhlášky č. 260/2005 Z. z., vyhlášky č. 575/2005 Z.z. a vyhlášky č. 631/2007 Z.z.



- Vyhláška Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky č. 202/2003 Z.z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o odbornom posudzovaní a o oprávnení na meranie emisií a kvality ovzdušia.
- Vyhláška Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky č. 408/2003 Z.z. o monitorovaní emisií a kvality ovzdušia
- Vyhláška Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky č. 409/2003 Z.z., ktorou sa ustanovujú emisné limity, technické požiadavky a všeobecné podmienky prevádzkovania zdrojov a ich zariadení, v ktorých sa používajú organické rozpúšťadlá v znení vyhlášky č. 132/2006 Z.z. a vyhlášky č. 457/2007 Z.z.
- Vyhláška Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky č. 51/2004 Z.z., ktorou sa ustanovuje obsah programu znižovania emisií, obsah údajov a spôsob informovania verejnosti
- Vyhláška Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky č. 53/2004 Z. z., ktorou sa ustanovujú požiadavky na kvalitu palív a vedenie evidencie v znení vyhlášky č. 102/2005 Z. z. a vyhlášky č. 488/2006 Z. z.
- Vyhláška Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky č. 61/2004 Z. z., ktorou sa ustanovujú požiadavky na vedenie prevádzkovej evidencie a rozsah ďalších údajov o stacionárnych zdrojoch
- Vyhláška Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky č. 133/2006 Z.z. o požiadavkách na obmedzovanie emisií prchavých organických zlúčenín unikajúcich pri používaní organických rozpúšťadiel v regulovaných výrobkoch v znení vyhlášky č. 30/2009 Z. z.
- Oznámenie Ministerstva zahraničných vecí Slovenskej republiky č. 344/1998 Z.z. o Protokole k Dohovoru o diaľkovom znečisťovaní ovzdušia prechádzajúcim hranicami štátov z roku 1979 o ďalšom znižovaní emisií sýry.
- Oznámenie Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky č. 204/2003 Z. z. o vydávaní výnosu o technickom zabezpečení oprávnených meraní a metodikách monitorovania emisií a kvality ovzdušia

#### **7.1.4 Právna úprava ochrany ozónovej vrstvy Zeme**

- Zákon č. 76/1998 Z.z. o ochrane ozónovej vrstvy Zeme a o doplnení zákona č. 455/1991 Zb. o živnostenskom podnikaní (živnostenský zákon) v znení neskorších predpisov v znení zákona č. 408/2000 Z.z., zákona č. 553/2001 Z.z., zákona č. 525/2003 Z. z., zákona č. 364/2004 Z.z., zákona č. 587/2004 Z. z., zákona č. 633/2004 Z. z. a zákona č. 515/2008 Z. z.

- Vyhláška Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky č. 283/1998 Z.z., ktorou sa vykonáva zákon o ochrane ozónovej vrstvy Zeme a o doplnení zákona č. 455/1991 Zb. o živnostenskom podnikaní (živnostenský zákon) v znení neskorších predpisov v znení vyhlášky č. 437/2000 Z.z.
- Oznámenie Ministerstva zahraničných vecí Slovenskej republiky č. 343/1998 Z.z. o Kodanskom protokole o látkach, ktoré porušujú ozónovú vrstvu.
- Oznámenie Ministerstva zahraničných vecí Slovenskej republiky č. 140/2000 Z.z. o Dodatku k Montrealskému protokolu o látkach, ktoré poškodzujú ozónovú vrstvu.

## 7.2 Kontrola čistoty vody

Najdôležitejším prostriedkom kontroly čistoty vôd je jej chemická analýza. Chemickej analýze predchádza odber vzoriek v teréne, a jeho správne vykonanie podmieňuje získanie presných a správnych údajov o znečistení.

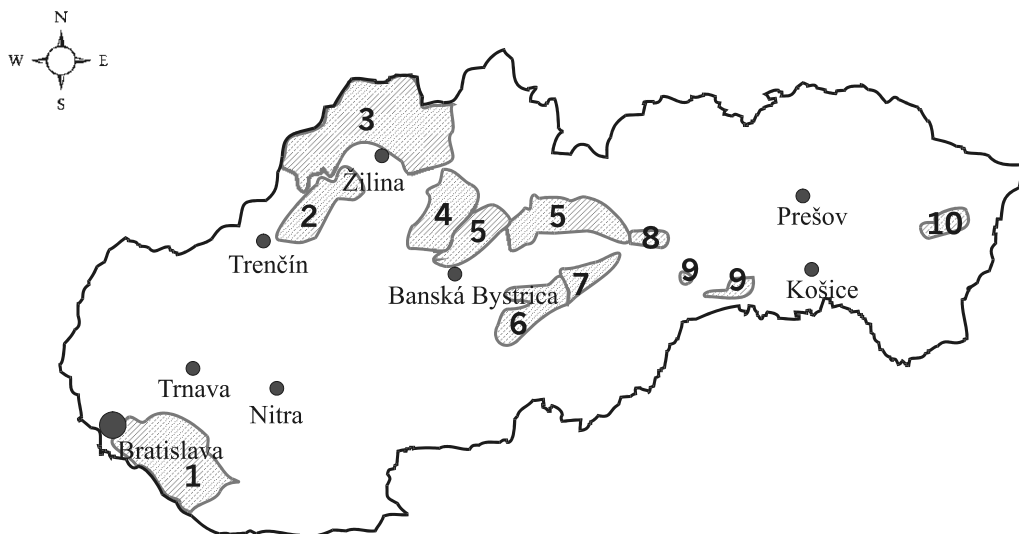
Pri vyhodnocovaní výsledkov sa sledujú tieto ukazovatele: ukazovateľ kyslíkového režimu, základné chemické a fyzikálne ukazovatele (pH, teplota, rozpustené a nerozpustené látky, kyslík a amoniak), doplnujúce chemické ukazovatele (chloridy, sírany, tvrdosť vody), ťažké kovy (Hg, Cd, As, Pb), biologické a mikrobiologické ukazovatele (mikroorganizmy) a rádioaktivita.

Kontrolu čistoty vody na území Slovenskej republiky vykonáva **Slovenský hydrometeorologický ústav**. Sleduje kvalitu podzemných vôd, meranie hladiny podzemných vôd, výdatnosť prameňov, kvalitu a kvantitu povrchových vôd.

### 7.2.1 Hospodárenie s vodou

Hospodárenie s vodou zahŕňa cieľavedomé činnosti, ktoré vedú k využitiu, ochrane a rozvoju vodných zdrojov a k ochrane obývaných a hospodársky využívaných oblastí proti škodlivým účinkom vôd. Konkrétne to znamená zabezpečovanie pitnej vody, využívanie vody ako dopravného média, závlahy, čistenie odpadových vôd, rekreácia a šport na vode, výstavba hydroelektrární, budovanie protipovodňových opatrení...

Oblasti, v ktorých sa vyskytujú vodné zdroje (povrchové alebo podzemné) využívané na priame zásobovanie obyvateľstva pitnou vodou, môže vláda Slovenskej republiky vyhlásiť za **chránené vodohospodárske oblasti**. V chránených vodohospodárskych oblastiach sa zakazujú činnosti, ktoré môžu ohroziť výdatnosť alebo zdravotnú nezávadnosť vodných zdrojov a vodohospodárske pomery. Najväčšie zásoby podzemných vôd sú na Žitnom ostrove. Vodné toky, ktoré sú určené na hromadné zásobovanie obyvateľstva vodou sa vyhlasujú za **vodárenské toky**. Na Slovensku je desať chránených vodohospodárskych oblastí a 58 vodárenských tokov.



**Obr. 7.1** Chránené vodohospodárske oblasti: 1. Žitný ostrov, 2. Strážovské vrchy, 3. Beskydy a Javorníky, 4. Veľká Fatra, 5. západná a východná časť Nízkyh Tatier, 6. horné povodie Ipl'a, Rimavice a Slatiny, 7. Muránska planina, 8. horné povodie Hnilca, 9. Slovenský kras a 10. Vihorlat.

Výstavba hrádzi, vodných diel, regulácia vodných tokov spôsobuje narušenie režimu prirodzeného odtoku povrchových vôd.

### 7.2.2 Čistenie odpadových vôd

Voda má do istej miery schopnosť zbavovať sa znečisťujúcich látok. **Samočistenie** je vlastnosť povrchových vôd obnoviť svoj pôvodný stav, pričom sa uplatňujú rôzne fyzikálne, chemické a najmä biologické procesy. Rozhodujúcu úlohu v samočistiacich procesoch má množstvo rozpusteného kyslíka vo vode. Umožňuje aeróbný rozklad a mineralizáciu organických látok. Vzniknuté živiny a uvoľnené stopové prvky sú potom viazané v rastlinách a v pôde.

Čistenie odpadových vôd je pri súčasnom trende znečisťovania nevyhnutný spôsob zlepšenia kvality povrchových vôd. Pre tento účel sa budujú čistiarne odpadových vôd.

Čistenie odpadových vôd je proces, ktorý sa vykonáva za účelom zlepšenia kvality povrchových vôd v objektoch nazývaných čistiarne odpadových vôd. Podľa pôvodu môžeme rozlíšiť odpadové vody – splaškové, priemyselné, poľnohospodárske a zmiešané. Sekundárne produkty, ktoré vznikajú pri čistení vôd sú kal, plyn, tuhý odpad. Technologické procesy úpravy a čistenia odpadových vôd rozdeľujeme na fyzikálno-chemické a biologické.

Medzi klasické chemické metódy čistenia patria neutralizačné, zrážacie a redoxné reakcie. Neutralizačnými reakciami sa obyčajne odstraňujú agresívne kyslé látky z vody. Zrážanie je proces, pri ktorom sa rozpustené zlúčeniny vylučujú z roztoku vo forme zrazeniny vplyvom zrážadla. Tento spôsob sa používa napr. pri odstraňovaní znečistenia vody kovmi. Oxidačné procesy sa uplatňujú pri zneškodňovaní mikroorganizmov (na dezinfekciu vody). Najčastejšie používané oxidačné (resp. dezinfekčné) činidlá sú zlúčeniny chlóru a ozón. Redukčné procesy sa používajú pri znečistení vôd kovmi pochádzajúcimi z prevádzky na povrchovú úpravu kovov. Ďalším spôsobom odstraňovania niektorých druhov znečistenia je spaľovanie. Najdôležitejšie fyzikálne metódy, ktoré sa používajú na odstraňovanie znečistenia je sedimentácia, filtrácia, flotácia, adsorpcia na aktívnom uhlí, extrakcia, destilácia, elektrolyza, elektrochemické a radiačnochemické procesy. Podrobnejšie vysvetlíme princíp nasledovných fyzikálno-chemických metód:

- Zrážanie s  $\text{PO}_4^{3-}$  a s  $\text{Mg}^{2+}$
- Air stripping
- Chlorácia do bodu zvratu
- Membránové procesy
- Iónová výmena na prírodných zeolitoch

Jedným zbiologických spôsobov čistenia vody je **technológia kalového hospodárstva**. Táto technológia funguje na princípe biologických samočistiacich procesov v prírode. Odstraňovanie nežiaducich látok z vody sa uskutočňuje účinkom baktérií, ktoré sú súčasťou aktívneho kalu.

Človek môže využívať na čistenie odpadových vôd samočistiace procesy prebiehajúce prirodzene v ekosystémoch. Vybudovaním tzv. **filtračných poli, biologických rybníkov, vegetačných koreňových čistiarní** alebo **nádrží s vodnými rastlinami** môžeme dosiahnuť účinné čistenie odpadových vôd.

#### **Zrážanie fosforečnanovými a horečnatými iónmi**

Odstraňovanie amónneho iónu  $\text{NH}_4^+$  s horečnatým iónom a fosforečnanom spočíva v tvorbe ťažko rozpustnej soli fosforečnanu horečnato-amónneho  $\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ . Doba zrážania je 30 – 60 minút. Vysušená soľ  $\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  nie je hygroskopická, neadsorbuje ďalšie nečistoty, môže sa sušiť na vzduchu. Zrážanie môže byť ovplyvnené prítomnosťou ďalších komplexotvorných látok ako napr. kyselina citrónová, čomu sa dá zabrániť nadbytkom Mg. Presoleniu odpadovej vody sa zamedzuje dávkovaním MgO namiesto  $\text{MgCl}_2$  a  $\text{H}_3\text{PO}_4$  namiesto soli fosforečnanu.

Rozpustnosť vznikajúcej soli  $\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  je 4 – 9 mg/l. Je závislá od pH – optimálny rozsah je 7,5 – 10, od teploty – zvyšuje sa s klesajúcou teplotou. Zvyšková koncentrácia amóniového dusíka vo vode je pri teplote 25°C 7,7 mg/l; pri teplote 10°C 4,6 mg/l.

Vykryštalizovaný  $\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  je na vzduchu stály, pri teplote 45°C pomaly uvoľňuje kryštalickú vodu, nad 50°C aj  $\text{NH}_3$ . Pri prudkom sušení prechádza na nerozpustný  $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$ .

Zvyšková koncentrácia  $\text{NH}_3$  vo vode upravenej zrážaním je nad prípustný limit pre recipient, preto sa musí ešte dočistiť (nitrifikáciou, infiltráciou do ornej pôdy alebo na zeolitoch).

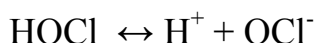
### Chlorácia do bodu zvratu

Podstatou tejto metódy je oxidácia  $\text{NH}_4^+$  na  $\text{N}_2$  zavádzaním plynného  $\text{Cl}_2$  do vody. Chloráciou do bodu zvratu možno dosiahnuť 85 – 99% konverziu amóniového dusíka na plynný dusík bez vedľajších oxidačných produktov ako sú  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ .

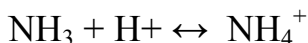
Plynný chlór hydrolyzuje vo vode za vzniku kyseliny chlórnej.



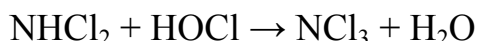
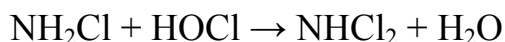
Disociačný produkt kyseliny chlórnej je:



Amóniový dusík sa dostáva do vody z priemyselnej činnosti, hydrolýzou močoviny, biologickou degradáciou aminokyselín a i. Forma výskytu závisí od pH a teploty:

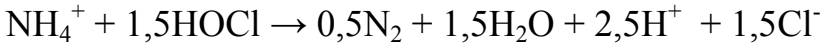
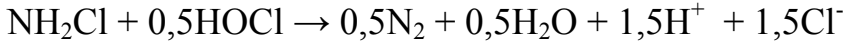


Reakcie medzi chlórom a amóniom:



Reakcie prebiehajú simultánne a sú závislé od teploty, pH a výchoďového pomeru látok.

Chemizmus chlorácie do bodu zvratu:



Zostatkový chlór sa odstraňuje dechloráciou na aktívnom uhlí.

### Membránové procesy

Ide o difúzne procesy, ktoré využívajú selektívne vlastnosti membrán.

Typy:

- Elektrodialýza
- Reverzná osmóza
- Ultrafiltrácia

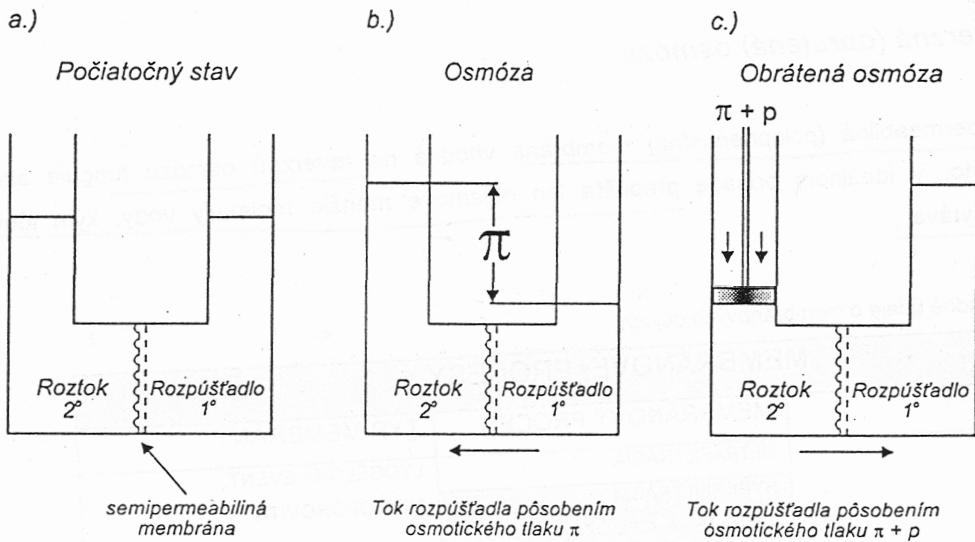
Vyžadujú predúpravu surovej vody – odstraňujú sa suspendované a koloidné látky, ktoré by mohli zanášať membrány mechanicky; eliminujú sa viacmocné kationy, komplexné ióny, anióny organických kyselín a humínové látky... Viazu sa nevratne na membrány a tým ich poškodzujú.

Membránové procesy		
Hnacia sila	Membránový proces	Typ membrány
Tlakový gradient	Ultrafiltrácia	Mikropórovitá
	Obrátená osmóza	Lyogélová
Gradient elektrického potenciálu	Elektrolýza	Ionovýmenná
Koncentračný gradient	Dialýza	Mikropórovitá
	Osmóza	Lyogélová

### Reverzná osmóza = hyperfiltrácia

Semipermeabilná membrána – funguje ako molekulové sito – v ideálnom prípade prepúšťa len objemovo menšie molekuly vody, kým ióny z roztoku zachytáva.

Vytvorením umelého tlakového gradientu väčšieho ako osmotický tlak na strane roztoku, dochádza k difúzii rozpúšťadla z roztoku späť do rozpúšťadla. Roztok sa neustále zahusťuje, čo zvyšuje jeho osmotický tlak, preto treba úmernej zvyšovať aj pracovný tlak.



**Obr. 7.2** Membránové procesy

V praxi používané tlaky sú max. 10 MPa (napr. pre roztok s koncentráciou 40 g/l NaCl je osmotický tlak 1,6 MPa).

Efektívnosť technologické zariadenia je daná tým akú plochu a počet membrán má na jednotku objemu.

Membrána je tvorená pórovitou látkou – napr. duté polyamidové vlákna

### Ultrafiltrácia

Rozdiel medzi ultrafiltráciou a reverznou osmózou spočíva v pórovitosti použitých membrán. Pri ultrafiltrácii sa používajú membrány s pórovitosťou 0,1 – 5  $\mu\text{m}$  a pracovný tlak je 0,1 – 1 MPa. Odstraňujú sa vysokomolekulárne látky – bielkoviny, pigmenty, víry, baktérie... Materiál membrány je prírodná celulóza, PVC, teflón.

Tlakový gradient sa zabezpečuje vytváraním vákuu pod filtrom alebo zvýšením tlaku z vonku.

### Elektrodialýza

Filtrácia častíc cez membránu urýchľovaná napojením pólov zariadenia k zdroju jednosmerného prúdu. Podmienkou je, aby dispergované častice mali náboj.

Produkty elektrodialýzy sú oddelené a ich vzájomné pôsobenie je vylúčené. Rozpúšťadlo membránou neprechádza. Iónovoselektívne membrány sú vyrábané na báze zosieteného polystyrénu.



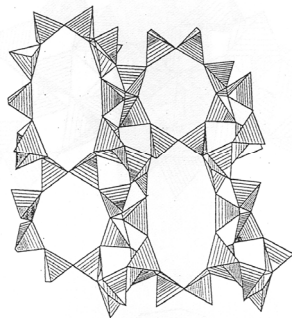
## Zeolity

Názov zeolit je odvodené od gréckeho slova zein lithos – kypriaci kameň. Aristoteles pred vyše 2000 rokmi využíval zeolity na získanie pitnej vody z brakickej alebo morskej. Zeolity sú sopečného pôvodu, patria medzi vulkanické horniny.

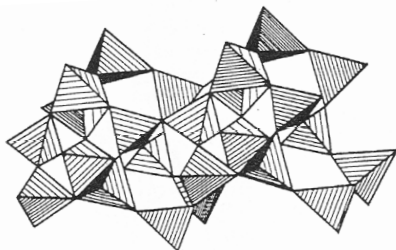
Pri kontakte zeolitu s vodným roztokom dochádza k iónovýmiennej adsorpcii. Tuhá fáza – zeolit ovplyvňuje adsorpciu iónov svojim špecifickým povrchom. Častice adsorbátu neprenikajú do kryštálovej štruktúry adsorbenta, ale sa zachytávajú na jej povrchu – fázovom rozhraní.

Základná štruktúrna jednotka zeolitov sú tetraedre  $(\text{SiO}_4)^{4-}$  a  $(\text{AlO}_4)^{5-}$ , ktoré vytvárajú trojrozmernú štruktúru – sú spojené spoločnými atómami kyslíka. Prebytočný náboj z  $(\text{AlO}_4)^{5-}$  je kompenzovaný vymeniteľnými katiónmi  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ .

Zeolity kryštalizujú v rôznych sústavách s vlastným systémom pórov a kanálikov. Na Slovensku (východoslovenská nížina – Nižný Hrabovec, Kremnické vrchy – Bartošova Lehôtka).



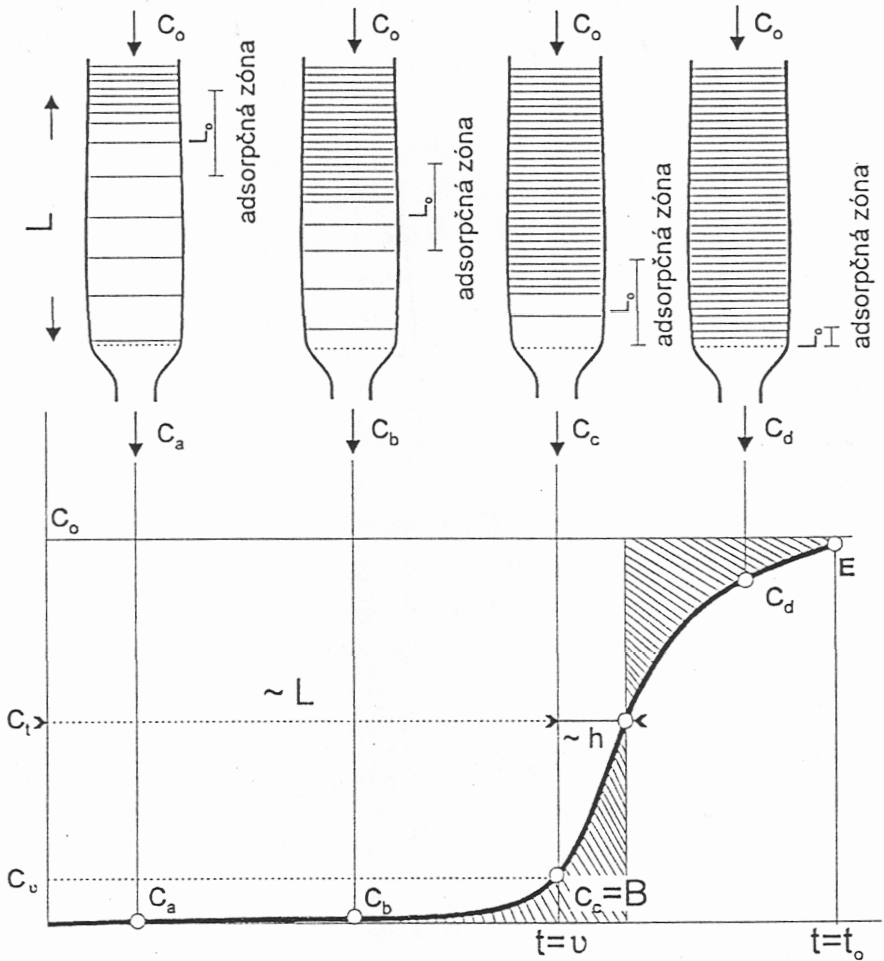
**Obr. 7.3** Klinoptilolit



**Obr. 7.4** Mordenit

**Adsorpcia pri neustálom prestupe látky**

Pri čistení alebo úprave pitnej vody voda preteká v kolónach naplnených zrnitým adsorbentom. Túto nehybnú vrstvu nazývame stacionárne lôžko. Kontinuálnym prietokom vody cez vrstvu dochádza k adsorpcii látky, až kým adsorpčná vlna nedosiahne dno kolóny. Vtedy je adsorpčná kapacita kolóny vyčerpaná.



**Obr. 7.5** Adsorpcia

**Biologické procesy čistenia odpadových vôd**

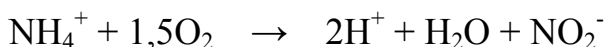
Uplatňuje sa najmä pri organicky znečistených vodách. Najrozšírenejším spôsobom je čistenie aktivovaným kalom. Ide o účelnú intenzifikáciu takých samočistiacich procesov ako prebiehajú v prírode.

Pritekajúca odpadová voda sa mieša pri dostatočnom prívode kyslíka s oživeným kalom, dochádza k prírastku kalu a k úbytku organických látok.

Aktivovaný – oživený kal je zložitá biocenóza aeróbných a fakultatívne anaeróbných organizmov – baktérie, prvoky.

### Biologická nitrifikácia

*Nitrosomonas:*



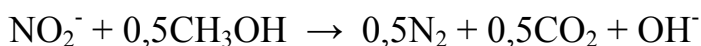
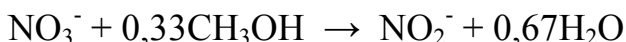
*Nitrosobacter:*



### Biologická denitrifikácia

Účinné baktérie: *Pseudomonas*, *Micrococcus*, *Bacillus*, *Paracoccus*, *Achromobacter*

Tieto baktérie využívajú za neprítomnosti rozpusteného kyslíka dusičnany, v jeho prítomnosti sú aeróbne. Denitrifikácia predstavuje konverziu dusičnanov na dusitany a následnú transformáciu na plynný dusík.



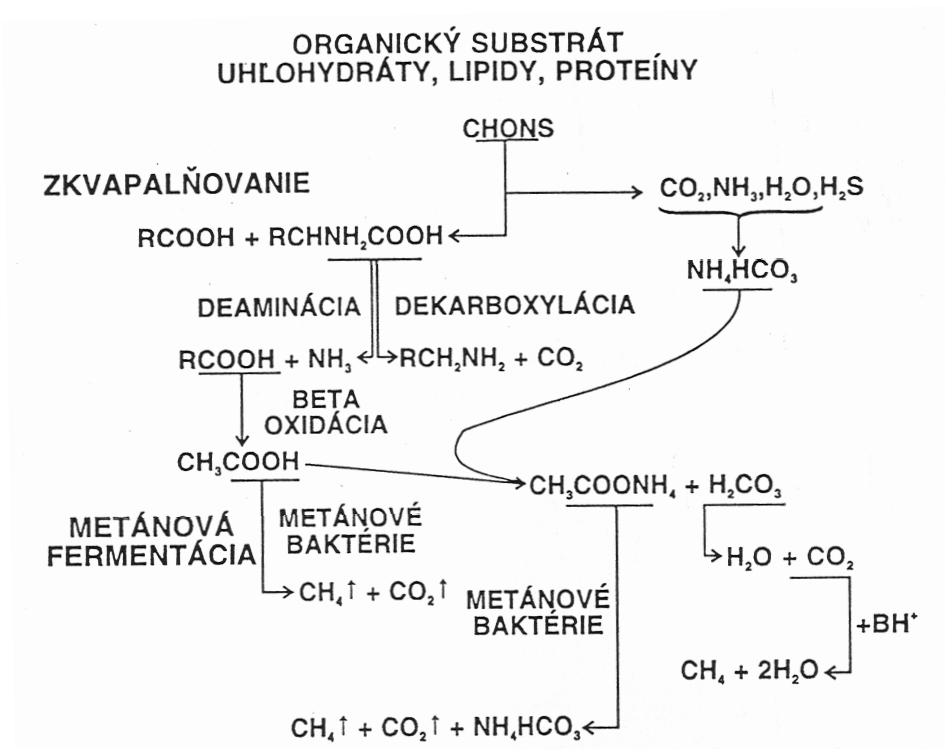
Ako donór elektrónov sa používa metanol, glukóza alebo iné organické uhlíkaté látky.

### Anaeróbne čistenie – fermentácia

Pri anaeróbnom čistení ide v podstate o kvasenie bez prístupu kyslíka. Prvý stupeň je hydrolýza vysokomolekulových látok za prítomnosti baktérií, ktoré produkujú exoenzyémy – hydrolázy.

Hydrolýzou polysacharidov vznikajú jednoduché cukry, z tukov glycerín a vyššie mastné kyseliny a z bielkovín aminokyseliny. Tieto sa ďalej rozkladajú na jednoduchšie látky – alifatické kyseliny, alkoholy. Napr. metánové baktérie tvoria bioplyn, ktorý je zmesou  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{H}_2$ .

Obr. 7.6 Anaeróbna degradácia organického substrátu



### 7.2.3 Právna úprava vodného hospodárstva, ochrany akosti a množstva vôd

- Zákon č. 364/2004 Z.z. o vodách a o zmene a doplnení zákona Slovenskej národnej rady č. 372/1990 Zb. o priestupkoch v znení neskorších predpisov (vodný zákon) v znení zákona č. 587/2004 Z. z., zákona č. 230/2005 Z.z., zákona č. 479/2005 Z.z., zákona č. 532/2005 Z.z., zákona č. 359/2007 Z.z., zákona č. 514/2008 Z.z. a zákona č. 515/2008 Z. z.
- Nariadenie vlády SSR č. 46/1978 Zb. o chránenej oblasti prirodzenej akumulácie vôd na Žitnom ostrove v znení nariadenia vlády SSR č. 52/1981 Zb.
- Nariadenie vlády SSR č. 13/1987 Zb. o niektorých chránených oblastiach prirodzenej akumulácie vôd.
- Nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 617/2004 Z. z., ktorým sa ustanovujú citlivé oblasti a zraniteľné oblasti
- Nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 755/2004 Z. z., ktorým sa ustanovuje výška neregulovaných platieb, výška poplatkov a podrobnosti súvisiace so spoplatňovaním užívania vôd v znení nariadenie vlády č. 367/2008 Z. z.

- Nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 296/2005 Z. z., ktorým sa ustanovujú požiadavky na kvalitu a kvalitatívne ciele povrchových vôd a limitné hodnoty ukazovateľov znečistenia odpadových vôd a osobitných vôd
- Vyhláška Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky č. 29/2005 Z. z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o určovaní ochranných pásiem vodárenských zdrojov, o opatreniach na ochranu vôd a o technických úpravách v ochranných pásmach vodárenských zdrojov
- Vyhláška Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky č. 100/2005 Z. z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o zaobchádzaní s nebezpečnými látkami, o náležitostiach havarijného plánu a o postupe pri riešení mimoriadneho zhoršenia vôd
- Vyhláška Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky č. 101/2005 Z. z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o výkone vodnej stráže
- Vyhláška Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky č. 211/2005 Z. z., ktorou sa ustanovuje zoznam vodohospodársky významných vodných tokov a vodárenských vodných tokov
- Vyhláška Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky č. 221/2005 Z. z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o zisťovaní výskytu a hodnotení stavu povrchových vôd a podzemných vôd, o ich monitorovaní, vedení evidencie o vodách a o vodnej bilancii
- Vyhláška Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky č. 224/2005 Z. z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o vymedzení oblasti povodí, environmentálnych cieľoch a o vodnom plánovaní
- Vyhláška Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky č. 259/2005 Z. z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o zásobovaní vodou na obdobie krízovej situácie
- Vyhláška Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky č. 433/2005 Z. z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o využívaní hydroenergetického potenciálu vodných tokov
- Vyhláška Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky č. 457/2005 Z. z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti manipulačného poriadku vodnej stavby
- Vyhláška Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky č. 458/2005 Z. z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o výkone odborného technicko-bezpečnostného dohľadu nad vodnými stavbami a o výkone technicko-bezpečnostného dozoru
- Oznámenie Ministerstva zahraničných vecí Slovenskej republiky č. 131/2000 Z.z. o uzavretí Dohody medzi vládou Slovenskej republiky a vládou Českej republiky o spolupráci na hraničných vodách

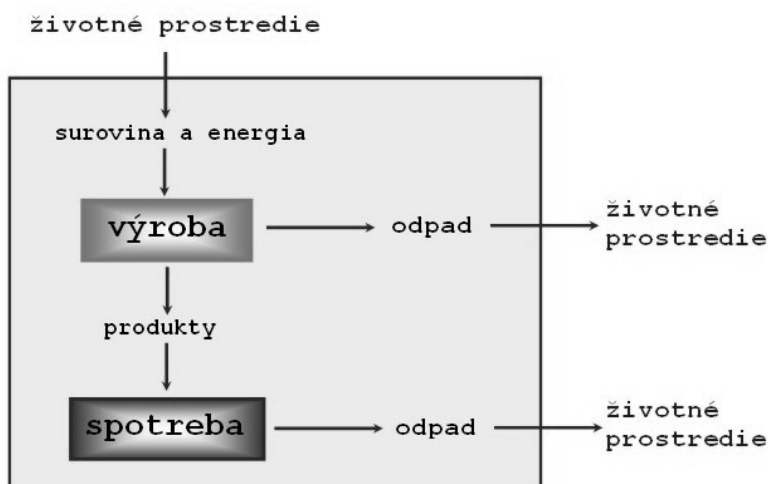
- Vyhláška Ministerstva pôdohospodárstva Slovenskej republiky č. 392/2004 Z.z., ktorou sa ustanovuje Program poľnohospodárskych činností vo vyhlásených zraniteľných oblastiach. (vykonáva vodný zákon).

## 8 Odpadové hospodárstvo

Dôležitým sprievodným znakom využívania prírodných zdrojov ľuďmi je produkcia odpadov. Každá výrobná a spotrebiteľská činnosť je vždy spojená s produkciou odpadov. Odpady sú často charakterizované ako látky, ktoré sa nedajú ďalej z ekonomických dôvodov využiť. Ich likvidácia je nevyhnutná pre zachovanie neporušeného životného prostredia. Napriek tomu, že odpady sú definované ako látky, ktoré sa nedajú ďalej využiť, v tejto kapitole budeme hovoriť aj o tom ako sa odpady dajú ďalej využívať (zhodnocovať). Tiež treba poznamenať, že medzi odpady sa ráta aj tzv. odpadové teplo, ktoré zapríčiňuje ťažkosti vo veľkých mestských a priemyselných aglomeráciách, najmä pri odvádzaní chladiacich vôd. Vypúšťaním teplých odpadových vôd do recipientu sa otepľujú toky, čím sa zhoršujú podmienky pre samočistiace procesy a pre organizmy, ktoré v nich žijú a sú viazané na určité teplotné podmienky.

Odpadom je vec, ktorej sa chce majiteľ zbaviť, a ktorej zneškodnenie je potrebné z hľadiska ochrany životného prostredia a starostlivosti o zdravé životné podmienky.

Pod pojem odpadové hospodárstvo zahŕňame všetky činnosti, ktoré súvisia s nakladaním s odpadmi a činnosti, ktoré sú zamerané na obmedzovanie a predchádzanie vzniku odpadov.



**Obr. 8.1** Odpady – sprievodný znak využívania prírodných zdrojov

## 8.1 Nakladanie s odpadmi

Nakladanie s odpadmi je akákoľvek činnosť, ktorej predmetom sú odpady (zhromažďovanie, preprava, výkup, zber a triedenie...).

V nakladaní s odpadmi možno rozlíšiť dve stratégie: zneškodňovanie odpadov (napr. skládkovanie, spaľovanie) a zhodnocovanie odpadov. Zhodnocovanie odpadov sa môže vykonávať ako

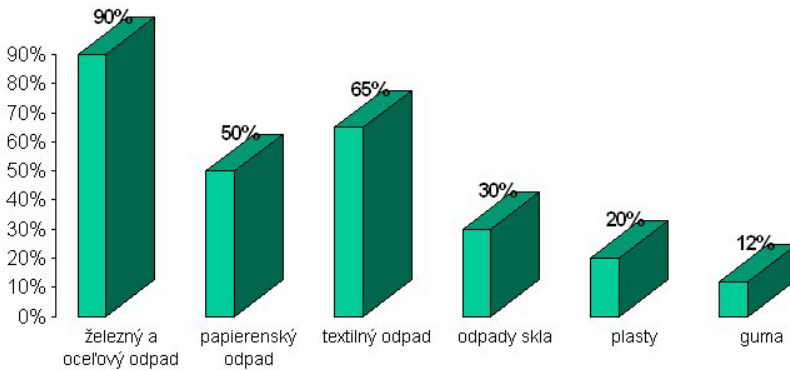
- materiálové zhodnocovanie,
- energetické zhodnocovanie.

Materiálové zhodnocovanie je využívanie odpadu ako druhotnej suroviny na výrobu využiteľného produktu. Môže sa realizovať spätným získaním využiteľných častí odpadu, regeneráciou (obnovením) úžitkových vlastností materiálu alebo recykláciou, čiže vrátením materiálu do výrobného cyklu s cieľom šetriť primárne surovinové zdroje. Energetické zhodnocovanie odpadu predstavuje využívanie odpadu na výrobu energie.



*Obr. 8.2 Nakladanie s odpadmi*





**Obr. 8.3** Využitelnosť odpadov ako druhotných surovín.

Odpady majú národohospodársky význam ako:

- sekundárne priemyselné suroviny (kovy, papier, sklo, drevo, textil, plasty...)
- zdroj energie (spaľovanie dopadov, bioplyn, skládkový plyn...)
- krmivo pre živočíšnu výrobu, hnojivo pre rastlinnú výrobu

### 8.1.1 Zber, triedenie odpadu

Množstvo a druhy odpadov sa každým rokom zvyšujú a je v záujme ľudskej spoločnosti riešiť túto problematiku. Pre účely ďalšieho zhodnocovania alebo zneškodňovania odpadov je nevyhnutné zabezpečiť ich zber a triedenie. Táto problematika zatiaľ nebola uspokojivo vyriešená.

Pred zneškodňovaním alebo zhodnocovaním odpadov sa odpady triedia buď manuálne alebo na automatických linkách. Mnohé odpady, pozostávajúce z viacerých druhov surovín, vyžadujú apriórnu demontáž. Typickým príkladom sú autovraky, elektronika, svetelné zdroje... Automatické linky pracujú na princípe magnetického separátora (na vytriedenie železných odpadov) alebo elektrostatického separátora (vytriedenie vodivých odpadov od elektrických nevodičov).

Odpady možno klasifikovať z viacerých hľadísk, ako je napr. miera toxicity, spôsob ich spracovania a odstraňovania.

V zmysle vyhlášky 284/2001 Ministerstva životného prostredia ŽP sa pre potreby evidencie odpadov ustanovuje **Katalóg odpadov**, v ktorom sa odpady delia na **nebezpečné odpady**, ktoré sa označujú písmenom **N** a **ostatné odpady**, ktoré sa označujú písmenom **O**. Odpady, ktoré sú v Katalógu odpadov pod

písmenom N, pre svoju jednu alebo viac nebezpečných vlastností, vyžadujú zvláštny režim pri preprave a nakladaní s nimi.

Odpady, ktoré sú určené na ďalšie zhodnotenie, sa v zmysle vyhlášky 234/2001 Zb. z. MŽP SR rozdeľujú do **Zeleného, Žltého a Červeného zoznamu odpadov**.

**Zelený zoznam** zahŕňa odpady, ktoré nevykazujú žiadnu nebezpečnú vlastnosť a sú pre ne v Slovenskej republike vytvorené dostatočné podmienky na zhodnotenie vyhovujúce z hľadiska ochrany životného prostredia.

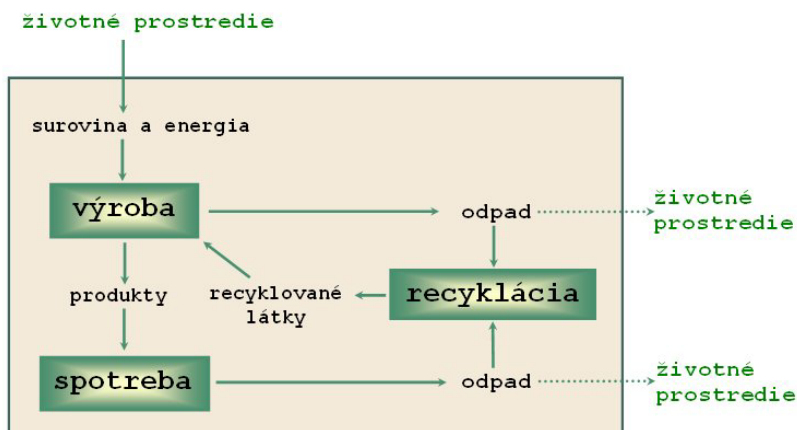
Do **Žltého zoznamu** patria odpady, ktoré vykazujú jednu alebo viac nebezpečných vlastností alebo pre ne nie sú v SR vytvorené dostatočné podmienky pre zhodnotenie.

**Červený zoznam** zahŕňa odpady, ktoré obsahujú látku, ktorá bežne vykazuje jednu alebo viac nebezpečných vlastností.

Členenie odpadov do tzv. farebného zoznamu umožňuje Slovenskej republike štandardné napojenie sa na medzinárodný trh s druhotnými surovinami.

### 8.1.2 Recyklácia a bezodpadová technológia

Recyklácia je vrátenie odpadu do výrobného cyklu na výrobu spoločensky požadovaného výrobku s cieľom šetrenia primárnych surovinových zdrojov. Nie je možné zabezpečiť stopercentne efektívnu recykláciu materiálu práve tak, ako nie je možné zostaviť perpetuum mobile. Ide však o čo najúčinnnejšiu najefektívnejšiu technológiu v znovuvyužívaní materiálu, pričom sa šetria primárne zdroje a minimalizuje sa znečisťovanie životného prostredia.



**Obr. 8.4** Recyklácia vo výrobnom procese

Využitelnosť jednotlivých druhov odpadu je rozdielna a podmienená technickou vyspelosťou krajiny. Faktory, ktoré bránia dynamickému využívaniu druhotných surovín sú:

- nedoriešená otázka triedenia odpadu
- nedostatočné kapacity pre výskum, rozvoj, výrobu strojov a zariadení na pre triedenie, úpravu, zhromažďovanie a racionálne využívanie a zneškodňovanie odpadu
- chýbajú financie, technické zabezpečenie

Najúčelnejšie je také plánovanie a organizovanie priemyselnej činnosti, ktoré by v podstate modelovalo prírodný obeh látok, tak aby sa zabránilo vzniku odpadu vôbec. Výrobný cyklus je uzavretý a výroba je prakticky bezodpadová. Ideálna bezodpadová technológia však neexistuje, a preto je správnejšie hovoriť o máloodpadovej technológii resp. o minimalizácii strát materiálu a energií v celom cykle od výroby cez spotrebu až po zneškodnenie alebo recyklovanie odpadu.

### 8.1.3 Skládkovanie

Najstarším spôsobom zneškodňovania odpadov je **skládkovanie**. Je to uloženie tuhého odpadu do takého horninového prostredia, aby jeho vplyv na okolité prostredie bol minimálny, aby sa zamedzilo ohrozeniu režimu podzemných vôd a aby boli dodržané hygienické a estetické podmienky v lokalite. Skládkovanie môže byť **suchozemské** alebo **pod vodou** (na dne oceánov – napr. severná časť Atlantického oceánu). Odpady na skládkach podliehajú určitým chemickým, fyzikálnym a biologickým zmenám, napríklad:

- biologickým rozkladom organických látok dochádza k tvorbe zápachajúcich plynov a kvapalín,
- chemická oxidácia látok,
- vylúhovanie organických a anorganických látok do vody – vznik **výluhu** a jeho pohyb cez skládku,
- nerovnomerné usadzovanie materiálov v dôsledku ich rôznej stlačiteľnosti.

Výstavba skládok odpadu podlieha veľmi prísnyim technickým predpisom. V zmysle vyhlášky 283/2001 MŽP SR o vykonaní niektorých ustanovení zákona o odpadoch sa skládky delia na:

- skládky odpadov na inertný odpad,
- skládky odpadov na odpad, ktorý nie je nebezpečný,
- skládky na odpad, ktorý je nebezpečný.

Podľa druhu skládky sa líšia aj technické požiadavky na vybudovanie skládky, na spevnenie a tesnenie dna a svahov. Na tesnenie skládky sa využívajú buď prirodzené izolačné vlastnosti niektorých druhov podložia, ide najmä o ílovité podložie, alebo sa dno skládky izoluje fóliami z polyetylénu. Skládky musia mať vybudované drenážne potrubia a akumuláčn é nádrže na zachytávanie **priesakových kvapalín**, teda kvapalín, ktoré prechádzajú vrstvou odpadu. Takisto **skládkový plyn**, ktorý vzniká pri rozklade niektorých biologických materiálov v skládke, musí byť odvádzaný bezpečným spôsobom zo skládky a musí byť využívaný ako zdroj energie. Skládkové plyny sa začnú tvoriť v priebehu niekoľkých mesiacov od uloženia odpadu na skládku a tvoria sa celé desaťročia. Skládkový plyn pozostáva zo zmesi metánu (asi 50%), oxidu uhličitého a stopových plynov.

#### 8.1.4 Spaľovanie odpadu

Potreba spaľovania odpadov vyplynula z nevyhnutnosti zabrániť šíreniu epidémií. Ani v súčasnosti sa nezaobídeme bez tohto spôsobu zneškodňovania odpadov, pretože niektoré druhy odpadov (napr. odpad zo zdravotníckych zariadení, komunálne odpady...) sa bez tepelnej úpravy nemôžu deponovať na skládkach. Nevýhodou spaľovacej techniky, okrem vysokých investičných nákladov je aj produkcia spalín, ako napr. popolček, oxid uhoľnatý, chlorovodík, fluorovodík, kyanovodík, oxid siričitý, dioxíny... Typ znečisťujúcich látok závisí od druhu spaľovaného odpadu.

Každá spaľovňa odpadu je potencionálnym zdrojom znečistenia ovzdušia. U niektorých zo spomenutých látok boli preukázané karcinogénne alebo toxické účinky. Napríklad dioxíny sú kumulatívne jedy, ktoré sa hromadia v tele človeka, pretože nie je schopné ich vylúčiť. Z tohto dôvodu by každá spaľovňa mala byť vybavená zariadením na čistenie unikajúcich plynov tak, aby neboli prekročené emisné limity.

Teplo, ktoré vzniká pri spaľovaní odpadov, sa môže využívať na ohrev vody a na diaľkové vykurovanie. Medzi ďalšie výhody spaľovania odpadov patrí redukcia objemu odpadov o 80 – 95%, pričom vzniká nereaktívny, inertný popol, ktorý sa ukladá na skládku.

### 8.1.5 Pyrolýza

Pyrolýza je termická deštrukcia (zneškodňovanie) odpadu (hlavne organického odpadu) za neprístupu vzduchu, to znamená, že nedochádza k vznieteniu odpadu, ako je to pri spaľovaní. Pri zneškodňovaní odpadu pyrolytickou metódou sa znižuje riziko vyprchania toxických kovov (ortuti, olova, arzénu, kadmia), vzniká menej spalných produktov a tepelný efekt sa využíva na ohrev vody alebo výrobu elektrickej energie. Medzi ďalšie pyrolýzne produkty patria pyrolýzne oleje, ktoré sa používajú ako vykurovacie palivo a pyrolýzny koks, ktorý sa používa na výrobu aktívneho uhlia. Nevýhodami tohto spôsobu nakladania z odpadmi je jeho malá univerzálnosť a vysoké investičné náklady.

### 8.1.6 Biodegradácia

Odpady, ktoré sa vyznačujú dobrou biodegradabilitou (napr. organický odpad), sa zneškodňujú **kompostovaním** alebo **biodegradáciou**. Biodegradabilita je schopnosť látky podliehať biochemickému rozkladu, ktorý spôsobujú mikroorganizmy. Biodegradácia a kompostovanie sú vlastne biologické metódy, pri ktorých sa využíva metabolická aktivita mikroorganizmov. Mikroorganizmy využívajú organický odpad ako zdroj živín pre tvorbu novej biomasy. Konečným produktom ich metabolizmu sú oxid uhličitý ( $\text{CO}_2$ ) a voda ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Tento proces prebieha samovoľne, ale veľmi pomaly.

## 8.2 Nakladanie s rádioaktívnymi odpadmi

Osobitný režim zneškodňovania si vyžaduje rádioaktívny odpad. Rádioaktívne odpady môžu byť tuhé kvapalné aj plyné a podľa aktivity sa rozdeľujú na nízko-, stredne- a vysokoaktívne. Najväčším zdrojom rádioaktívnych odpadov, z hľadiska objemu a rádioaktivity, sú jadrové reaktory.

Okrem toho rádioaktívny odpad vzniká pri ťažbe rudy, pri výrobe paliva až po prepracovanie vyhoreného jadrového paliva. Z hľadiska ochrany životného prostredia je výhodnejšie zneškodňovanie týchto odpadov v tuhej forme. Pred dopravou a konečným uložením treba vysokoaktívne odpady solidifikovať. **Solidifikácia** je prevedenie rádioaktívneho odpadu do tuhej formy. Obyčajne sa uskutočňuje zatavením odpadu do vhodnej matrice.

Po úpravách paliva sa solidifikačný produkt uloží do špeciálnych nádob, ktoré sa utesnia a tým je pripravený na prepravu a uloženie alebo konečné zneškodnenie. Vyhorené jadrové palivo sa v súčasnosti skladuje v medzisklade

vyhoreného jadrového paliva v Jaslovských Bohuniciach (10 – 50 rokov), kam sa preváža z krátkodobých skladovacích bazénov v hlavnom výrobnom bloku (3 – 10 rokov). Centrálné úložisko rádioaktívneho odpadu v Slovenskej republike je v Mochov-ciach. Ukladá sa tu nízko- a stredneaktívny odpad fixovaný do vhodnej matrice (bitúmen, cement) a zatavený vo vláknobetónových kontajneroch.

Toto úložisko má tiež charakter medziskladu. Trvalé úložisko na Slovensku zatiaľ nebolo vybudované. Medzi odborníkmi je všeobecne akceptovaný názor, že na definitívne uloženie sú vhodné úložné priestory vybudované v hlbinných geologických formáciách, u ktorých sa predpokladá, že v dlhodobom časovom období (viac než sto rokov) nedôjde k zmene zistených geologických podmienok.

### 8.3 Súčasná právna úprava v odpadovom hospodárstve

V súčasnej právnej úprave v odpadovom hospodárstve sú zrejmé aproximačné zámery našej legislatívy s legislatívou Európskej únie v súvislosti s integračnými ambíciami.

V roku 1991 Slovenská republika (ešte v rámci bývalej ČSFR) pristúpila k Bazilejskému dohovoru – Dohovoru o riadení pohybu nebezpečných odpadov cez hranice štátov a ich zneškodňovaní (Basel, 1989), takže právne predpisy takisto zohľadňujú to, že sme sa podpisom zmluvne zaviazali prijať nevyhnutné opatrenia, ktoré zabezpečia, aby nakladanie s nebezpečnými odpadmi a inými odpadmi vrátane ich pohybu cez hranice štátov a zneškodňovania bolo v súlade s ochranou ľudského zdravia a životného prostredia.

Hlavnými trendmi v súčasnej právnej úprave sú:

- znižovanie množstva odpadov uplatnením princípu prevencie,
- preferencia zhodnocovania odpadov pred ich deponovaním na skládkach, zhodnocovanie odpadov všetkými dostupnými spôsobmi,
- využívanie odpadov ako zdroja energie,
- zneškodňovanie odpadov spôsobom, ktorý neohrozuje zdravie ľudí a nezaťažuje životné prostredie.

#### Prehľad legislatívneho zabezpečenia v oblasti odpadov

- Zákon č. 223/2001 Z.z. o odpadoch a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení zákona č. 553/2001 Z.z., zákona č. 96/2002 Z. z., zákona č. 261/2002, zákona č. 393/2002 Z.z., zákona č. 529/2002 Z.z. , zákona č. 188/2003 Z.z., zákona č. 245/2003 Z. z., zákona č. 525/2003 Z. z., zákona č. 24/2004 Z. , zákona č. 443/2004 Z.z., zákona č.

587/2004 Z. z., zákona č. 733/2004 Z.z., zákona č. 479/2005 Z.z., zákona č. 532/2005 Z.z., zákona č.571/2005 Z.z., zákona č. 127/2006 Z. z., zákona č. 514/2008, zákona č. 515/2008 Z z. a zákona č. 519/2008 Z.z.

- Zákon č. 17/2004 Z.z. o poplatkoch za uloženie odpadov v znení zákona č. 587/2004 Z. z. a zákona č. 515/2008 Z z.
- Zákon č. 127/2006 Z. z. o perzistentných organických látkach a o zmene a doplnení zákona č. 223/2001 Z. z. o odpadoch a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov v znení zákona č. 515/2008 Z.z.
- Nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 153/2004 Z. z., ktorým sa ustanovujú záväzné limity a termíny pre rozsah opätovného použitia častí starých vozidiel, zhodnocovania odpadov zo spracovania starých vozidiel a ich recyklácie
- Nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 220/2005 Z.z., ktorým sa ustanovujú záväzné limity pre rozsah zhodnocovania odpadov z obalov a pre rozsah ich recyklácie vo vzťahu k celkovej hmotnosti odpadov z obalov
- Nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 388/2005 Z. z., ktorým sa ustanovujú limity pre zhodnotenie elektroodpadu a pre opätovné použitie a recykláciu komponentov, materiálov a látok
- Vyhláška Ministerstva životného prostredia SR č. 283/2001 Z.z o vykonaní niektorých ustanovení zákona o odpadoch v znení vyhlášky č. 509/2002 Z.z., vyhlášky č. 128/2004 Z. z., vyhlášky č. 599/2005 Z.z. a vyhlášky č. 301/2008 Z.z.
- Vyhláška Ministerstva životného prostredia SR č. 284/2001 Z.z, ktorou sa ustanovuje Katalóg odpadov v znení vyhlášky č. 409/2002 Z. z. a vyhlášky č. 129/2004 Z. z.
- Vyhláška Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky č. 125/2004 Z. z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o spracúvaní starých vozidiel a o niektorých požiadavkách na výrobu vozidiel v znení vyhlášky č. 227/2007 Z.z.
- Vyhláška Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky č. 126/2004 Z. z. autorizácii, o vydávaní odborných posudkov vo veciach odpadov, o ustanovení osôb oprávnených na vydanie posudkov a o overovaní odbornej spôsobilosti týchto osôb v znení vyhlášky č. 209/2005 Z. z.
- Vyhláška Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky č. 127/2004 Z. z o sadzbách pre výpočet príspevkov do Recyklačného fondu, o zozname výrobkov, materiálov a zariadení, za ktoré sa platí príspevok do Recyklačného fondu, a o podrobnostiach o obsahu žiadosti o poskytnutie prostriedkov z Recyklačného fondu v znení vyhlášky č. 359/2005 Z.z.
- Vyhláška Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky č. 135/2004 Z. z. o dekontaminácii zariadení s obsahom polychlóvaných bifenyllov

- Vyhláška Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky č. 208/2005 Z. z. o nakladaní s elektrozariadeniami a s elektroopadom v znení vyhlášky č. 313/2007 Z.z.
- Oznámenie Ministerstva zahraničných vecí SR č. 60/1995 Z.z. o pristúpení Slovenskej republiky k Bazilejskému dohovoru o riadení pohybov nebezpečných odpadov cez hranice štátov a ich zneškodňovaní.
- Oznámenie Ministerstva životného prostredia SR č. 75/2002 Z. z. o vydaní výnosu č. 1/2002, ktorým sa ustanovujú jednotné metódy analytickej kontroly odpadov
- Oznámenie Ministerstva zahraničných vecí SR č. 593/2004 Z.z. o uzavretí Štokholmského dohovoru o perzistentných organických látkach
- Zákon č. 529/2002 Z. z. o obaloch a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení zákona č. 245/2003 Z. z. , zákona č. 525/2003 Z. z., zákona č. 24/2004 Z.z., zákona č. 443/2004 Z.z., zákona č. 587/2004 Z.z., zákona č. 733/2004 Z.z. a zákona č. 515/2008 Z.z.
- Nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 220/2005 Z. z. , ktorým sa ustanovujú záväzné limity pre rozsah zhodnocovania odpadov z obalov a pre rozsah ich recyklácie vo vzťahu k celkovej hmotnosti odpadov z obalov.
- Vyhláška Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky č. 732/2002 Z. z. o zozname zálohovaných obalov, ktoré nie sú opakovane použiteľné, a o výške zálohy za ne a o výške zálohy za zálohované opakovane použiteľné obaly v znení vyhlášky č. 29/2009
- Vyhláška Ministerstva životného prostredia č. 210/2005 Z. z. o vykonaní niektorých ustanovení zákona o obaloch



## Literatúra

- AGENDA 21 (*Ukazovatele trvalo udržateľného rozvoja*). Bratislava: MŽP SR, 1996. ISBN 80-88833-03-5
- ÁGHOVÁ, L. a kol. *Hygiena*. Martin : Osveta, 1993, 268 s. ISBN 80-217-0515-9
- BEBEJ, J. Vplyv komunálnych odpadov na horninové prostredie. *Enviromagazín*, roč. II, 1997 (č. 4), pp. 20-21.
- BEDRNA, Z., VYBÍRALOVÁ, J., PAVLÍČKOVÁ, K. *Alternatívne hospodárenie na pôde*. Bratislava : WEP, 1997, pp. 22 – 24. ISBN 80-967682-1-2
- BÉDI, E., COMPEL, J., SLANINKA, F. *Energetické rezervy Slovenska*. Bratislava: Fond pre alternatívne energie a SZOPK, 1994, 70 p.
- BLAŽEJ, A. a kol. *Chemické aspekty životného prostredia*. Bratislava: Alfa, 1981, 600 p.
- BOTKIN, DB, KELLER, E. A. *Environmental Science. Third Edition*. New York: John Wiley & Sons, INC., 2001. ISBN 0-471-32173-7
- BRANŽOVSKÝ, J. *Chemie životního prostředí*. Ostrava: Pedagogická fakulta v Ostravě, 1980, 386 p.
- CELARIER, E., HOLLANDSWORTH, S. *Radiation and the Atmosphere*. 1999 URL: <http://jwocky.gsfc.nasa.gov/ozone/ozone01.html>
- HORNÍK, S., BUZEK, L., MIČIAN, L. a kol. *Fyzická geografia II*. Praha: SPN, 1986, pp. 109-196.
- HORNÍK, S., CHÁBERA, S., KRÍŽ, H. a kol. *Základy fyzické geografie*. Praha: SPN, 1982, p. 82
- HOUGHTON, J. *Globální oteplování*. Praha: Academia, 1998, 228 s. ISBN 80- 200-0636-2
- HORVÁTHOVÁ – CHMIELEWSKÁ, E. *Čistenie a úprava vôd*. Bratislava: STIMUL, 1995, 81 s. ISBN 80-85697-29-7
- IUCN, UNEP, WWF *Staráme sa o Zem (Stratégia trvalo udržateľného života – súhrn)*. Bratislava: SZOPK, 1991, pp. 3–13
- KOZÚBEK, S., KOZÚBEK, M. *Ozónová díra – ohrožení pro lidstvo?* Brno: CCB, 1993, 96 s. ISBN 80-85825-03-1
- KRIŽÁNI, I., ANDRÁŠ, P. Environmentálne problémy banickej krajiny. *Enviromagazín*, roč. II, 1997 (č. 3), p. 16
- LACKOVIČOVÁ, A., BANÁSOVÁ, V., PIŠÚT, I., RIMAN, J. *Rastliny – bioindikátory znečistenia životného prostredia*. Bratislava: Ústredné metodické centrum MŠaV SR, 1993, 65 p.
- LIPPERT, E., CÍLEK, V., DOBIÁŠOVSKÝ, J. a kol. *Ozónová vrstva Země*. Praha: Vesmír a MŽP ČR, 1995, 160 p. ISBN 80-85368-61-7
- LISICKÝ, M. J. *Ekosozológia (Úvod do problematiky)*. Bratislava: WEP – WW, 1996, 82 p.
- MACHKOVÁ, N. Vývoj ubúdania ozónovej vrstvy. *Enviromagazín*, roč. IV, 1999 (č. 6), p. 24
- MEZŘICKÝ, V. a kol. *Základy ekologické politiky*. Praha: MŽP ČR, 1996. ISBN 80-85368-96-X
- NASA, 1999: Total Ozone Mapping Spectrometer. Microsoft Internet Explorer: <http://jwocky.gsfc.nasa.gov/ozone/ozone01.html>
- NOVÁČEK, P., HUBA, M. *Ohrožená planeta*. Olomouc: Univerzita Palackého, 1994, 203 p.
- POLAŇSKI, A., SMULIKOWSKI, K. *Geochémia*. Bratislava: SPN, 1978. 68-470-78
- SEKO, L. *Nauka o ochrane krajiny*. Bratislava: Vydavateľstvo UK, 1992.
- STOLARSKI, R. *Pollution of the Stratosphere*. 1999. URL: <http://jwocky.gsfc.nasa.gov/ozone/ozone01.html>
- SUPUKOVÁ, M. Znečistenie povrchových a podzemných vôd. *Enviromagazín*, roč. II, 1997 (č. 2), pp. 14-15.

ŠKÁRKA, B., POLÍVKA, L. a kol. *Environmentálna chémia*. Bratislava: STU, 2003. ISBN 80-227-1973-0

TILLING, S. *Ozón a skleníkový efekt*. Praha: TEREZA, 1992, 44 p.

TÖLGYESSY, J. a kol. *Chémia, biológia a toxikológia vody a ovzdušia*. Bratislava: VEDA, 1989, 536 p. ISBN 80-224-0034-3

KLINDA, J., LIESKOVAKÁ, Z. a kol.(Ed.) *Správa o stave životného prostredia Slovenskej republiky v roku 2007*. Bratislava: MŽP SR a SAŽP, 2007. ISBN 978-80-88833-50-5

WITTLINGER, V., KOTRAS, P. *Technika a životné prostredie*. Bratislava: STU, 1999, 139 s. ISBN 80-227-1179-9

WCED. *Naše spoločná budúcnosť*. Praha: Academia, 1991, 300 p.

ŽIAK, L. Osud ozónovej vrstvy nám nie je ľahostajný. *Enviromagazín*, roč. II, 1997 (č.4), pp. 4-5.