



Výukový program:
Environmentální vzdělávání

Modul 1: Ochrana životního prostředí

autor:

prof. Ing. Miroslav Herčík, CSc.
prof. Ing. Vojtech Dirner, CSc.

recenzent:

doc. Ing. Ján Kret, CSc.

redakce:

Mgr. Milada Rolčíková

1 Ochrana životního prostředí

1.1 Ochrana a znečišťování životního prostředí

1.1.1 Jaký je významový rozdíl mezi ekologií a životním prostředím?

Životní prostředí je jen aplikovanou částí ekologie a zahrnuje soubor vnějších faktorů prostředí, ve kterém člověk žije a které na něho působí. Uvedme alespoň několik užívaných definic:

Životní prostředí je soubor přírodních, umělých a sociálních složek světa, které jsou (nebo mohou být) v bezprostředním styku s člověkem.

Životní prostředí je ta část světa, s níž je člověk ve vzájemné interakci, čili kterou využívá, ovlivňuje a které se přizpůsobuje (WIK 1967).

Životní prostředí je vše, co vytváří přirozené podmínky existence organismů včetně člověka a je předpokladem jejich dalšího vývoje. Jeho složkami jsou zejména ovzduší, voda, horniny, půda, organismy, ekosystémy a energie. (§ 2 zákona č. 17/1992 Sb., o ŽP).

Při definování životního prostředí je důležité pojetí, koho je a komu má toto „prostředí“ sloužit. Zásadně existují dva pohledy:

- biocentrický (příroda a člověk je jen její součástí);
- antropocentrický (příroda slouží především člověku).

Z uvedeného je zcela zřejmé, že při definování ŽP jako praktické části ekologie převládá pojetí antropocentrické.

Při užití termínu „životní prostředí“ nás vždy napadne, *či životní prostředí máme na mysli, zda člověka nebo jiného živočicha*. Lépe a výstižněji by z pohledu všech organismů vyhovovalo užití výrazu „prostředí“, resp. „okolního prostředí“. Tento rozpor a logický významový nesoulad vznikl pravděpodobně v 70. letech dvacátého století nesprávným přeložením tohoto slova jeho prvními uživateli. Ve světových jazycích není nikde užitó adjektivum „životní“. Pro okolní prostředí existuje obvykle zvláštní specifický výraz¹ (*anglicky environment, německy umwelt, francouzsky environnement, rusky okružajuščaja sreda*), který není totožný s jiným prostředím (fyzikálním, chemickým atd.).

1.1.2 O čem pojednává obor ekologie?

Ekologie je biologická disciplína, **věda o prostředí**. Ekologii dělíme podle oblasti, kterou sleduje, na:

¹ Přejímání cizích slov s mezinárodním významem (zejména anglických) není dnes žádnou zvláštností a zasáhlo i oblast životního prostředí. Stále více je dvojslovní výraz pro životní prostředí nahrazován anglickým „environment“. Běžně všichni rozumíme a chápeme, co znamená spojení slov jako environmentální hodnocení, environmentální inženýrství atd. Nutno dodat, že adjektivum „environmentální“ není významově totožné s adjektivem „ekologický“. Konečně na závěr této poznámky jedna otázka. *Je možno obor pojednávající o životním prostředí nazvat jedním slovem?* Asi těžko. U anglického slova environment to lze - řekneme například environmentologie nebo environmentalistika a všichni víme, oč se jedná.

- autekologii (závislost druhu na prostředí a jejich vzájemné vztahy);
- demekologii (závislost populace na prostředí a jejich vzájemné vztahy);
- synekologii (závislost společenstva na prostředí a jejich vzájemné vztahy).

S termínem „**ekologie**“ se setkáváme poprvé v historii biologických věd v roce 1869, kdy ho použil německý filozof a biolog ERNST HAECKEL (1834 – 1919). Ekologii definoval jako vědu o vztazích organismů k okolnímu světu. O sto let později ODUM (1966) formuloval ekologii již moderněji jako vědu o struktuře a funkci přírody, přičemž se rozumí, že lidstvo je součástí této přírody. V současné době je nejvíce používána definice, že **ekologie je věda o vztazích mezi organismy a jejich prostředím** [4, 25].

Slovo ekologie vzniklo z řeckého slova *oikos* (prostředí, ale též dům, domácnost) jako předpona ke slovu *logos* (znamenající vědu). Na rozdíl od ekonomie, kde bylo spojeno se slovem *nomos* (pravidlo). Znamená to tedy, že ekologie řeší, podle jakých vědeckých poznatků a vztahů v našem domě žijeme, kdežto ekonomie udává pravidla, podle kterých v našem domě musíme žít, hospodařit.

Ekologie je věda, která studuje vztahy mezi organismy a jejich prostředím. Podrobně studuje vztahy a chování mezi jedinci, populacemi a konečně celého společenstva (biocenózy). Pojednává o ekosystémech, trofických strukturách ekosystémů, předávání energie, potravních řetězcích a konečně o vzájemném ovlivňování a působení organismů a prostředí.

Někdy je oboru ekologie vytýkáno, že není vědním oborem, protože převzal řadu souvislostí a zákonitostí z biologie, botaniky, chemie, fyziky atd. Takové názory jsou nesprávné. Vědní obor ekologie zcela prokázal a potvrzuje svoje opodstatnění. Poznatky z ekologie jsou v současné době široce využívány a význam ekologie neustále vzrůstá. Slova „ekologie“ a „ekologický“² patří dnes mezi nejčastěji užívaná slova ve sdělovacích prostředcích, projevech, konferencích, prognózách, učebnicích atd.

1.1.3 V čem spočívá ochrana a tvorba životního prostředí?

Životní prostředí – přesněji životní prostředí člověka (uvažováno antropocentricky) je chápáno z různých aspektů, a proto neexistuje dosud jednotná, všeobecně platná a uznávaná definice. To vše však již bylo podrobně rozvedeno v předcházející ekologické části. Nejlépe pojem životního prostředí vystihuje již uvedená legislativní definice našeho prvního zákona o životním prostředí č. 17/1991 Sb., která zní následovně: **Životní prostředí je vše, co vytváří přirozené podmínky existence organismů včetně člověka a je předpokladem jejich dalšího vývoje. Jeho složkami jsou zejména ovzduší, voda, horniny, půda, organismy, ekosystémy a energie.**

² Význam obou slov „ekologie“ a „životní prostředí“ je často velmi diletantsky zaměňován (např. ekologie města, ekologické domy, ekologie ocelárny, ekologické vlastnosti strojů atd.). Vždy je třeba si uvědomit, že ekologie je integrovaná věda, která vertikálně propojuje poznání o rostlinných a živočišných složkách ekosystémů včetně člověka, o mikroorganismech a jejich vztazích a funkcích, o vzájemném působení a vlivu prostředí na život organismů. Proto všichni ti, kteří hovoří a oznamují, že zlepší ekologii Prahy, svého obvodu, nádraží či dokonce automobilu, toho zřejmě moc o ekologii a životním prostředí nevědí. Když už chceme za každou cenu použít pro zdůraznění významu svého počínání slovo „ekologie“, pak raději ve tvaru přídavného jména (adjektiva) jako např. ekologický přístup, ekologické chování, ekologický provoz automobilu atd.

Z předcházejícího textu je zcela zřejmé, že pojednat o životním prostředí v celé jeho šíři, vzhledem k jeho rozsáhlosti, je téměř nemožné. Proto je tato problematika obvykle rozložena do jednotlivých základních složek prostředí, kterými jsou ochrana ovzduší, vod, horninového prostředí a půd, znečišťování odpady a fyzikálními vlivy. V následujících textech se proto přidržíme tohoto členění a podrobně pojednáme o jeho základních složkách.

Péče o životní prostředí má různé formy. Za základní se považuje:

- **ochrana** životního prostředí před negativními účinky lidských činností i před nežádoucím působením přírodních jevů;
- **tvorba** životního prostředí spočívající v cílevědomých zásadách a formování podle potřeb člověka a přírody.

Ochrana i tvorba prostředí, respektive životního prostředí, jsou tedy dílčími, zvláštními formami péče o životní prostředí a neměly by být vzájemně zaměňovány [3].

Naše životní prostředí nepříznivě ovlivňují a znečišťují některé látky či sloučeniny, které se do životního prostředí dostávají ať už naší lidskou zásluhou nebo následkem přírodních dějů. Jejich účinek na životní prostředí může být indiferentní (bez účinků), někdy dokonce i příznivý. Někdy se však chovají nepříznivě, nepřátelsky k našemu životnímu prostředí. V tomto případě tyto látky označujeme jako **znečišťující látky** a z pohledu děje jako **znečišťování prostředí**. Pod tímto pojmem **znečišťující látky** (dále jen ZL) jsou označovány tuhé, kapalné a plynné látky, které přímo, anebo po chemické či fyzikální změně, nebo po spolupůsobení s jinou látkou, nepříznivě ovlivňují životní prostředí, a tím ohrožují a poškozují zdraví lidí, ostatních organismů nebo majetek.

1.1.4 Jak rozdělujeme znečišťující látky?

Znečišťující látky jsou hmotné látky, které nepříznivým způsobem ovlivňují životní prostředí. Nepříznivé ovlivňování se může projevovat různými způsoby, např.:

- škodami na zdraví lidí a zvířat;
- poškozováním prostředí (nebo některé jeho složky);
- obtěžováním okolí, zhoršením pohody prostředí (pachem, snížením viditelnosti atd.).

Nejčastěji se ZL rozdělují podle:

- skupenství;
- chemického složení;
- míry škodlivosti (nebezpečnosti, rizikovosti).

Z hlediska chemického složení se ZL rozdělují do skupin podle sloučenin jednotlivých prvků. Mezi nejčastěji se vyskytující patří sloučeniny síry, dusíku, uhlíku a sloučeniny, které obsahují halogenové prvky, jak je patrné z následujícího přehledného rozdělení v *tab. 1.1*.

Z uvedeného rozdělení znečišťujících látek podle chemického složení vyplývá, že převažují sloučeniny organické. Obdobně je tomu i s výskytem uhlovodíků – organických sloučenin v našem životě, průmyslu, v přírodě, tedy v celém našem životním prostředí. Odhaduje se, že lidstvo pro svoji potřebu vyrábí v současnosti okolo 100 000 chemických látek a každým rokem jich přibývá. Do životního prostředí nevstupují jenom vyráběné látky,

ale velký počet látek, které se nevyrábějí, ale vznikají jako doprovodné složky chemických přeměn a dějů. Výskyt organických sloučenin v našem prostředí je obrovský, téměř nepopsatelný. Rozmanité je i jejich působení, od pozitivního vlivu až po vysoce negativní účinek. Nutno ještě poznamenat, že ZL se do složek životního prostředí nedostávají pouze zásluhou naší lidské činnosti (antropogenní), ale velké množství rozmanitých ZL vytváří sama příroda. Pocházejí z přírodních procesů (sopečná činnost, eroze, lesní požáry, rozkladné a hnilobné procesy atd.).

Tab. 1.1 Rozdělení znečišťujících látek podle chemického složení

Sloučeniny síry ↗ ↘	anorganické	oxidy síry (SO ₂ , SO ₃), kyselina sírová, sulfan, siřičky, sirouhlik
	organické	merkaptany, organické siřičky
Sloučeniny dusíku ↗ ↘	anorganické	oxidy dusíku (N ₂ O, NO, NO ₂), kyselina dusičná, amoniak, kyanovodík
	organické	aminy, peroxidusičnany, peroxyacylnitráty (PAN)
Sloučeniny kyslíku ↗ ↘	anorganické	ozon
	organické	oxiradikály
Sloučeniny uhlíku ↗ ↘	anorganické	oxidy uhlíku (CO, CO ₂)
	organické	alifatické uhlovodíky (nafta, benzin, petrolej, minerální oleje), aromatické uhlovodíky (benzen, toluen, xylen, PAU), alkoholy, fenoly a velké množství dalších organických sloučenin
Sloučeniny halogenované ↗ ↘	anorganické	halové prvky (F, Cl, Br) a jejich kyseliny (HF, HCl, HBr)
	organické	halogenované uhlovodíky (DDT, PCB, PCDD, PCDF, freony, halony atd.)
Sloučeniny ostatních prvků		zejména sloučeniny rizikových prvků (kovů) jako As, Cd, Hg, Pb atd.

1.1.5 Jak posuzujeme znečišťující látky podle jejich vlastností?

Znečišťující látky jsou rovněž členěny podle jejich škodlivosti, míry nebezpečnosti, podle možného rizika pro lidské zdraví, pro přírodu, pro naše životní prostředí. Rozdělovány jsou do kategorií, do skupin podle jejich shodných vlastností a chování. Mezi tyto kategorie patří:

- akutní toxicita – vyvolává příznaky okamžité otravy po krátkodobé expozici;
- chronická toxicita – jiná systémová poškození organismu, než je vznik zhoubných nádorů po dlouhodobých expozicích;
- environmentální toxicita – nežádoucí účinky na faunu a flóru, narušení stability ekosystémů;
- karcinogenita – schopnost některých chemických látek vyvolávat a podporovat vznik zhoubných nádorů;
- mutagenita – poškození genů a chromozomů v důsledku mutací, které je trvalé a přenáší se v rámci reprodukce na další generaci;
- teratogenita – poškození plodu v průběhu těhotenství, vznik vrozených vývojových vad;

- perzistence – přetrvávání chemických látek v životním prostředí;
- bioakumulace – hromadění látek v živých organismech.

Mezi další významné vlastnosti znečišťujících látek, které mohou zvýšit jejich nebezpečnost, patří:

- rozpustnost ve vodě;
- mobilita (pohyb) v půdě;
- volatilita (těkavost).

1.1.6 Jak hodnotíme toxicitu znečišťujících látek?

Toxicita znamená jedovatost, schopnost látky vyvolat otravy. Toxické látky obvykle dělíme podle účinku na jednotlivé orgány nebo orgánové systémy. Rozeznáváme potom toxické účinky látek na krev a krvetvorbu, játra, ledviny, centrální a periferní nervovou soustavu, imunitní systém atd.

Určení smrtelné dávky (dosis letalis – LD) pro jednotlivé toxické látky pro člověka je velmi obtížné (pouze odhady u náhodných průmyslových otrav, sebevražd apod.), údaje se v literatuře značně liší. Mnohem častěji proto používáme údaje zjištěné na souboru zvířat. Dávku, při níž uhynie 50 % pokusných zvířat, označujeme jako LD₅₀ – střední smrtelnou dávku. Vyjadřujeme ji obvykle v mg na kg živé hmotnosti zvířete (další užití indexy znamenají R – rattus (potkan), p.o. nebo o – podáno ústy). Mezi látky (sloučeniny s vysokou toxicitou vR₀LD₅₀ v mg/kg) podle J. MARHOLDA (1986) patří:

Pb(NO ₃) ₂	270
DDT	100
KCN	10
strychnin	2
aflatoxin	0,028
dioxin (TCDD)	0,001
tetanotoxin	0,000 08
botulotoxin	0,000 01

Mnohé toxické látky v malých dávkách nevyvolávají biologický efekt. Při opakovaném dávkování a působení však dochází k chronickým otravám, protože jejich vylučování a toxické působení je pomalé, látky se postupně hromadí v organismu. V tomto případě se jedná o chronickou toxicitu.

Pro toxické látky nejvíce se vyskytující v biosféře, v našem životním prostředí, se stanovují hygienické limity a označují se jako **nejvyšší přípustné koncentrace**. NPK jsou stanoveny nejen pro ovzduší, ale pro pitné a povrchové vody, potraviny, půdy, kaly atd. Tyto nejvyšší přípustné koncentrace (limity) mohou být závazné, orientační nebo doporučené. Tyto limity jsou stanoveny a vyhlášeny nařízením vlády, vyhláškou příslušných ministerstev nebo hygienikem ČR.

1.1.7 Jak se chovají genotoxické látky?

Do skupiny genotoxických ZL zařazujeme takové látky, které postihují především genetický materiál buněk. Mohou vyvolat nádorové bujení, buněčné poškození genové nebo chromozomové mutace atd. Tyto látky mohou mít účinek:

- karcinogenní;
- mutagenní;
- teratogenní;
- embryotoxický atd.

Karcinogenita³. Látky s karcinogenním účinkem jsou takové látky, které mohou vyvolat nádorové bujení.

Podle účinku rozeznáváme látky s prokázaným karcinogenním účinkem (označovány jsou jako prokázané chemické karcinogeny) nebo látky pouze s podezřelými účinky (označovány jsou jako podezřelé chemické karcinogeny). Karcinogenní účinky byly prokázány u některých PAU, vinylchloridu, berylia, kadmia, chromu (v šestimocné formě), niklu, arzenu atd.

Prokazování karcinogenních účinků je mnohem obtížnější než prokázání a stanovení LD₅₀, NPK (limitu) u látek toxických. Karcinogenní látky nemají na rozdíl od látek toxických prahový účinek. Teoreticky jedna molekula této látky může vyvolat nádorové bujení. Z tohoto důvodu požadavek na nulovou limitní koncentraci by byl správný, ale prakticky nedodržitelný. Proto při stanovení NPK (limitů) se vychází z teorie společensky přijatelného rizika. Vychází ze zjištění a stanovení výskytu onemocnění z určitého množství exponovaných osob, z frekvence onemocnění z určitého souboru exponovaných lidí, a to v určitém časovém období. Např. počtu výskytu nádorového bujení při koncentraci celoživotní expozice 1 µg/m³ karcinogenní látky. V současné době se užívá pojmu **karcinogenní jednotka**, která je definována předpokládaným počtem úmrtí lidí na 10 000 obyvatel po sedmdesátileté denní expozici při koncentraci 1 µg/m³. U benzo(a)pyrenu je karcinogenní jednotka udávána v literatuře počtem 6 až 9, u arzenu 40, u kadmia 20 atd.

Mutagenita. Mutagenní látky způsobují genové a chromozomové mutace, mohou způsobit až vývojové změny genotypu. Mění tedy genetické (dědičné) vlastnosti jedinců. Obvykle existuje velmi úzká souvislost mezi mutagenním a karcinogenním působením některých chemických látek (oxid kademnatý, chromany, nikl, PCDD, PCDF atd.)⁴.

Teratogenita. Teratogenní účinky se projevují u některých látek, jestliže škodlivina zasáhne zárodek v nitroděložním stadiu vývoje. Tyto látky vyvolávají vady nebo abnormality v postnatálním (poporodním) vývoji potomstva. Vyvolané poruchy nejsou spojeny se změnami genotypu a nejsou přenášeny na další pokolení. V literatuře jsou popsány teratogenní účinky metylrtuti, sloučenin arzenu, kadmia, chromu, lithia a olova atd.

³ Častěji používáme výrazu karcinogenní látky (od řec. **karcinoza**, **karcinom** – rakovina, nádor rakovinný, zhoubný), méně častěji kancerogenní látky (od lat. **kancer** – nádor stejného původu, ale též rak a souhvězdí Raka). Oba výrazy, karcinogenní i kancerogenní, jsou tedy shodná synonyma. Pro úplnost je ještě třeba dodat, že se v lékařské praxi setkáváme s pojmy onkologie, onkogenní. Oba vycházejí z řeckého základu onkos – nádor.

⁴ Škodliviny, které vykazují genotoxické vlastnosti, patří mezi nejobávanější a nejvíce sledované ZL v životním prostředí. Obvykle tyto škodliviny působí v celé šíři a vykazují více vyjmenovaných genotoxických účinků (např. PAU, PCDD, PCDF atd.).

Z předcházejícího textu je zcela zřejmé, že vyhodnocení účinku genotoxických látek, na rozdíl od látek pouze toxických, je velmi pracné a k jejich výpočtům je zapotřebí nesmírně rozsáhlý a dlouhodobý statistický soubor dat obyvatel. Je však nutné připomenout, že otázky a pochybnosti vyvolává i zjištěný výsledek. Ani on neuvádí, jakou pravděpodobnost lze ještě považovat za únosnou, za zdravotně bezpečnou, za hranici rizika.

1.1.8 Jaký je rozdíl mezi toxicitou a ekotoxicitou?

Ekotoxické vlastnosti patří vedle fyzikálně-chemických vlastností chemických látek mezi nejvýznamnější, ale také mezi nejsložitější faktory jejich hodnocení [3].

Toxicitu chemických látek ve vztahu k jejich aplikovanému množství (dávce) a účinku vyjadřujeme vztahy

LD₅₀, LOAEL, NOAEL, ADI.

Ekotoxicitu (environmentální toxicitu) chemických látek pak vyjadřujeme vztahy k jejich koncentraci

LC₅₀, LOEC, NOEC.

LC₅₀ hodnota (střední letální koncentrace) – koncentrace, u které je očekáváno, že způsobí smrt u 50 % testované populace.

LOEC (lowest observed effect concentration) – **nejnižší** koncentrace, u které byl pozorován statisticky významný účinek na testovaný organismus.

NOEC (no observed effect concentration) – **nejvyšší** koncentrace, u které nebyl pozorován žádný účinek na testovaný organismus. Je to nejvyšší koncentrace pod LOEC.

Pro stanovení bezpečných koncentrací chemických látek, které nepředstavují žádné riziko nepříznivých vlivů v ekosystémech, používáme vztahu tzv. **referenční koncentrace (RfC)**⁵:

$$RfC = \frac{NOEC (LOEC)}{UF \cdot MF}, \quad (1.1)$$

kde

- UF (uncertainly factor) – faktor nejistoty, který vyjadřuje nejistotu vyplývající z rozdílné senzitivity (citlivosti) populace a nepřesnosti zjištěných experimentálních dat. UF nabývá hodnot násobků deseti (10, 20, 30, ..., 10 000).

⁵ Ukažme si použití vztahů pro vyjadřování toxicity na příkladu velmi jedovatých dioxinů (PCDD). Pro přijatelnou denní dávku ADI stanovila v roce 1990 Evropská komise Světové zdravotnické organizace (WHO) hodnotu 135 pg TE. V tomto případě TE představuje ekvivalentní toxicitu směsi dioxinů přepočtenou na oxicitu TCDD (tetrachlordibenzo-p-dioxinu), viz podrobněji v otázce 12. Později byla jako neškodná dávka pro všeobecnou toxicitu NOEL stanovena hodnota 100 pg na 1 kg tělesné hmotnosti denně. Vzhledem k dosud nedostatečným znalostem o účincích na životní funkce člověka byl přijat bezpečnostní faktor (MF) deset. Přijatelná denní dávka pro dioxiny je v současné době tedy 10 pg TE/kg tělesné hmotnosti.

- MF (modifying factor) – modifikující faktor, který vyjadřuje obecně jakoukoliv další formu nejistoty. MF nabývá hodnot 1 – 10.

Obdobně podle uvedené rovnice jsou vyčíslovány hodnoty **referenční dávky RfD**. Místo hodnoty NOEC je používána hodnota nejvyšší bezpečné dávky NOAEL (*no observed adverse effect level*) a hodnota nejnižší dávky, u které byl pozorován sledovaný účinek LOAEL (*lowest observed adverse effect level*). Hodnot referenčních dávek se používá zejména při hodnocení vlivu chemických látek metodou odhadu rizik, pro metody risk assessmentu.

1.1.9 Co rozumíme pod pojmem perzistence a bioakumulace?

Součástí našeho životního prostředí je velké množství organických sloučenin. Tyto sloučeniny mohou vznikat z přírodních nebo antropogenních procesů a zdrojů. Vzhledem k tomu, že neustále přibývá těchto látek z lidské činnosti (zejména průmyslové) a často mají tyto látky toxické a genotoxické vlastnosti, je tato problematika v současné době velmi aktuální a závažná pro ŽP. Mnohé z těchto látek jsou odolné vůči rozkladu **termickému, chemickému, fotochemickému a také biologickému**. Na základě své **perzistence (stálosti)** mají schopnost se kumulovat v biotických a abiotických složkách prostředí.

Pro perzistentní organické sloučeniny je charakteristické, že se velmi pomalu rozkládají, a tím dlouhodobě přetrvávají v prostředí. Mají schopnost **bioakumulace**. Hromadí se postupně v malých objemech v živých organismech a pak je dlouhodobě a nenápadně ovlivňují. Obdobně mohou být akumulovány v sedimentech, v jezerech či jinde v ŽP. Perzistentní organické sloučeniny se dostávají do prostředí a šíří se v něm obvykle velice složitými způsoby, především vzduchem.

Pro hodnocení a posuzování nebezpečnosti vlivu chemických látek na přírodu (*ekosystémy*) používáme v podstatě tři následujících kritérií, jsou to:

- environmentální toxicita (*ekotoxická*) – nežádoucí účinky (*jedovatost*) na živé organismy, faunu, flóru;
- perzistence – přetrvávání v životním prostředí;
- bioakumulace – hromadění v životním prostředí.

Perzistentní organické sloučeniny označujeme jako **POC** nebo častěji jako **perzistentní organické polutanty – POP**. Mezi tyto organické sloučeniny jsou zařazovány především polycyklické aromatické uhlovodíky (*PAU*) a halogenované organické látky, mezi ně patří chloralkany, chloralkeny a chlorované benzeny, fenoly, bifenyly, dibenzo-p-dioxiny a dibenzofurany. Početnou další skupinu tvoří některé pesticidy, zejména chlorované insekticidy (DDT, hexachlorcyklohexany, hexachlorbenzen, aldrin atd.).

Nebezpečnost POP se pro ŽP hodnotí podle následujících kritérií:

- doby perzistence;
- napětí (tenze) par;
- schopnosti bioakumulace;
- toxicity (podle karcinogenních, mutagenních a teratogenních vlastností);
- expozice (způsob jejich použití a využívání a objem produkce).

Pro posouzení **stupně bioakumulace** chemických látek a k vyhodnocování jejich hromadění v ŽP používáme obvykle různých fyzikálně-chemických metod (*faktorů*). Tyto faktory obvykle stanovují snadnost nebo obtížnost přechodu (*distribuce*) chemických látek v jednotlivých složkách životního prostředí. Používány jsou dělicí koeficienty voda – vzduch, oktanol – voda, půda – vzduch, koeficient adsorpce na organický uhlík a konečně i bioakumulační faktor. Mezi nejvíce používané patří:

- **rozdělovací (dělicí) koeficient oktanol/voda (K_{ow})**. Tento koeficient je definován jako poměr koncentrace chemické látky v oktanolové fázi (organickém rozpouštědle) k její koncentraci ve vodní fázi v dvoufázovém systému oktanol – voda. Tento koeficient se stal nejvýznamnějším ukazatelem chování organických chemických látek v ŽP. Čím větší je hodnota K_{ow} , tím větší je tendence organických látek adsorbovat se na půdu obsahující určité množství organického uhlíku. Vyšší K_{ow} také obecně indikují schopnost chemické látky akumulovat se v tukové tkáni.
- **biokoncentrační faktor (BCF)**. Tento faktor vyjadřuje poměr mezi koncentrací látky v organismu nebo v celém těle (např. ryby) nebo specifické tkáni (např. tukové) ke koncentraci ve vodě za rovnovážných podmínek, tedy:

$$BCF = \frac{\text{koncentrace v biotě}}{\text{koncentrace v okolním prostředí}} = \frac{\mu\text{g látky/g bioty}}{\mu\text{g látky/g složky prostředí}} \quad (1.2)$$

kde

- biota může být např. ryba;
- prostředí, např. povrchová voda.

Akumulace chemických látek ve vodních organismech je zvláště významná s ohledem na nebezpečnost těchto látek pro ekosystémy a zdraví člověka. BCF může mít hodnoty od 1 až do 10^6 . Látky, které mají BCF větší než 1, jsou potenciálně bioakumulovatelné. BCF vykazují hodnotu > 100 jsou pro ŽP už rizikové.

Poznámka

V prosinci roku 1948 dostal ve Stockholmu švýcarský chemik PAUL MÜLLER Nobelovu cenu za objev, který okamžitě nepřímě zachránil miliony lidských životů. Tuto cenu dostal za to, že u téměř sedmdesát let známé chemikálie DDT (dichlor difenyl trichlorethan) objevil zázračné insekticidní vlastnosti. Tento pesticid – insekticid ničil hmyz neuvěřitelnou rychlostí a intenzitou. Není tedy pochyb o jeho masovém rozšíření ve 2. světové válce, kdy zachránil nevyčísitelné množství spojeneckých vojáků, kteří by zemřeli na infekční choroby přenášené hmyzem. Tento objev a účinky se srovnávaly v té době s vynálezem atomové zbraně. Jeho uplatňování se velmi rozšířilo v poválečných letech. Ve velkém množství se tohoto insekticidu začalo používat v domácnostech a v zemědělství na hubení hmyzu a škůdců. Produkce potravin se zvětšovala a jeho sláva stoupala. DDT se dokonce začalo používat v lékařství (proti svrabu, roupům atd.). Starší generace jistě budou pamatovat, že DDT bylo prodáváno v půl a kilových baleních téměř ve všech drogeriích. Bez jeho použití se neobešla žádná domácnost, zejména na venkově.

Postupně se však začaly projevat i negativní stránky jeho působení. Objevily se první známky jeho perzistence v ŽP a obrovské schopnosti bioakumulace v živých organismech. Jeho hromadění v živých organismech dosáhlo takových koncentrací, že znemožňovalo rozmnožování některých živočišných druhů. Dospělo to tak daleko, že v roce 1972 bylo používání DDT v USA zakázáno, o tři roky později i u nás. Dnes je jeho výroba a používání zakázána téměř ve všech státech světa. Obdobný osud potkal i jiné „zázračné chemické látky“, např. PCB. Jejich vynález, zejména pro jejich využití v průmyslu, byl převratný a záhy se ukázala jejich nesmírná škodlivost spočívající v jejich perzistenci a bioakumulaci. Jejich kumulace v živých organismech svým neopomenutelným dílem přispěla k rozšíření civilizačních poruch zdraví – oslabení imunity, snížení plodnosti, ale i genotoxicky, zejména v nádorových onemocněních.

1.1.10 Co představuje zkratka ADI?

Jak již bylo uvedeno v předcházejícím textu, v základních složkách životního prostředí (ovzduší, voda, půda) se vyskytuje mnoho různých látek. Tyto látky – cizorodé látky (CL) se dostávají do lidského organismu vdechováním, pitnou vodou a potravou. Cesty vstupu CL do lidského organismu někdy dělíme podle toho, kterými orgány se do našeho těla dostávají. Pak rozlišujeme vstup orální (ústy), dermální (kůži) a inhalační (dýchacím ústrojím). Podle vlivu CL na lidský organismus je rozděluje na:

- látky, které průkazně poškozují zdraví (toxiny, dusičnany, dusitany, olovo, rtuť, PCB, dioxiny atd.);
- látky, které mohou ohrozit zdraví při překročení jejich přípustné dávky (tuky, sůl, alkohol atd.).

Přípustný denní příjem označujeme zkratkou **ADI** – acceptable daily intake. Jak ukazuje *tab. 1.2*, předpokládané vyčerpání přijatelné denní dávky, stanovené Světovou zdravotnickou organizací, je v naší populaci značně vysoké a u některých látek (tuky, sůl, b(a)p) dokonce překračuje 100 %.

V současné době se zvláštní pozornost z hlediska životního prostředí, z hlediska CL, obrací na látky nazývané **toxiny**. Jsou to látky se schopností vyvolat tvorbu protilátek. Tyto vyvolané protilátky nazýváme **antitoxiny**. Toxiny jsou produkovány a vylučovány bakteriemi (*bakteriální toxiny*), hmyzem, plazy a jinými živočichy (*zootoxiny*), rostlinami (*fytotoxiny*), houbami a plísněmi (*mykotoxiny*).

Tab. 1.2: Předpokládané čerpání přijatelné denní dávky ADI v naší populaci

Cizorodá látka	ADI = 100 % [mg/osoba (60 kg)]	čerpání, podle WHO [%]
DDT	0,3	30 - 40
Arzén	3	40 - 50
Rtuť	0,042	60 - 70
Dusičnany (jako NaNO ₃)	300	90 - 100
Olovo	0,5	90 - 100
Polychlorované bifenyly	0,06	90 - 100
Kadmium	0,05 - 0,07	90 - 100
Benzo(a)pyren	0,002 - 0,003	110 - 120
Tuky	60 000	>> 100
Sůl	8 000	>> 100

Vedle PCB, b(a)p, dioxinů atd. patří **mykotoxiny** mezi ty CL, které vážně ohrožují zdraví lidí a zvířat. Do současné doby bylo stanoveno a izolováno a chemicky stanoveno více než 300 mykotoxinů produkovaných 350 druhy plísní. Mezi zvláště nebezpečné pro lidi patří aflatoxiny, ochratoxin A, T₂-toxin, zearalenon a další. Zvláštní významné postavení zaujímají aflatoxiny. Tyto velmi nebezpečné mykotoxiny vznikají při nesprávném uskladňování a přípravě krmiv a potravin (*teplota a vlhkost*). Vzniklé plísně napadají všechny druhy obilovin, olejnin, kávové a kakaové boby, koření atd. Tím se dostávají vzniklé mykotoxiny

do potravinového řetězce. Vzniklé aflatoxikózy nepostihují jenom hospodářská zvířata, ale i lidi, zejména však děti, zvířecí mláďata (desetkrát větší účinnost). Účinek aflatoxinů je karcinogenní, teratogenní a mutagenní. Povolený limit aflatoxinů u poživatin pro lidskou potřebu je 5 µg/kg (pro kojeneckou výživu 0,1 µg/kg).

1.1.11 Co všechno víme o karcinogenních polyaromátech?

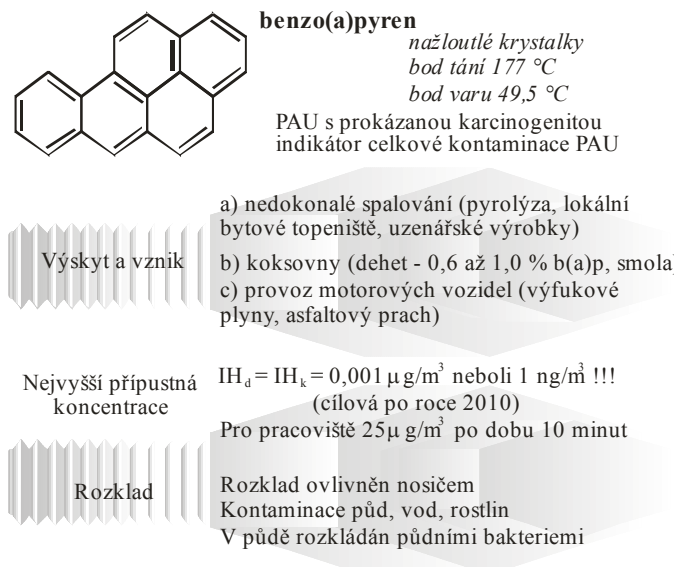
Z organických sloučenin mají, s ohledem na poškozování našeho prostředí, největší význam podle množství a míry jejich nebezpečnosti bezesporu aromatické uhlovodíky, vyskytující se jako polyaromáty. **Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU, německy PAKW, anglicky PAH)** patří v současné době mezi velmi rozšířené a vzhledem ke svým genotoxickým vlastnostem mezi velmi obávané a sledované znečišťující látky [9].

Aromatické uhlovodíky tvoří zvláštní skupinu cyklických uhlovodíků. Jejich pojmenování spadá do počátku organické chemie, kdy se do této skupiny zařazovaly uhlovodíky s výraznou vůní. Dnes do této skupiny patří uhlovodíky obsahující v molekule benzenový kruh (benzenové jádro). Benzen je tedy nejjednodušší aromatickou sloučeninou. Polycyklické aromatické uhlovodíky – PAU - vznikají kondenzací dvou a více benzenových jader. Nejjednodušším případem je kondenzace benzenových jader lineárně uspořádaných (benzen, naftalen, antracen, tetracen atd.). Benzenová jádra mohou být však různě substituována, což vede k nesmírné rozmanitosti PAU. S počtem benzenových jader roste i počet izomerů. Pro čtyřjaderné PAU známe pět izomerů a pro pětijaderné PAU je počet izomerů již dvanáct. PAU se v životním prostředí nevyskytují jednotlivě, ale tvoří vždy složitou směs se širokým rozsahem molekulových hmotností, tedy PAU_s.

PAU jsou za normálních podmínek tuhé látky, většinou bezbarvé, bílé nebo žluté. Jejich fyzikálně-chemické vlastnosti se mění podle molekulové hmotnosti. S jejím růstem se zvyšuje bod tání, varu, lipofilita (usazování v tukových tkáních). PAU s nižší molekulovou hmotností jsou proto v prostředí pohyblivější, vyšší PAU jsou téměř nerozpustné ve vodě. PAU jsou v přírodním prostředí poměrně stabilní, vykazují perzistentní vlastnosti. Jejich rozklad a odbourávání není dostatečně prozkoumáno.

Pouze u některých PAU byly prokázány v různé míře karcinogenní účinky. Nejsilnější účinky má benzo(a)pyren, který také bývá nejčastěji stanovován. Jelikož zvýšený obsah benzo(a)pyrenu bývá doprovázen zvýšeným obsahem i ostatních PAU, slouží jako indikátor celkové kontaminace PAU.

Jeho největší přípustná cílová imisní koncentrace do roku 2010 (IL pro 24 hodin) je 0,001 µg/m³ neboli 1 ng/m³. Pro pracoviště NPK je stanovena na 25 µg/m³ b(a)p po dobu deseti minut. Vše důležité, co o b(a)p víme, je uvedeno na *obr. 1.1*.



Obr. 1.1 Vlastnosti a výskyt benzo(a)pyrenu

Poznámka

Některé polycyklické aromatické uhlovodíky patří mezi první prokázané chemické karcinogeny. Již v roce 1775 anglický chirurg POTT připisoval značný výskyt kožní rakoviny u kominíků dlouhodobému kontaktu kůže se sazemí. Jen poznámka: Kominíci ve středověku nevymetávali komíny jen pomocí štětky a koule, ale krbové komíny prolézali (obvykle učni). První látkou, u které byla prokázána chemická karcinogenita, byl v roce 1930 dibenzo(a,h)antracen. Z černouhelného dehtu pak byl v roce 1933 izolován daleko účinnější karcinogenní uhlovodík, identifikovaný později jako benzo(a)pyren. Do životního prostředí se PAU dostávají při nedokonalém spalování v domácích topeništích, ve spalovacích motorech a při spalování a pyrolýze prakticky jakékoliv organické látky. Při ochlazování kouřových plynů PAU kondenzují na sazích a jiných tuhých nosičích, unikají do atmosféry a kontaminují následně vody, půdu a rostliny. Významným zdrojem PAU jsou koksovny (obsah v černouhelném dehtu je 0,6 až 1,0 %), výroby sazí, ropné závody a některé metalurgické provozy. PAU se uvolňují do životního prostředí také otěrem asfaltových povrchů vozovek a pneumatik, ve kterých jsou použity saze jako plnivo. Významným zdrojem polyaromátů jsou všechny uzené potraviny. Proto velký pozor na významné „tuhé nosiče“ PAU, na dobře uzené maso a klobásy. V některých zemích je uzení masných potravin zakázáno a uzeniny jsou barveny, např. krví.

1.1.12 Jak se dostávají do našeho životního prostředí halogenované sloučeniny?

Prvky periodické soustavy VII.A skupiny nazýváme halogeny a patří mezi ně fluor, chlor, brom, jod a radioaktivní astat (At). Halogeny se v přírodě vyskytují v halogenidech nejrozšířenějších prvků (Na, K, Mg, Ca). Značné množství rozpustných halogenidů je v mořské vodě, převážně jako NaCl. Když se před dvěma sty miliony let vypařila část moří, zůstaly po nich vrstvy soli, ukryté v zemské kůře. Její zásoby se odhadují na 3,7 bilionů tun a pro chemický průmysl tak představují zásoby suroviny na cca dvacet tisíc let. Dnes se těží a malá část se zpracovává jako v minulosti v solivarech na jedlou sůl (průměrná spotřeba na člověka a rok se odhaduje na 8 kg). Převážná část se však podrobuje elektrolytickému procesu a výsledkem je hydroxid sodný, vodík a plynný chlor, který je zdrojem největších úspěchů a katastrof chemického průmyslu (i našeho). Není přehnané tvrdit, že obyčejná elektrolyza alkalických chloridů ovlivnila život lidstva téměř stejně jako ovládnutí ohně v pravěku a jaderné reakce v současnosti.

Vyráběné chemické sloučeniny obsahující chlor měly a mají základní a ohromný význam pro kosmetiku, čisticí prostředky, elektronický průmysl, výrobu umělých hmot, nábytku, výrobu ředidel, pesticidů v zemědělství atd. atd. Převažující část těchto chlorovaných sloučenin tak významně přispěla k výraznému lidskému pokroku. Časem se však ukázalo, že některé z nich se staly globálním nebezpečím pro životní prostředí. Některé halogenované sloučeniny (halogensloučeniny) řadíme v současné době mezi nejvíce rozšířené a nejnebezpečnější ZL (polutanty) v našem životním prostředí. I když většina těchto ZL je za normální teploty v tekutém nebo tuhém stavu, jejich migrace probíhá ve všech základních přírodních složkách prostředí, tj. v ovzduší, vodě a půdě (ale i přes potravinové řetězce).

Některé z nich vznikají jako vedlejší produkt naší antropogenní (lidské) činnosti. Vznikají tedy „nechtěně“, jako příklad můžeme uvést PCCD a PCDF, které vznikají například při spalování odpadů. Převážná část těchto nebezpečných polutantů však vzniká „chtěně“. Člověk je vyrábí pro potřebu v domácnosti, průmyslu a zemědělství. Zhodnotil u nich pouze jejich užitečnost a prospěšnost, ale naprosto podcenil jejich nebezpečnost a vůbec nebral v úvahu jejich vysoce negativní dopady na životní prostředí.

U většiny halogenovaných uhlovodíků se projevují nejproblematičtější vlastnosti v jejich chování a vztahu k našemu životnímu prostředí:

- toxicita, včetně genotoxických účinků;
- vysoká odolnost vůči chemickému, fotochemickému, termickému a zejména biochemickému rozkladu – jejich perzistence;
- schopnost kumulace v jednotlivých složkách ŽP včetně živých organismů – jejich bioakumulace.

1.1.13 Které halogenované znečišťující látky významně zasáhly do našeho životního prostředí?

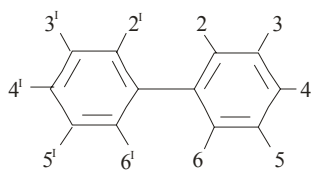
Z halogenovaných sloučenin nejvíce negativně zasáhly do našeho životního prostředí **chlorovaná organická rozpouštědla, pesticidy, polychlorované bifenyly (PCB), polychlorované dibenzodioxiny (PCDD) a furany (PCDF), freony a halony.**

Chlorovaná organická rozpouštědla. Mezi nejrozšířenější chlorovaná rozpouštědla patří **trichlormetan** neboli **chloroform** (CHCl_3) a **tetrachlormetan** nazývaný **tetrachlor** (CCl_4). Obě sloučeniny jsou těžké kapaliny s poměrně nízkým bodem varu (CHCl_3 62 °C, CCl_4 77 °C). Obě jsou nehořlavé a při vdechování nejsou toxické. Chloroform byl v medicíně dokonce používán pro uspávání pacientů a díky své nehořlavosti také jako náplň hasicích přístrojů. Široké uplatnění měla tato rozpouštědla v čistírnách oděvů. Dlouhodobé klinické sledování však ukázalo, že trvalý dlouhodobý styk organismu s těmito rozpouštědly zvyšuje riziko vzniku rakovinného bujení. Obě jsou proto v seznamu karcinogenních látek. V současné době je proto jejich výroba a praktické využití silně omezeno.

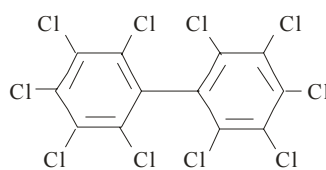
Pesticidy. O používání a působení pesticidů je podrobně pojednáno v otázkách souvisejících s ochranou půdy. Z chemického pohledu jsou to velmi složité organické sloučeniny (chlorované uhlovodíky, organické kyseliny, organofosfáty atd.). Mezi pesticidy, jako chlorované uhlovodíky, uvádíme zejména dva, a to DDT a aldrin. Pesticid – insekticid DDT (zkratka z dichlor-difenyl-trichlor-etan) byl použit ve velkém měřítku po druhé světové válce, kdy se jeho pomocí podařilo zabránit propuknutí mnoha epidemií. I když je jeho plošné použití a výroba zakázána, je stále částečně obsažen ve všech živých organismech a prakticky v celé biosféře. Je to způsobeno tím, že je chemicky, ale zejména biochemicky stálý,

nepodléhá rozkladu a neustále migruje v našem životním prostředí, zejména v potravinovém řetězci. Jeho hromadění v trofické pyramidě (např. voda – plankton – malé ryby – velké ryby) je vždy uváděno jako ekologicky učebnicový příklad. Budeme proto ještě dlouho čekat, než úplně DDT zmizí z naší přírody a života.

Polychlorované bifenyly označujeme zkratkou **PCB**. Skupina těchto chlorovaných uhlovodíků patří opět mezi nejzávažnější polutanty v našem životním prostředí. Jejich výrobu v roce 1929 zavedla americká firma SWAN RESEARCH. Pro své vynikající průmyslově využitelné vlastnosti se začaly v roce 1930 vyrábět ve velkém. Teprve v roce 1966 byly zjištěny jejich negativní dopady na životní prostředí. Odhaduje se, že od roku 1930 jich bylo vyrobeno 1,2 mil. tun, přičemž se předpokládá, že asi 30 % tohoto množství je rozptýleno v přírodě. V současné době se PCB již nevyrábějí, ale přesto stačila tři desetiletí k tomu, že se PCB rozptýlily do našeho prostředí a vzhledem ke své vysoké perzistenci jsou i dnes všudypřítomné.



strukturní vzorec bifenyly



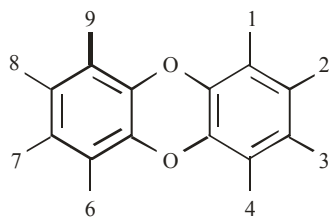
strukturní vzorec plně chlorovaného bifenyly

PCB se snadno vyrábějí a mají vynikající technické vlastnosti:

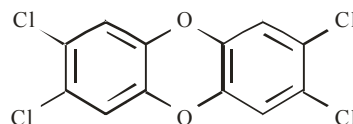
- jsou to netěkavé kapaliny (bezbarvé až žluté) s bodem varu 340 až 385 °C;
- nerozpustné ve vodě (dobře rozpustné v organických rozpouštědlech a tucích);
- chemicky stálé i za teplot do 300 °C;
- nehořlavé (k vzplanutí dochází až při teplotě > 1 000 °C);
- nevodí elektrický proud, mají vysoký elektrický odpor.

Nad takovými vlastnostmi musí zájmat každý technik. Proto se nelze divit, že jejich výroba a rozšíření v průmyslové činnosti bylo rychlé až ohromující a všestranné. PCB jsou poměrně málo toxické, jejich $LD_{50} = 3\,980$ mg/kg. Přijatelná denní dávka podle SZO (WHO), stanovená jako ADI, je 0,001 mg/kg tělesné hmotnosti. PCB se však kumulují v našem organismu a nepříznivě působí na některé naše orgány.

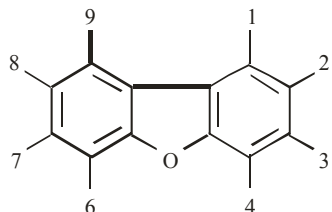
Polychlorované dibenzo-p-dioxiny označujeme **PCDD** a **polychlorované dibenzofurany** jako **PCDF**. Obě tyto skupiny chlorovaných uhlovodíků PCDD a PCDF nazýváme triviálně, zjednodušeně, jako **dioxiny**. Některé z nich byly již syntetizovány v minulém století, ale teprve v roce 1957 byl chemicky přesně identifikován TCDD (tetrachlordibenzo-p-dioxin) jako vedlejší produkt vznikající při výrobě trichlorfenolu. Nikdy se však dioxiny jako samostatné chemické látky nevyráběly [11].



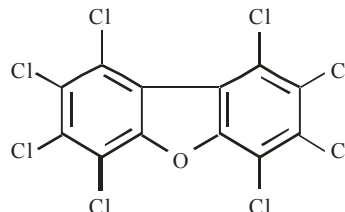
strukturní vzorec dibenzo-p-dioxinu



2,3,7,8 tetrachlor dibenzo-p-dioxin



strukturní vzorec dibenzofuranu



plně chlorovaný dibenzofuran

Dioxiny se do ovzduší a následně do životního prostředí dostávají zejména následujícími pochody:

- nespálením dioxinu obsaženého v původním materiálu (při nižších teplotách);
- spalováním materiálů s vysokým obsahem chloru (PCB, PVC, chlorované pesticidy a pentachlorfenoly atd.);
- syntézou při spalování z organického uhlíku (popř. CO_2), chloru a kyslíku. Tuto syntézu značně urychlují (katalyzují) měď a měděné soli;
- při chemických procesech využívajících chlor (například bělení papíru, výrobě pesticidů atd.).

Z uvedeného je zcela zřejmé, že mezi největší zdroje jejich vzniku budou patřit spalovny **komunálních odpadů (KO)**. KO obvykle vedle standardních organických složek (papír, dřevo) obsahují řadu látek obsahujících chlor. Mezi tyto látky patří chloroprenový kaučuk, dřevo napuštěné pentalidolem (pentachlorfenol), PCB (staré nátěry, oleje z transformátorů a kondenzátorů), PVC (plasty) atd.

Freony (česky *CFU*, anglicky *CFC*, německy *CFKW*). Pod tímto obchodním označením je zahrnuta skupina chlorovaných a fluorovaných uhlovodíků. Freony vykazují malou hořlavost, zápalnost a výbušnost. Pro svoji těkavost jsou používány jako chladicí média (ledničky, klimatizační zařízení), rozpouštědla, pro výrobu pěnových materiálů a jako náplň sprejů. Tyto vysoce těkavé halogenované uhlovodíky stoupají do horních výšek atmosféry (stratosféry) a narušují ochrannou ozonovou vrstvu, způsobují tzv. ozonovou díru. Freony jsou rovněž považovány za významné skleníkové plyny, které způsobují změnu klimatu naší Země, její oteplování. To jsou vážné důvody, pro které jsou freony a jejich výroba ve světě omezovány.

Freony dělíme na

- tvrdé freony (CFC), plně chlorfluorované uhlovodíky např. CFCl_3 , CF_2Cl_2 , $\text{C}_2\text{F}_3\text{Cl}_3$;
- měkké freony (HCFC), částečně chlorfluorované uhlovodíky např. CHFCl_2 , CHF_2Cl ;
- halony, chlorfluorované uhlovodíky obsahující brom, např. CF_2ClBr .

1.1.14 Proč jsou dioxiny ekologickou hrozbou?

Do povědomí celosvětové veřejnosti v negativní roli vstoupily dioxiny při havárii závodu vyrábějícího pesticidy v italském Sevesu v roce 1976. Evakuace několika tisíc obyvatel a utracení několika desítek tisíc hospodářských zvířat. To způsobilo, že dioxiny se rázem staly obávaným a velmi nebezpečným polutantem v našem životním prostředí.

Dioxiny představují **ekologicky nejproblematictější organické sloučeniny chloru**. Tímto termínem, jak již bylo uvedeno, jsou dvě skupiny chlorovaných látek – PCDD a PCDF. Jak je patrné ze strukturních vzorců v předcházející otázce, záměnou atomu vodíku za atom chloru vzniká celá řada kongenerů a izomerů⁶. Tyto chlorované látky se vyznačují nejen značnou přímou toxicitou, ale jsou i mimořádně silně karcinogenní a mutagenní.

Dioxiny vykazují velkou stabilitu (perzistenci) v ŽP. Pomalu se rozkládají a mají velkou schopnost akumulovat se v tukových tkáních (obdobně jako PCB). Větší stabilitu vykazují v půdě, menší ve vodě. Snadno procházejí potravním řetězcem (např. půda – tráva – kráva – mléko – člověk).

Emisní limit pro emise PCDD a PCDF u spaloven komunálních a nebezpečných odpadů, které patří mezi jejich hlavní zdroje, je jen **0,1 ng TEQ/m³**! Nové zdroje musí tento limit splňovat při uvedení do provozu, u stávajících zdrojů je stanoveno jejich pravidelné sledování. Emisní limit nebyl v ČR dosud stanoven. Akceptovaná je hodnota SZO (WHO) pro přijatelnou denní dávku (ADI), a to 10 pg TEQ/kg tělesné hmotnosti. Dioxiny se nikdy nevyskytují jako samostatné sloučeniny, vždy jen ve směsích, které označujeme PCDD_s a PCDF_s. TEQ je zkratkou označována **ekvivalentní toxicita** směsi dioxinů přepočtená na TCDD (tetrachlordibenzodioxin), který má nejvyšší toxicitu TEQ = 1.

Biologické účinky dioxinu na organismy se dosud (pro velmi malé vyskytující se koncentrace) přesně nepodařilo identifikovat a popsat. Připisuje se jim řada negativních vlivů, zejména však, jak již bylo zdůrazněno, jejich vysoká toxicita a genotoxicita. Vždyť např. TCDD patří se svojí LD₅₀ = 0,001 až 0,22 mg/kg tělesné hmotnosti (podle různých literárních pramenů) mezi nejjedovatější látky, hned za botulinem (botulotoxinem). TCDD je také považován za nejsilnější známou genotoxickou látku.

V současné době se velmi často hovoří o látkách s „**dioxinovým efektem**“⁷. V tomto případě máme na mysli ty látky, které vyvolávají stejná zdravotní poškození jako již zmiňovaný TCDD. Celkem existuje 75 izomerů PCDD, 135 izomerů PCDF a 209 izomerů

⁶ Izomery mají stejný molekulární (souhrnný) vzorec, odlišují se však konstitucí, tj. povahou a pořadím atomů a vazeb v molekulách. Kongenery, na rozdíl od izomerů, nemají shodný souhrnný vzorec, ale různý počet aditovaných skupin. V našem případě u dioxinů mají kongenery rozdílný, nestejný počet aditovaných atomů chloru.

⁷ Dioxinový efekt s trvalými negativními následky zdravotního poškození je spojován s vietnamským obyvatelstvem a veterány z vietnamské války. V této válce bylo v letech 1967 až 1971 letecky rozprášeno přes 65 mil. litrů herbicidů (defoliantů) na husté lesní porosty tropických pralesů. A důvod? Aby bylo po padnutí listí lépe vidět ukrývajícího se nepřítele. Jako herbicid byl převážně aplikován známý Agent Orange. Při výrobě tohoto herbicidu často dochází ke kontaminaci stopovými koncentracemi dioxinu. Tento druh herbicidu pro zemědělské potřeby vyráběla naše Spolana Neratovice, v jejímž areálu se dnes nachází skupina objektů zamořená dioxiny.

Stanovení dioxinů v tak nepatrném, těžko představitelném množství (ng, pg) je pro chemiky analytiky tvrdým oříškem. Ale je i finančně velmi náročné. Jedna chemická analýza stojí několik desítek tisíc Kč. Přesto je dioxinovému efektu věnována mimořádná zdravotnická a hygienická pozornost. Sledují se téměř všechny druhy potravin a dioxiny jsou pod bedlivým dozorem i v mateřském mléce.

PCB. Dohromady se jedná o 419 látek, z nichž však pouze 30 je považováno za látky s dioxinovým efektem (7 PCDD, 10 PCDF a 13 PCB). Zdravotní poškození způsobené dioxinovým efektem se zjišťuje složitými lékařskými metodami.

1.1.15 Kdybyste dostali otázku, co je to udržitelný rozvoj, jak by měla být správně zodpovězena?

Původně byl udržitelný rozvoj⁸ (UR) definován jako trvale udržitelný rozvoj (TUR). Pojem TUR byl chápán jako „**takový rozvoj, který současným a budoucím generacím zachová rozmanitost přírody a přirozenou funkci ekosystémů**“.

Připomeňme si alespoň v krátkosti vznik této myšlenky, tohoto dnes velmi citovaného pojmu v oblasti ochrany životního prostředí. Boj o ochranu našeho životního prostředí má své kořeny v daleké minulosti. Zmínky tohoto volání po zdravé přírodě bychom mohli zaznamenat již ve starém Řecku a Římě. Neustále se zhoršující stav mezi životním prostředím a hospodářským rozvojem a zvyšující se světovou výrobou vyvrcholil na konci dvacátého století. Největší polínko do ohně přinesla kniha „Meze růstu“, jejímiž autory byli MEADOWS A KOLEKTIV v roce 1972. Tito autoři na základě matematického modelu dospěli k názoru, že žádná nápravná opatření následného charakteru nemohou řešit základní problém dopadů probíhajícího exponenciálního hospodářského růstu, který začal od počátku dvacátého století. Tito autoři dospěli k názoru, že přírodní zdroje, mezi něž patří nejen nerostné suroviny a půda, ale i absorpční kapacita ekosystémů pro odpady všeho druhu a samotný prostor naší planety, jsou principiálně omezené. Proto navrhli, aby byl světový hospodářský růst bezpodmínečně zastaven a byl přijat světovou veřejností požadavek tzv. **nulového hospodářského růstu**.

Diskuse, jkterá na návrh reagovala, probíhala téměř v celém světovém tisku za přispění celé řady vědců a publicistů, donutila tehdejší Organizaci spojených národů, že se touto problematikou začala zabývat. Požadavek nulového růstu hospodářství však odmítla jako nereálný a nežádoucí. Tento nulový růst by natrvalo odsoudil k bídě a hladu většinu rozvojových zemí, jejichž jedinou nadějí je právě hospodářský růst.

Valné shromáždění Organizace spojených národů v roce 1983 ustavilo proto Světovou komisi pro životní prostředí a rozvoj, kterou pověřilo nesnadným úkolem, analyzovat vztah mezi hospodářským rozvojem a životním prostředím a navrhnout způsob, jak překonat zdánlivě neřešitelné rozpory. Tato komise po tříletém působení pod vedením norské ministerské předsedkyně GRO HARLEM BRUNDTLANDOVÉ vydala v roce 1987 zprávu „Naše společná budoucnost“ (WCED). V této zprávě navrhla, aby problém životního prostředí nebyl řešen v celosvětovém měřítku zastavením hospodářského růstu, ale novým typem rozvoje, který byl nazván **rozvojem trvale udržitelným** (Sustainable Development). Tedy takovým rozvojem, který dokáže naplnit potřeby současné generace, aniž by ohrozil splnění potřeb generací následujících, nebo byl na úkor jiných národů.

Teorie trvale udržitelného rozvoje a sedmadvacet zásad přijatých na Summitu Země v Rio de Janeiru v roce 1992 se měla stát pro lidstvo spásou, měla zastavit zhoršování životního prostředí naší antropogenní činností, naším neustálým zvyšováním požadavků na naše osobní materiální potřeby. Teorie TUR byla později neustále rozpracovávána, byla

⁸ Řečeno laicky a srozumitelně. Udržitelný rozvoj znamená odpovědnost současné generace vůči generacím budoucím za zachování a předání základních životních hodnot. Udržitelný rozvoj nemá být dogma či vize, ale hledání ekologických, ekonomických, sociálních a politických optimálních variant pro hospodářský růst.

hledána cesta k jejímu naplnění, ale také cesty k jejímu vyhodnocování či kontrole. Původní pojem TUR byl nahrazen výstižnějším pojmem „**udržitelný rozvoj**“ (UR).

Evropská unie se k prosazování udržitelného rozvoje přihlásila již při zmíněném Summitu Země v Rio de Janeiru v roce 1992 a v roce 1997, na tzv. konferenci Rio+5 v rámci vyhodnocování plnění cílů udržitelného rozvoje, se zavázala k přijetí národních **strategií udržitelného rozvoje (SUR)**. V roce 1997 Amsterodamská smlouva stanovila udržitelný rozvoj za hlavní cíl Evropské unie a v roce 2001 na Summitu v Göteborgu přijala Strategii udržitelného rozvoje EU. Ke Strategii byl v roce 2002 na Summitu v Barceloně přidán vnější rozměr, zdůrazňující vedoucí úlohu EU ve světě při prosazování udržitelného rozvoje. Nejvyšší představitelé členských států zemí Evropské unie, včetně České republiky, přijali ve dnech 16. až 17. června 2005 na Summitu v Bruselu „**Prohlášení o hlavních zásadách pro udržitelný rozvoj**“.

Poznámka

- Česká republika jako signatář Prohlášení EU se zavázala, že bude mít vlastní Strategii udržitelného rozvoje ČR (SUR), navazující Strategii hospodářského růstu ČR (SHR) a Program pro udržitelnou spotřebu a výrobu (PUSV). To vše bude řídit a organizovat Rada vlády pro udržitelný rozvoj (RVUR). Další podrobnosti o SUR, SHR, PUSV a RVUR získáte na stránce <http://rvur.vlada.cz>.
- Věřme, že řada velkých nákladných světových setkání, konferencí či summitů; projevů, prohlášení a závazků; světových, evropských a státních organizací s velkým počtem úředníků konečně obrátí nepříznivý světový vývoj a zastaví zvětšující se rozpory mezi současným hospodářským růstem světa a životním prostředím a rozpory mezi vyspělými a zaostalými zeměmi.

1.2 Ochrana a znečišťování ovzduší

1.2.1 Poučuje nás historie znečišťování ovzduší?

Jednoduchou úvahou dojdeme k tomu, že zcela čisté ovzduší, tj. ovzduší bez látek člověku škodlivých, nikdy neexistovalo. Rozkládající se rostlinné a živočišné látky, uhynulá zvířata, lesní požáry, eroze atd., byly zdroji plyných a tuhých emisí od samého počátku života. Ovšem znečišťování ovzduší se stalo problémem znepokojujícím veřejnost teprve jako důsledek technického rozvoje.

Od doby, kdy se začalo užívat jako zdroje tepla uhlí, zaznamenávají historikové vzrůstající nespokojenost obyvatel a možno říci, že znečištěné ovzduší jako problém se datuje od počátku 14. století. Vědecký a technický nástin historie znečištění ovzduší lze sledovat teprve kolem roku 1850. Na prvním místě, jak již bylo uvedeno, upoutal pozornost kouř. Bezprostřední příčinou vzniku kouře v takovém množství, že začal obtěžovat obyvatelstvo, bylo vyčerpání zásob palivového dříví v Evropě a používání uhlí jako náhradního paliva. Jako příklad lze uvést Londýn, kde se používáním uhlí jako paliva zhoršila kvalita vzduchu natolik, že již v roce 1306 bylo královským prohlášením zakázáno používat ve městě k otopu uhlí. V našich zemích zakazují městští konšelé topit uhlím v Praze a Rakovníku počátkem 16. století.

Oxid siřičitý je druhou škodlivinou obtěžující obyvatelstvo, neboť vzniká při spalování uhlí současně s kouřem. Po celá tři staletí však nebyl oxid siřičitý uznáván jako samostatná škodlivina, vzhledem k nedostatečným znalostem chemie. Bylo známo jen to, že kouř je doprovázen nepříjemným pachem, dráždicím v krku a v nose. Teprve kolem roku 1600 se již dobře vědělo, že tyto potíže působí síra v uhlí. Oxid siřičitý, v daleko vyšších koncentracích než při spalování uhlí, začal znečišťovat ovzduší všude tam, kde vznikal hutní průmysl.

Zejména při výrobě kovů ze siřičkových rud unikalo do ovzduší velké množství oxidu siřičitého.

S celosvětově mohutným rozvojem průmyslu a celé naší civilizace se znečišťování ovzduší mění nejen kvalitativně, co do různorodosti škodlivin, ale také kvantitativně, co do množství škodlivin. Dochází dokonce ke globálnímu (celosvětovému) znečišťování ovzduší, např. vzniku kyselých dešťů, smogů, narušování ozonové vrstvy a vytváření zemského skleníkového efektu.

V naší nedávné minulosti, během dvacátého století, došlo v důsledku znečišťování ovzduší také k prvním tragickým událostem. Objevila se celá řada katastrof (dokonce o nich vyšla celá monotematická knížka). Tři z nich patří mezi nejznámější a nejtragičtější. Byl to případ ve dnech 1. až 5. prosince 1930 v údolí belgické řeky Maasy u města Liége, ve dnech 27. až 31. října 1948 kritická situace v americkém městě Donoře na severovýchodě USA. Třetí, londýnská katastrofa se stala ve dnech 5. až 9. prosince 1952. Při této londýnské katastrofě byl největší počet úmrtí, více než čtyři tisíce. Koncentrace oxidu siřičitého byla tehdy naměřena v průměru $1\,800\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ (maximum dokonce $3\,800\ \mu\text{g}/\text{m}^3$). Většina těchto katastrofických událostí vznikla v podzimních a zimních inverzních podmínkách, a to v místech s vyšším počtem obyvatel a velkou koncentrací průmyslu. Docházelo k nadměrnému znečišťování ovzduší tuhými znečišťujícími látkami, oxidem siřičitým a vzniklou mlhou.

Domněnka, že znečištěné ovzduší je zdrojem pouze nepříjemností, je zcela vyvrácena. Dnes je jednoznačně potvrzeno, že znečištěné ovzduší má přímý vliv na lidské zdraví. Přimo souvisí se zvýšenou úmrtností a výskytem takových onemocnění, jako je bronchitida, rakovina plic, srdeční infarkty atd. O tom, že znečištěné ovzduší poškozuje naši přírodu, náš majetek a památky, není vůbec pochyb. *Platná ekonomická poučka, že „čistý vzduch stojí mnoho peněz, ale znečištěný mnohem víc“, jen dokládá, že stát musí zajistit obyvatelstvu zdravotně nezávadné ovzduší, a to přijde levněji, než platit všechny škody, které znečištěné ovzduší způsobuje.*

Poznámka

- Úloha dominantního znečišťování, respektive znečišťovatele, se v minulosti měnila. V dávné minulosti tuto úlohu plnila středověká města a řemesla. Později toto neblahé žezlo převzal průmysl (zejména metalurgický a chemický). Koncem minulého století pak energetika, založená na spalování fosilních paliv. Po odsíření a denitrifikaci elektráren toto žezlo jednoznačně přešlo na auta. Automobilismus dnes patří mezi dominantní znečišťovatele celé naší planety. Auta nás otravují svými výfuky, pro výstavbu silnic a dálnic zabírají obrovské plochy půdy a při přepravě nafty a pohonných hmot znečišťují prostředí všude kolem sebe. A konečně po svém dosloužení odejdou do velmi problémové odpadové penze. Kam s nimi?
- Zdravá a velmi pravdivá poučka „rozhýbej své líné tělo, chod' pěšky, běhej, jezdi na kole“, vůbec nezabírá, nikdo jako by ji neslyšel. Aut stále přibývá, téměř rychleji než lidí. Dnes se odhaduje, že na světě jezdí asi 700 mil. aut, tedy jedno auto na 10 obyvatel. Jsou však státy (USA), kde automobilů je už více než obyvatel. V ČR připadalo v roce 2005 jedno auto na 2,5 obyvatel.

1.2.2 Co bychom měli vědět o naší přízemní atmosféře?

Během geologického vývoje Země se měnilo i chemické složení atmosféry. Např. koncentrace kyslíku před 600 mil. lety činila jen 1/100 současné koncentrace a teprve od karbonské epochy provázené mohutnou vegetací dosáhla naší úrovně. Dnešní stav je výsledkem rovnováhy mezi přísunem různých látek do atmosféry a jejich odstraňováním [18]. Průměrné složení přízemní atmosféry a setrvávání jejich složek je uvedeno v *tab. 1.3*.

Tab. 1.3 Průměrné složení přízemní atmosféry a setrvání jejích složek (MÉSZAVOS 1981)

Druh	Objemová koncentrace *		Průměrná doba setrvání v atmosféře po vzniku
	(%)	ppm (desetitisícin procent)	
<i>stálé</i>			
dušík	78,084		10 ⁶ roků
kyslík	20,946		5.10 ³ roků
argon	0,934		-
neon		18,8	-
helium		5,24	10 ⁷ roků
krypton		1,14	-
xenon		0,087	
<i>proměnlivé</i>			
CO ₂		330	5 - 6 roků
CH ₄		1,3 - 1,6	4 - 7 roků
H ₂		0,5	6 - 8 roků
N ₂ O		0,25 - 0,35	25 roků
O ₃		(1 - 5).10 ⁻²	2 roky
<i>velmi proměnlivé</i>			
voda		(0,4 - 400).10 ²	10 dní
CO		0,5 - 0,25	0,2 - 05 roků
NO ₂		(0,1 - 5).10 ⁻³	8 - 10 dní
NH ₃		(0,1 - 10).10 ⁻³	5 dní
SO ₂		(0,03 - 30).10 ⁻³	2 dny

* Údaje se týkají tzv. „čistých oblastí“ bez výrazného lokálního antropogenního znečištění.

Všimněme si podrobněji, jak dlouho setrvává v naší atmosféře pro nás tak důležitý kyslík. Podle uvedené tabulky 5 000 let (někteří autoři udávají až 10 000 let). Po tuto dobu musí naše rostlinstvo neustále intenzivně „fotosynteticky“ pracovat, aby spotřebovaný kyslík nahradilo. Ještě nutno dodat, že v přírodě mezi O₂ a CO₂ existuje zpětná vzájemná vazba. Jakmile začne stoupat obsah O₂ v atmosféře, procesy fotosyntézy se okamžitě zpomalují. Naopak, začne-li stoupat obsah CO₂, procesy fotosyntézy se v naší přírodě okamžitě zrychlují. Zvýšené množství rostlinné složky biosféry (biomasy) pak spotřebují větší množství O₂ na svoji respiraci. Tato vzájemná vazba vztahu mezi O₂ a CO₂ je nesmírně významná, protože přirozenou cestou udržuje současný obsah O₂ v naší atmosféře. My však, místo abychom našim rostlinám pomohli, působíme protichůdně. Spalujeme obrovské množství fosilních paliv (uhlí, ropy a zemního plynu) a ještě k tomu snižujeme rozlohy „výrobců kyslíku“, našich lesů a pralesů a vytváříme tolik obávaný skleníkový efekt.

Poznámka

Na průměrné složení naší atmosféry a na setrvání jednotlivých složek plynů v atmosféře nemá řada autorů stejný názor. Uvádí poněkud rozdílné údaje, týkající se zejména proměnlivých složek ovzduší. V jednom se však téměř shodují, že obsah stálých složek dusíku, kyslíku a argonu tvoří 99,964 % a zbývajících 36 tisícín procent připadá na vzácné plyny He, Ne, Kr, Xe. Pro nás, kteří nestudujeme atmosféru vědecky, postačí, abychom si dobře zapamatovali, že obsah dusíku tvoří 78 %, obsah kyslíku 21 % a argonu 1 % a obsah proměnlivých složek velmi závisí na místních přírodních procesech a naší antropogenní činnosti.

1.2.3 Které znečišťující látky se vyskytují v ovzduší nejvíce?

Jak již bylo uvedeno v předcházejících otázkách, do složek životního prostředí se dostává obrovské množství rozmanitých ZL. A to nejen přírodními procesy, které nemůžete ovlivnit, ale také naší lidskou činností. Pokračující hospodářský a průmyslový rozvoj tuto rozmanitost a množství neustále zvyšuje. Obdobně je tomu u znečišťování ovzduší. V současné době je známo a identifikováno několik tisíc látek znečišťujících ovzduší. Většinu větších měst sužují vlivem nadměrného automobilismu smogy, a tak bychom mohli ve výčtu znečišťování ovzduší pokračovat dále.

Kdybychom měli odborně a vyčerpávajícím způsobem odpovědět na položenou otázku, potřebovali bychom k tomu velmi tlustou knihu. Zaměříme se proto v dalších otázkách pouze na ty ZL, které se vyskytují ve větším množství (pachy, TZL, SO₂, NO_x), které velmi škodlivě působí na naše zdraví a přírodu (PAU, PCB, PCDD, PCDF) a na ty, které způsobují celozemské (globální) problémy (CO₂, O₃, freony atd.).

1.2.4 Umíte správně vysvětlit pojmy emise, imise a depozice?

V oblasti ochrany ovzduší jsou používány dva základní pojmy, a to **znečišťování** a **znečištění** ovzduší. Pro vypouštění, neboli vnášení do atmosféry (emisi) látek znečišťujících ovzduší se používá pojem znečišťování ovzduší. Tento pojem označuje činnost nebo děj. Pojem znečištění ovzduší lze chápat jako přítomnost, neboli obsah (imisi) těchto látek v ovzduší v takové míře a době trvání, při nichž se projeví nepříznivé ovlivňování životního prostředí. Tento pojem označuje tedy určitý stav, který je důsledkem původního děje. Obecně se do pojmu znečišťování ovzduší zahrnuje celá řada činností zamořujících zemskou atmosféru: vypouštění hmotných látek, emise škodlivého elektromagnetického záření, ale i hluk, teplo a další.

Znečišťování ovzduší má své příčiny a následky. Příčinou jsou **emise** (úlety) látek znečišťujících ovzduší z jednotlivých zdrojů. Spojení mezi příčinami a následky obstarává zemská atmosféra. Ovzduším jsou znečišťující látky od zdrojů k příjemcům přenášeny (transportovány). Znečišťující látky, které se vyskytují v přízemní vrstvě atmosféry a škodlivě působí na zdraví lidí, přírodu a hmotné statky, označujeme jako **imise**⁹ a ty, které dopadnou na zemský povrch, jako **depozice**. V ovzduší probíhají také změny (konverze) jednotlivých druhů znečišťujících látek na jiné, někdy nebezpečnější než původní. Schematicky je dynamika znečišťování ovzduší znázorněna na *obr. 1.2*.

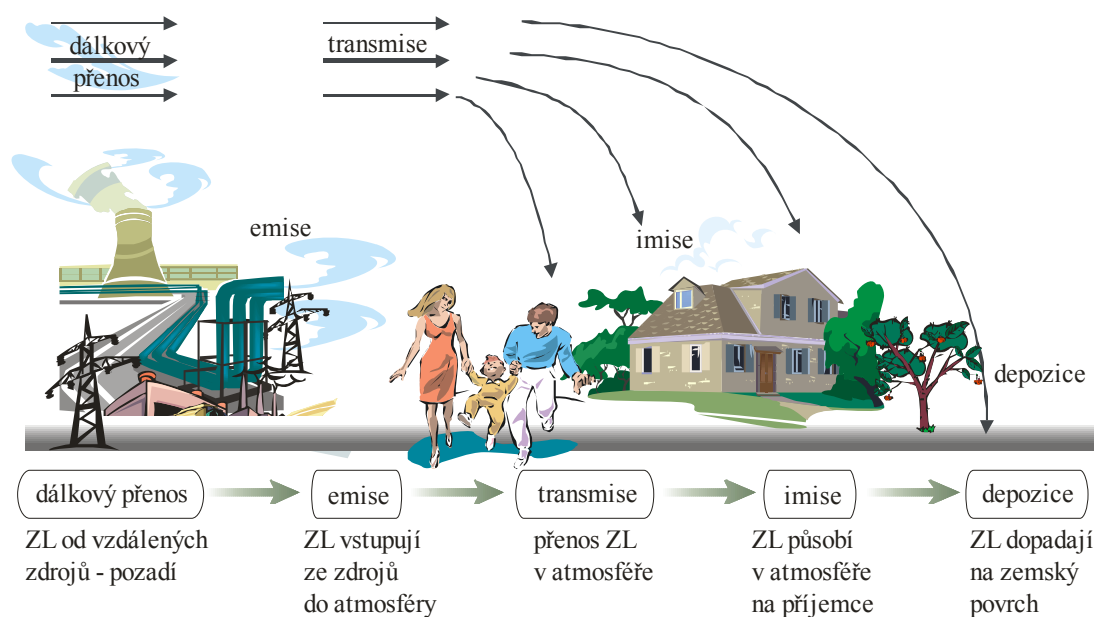
Atmosférické ZL se během svého transportu (*transmise*) v ovzduší působením řady

⁹ Termíny emise a imise mají širší význam a používáme je v celé oblasti ochrany životního prostředí. Emise jsou děje, při kterých jsou ZL nebo negativní vlivy vnášeny do prostředí a naopak imise vždy představují jeho stav. Např. když vypouštíme odpadní vody, musíme dodržet emisní limity a výsledné znečištění recipientu pak hodnotíme pomocí imisních ukazatelů. Sestavujeme hlukové emisní a imisní mapy atd.

fyzikálních a chemických procesů a reakcí přeměňují a postupně jsou z atmosféry odstraňovány ve formě:

- **suché atmosférické depozice;**
- **mokrý atmosférické depozice.**

Suchá atmosférická depozice ukládá atmosférické příměsi na zemský povrch působením sedimentace, adsorpce, absorpce a dalších fyzikálních pochodů, a to ve formě plynné nebo tuhé, tzv. tuhého spadu. Část atmosférických příměsí tuhých, kapalných a plynných je z ovzduší vymývána tzv. mokrými procesy. Vymývání těchto ZL způsobují padající dešťové srážky, sníh nebo jiné formy srážek.



Obr. 1.2 Přenos znečišťujících látek v atmosféře

1.2.5 Na čem závisí rozptyl znečišťujících látek v ovzduší?

Na rozptyl znečišťujících látek v ovzduší má vliv celá řada činitelů:

- vydatnost zdroje ZL (M);
- výška zdroje (efektivní výška zdroje h^{10});
- rychlost větru (u);
- vertikální teplotní gradient ovzduší (vtg) atd.

Obecně platí pravidlo, které říká, že maximální přízemní koncentrace ZL (κ) je přímo úměrná vydatnosti zdroje, nepřímo úměrná druhé mocnině efektivní výšce zdroje a rychlosti

¹⁰ Efektivní výška zdroje, např. komína, je vyšší než jeho stavební výška (H). Výška zdroje h se vypočítává z tepelné vydatnosti spaliny. Do jaké výšky ještě spaliny vystoupí nad zdroj v důsledku své vydatnosti a setrvačnosti.

větru, tedy

$$\kappa = \frac{M}{h^2 \cdot u} \quad (1.3)$$

Poznámka

Odborníci znalí této problematiky dodávají k tomu ještě praktické pravidlo. Kritickým místem pro přízemní koncentrace je vzdálenost dvaceti až třicetinásobku stavební výšky komína. Dnes ale, kdy probíhá intenzivní a předepsané zachycování ZL, tato poučka ztrácí na významu. Stavbu nemovitosti ve vzdálenosti do 3 km od stometrového komína můžeme bez obav uskutečnit.

Rozptylové metody výpočtu očekávaných přízemních koncentrací jsou s využitím výpočetní techniky rozpracovány do nejmenších podrobností. Současné metody zohledňují celou řadu dalších činitelů a vlivů (konfiguraci terénu, stavební zástavbu atd.). Dokonce jsou tyto modely výpočtu nezbytné a legislativně povinné při posuzování vlivů na životní prostředí nových projektovaných zdrojů [37].

Současné jsou využívány následující referenční metody pro výpočet rozptylu ZL v ovzduší:

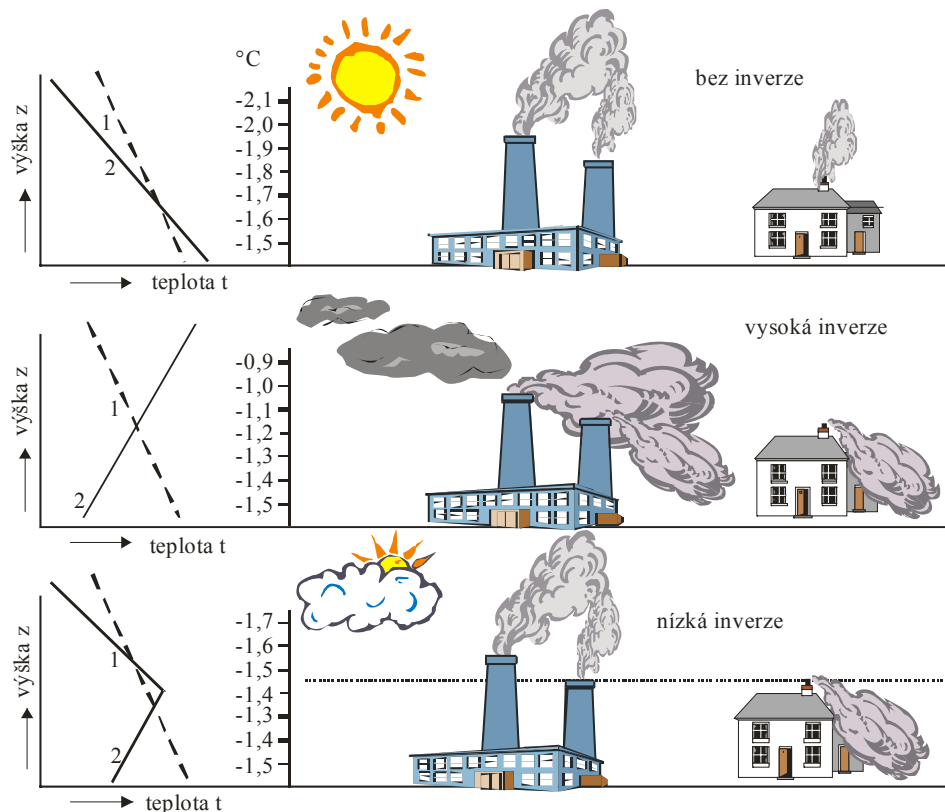
- model ATEM pro městské oblasti nad úrovní střech budov;
- model SYMOS'97 pro venkovské oblasti;
- model AEOLIUS pro městské oblasti v uličních kaňonech (pro znečištění z dopravy).

1.2.6 Proč se obáváme inverzních povětrnostních situací?

Velký vliv na rozptyl ZL v ovzduší má pochopitelně, jak již bylo uvedeno, rozvrstvení teplot vzduchu po výšce. Toto teplotní rozvrstvení je charakterizováno **vertikálním gradientem (vtg)** na 100 m výšky (z) a teplotou ($^{\circ}\text{C}$), tedy matematickým vztahem: $\text{vtg} = -dT/dz$. V přízemní vrstvě naší atmosféry teplota s výškou obvykle ubývá skoro rovnoměrně a střední hodnota činí cca $0,6^{\circ}\text{C}$ (od $0,5$ do $0,7^{\circ}\text{C}$) na 100 m nadmořské výšky. Mohou však nastat i případy opačné. Obecně rozeznáváme tři základní teplotní rozvrstvení:

- **labilní** (velký kladný gradient);
- **indiferentní** (nulový nebo velmi malý kladný gradient);
- **inverzní** (velký záporný gradient).

Pro příznivý rozptyl ZL je nejvýhodnější stav labilní, naopak nežádoucí je stav inverzní (od lat. *inversio* – *převrácení*). Teplotní rozvrstvení se však může v různých výškách měnit, může přecházet z jednoho stavu na druhý. Nejčastěji se vyskytující stavy počasí bez inverze, s vysokou a nízkou inverzí a nízkou inverzí jsou schematicky znázorněny na *obr. 1.3*.



1 – suchoadiabatický teplotní gradient teploty, 2 – reálný (skutečný) teplotní gradient teploty

Obr. 1.3 Charakteristické tvary kouřových vleček v závislosti na vertikálním teplotním zvrstvení

Poznámka

- ° Pokles teploty s výškou je způsoben prohřátím zemského povrchu slunečním zářením. Teplejší vzduch (má menší měrnou hmotnost) v přízemní vrstvě se stává lehčím, a proto stoupá vzhůru. Při vzestupu vzduchu klesá jeho tlak, vzduch se rozpíná, což vede k jeho ochlazení. Platí JOULEŮV-THOMSONŮV efekt, který si vždy připomeneme při vyprazdňování sifonové bombičky.
- ° Poměrně časté jsou proto velmi silné zimní, ale také i noční a ranní inverze. Přízemní inverzní situace se mohou vyskytovat i v teplejších jarních a podzimních obdobích, které pozorujeme jako mlhy a opary. Inverze je stav, kdy teplota vzduchu s výškou stoupá. V oblasti inverze se zastaví vertikální (vzestupné) proudění vzduchu. Pro úplnost je třeba dodat, že meteorologové rozlišují ještě několik druhů a příčin vzniku inverzí. Z hlediska vzniku smogů nás ale nejvíce zajímají zimní inverze, způsobené nepříznivým teplotním zvrstvením neprohřátého vzduchu.

Můžeme inverzním situacím zabránit? Tak všemocní, abychom řídili počasí, zatím nejsme. Ale podstatně můžeme při těchto situacích zmírnit vznik smogu. O tom, že vybrané zdroje a podniky při vyhlášení smogových situací podléhají regulaci a musí snížit množství emitovaných ZL, bude pojednáno v otázce č. 35. A co máme pro to udělat my, občané? Nerozdělávat ohně, nespalovat odpadky a nekvalitní uhlí, nezvyšovat prašnost ovzduší a především omezit automobilovou dopravu.

Poznámka

Po dobu silných inverzních smogových situací bychom měli zkrátit venkovní pobyt a sporty, také omezit větrání našich bytů. Při této příležitosti si vzpomenu na jednu příhodu. Moji známí jednou za silné smogové situace navštívili v centru Ostravy svoji babičku. Jakmile vstoupili do jejího bytu, byli zděšeni. „Babičko, ty tu máš příšerný vzduch.“ „Ale to není možné, hlásili, že je smog, tak jsem už 14 dní neotevřela okno!“

1.2.7 Dá se změřit a vyhodnotit intenzita pachu?

Mezi nejsložitější problematiku ve znečišťování ovzduší patří pachy. Co jsou vlastně pachy? Jsou to nepatrná množství látek (dokonce molekul) rozptýlená v ovzduší, která působí na naše čichové orgány a vyvolávají určitý vjem. Při příjemném vjemu (pocitu) mluvíme o vůni, v opačném případě o zápachu. Oba dva uvedené vjemy mohou způsobovat nežádoucí prostředí. Tak například hospodářská usedlost s chovem dobytka, vepřů a drůbeže může některým jedincům příjemně vonět (vůně domova), druhým nesnesitelně zapáchat.

Dají se vůbec pachy změřit a vyhodnotit jejich intenzita? Naše legislativa v oblasti ochrany ovzduší dává následující odpověď. Odpověď však musíme rozdělit na oblast vnášení pachů do ovzduší a na stav, to znamená na výskyt a úroveň pachů v ovzduší. Tedy na emisi pachů a imisi pachů.

V prvním případě se jedná o stanovení emisních limitů pro pach. Legislativně je obecný emisní limit pro zdroj pachu, který je umístěn v obytném objektu, definován hodnotou 50 OU/m³ a pro neobydlené oblasti pak hodnotou 100 OU/m³. **Pachovou jednotkou OU** (jednotkou zápachu) je takové množství pachových látek v objemové jednotce nosného plynu za standardních podmínek (teplotě 0 °C a tlaku 101,325 kPa), které vyvolává čichový vjem na úrovni prahové koncentrace detekce pachu (pach na hranici identifikovatelnosti).

V druhém případě nejprve citujeme naši legislativu. „Vnášení pachových látek ze stacionárních zdrojů nad míru způsobující **obtěžování** obyvatelstva není dovoleno“. Velmi problematické je však vyhodnotit skutečnou úroveň pachu, neboli imisní koncentraci pachových látek, a stanovit objektivně míru obtěžování. K vyhodnocování pachových koncentrací v ovzduší jsou využívány postupy založené na statistickém hodnocení subjektivních vjemů většiny dotazovaných obyvatel podle ČSN 83 5030. Tato norma stanovuje minimální počet respondentů ve sledované oblasti podle počtu obyvatel, dobu a četnost sledování a stanovení limitní hodnoty obtěžování podle následující stupnice:

- 0 zcela bez čichového vjemu;
- 1 pach blízký prahové koncentraci detekce pachu;
- 2 slabý neobtěžující pach;
- 3 obtěžující pach;
- 4 silně obtěžující pach;
- 5 nesnesitelný pach.

Podle této normy představuje:

- N – neobtěžující zápach stupně 1 a 2 stupnice pachu;
- O – obtěžující zápach stupně 3 až 5 stupnice pachu.

Osoby, respektive respondenti, žijící ve sledované lokalitě jednou až dvakrát denně

zapisují subjektivní pocit pachu a jeho intenzitu podle této stupnice. Délka pozorování a sledování bývá zpravidla tři měsíce až půl roku a výsledky pozorování se vyhodnocují statisticky.

Poznámka

Čichová vnímavost u člověka roste do šesti let života, kdy dosahuje svého maxima. Potom s věkem neustále klesá. Dvacetiletý člověk má již 80 % čichových receptorů, se kterými se narodil, šedesátiletý jen asi 40 % a v osmdesáti letech už jen okolo 30 %. Určitě by na to norma k vyhodnocování pachů měla pamatovat.

K vyhodnocování imisních koncentrací pachu je možné použít i metodu stanovení pachových látek ve venkovním ovzduší terénním průzkumem podle ČSN 83 5031. Tato metoda vychází z měření časového podílu působení pachu v určených stanovištích a lokalitách (tzv. geometrické síti nebo pachové stopě).

Poznámka

Pro objektivizaci posouzení pachové zátěže jsou vhodné olfaktometrické postupy. Vlastní měření probíhá na přístroji (olfaktometr), který je vybaven několika velmi přesnými rotametry, které přesně měří průtok znečištěného plynu a průtok inertního plynu (vzduch, medicínální kyslík). Ve směšovací komoře dochází k dokonalému smísení obou plynů. Osoba, která je využita k měření, vdechuje takto vzniklou směs a pouze oznamuje laborantovi, který měří směšovací poměr, zda cítí nebo necítí pach. Pachovou jednotkou je pak hodnota, která postihuje práh čichu. Dokonce už prý při koncentraci 3 PJ (pachových jednotek) lze definovat i typ pachu.

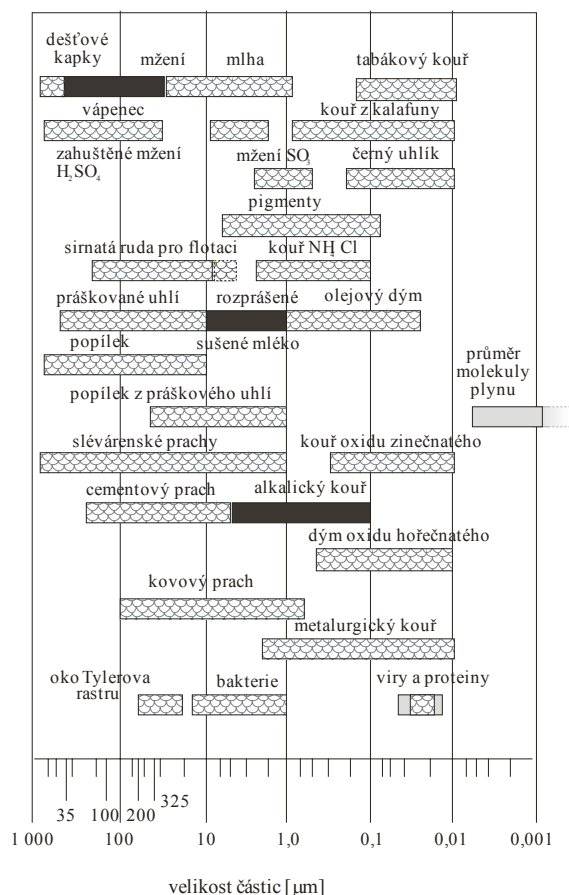
Pro zpřesnění intenzity pachu je v normách EU definována tzv. **Evropská pachová jednotka OUER**, která je vztažena na pach určité chemické látky, tzv. 1 EROM. Tato jednotka je definována jako 123 mg n-butanolu rozptýleného v 1 m³ inertního plynu za standardních podmínek. Takto je možné testovat osoby a vyhodnocovat jejich čichovou rozlišovací schopnost. Tedy i každého z nás.

1.2.8 Tuhé a kapalné látky v ovzduší

Tuhé a kapalné znečišťující látky jsou částice těchto látek, které mohou vytvářet se vzduchem dvojfázové disperzní systémy, v nichž je vzduch disperzním prostředím a tuhé nebo kapalné částice dispergovanou látkou. Podle stability disperzního systému je dělíme na **prachy a aerosoly**.

Pod pojmem **prach** jsou tedy zahrnuty malé částice tuhých látek, které po rozptýlení v klidném disperzním systému mají pádovou rychlost, která odpovídá zákonům volného pádu. Patří sem poletavé prachy, hrubé prachy, jemné prachy a různé nečistoty.

Pod pojmem **aerosol** jsou zahrnovány tuhé a kapalné částice, které po rozptýlení v klidném disperzním systému tvoří stabilní systém. V praxi užíváno termínu „mají zanedbatelnou sedimentační rychlost“. Velikosti částic aerosolů, v našem případě prachového aerosolu (nebo poletavého prachu), se pohybují v rozmezí od 10⁻² do 10² μm, tj. od makromolekul až po částice dýmů a kouřů. U velmi malých částic s poloměrem < 0,1 μm, které již nemají pádovou rychlost, je pozorován zvláštní pohyb částic, kterému říkáme „Brownův pohyb“. Na obr. 1.4 jsou názorně zobrazeny různé typy aerosolů a velikosti jejich částic.



Obr. 1.4 Rozsah velikosti částic aerosolů, prachů a kouřů

Aerosoly podle vzniku rozdělujeme na:

- disperzní, které vznikají mechanickou nebo tepelnou destrukcí látek (kouře, dýmy atd.);
- kondenzační, které vznikají srážením par nebo reakcemi v ovzduší (mlhy, opary atd.).

Menší částice než 0,1 µm ulpívají po nárazu na předmětu (špinění budov, textilu atd.) nebo na zemském povrchu. V ovzduší vykonávají nepravidelný pohyb (Brownův pohyb) a při vzájemných nárazech se shlukují do větších celků (koagulují). **Větší částice** než 0,1 – 0,5 µm se v ovzduší usazují (sedimentují) a vytvářejí spad prachu [24].

Poznámka

Prachové aerosoly vznikají, jak již bylo uvedeno, rovněž destrukcí, rozměňováním větších částic v částice menší, bez pádové rychlosti. A teď malou úvahu. Neuklizený spad prachu na dopravních komunikacích je provozem automobilů neustále drcen a zvířován, až se změní v aerosol. Silnice bude čistá a všechen prach bude ve vzduchu v bezprostřední vzdálenosti, tedy nad chodníkem. Maminka s kočárkem a s dětmi na chodníku dostává plnou dávku prachu. Kdybych se v případném budoucím životě stal starostou obce či města, první moje akce z hlediska životního prostředí by spočívala v důsledném uklízení a zametání komunikací a chodníků. Kdybych mohl, myl bych je i v noci, jak se děje v superčistých městech světa, a navíc možná pomocí saponátů.

1.2.9 Jak vyhodnocujeme množství prachových částic v ovzduší?

Množství spadlého prachu označujeme jako spad prachu a vyjadřujeme jej pomocí **depozičního limitu**. Za hygienicky únosnou hodnotu tohoto depozičního limitu se považuje maximální spad prachu $12,5 \text{ g/m}^2$ za 30 dní (v přepočtu 150 g/m^2 za rok neboli 150 t/km^2 za rok).

Poznámka

V mém bydlišti v Ostravě udává HMÚ, že hodnota uvedeného depozičního limitu není překračována a že se pohybuje okolo hodnoty 100 g/m^2 neboli 100 t/km^2 za rok. Je to moc nebo málo? Bydlím v téměř stotisícové Porubě, která má rozlohu cca $6 \times 6 \text{ km}$, tedy 36 km^2 . Za rok tedy na Porubu spadne cca 3 600 t prachu neboli 10 t (jeden železniční vagon) denně. Sami si na položenou otázku jistě dáte odpověď. Říká se, že přesným indikátorem pro spad prachu je bílá košile. Jak dlouho s ní mohu chodit po městě, než se zašpiní? Jsou prý města či velkoměsta, kde vydrží čistá celý týden.

Množství poletavého prachu (aerosolu) se hodnotí pomocí **imisních limitů**, a to v $\mu\text{g/m}^3$. Imisní limity pro poléťavý prach mají tyto hodnoty:

- IL pro období 24 hodin – $50 \mu\text{g/m}^3$;
- IL pro období kalendářního roku – $40 \mu\text{g/m}^3$ (od roku 2010 $20 \mu\text{g/m}^3$).

IL pro poléťavý prach se vyjadřují vždy jako aritmetický průměr a nově jako suspendované částice PM_{10} , které projdou filtrem ($10 \mu\text{m}$) s odlučovací účinností 50 %. Někdy je IL stanovován jako SPM, což je poléťavý prach bez velikostního rozlišení částic se zanedbatelnou sedimentační rychlostí (přetrvávající dlouhou dobu v atmosféře), obvykle částic menších než $25 \mu\text{m}$. Pro poléťavý prach jsou IL nejčastěji stanoveny pro thorakální frakci PM_{10} , protože tato frakce se lépe shoduje s hodnocením zdravotních účinků než SPM. Za thorakální frakci se považuje hmotnostní frakce částic pronikající za hrtan, která není zachycována v horních dýchacích cestách (dutina nosní, ústní). Na vyšších koncentracích poletavého prachu v ovzduší se podílejí nejen stacionární zdroje (zejména zdroje tepla), ale vydatnou měrou i mobilní zdroje, především automobily. Prašné částice z provozu automobilů vznikají nejen ze spálených organických látek z motorového paliva, ale také otěrem pneumatik o povrch silnice. Větším zdrojem znečištění jsou dieselové (naftové) motory. Ty produkují prachu třicet až třistakrát více než motory benzinové.

1.2.10 Jak působí prach a poletavý prach na naše zdraví?

Působí-li TZL, neboli prach a poletavý prach, na lidský organismus, mohou se projevit po určité době značné zdravotní potíže. Vše závisí na koncentraci prachových částic v ovzduší, na jejich velikosti a na tom, jak dlouho bude člověk vystaven jejich působení (na jejich expozici). Kritickým místem jsou v tomto případě naše plíce. Lidské plíce jsou od přírody předimenzovány. Proto, i když je jejich část vyřazena z činnosti, stačí jinak zdravému člověku zbytek plic, protože jejich plocha je asi deset až osmnáctkrát větší, než je pro život zapotřebí. Přesto bychom měli naše plíce před působením prachových částic maximálně šetřit [12].

Jak reagují na velikost prachových částic naše dýchací cesty a plíce:

- **Částice $> 5 \mu\text{m}$** jsou při vdechování zadrženy v dýchacích cestách. Ty největší v horních dýchacích cestách (nos, dutiny nosní a ústní a nosohltan), ty menší pak v dolních cestách dýchacího ústrojí (hrtan, průdušnice, průdušky).

- **Částice 0,25 až 5 μm .** Tyto částice pronikají až do terminálních (konečných) partií dýchacích cest, které tvoří alveoly (plicní sklípky).
- **Částice < 0,25 μm .** Tyto velejmené částice, vzhledem ke svým malým rozměrům a hmotnosti, se začínají chovat jako plynné molekuly, postupně klesá jejich retence v plicích a jsou z velké části vydechovány.

Toto rozdělení částic vzhledem k jejich působení je pouze orientační. V odborné lékařské literatuře je tato problematika rozvedena podrobněji a někdy, bohužel, poněkud s různými odchylkami, co se týká velikosti částic. Pro vydechovatelnou frakci bývá někdy uváděna hodnota < 0,1 μm . Můžeme jednoznačně konstatovat, že největší částice jsou zachyceny v dýchacích cestách, střední jsou zachyceny v plicích (alveolách) a ty nejmenší (ultrajemné) jsou vydechovány. Nejnebezpečnější a s největším dopadem na lidské zdraví, na naše plíce, je střední frakce částic od 0,25 (popř. 0,1) do 5 (10) μm .

A teď ještě velmi záleží na tom, o jaký prach se jedná, je-li inertní, nebo biologicky aktivní (toxický, alergický, fibrogenní atd.). V případě fibrogenního účinku prachu na něj navazují látky, které způsobují vznik vazivového pletiva a silikotických uzlíků neboli vznik silikózy, vážné těžko vyléčitelné onemocnění, kterým trpí pracovníci přicházející do styku s prachem s vyšším obsahem SiO_2 , např. horníci, kameníci, šamotáři apod. [18].

Poznámka

Taková zajímavost. Před několika lety jsem byl přítomen jako přisedící u doktorandské zkoušky. Zkoušející, významný hygienik, položil studentovi následující otázku. Proč horníci velmi často onemocní silikósou a nomádi v poušti, kteří jsou vystaveni stálému působení písku a častým písečným bouřím, silikósou ne onemocní? Musím se přiznat, že ani já jsem na tuto otázku neměl odpověď. Správná odpověď zní: písek v poušti nemá ostrá rozhraní jako uhelný prach vznikající při mechanické těžbě uhlí.

1.2.11 Kde vzniká a jak působí oxid siřičitý?

Oxid siřičitý patří mezi hlavní znečišťující látky v ovzduší, a to co do množství i co do účinků na životní prostředí. Oxid siřičitý se do ovzduší dostává následující antropogenní činností. Mezi nejvýznamnější zdroje patří:

- energetika. Spalování uhlí v energetice je dominantním zdrojem emisí SO_2 nejen v ČR, ale i ve světovém měřítku;
- metalurgický průmysl. Zdrojem emisí je zpracování rud obsahujících větší množství síry. Některé rudy se dokonce vyskytují jako siřičíky;
- koksárenství. Spalování neodsířené koksárenského plynu (svítiplynu). Část síry z uhlí při koksování přechází do koksárenského plynu;
- chemický průmysl. Zejména emise SO_2 při výrobě kyseliny sírové, ale i při dalších chemických sloučeninách.

Velké množství SO_2 se do přízemní atmosféry dostává rovněž přírodními procesy, a to vulkanickou činností naší Země.

Poznámka

Jak již bylo uvedeno v předcházející části, největším zdrojem emisí SO_2 je energetika, která spaluje obrovské množství tuhých fosilních paliv. Některá uhlí dokonce obsahují více jak 5 % síry. Naše severočeské hnědé uhlí obsahuje 1 až 4 % síry a ostravské černé uhlí jen 0,7 % síry. Z tohoto hlediska patří mezi nejlepší na

světě. Síra v uhlí se vyskytuje ve čtyřech chemických formách, a to jako síra elementární, organická a siřičitá (to jsou spalitelné formy) a jako síranová (nespalitelná část síry), která přechází do popela.

Protože z chemie víme, že podle rovnice $S + O_2$ vznikne SO_2 , pak můžeme snadno spočítat, že podle molekulových hmotností vznikne z 32 kg síry a 2 x 16 kg kyslíku celkem 64 kg SO_2 . Z 1 kg síry vzniknou 2 kg SO_2 , tedy dvojnásobek (při přesném výpočtu trochu méně, protože molekulová hmotnost síry je 32,064 a kyslíku 16,00, tedy 1,998 kg).

Oxid siřičitý během určité doby přechází fotochemickou nebo katalytickou reakcí na oxid sírový. Rychlost oxidace závisí na povětrnostních podmínkách, tj. na teplotě, na slunečním svitu, na přítomnosti katalyzujících částic atd. Běžně se odstraní během jedné hodiny z ovzduší 0,1 až 2 % přítomného SO_2 . Vzniklý oxid sírový je okamžitě hydratován vzdušnou vlhkostí na aerosol kyseliny sírové, který může reagovat s prachovými alkalickými částicemi v ovzduší za vzniku síranů. Síraný se postupně usazují na zemský povrch, nebo jsou z ovzduší vymývány srážkami. Při nedostatku alkalických částic v ovzduší dochází k okyselení srážkových vod až na $pH < 4,0$. **Kyselé deště** uvolňují z půdy hliníkové a další kovové ionty (Cu, Pb, Cd), které potom poškozují půdní mikroorganismy, znehodnocují vodu a způsobují úhyn ryb atd. Podrobně o kyselých deštích bude pojednáno v otázkách 31 a 32.

Oxid siřičitý negativně působí na zdraví živočichů, zejména na zdraví lidské a na rostlinstvo. SO_2 poškozují především dýchací systém. U člověka zvyšuje výskyt akutního a chronického astmatu, bronchitidy a plicního emfyzému (rozedmu plic). Při vyšších koncentracích způsobuje a působí:

100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ – dráždění očí, horních cest dýchacích,

500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ – na činnost mozkové kůry,

2 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ – na snížení průchodnosti v plicích.

Dlouhodobé působení SO_2 při koncentraci 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ vede ke zvýšení počtu úmrtí na choroby krevního oběhu a na chronickou bronchitidu. Při největší smogové katastrofě v roce 1952 v Londýně, následkem vysoké koncentrace SO_2 (průměr 1 800 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, naměřené maximum 3 800 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) zemřelo 4 000 lidí.

Poznámka

Přítomnost SO_2 už ve velmi malých koncentracích působí na rostlinstvo. Jedny z nejcitlivějších jsou lišejníky, které rychle hynou. Účinky SO_2 však působí i na vyšší rostliny, je poškozován jejich fotosyntetický aparát, což vede k poškození a odumírání keřů a stromů a hynutí celých lesních porostů (nejvíce jsou napadeny rostliny s neopadavými listy, tedy jehličnany).

Emisní limity SO_2 pro elektrárny a teplárny jsou v ČR stanoveny podle jejich výkonu v rozmezí od 500 do 1 700 mg/m^3 spalin (pro velké, > 300 MW výkonu, platí nižší hodnota). Nejvyšší přípustné přízemní koncentrace (emisní limity) jsou pro SO_2 - hodinový 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, denní 125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a roční 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Pro ochranu ekosystémů 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (pro zimní období od 1. října do 31. března).

1.2.12 Co všechno víme oxidech dusíku?

Dusík, jako prvek, má pět možných oxidů, a to: dusný N_2O , dusnatý NO (někdy jako dimer N_2O_2), dusitý N_2O_3 , dusičitý NO_2 a dusičný N_2O_5 . Z uvedených oxidů není N_2O

považován za škodlivinu. Vzniká především bakteriálním rozkladem dusíkatých látek, není reaktivní a ve velkých výškách se fotochemicky rozkládá na kyslík a dusík. Oxid dusný, označovaný jako rajský plyn, vyvolává uklidnění a dobrou náladu. Dříve byl používán v lékařství k anestezii (k umrtvení). Dnes se s ním mladé generace mohou nedovoleně setkat na diskotékách. Někteří chemici dokonce říkají, že kdyby se jeho obsah v ovzduší zvyšoval, lidé by měli lepší náladu.

Poznámka

Pokaždé, když položíš studentům otázku o oxidech dusíku, neopomenu se jich zároveň zeptat na základní chemickou poučku pro vznik oxidů, pro jejich pojmenování; tedy -ný, -natý, -itý, -ičitý, -e(i)čný, -ový, -istý, -ičelý. Toto názvosloví zavedl na začátku dvacátého století náš významný chemik prof. EMIL VOTOČEK a je ve světě ojedinělé. Podle koncovky názvu oxidu může každý Čech napsat jeho chemický vzorec.

Pokud hovoříme o oxidech dusíku jako o škodlivých látkách, jsou tím míněny NO a NO₂, označovány jako NO_x. Při stechiometrických výpočtech vyjadřujeme **NO_x jako NO₂**. Převážná, dominantní část NO_x, pochází ze všech spalovacích procesů (fosilních elektráren a výtopen), ze spalovacích motorů automobilů a z chemických výrob (výroba kyseliny dusičné, nitrace organických látek atd.). Menší část NO_x je produkována přírodními bakteriálními procesy.

Při spalovacích pochodech se NO_x tvoří v zásadě třemi základními mechanismy:

- oxidací dusíku ze spalovacího vzduchu za vysoké teploty (tzv. **vysokoteplotní NO_x**),
- oxidací chemicky vázaného dusíku v palivu (tzv. **palivový NO_x**),
- z chemicky vázaného dusíku radikálovými reakcemi na rozhraní plamene (tzv. **promptní NO_x**).

Pro vznik NO_x při spalovacích procesech platí následující poučka:

Množství tvorby NO_x je tím větší, čím je vyšší spalovací teplota, čím je větší poměr vzduchu (přebytek vzduchu) a čím je delší doba zdržení spalin v pásmu spalné teploty (ve spalovacím prostoru). Jejich množství závisí též na druhu paliva a druhu (uspořádání) spalovacího zařízení. Jeho množství při spalovacích procesech je tedy podle této poučky možné snižovat různými technologickými zásahy. Například snižovat výhřevnost paliva, regulovat optimální přebytek vzduchu, využít postupného vícestupňového spalování, recirkulaci spalin atd. Pokud technické možnosti nelze využít, potom musí pro splnění emisního limitu následovat nákladná denitrifikace spalin.

Poznámka

Závěrem je tedy možno poznamenat, že oxidy dusíku vznikají všude, kde probíhá proces spalování. Tedy i v případě kuchyňských plynových sporáků, a konečně i při idylickém posezení u táborového ohně. Pochopitelně vzniklé množství NO_x bude odpovídat teplotě spalování. U oceláren, elektráren to bude v rozmezí 500 – 1 500 mg/m³, u našeho kuchyňského sporáku jen v několika desítkách mg/m³.

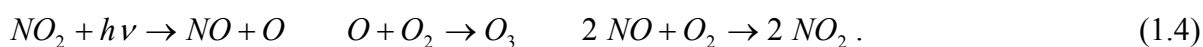
1.2.13 Jak se oxidy dusíku chovají v ovzduší?

Oxidy dusíku jsou v ovzduší postupně oxidovány. V konečné fázi za přítomnosti vodní páry vzniká nejstabilnější forma, kterou je kyselina dusičná.

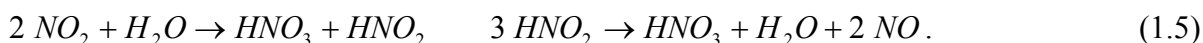
Reakcí HNO₃ s prachovými alkalickými částicemi, jako jsou CaO a MgO, popř. NH₃,

vznikají tuhé částice, které jednak sedimentují, jednak jsou z atmosféry vymývány srážkami. Množství dusíku, které se nyní dostává do půdy prostřednictvím srážek, není zanedbatelné v porovnání s množstvím dodávaným v hnojivech. Ionty NO_3^- příznivě ovlivňují růst rostlin, ale při vyšších koncentracích dochází k nežádoucímu rozmnožení některých druhů vodních rostlin. Tento nežádoucí proces nazýváme **eutrofizací**. Vodní nádrže zarůstají řasami, sinicemi a rozsivkami (vodním zeleným květem). To je vyvoláno nadměrným přísunem právě dusičnanů a fosforečnanů (podrobněji otázka č. 53). Oxidy dusíku zvyšují oxidační potenciál atmosféry a působí nepříznivě na vnitřní orgány lidí. Některé náznaky ukazují, že NO_x hraje určitou roli při onemocnění dýchacích cest a při vzniku nádorových onemocnění. Emise NO_x s následným vznikem HNO_3 působí na přírodu negativně, obdobně jako emise SO_2 . Okyselují vody a půdy a poškozují rostlinstvo.

Při spalovacích procesech vzniká především NO , který je ve směsi spalin zastoupen z 90 až 95 %. Oxid dusnatý se v ovzduší postupně oxiduje na NO_2 . Ten se však může opět rozkládat fotoreakcí na oxid dusnatý a kyslík, s následnou, tolik obávanou reakcí, až na ozon.



V konečné fázi však NO_2 , je-li v přebytku, přejde na nestabilnější formu, kterou je kyselina dusičná.



Poznámka

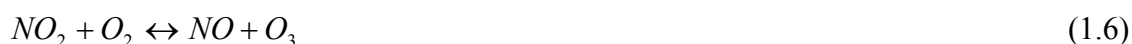
Pozorně bychom si měli všimnout a zapamatovat si průběh fotoreakce oxidů dusíku s kyslíkem za vzniku ozonu s následnou tvorbou smogu. Tato reakce, za přispění slunečního záření, neprobíhá v ovzduší jednoduše, ale zúčastní se jí celá řada dalších organických sloučenin. Důležitost této reakce z hlediska základů environmentalistiky pochopíte postupně po prostudování dalších položených otázek a odpovědí.

1.2.14 Je zdravé nadýchat se ozonu?

Sloučenina O_3 byla nazvána svým objevitelem SCHÖNBEIMEM v Basileji již roku 1839 jako ozon (*v řečtině – zapáchající*). Je to plyn jedovatý a chemicky vysoce agresivní. Nadýchat se proto ozdravně ozonu by mělo pro naše dýchací orgány katastrofální následky.

Ozon, jak již bylo uvedeno, je tvořen a rozkládán fotochemickými reakcemi, tedy slunečním zářením. Tyto procesy **vzniku a rozpadu O_3** se odehrávají nejen v přízemních vrstvách atmosféry, ale zejména ve stratosféře - v ozonové vrstvě. Množství O_3 je tedy závislé na intenzitě a vlnové délce UV záření. Vznik a rozpad ozonu probíhá tam, kde je intenzivní sluneční záření (UV, světelné a IR záření), tedy ve vyšších vrstvách atmosféry. Maxima dosahuje ozon ve stratosféře od 15 do 50 km. Tato **ozonosféra**, která je součástí stratosféry, zachycuje krátkovlnné UV záření, které je pro živou hmotu na naší Zemi smrtelné (*letální*).

Jinak je tomu však s jeho vznikem a působením v přízemních vrstvách atmosféry, tedy v našem životním prostředí. Ozon v přízemní vrstvě v menším množství vzniká fotolýzou kyslíku a také se do ní dostává klesáním ze stratosféry, v důsledku vyšší měrné hmotnosti (asi 10 až 15 % celkového množství). Převážná část ozonu však vzniká fotolýzou NO_2 podle následující reakce:



Tvorbu O₃ také podporuje fotolýza uhlovodíků, zejména těkavých uhlovodíků – VOC. K nim patří alkyly, aldehydy, ketony, různé estery a chlorofluorované uhlovodíky. Mnohé z nich jsou obsaženy ve výfukových plynech spalovacích motorů a v emisích různých chemických výrob. Vznik O₃ v přízemních vrstvách naší atmosféry urychluje zvýšené sluneční záření a vyšší teploty v letních měsících, ale také zvýšený průnik UV záření v důsledku zeslabení ozonové vrstvy ve stratosféře. Nejvyšší přípustná osmihodinová koncentrace O₃ pro imisní limit je 160 µg/m³, výhledově od roku 2010 120 µg/m³.

Působení ozonu na všechny organismy je velice nepříznivé. Jak již bylo uvedeno, je ozon škodlivinou, která působí toxicky a vysoce agresivně. U osob vystavených zvýšeným koncentracím O₃, nad 200 µg/m³, se dostávají příznaky dráždění očí, sliznic v nose, kašel a bolesti hlavy. Zvláště citlivé na ozon jsou dýchací orgány – plíce. Koncentrace nad 4 000 µg/m³ (2 ppm) po dvou hodinách vyvolá zřetelné příznaky poškození dýchacího ústrojí. Škodlivý účinek má O₃ též na vegetaci. Zpomaluje jejich růst a vývin kořenového systému. Ozon způsobuje rovněž korozi voskových povlaků, jehlic a listů, vniká do nich a tam narušuje membrány chloroplastů. Ozon je účinným baktericidním prostředkem, prostředkem usmrcujícím bakterie. Ozonizace je proto využíváno při přípravě pitné vody, mléka, potravin a vzduchu (ultrafialové výbojky).

Poznámka

- Ted, když toho tolik víme o ozonu, pochopíme, že nadýchat se ozonu našemu zdraví vůbec neprospěje. Ozon jako plyn má charakteristicky výrazný zápach, ale ne takový, který cítíme v lese. To, co cítíme v letních měsících v lese, není čistý ozon, ale výsledek voňavé reakce mezi ozonem a přírodními terpeny. Stromy, zejména jehličnany, totiž vylučují prchavé terpeny (*terpenické uhlovodíky*), které okamžitě reagují s fotochemickým ozonem v ovzduší za vzniku voňavých organických aerosolů. Někteří botanici se domnívají, že stromy se vylučováním terpenů v letních měsících chrání před působením agresivního ozonu.
- V této otázce se několikrát vyskytl pojem fotolýza. Co tento pojem znamená? Fotolýza, respektive fotochemické reakce probíhají pouze za přispění záření, v našem případě v oblasti ovzduší za přispění slunečního záření. Molekuly dostávají zářením potřebnou energii, jsou aktivovány, dostávají se do aktivovaného stavu, po kterém mohou vstupovat do chemických a fotochemických reakcí. Podle kvantové teorie probíhá adsorpce záření v molekulách jen po celých (celistvých) kvantech. Světelné kvantum Q_v je definováno vztahem:

$$Q_v = h \cdot \nu, \quad (1.7)$$

kde

h – je Planckova konstanta (6,625 17.10⁻³⁴ J.s);

ν – kmitočet záření;

proto u všech fotochemických reakcí píšeme zkratku h·ν. Zvláštní význam mají tyto reakce při vzájemném slučování a rozpadu znečišťujících látek v ovzduší, při tvorbě ozonu, fotochemických smogů a celé řady dalších chemických reakcí.

1.2.15 Které znečišťující látky označujeme zkratkou VOC?

Mezinárodní zkratkou **VOC** (volatile organic compounds) označujeme **těkavé organické látky (TOL)**. Podle současné legislativy je těkavou organickou látkou (VOC) jakákoliv organická sloučenina nebo směs organických sloučenin, jejíž počáteční bod varu je menší nebo roven 250 °C při normálním atmosférickém tlaku 101,325 kPa. Do VOC není zařazován podle mezinárodních dohod metan, i když jeho bod varu je -161 °C. Emise vykazované bez emisí metanu označujeme jako NMVOC (nemetanické těkavé organické látky) [37].

Mezi VOC patří rozpouštědla, paliva, barvy, nátěrové hmoty, čisticí a kosmetické přípravky atd. Emise VOC do ovzduší jsou dvojího původu, přírodního a antropogenního. Emise přirozených přírodních zdrojů se obvykle nebilancují v jednotlivých státech, ale odhadují se globálně. Bilance antropogenních emisí VOC se provádí podle mezinárodně uznané metodiky.

Řada VOC je tvořena toxickými nebo karcinogenními látkami, které se podílejí na poškození lidského zdraví. Vesměs se však jedná o látky negativně ovlivňující ŽP. Zejména jejich spolupůsobení s oxidy dusíku za vzniku agresivních smogů působících škody nejen na zdraví lidí, ale i na zemědělské a lesní vegetaci a silně akcelerující korozi a stárnutí různých materiálů. Některé složky VOC jsou globální hrozbou životního prostředí, zejména v případě destrukce ochranné vrstvy stratosférického ozonu a vytváření skleníkového efektu.

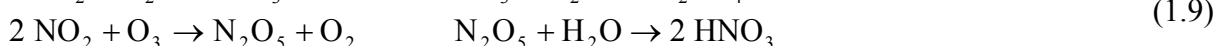
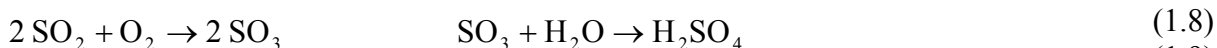
Nebezpečnost VOC pro celé naše životní prostředí je nesporná, a proto omezení VOC mají své místo a omezení v legislativách všech zemí, tedy i u nás. V našich právních předpisech jsou VOC zařazeny do základní 0. skupiny seznamu znečišťujících látek. Dokonce jsou pro sumu VOC stanoveny emisní limity pro jednotlivé technologie.

1.2.16 Jak vznikají kyselé deště?

Pojem „kyselý déšť“ je často považován za ekologický problém posledních desetiletí dvacátého století. Tento termín však použil již v roce 1872 anglický chemik ROBERT SMITH při popisu tohoto jevu v Manchesteru. Poprvé objevil souvislost mezi zčernalou oblohou nad průmyslovým Manchesterem a silně kyselými dešťovými srážkami.

Hlavními složkami kyselých dešťů jsou především sloučeniny síry (SO_2 , SO_3) a dusíku (NO_x). Sírné ZL se do ovzduší dostávají při spalování fosilních paliv. Dusíkaté ZL vznikají při všech spalovacích procesech, tedy i při provozu motorových vozidel.

Oxidace SO_2 na SO_3 probíhá v atmosféře fotochemickou a katalytickou reakcí. Oxidace NO_2 na N_2O_5 probíhá rovněž fotochemickou reakcí za spolupůsobení ozonu. Ve skutečnosti můžeme obě reakce vzniku kyselin vyjádřit následovně:



Podle definice Úřadu pro ochranu životního prostředí v USA (USEPA) se za kyselé deště považují srážky s hodnotou pH nižší než 4,5. V usnesení Mezinárodní konference o okyselení prostředí (*Stockholm 1983*) se považují za kyselé srážky při nižším pH než je 4,7 a množství síry přenesené srážkami je vyšší než $0,5 \text{ g/m}^2$. Měření a monitorování kyselých dešťů je prováděno v ČR nepřetržitě na několika meteorologických stanicích. Největší četnost srážek probíhá v intervalu pH 4 – 6. Hodnoty pH se v současné době v důsledku odsířování spalin tepelných elektráren neustále zvyšují.

Poznámka

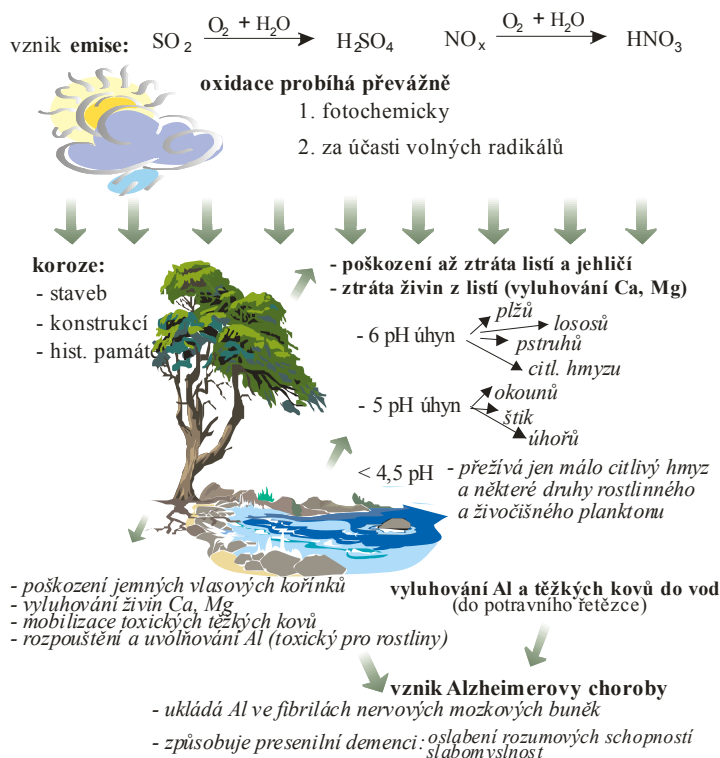
Kyselost, zásaditost a neutralita prostředí se vyjadřuje koncentrací vodíkových iontů, označuje se zkratkou pH. Obsahuje-li roztok přebytek H^+ iontů, reaguje kyselé, obsahuje-li přebytek OH^- iontů, reaguje zásaditě. Je-li množství obou iontů stejné, je roztok neutrální. Protože hodnota pH je vyjádřena záporným logaritmem koncentrace vodíkových iontů, bude hodnota $\text{pH} < 7$ vyjadřovat prostředí kyselé, hodnota $\text{pH} > 7$ prostředí zásadité a hodnota $\text{pH} = 7$ prostředí neutrální. Čím více se hodnoty blíží k nule, zvyšuje se kyselost a naopak k hodnotě 14 zásaditost.

Pro zmírnění vzniků a dopadů dálkových přenosů (transmisí) ZL, a tím i kyselých suchých a mokrých depozic (kyselých dešťů), byla v roce 1979 v Ženevě EHK OSN koncipována a parafována Úmluva o dálkovém znečišťování ovzduší. V platnost vstoupila v roce 1983 a ČSFR ji podepsala. Závaznou se stala od 22. března 1984. Česká republika je sukcesorem (právním nástupcem) od 1. ledna 1993. „Úmluva“ má rámcový charakter a umožňuje: zjišťovat dálkové přenosy ZL, upravovat regulaci emisí, předávat informace a zúčastňovat se konzultací, výzkumu a monitoringu ZL.

1.2.17 Jak působí kyselé deště na životní prostředí?

Kyselé deště nepříznivě působí na lidskou populaci, živočišstvo, rostlinstvo a hmotný majetek.

Na *obr. 1.5* je ve zjednodušené formě schematicky znázorněn vznik a působení kyselých srážek v biosféře.



Obr. 1.5 Kyselá deště, jejich vznik a působení

1.2.18 Co znamená slovo smog?

Slovo **smog** je převzato z anglického jazyka, a to spojením slov *smoke* – kouř a *fog* – mlha, a to již od roku 1905. Pro losangeleský typ smogu s převažující koncentrací ozonu používáme výraz **fotochemický smog**.

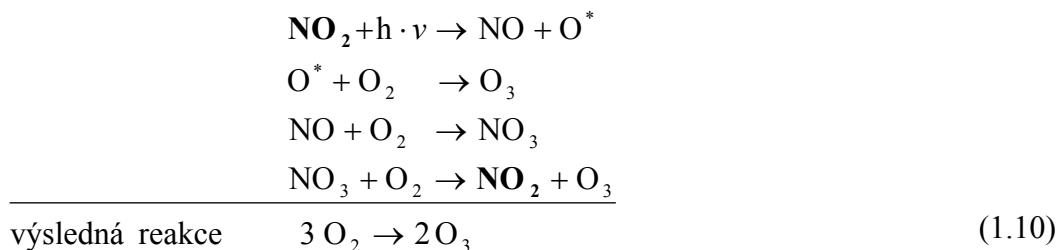
Prakticky existuje podle chemické povahy celá řada různých smogů. Nejčastěji se vyskytují pouze dva typy, které se vzájemně výrazně od sebe odlišují.

- a) **Londýnský smog** je směsí kouře z uhlí a mlhy a má vysoký obsah oxidu siřičitého, dodávající smogu silně **redukční charakter** (nazýváme ho jako kyselý smog).
- b) **Losangeleský smog** je směsí ozonu a peroxidů organických sloučenin, vznikajících fotochemickou reakcí mezi oxidy dusíku, ozonem a neškodnými organickými látkami (parami benzínu nebo zplodinami nedokonalého spalování). Tento typ smogu má **oxidační charakter** a nazýváme ho fotochemický smog.

1.2.19 Jak vznikají smogy?

Vysvětlení londýnského typu smogu je po chemické stránce poměrně jednoduché. Vzniká obvykle za inverzních povětrnostních situací v místech s vysokými emisemi oxidu siřičitého. Intenzitu smogu podporuje výskyt mlh. Naopak chemismus vzniku fotochemického smogu je velmi složitý, protože se jedná o velké množství probíhajících chemických reakcí. Počátek vzniku tohoto fotochemického smogu se datuje od roku 1943 a je historicky spojen s americkým městem Los Angeles. V tomto období v uvedeném městě jezdilo neuvěřitelné množství aut (2,5 mil.). Dnes je to přibližně dvakrát tolik, ale všechna auta jsou vybavena účinnými katalyzátory.

Z teorií, které byly předloženy k vysvětlení vzniku smogu v losangeleském ovzduší, je teorie HAAGENOVA-SMITOVA nejobsáhlejší a obecně nej přijatelnější. Podle této teorie bylo zjištěno, že v období smogů značně vzrůstá koncentrace ozonu a oxidačních látek. Ozon je nalézán ve značných koncentracích pouze ve dne, nikoliv v noci. Z těchto skutečností vysvítá, že ozon nebo oxidační zplodiny vznikají fotochemicky působením slunečního světla. Podle této teorie bylo zjištěno, že znečištěniny jako SO_2 a NO_2 a některé organické látky (zejména aldehydy) absorbují ultrafialové záření vlnových délek, reagují s molekulárním kyslíkem za vzniku atomárního kyslíku, který se slučuje s dalšími molekulami kyslíku na ozon. Ačkoli množství atomárního kyslíku, které vznikne fotochemicky z SO_2 a aldehydů, je omezeno koncentracemi těchto znečištěnin, neplatí to pro NO_2 . V tomto případě se adsorpce ultrafialového světla poruší vazba, přičemž vzniká ozon a NO_2 se regeneruje. Oxid dusičitý je tak k dispozici pro opakování pochodu tak dlouho, dokud se nepřemění na HNO_3 . A právě v tom spočívá velká nebezpečnost NO_2 i při jeho malých koncentracích, neboť vzniká vždy relativně velké množství ozonu. Ve zjednodušení celý chemický pochod vzniku O_3 z O_2 fotochemickou reakcí probíhá následovně:



Regenerace (oxidace) NO na NO_2 , jak je uvedeno v předcházejících rovnicích, nemusí probíhat pouze O_2 , ale také celou řadou sloučenin a radikálů obsažených v ovzduší. Významný vliv na průběh této oxidace mají však oxiradikály $\text{OH}\bullet$ a $\text{HO}_2\bullet$. NO_2 má v těchto uvedených reakcích úlohu jakéhosi katalyzátoru, neustále se vrací do původní reakce. Je proto mnohem účinnější než při vzniku O_3 z reakcí SO_2 .

Vedle NO_2 se na vzniku přízemního ozonu podílí, jak již bylo uvedeno, celá řada organických látek, které označujeme jako VOC. Tyto látky, které vstupují do fotochemických

reakcí a zvyšují vznik troposférického ozonu, nazýváme prekursorů ozonu. Emisím VOC je proto věnována z hlediska ochrany ovzduší mimořádná pozornost.

Pro tvorbu fotochemického smogu je charakteristický vznik ozonu a obrovského množství různých oxidantů a dalších látek, které vytvářejí vzdušný aerosol. V praxi je intenzita fotochemického smogu hodnocena pouze podle vzniklého O_3 , a ne podle vzniklých organických oxidantů, tvořících v podstatě tento šedomodrý opar. K tomuto zjednodušení vede nesmírná složitost probíhajících reakcí a jejich výsledků, kterou nelze analyticky zjednodušit.

Charakteristická pro fotochemický smog je tedy tvorba ozonu a oxidantů, peroxyacetylitrátů (PAN), aldehydů, ketonů a dalších látek, při níž vznikají i polymerní látky, které vytvářejí kondenzační vzdušný aerosol ve formě modravého zákalu ovzduší s výrazným oxidačním charakterem. Tímto smogem trpí většina měst se silným automobilovým provozem. Tento druh smogu nejen poškozuje zdraví lidí a zvířat, úrodu a majetek, ale negativně působí na všechny složky životního prostředí.

1.2.20 Jak hodnotíme intenzitu smogu a jaká jsou protismogová opatření?

V České republice, obdobně jako v jiných státech Evropské unie, jsou smogové situace řešeny tzv. „smogovým varovným a regulačním systémem“ – SVRS. Tento systém je vyhlášen v případech překročení **zvláštních imisních limitů**. Provoz tohoto systému je řízen regulačními řády, které jsou vypracovány krajskými a místními orgány ochrany ovzduší [37].

Při překročení ve třech po sobě následujících hodinách zvláštních imisních limitů jsou vyhlášeny následující signály:

1. **SIGNÁL UPOZORNĚNÍ** následuje po překročení hodinového průměru koncentrace oxidu siřičitého $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nebo oxidu dusičitého $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$
2. **SIGNÁL REGULACE** následuje po překročení hodinového průměru koncentrace oxidu siřičitého $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nebo oxidu dusičitého $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Regulačním opatřením podléhají významné zdroje znečišťování ovzduší. Závody s těmito zdroji musí snížit emise ZL. Např. spalovat palivo s nižším obsahem síry, omezit, popř. zastavit výrobu tepla, ale někdy i výrobu.

Zvláštní imisní limity pro **ozon** platí při vzniku **fotochemického smogu**.

1. **Informování veřejnosti** následuje při překročení průměrné hodinové koncentrace O_3 $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
2. **Varování veřejnosti** následuje při překročení průměrné hodinové koncentrace O_3 $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

S ohledem na významnost a nebezpečnost tohoto druhu smogu jsou stanoveny **prahové koncentrace** ozonu pro

1. **Ochranu zdraví lidí.** Neměla by být překročena dlouhodobější osmihodinová průměrná koncentrace ozonu $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
2. **Ochranu vegetace.** Neměla by být překročena průměrná hodinová koncentrace O_3 $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a denní hodnota $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Poznámka

- Pokud se jedná o koncentraci ozonu v přízemních vrstvách, vstoupil v platnost v SRN v roce 1995 tzv. „Ozonový zákon“. Cílem tohoto zákona je chránit zdraví lidí a ŽP před vysoce agresivním ozonem. Zákon stanoví zákaz jízdy automobilů bez katalyzátorů, pokud tři měřicí stanice (vzdálené nejméně 50 km a nejvíce 250 km) naměří koncentraci vyšší než $240 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{O}_3$.
- Velkým problémem v České republice, obdobně jako v Německu, je provoz starých automobilů, které nejsou vybaveny katalyzátory a produkují značné množství emisí NO_x . Jejich provoz podle našich současných předpisů nelze zcela zakázat (byly koupeny podle dřívějších platných předpisů), ale je možné jejich provoz značně ztížit případnými poplatky nebo zákazem provozu v určitých místech za nepříznivých smogových situací. Tato problematika je však „samořešitelná“ postupnou modernizací automobilového parku.

1.2.21 Budou na našich silnicích jezdit bezemisní automobily?

Z předcházejících otázek se jako červená nit odvíjí neustálé upozorňování na nebezpečí, oxidů dusíku ohrožujících naše ovzduší. Podílejí se totiž významně na tvorbě fotochemického smogu a ozonu. Také už víme, že oxidy dusíku vznikají při všech spalovacích procesech, tedy v obrovském množství z provozu automobilů, ze všech vznětových a zážehových motorů [8].

Opomeneme-li možnost snižování emisí z výfukových plynů omezováním celkového objemu automobilové dopravy, pak jediná cesta k jejich snižování spočívá v **technickém** řešení. Tato řešení jsou v současné době zaměřena na:

- úpravy konstrukce motoru;
- úpravy paliva;
- dodatečné detoxikace výfukových plynů.

Hlavní směr světového automobilového dění se ubírá především poslední, třetí cestou, tzn. snižováním škodlivých emisí pomocí katalyzátorů.

Jak pracuje moderní **řízený katalyzátor**? V katalyzátoru se přeměňují současnou oxidací a redukcí jedovaté a škodlivé látky na neškodné. Vnitřní povrch katalyzátoru je pokryt drahými kovy (Pt, Pd, Rh).

Platina podporuje reakci a je katalyzátorem pro oxidaci uhlovodíků (C_mH_n) a oxidu uhelnatého na oxid uhličitý a vodu:



Rhodium podporuje redukcí oxidů dusíku (NO_x) na dusík a vodní páru:

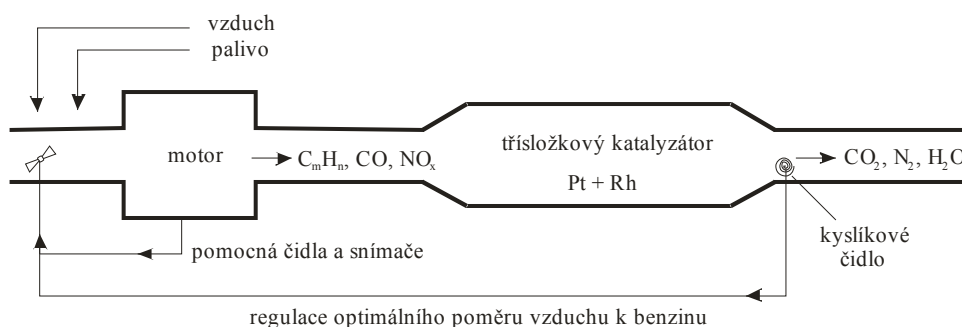


Protože v katalyzátoru probíhá současně oxidace a redukce, je tento proces velmi citlivý na přebytek vzduchu:

- při nedostatku vzduchu (kyslíku) je nedostatečná oxidace C_mH_n a CO;
- při přebytku vzduchu (kyslíku) je nedostatečná redukce NO_x .

Optimální přebytek vzduchu musí být proto ve výfuku regulován zpětnou vazbou pomocí čidla (tzv. sondy λ). Obvykle v poměru vzduchu k benzínu 15:1. Sonda, která řídí

přípravu směsi pro spalování, musí spolupracovat a je napojena na celou řadu dalších snímačů a čidel (např. sledování otáček motoru, teploty směsi a chladicí kapaliny, postavení škrticí klapky v karburátoru atd.). Pokud je automaticky regulován poměr vzduchu k palivu, jedná se o **řízený** katalyzátor. Neřízené katalyzátory, které mají pochopitelně menší účinnost, tuto regulaci nemají. Celý proces je schematicky znázorněn na *obr. 1.6*.



Obr. 1.6 Funkční schéma tříšložkového katalyzátoru

Poznámka

- Dnešní běžně používané katalyzátory označujeme jako „třícestné katalyzátory“ proto, že detoxikují (zneškodňují) tři hlavní škodliviny C_mH_n , CO a NO_x). Lépe a logicky by pro označení takto pracujícím katalyzátorům vyhovoval přívlastek „tříšložkové“. Tento významový nesoulad s českým jazykem vznikl hned na počátku při jejich zrození nesprávným překladem, a teď už se proti tomu nedá nic dělat.
- Vše, co bylo doposud napsáno, se týká pouze zážehových motorů (motorů se svíčkou). U vznětových motorů vzniká navíc velké množství sazí a polyaromátů (PAU). Tyto převážně tuhé znečišťující látky jsou zachycovány pomocí speciálních „keramických filtrů“. Dnes dokonce s periodickou regenerací. Použití třícestných katalyzátorů však u vznětových motorů není možné (nemají karburátor). Motory jsou vybaveny pouze oxidačními katalyzátory na detoxikaci C_mH_n a CO. Na katalyzátorech s redukčními procesy na snižování NO_x se intenzivně pracuje. Obsah NO_x je u současných vznětových motorů snižován pouze tím, že část spalin odcházejících z motoru se vrací na stranu sání motoru. Na vývoji univerzálních katalyzátorů se neustále pracuje a dá se očekávat, že ve velmi krátké době se budou diesellové motory chovat k našemu ovzduší šetrněji, obdobně jako motory vznětové.

1.2.22 Ozonová vrstva Země

Ozon na základě svých fyzikálních vlastností tvoří účinný ochranný štít v horních vrstvách atmosféry. Absorbuje ultrafialový podíl slunečního záření s vlnovou délkou pod 300 nm. Tato vlastnost ozonu, objevená již před 110 lety, ochraňuje veškerý život na Zemi (speciálně organickou molekulu dědičné povahy – kyselinu desoxyribonukleovou – DNS) před náporům energeticky bohatého slunečního záření. Kdyby nás ozonová vrstva neochraňovala, byl by náš život a všech živočichů možný jenom pod vodou, pod zemí nebo pouze v ochranných oděvech.

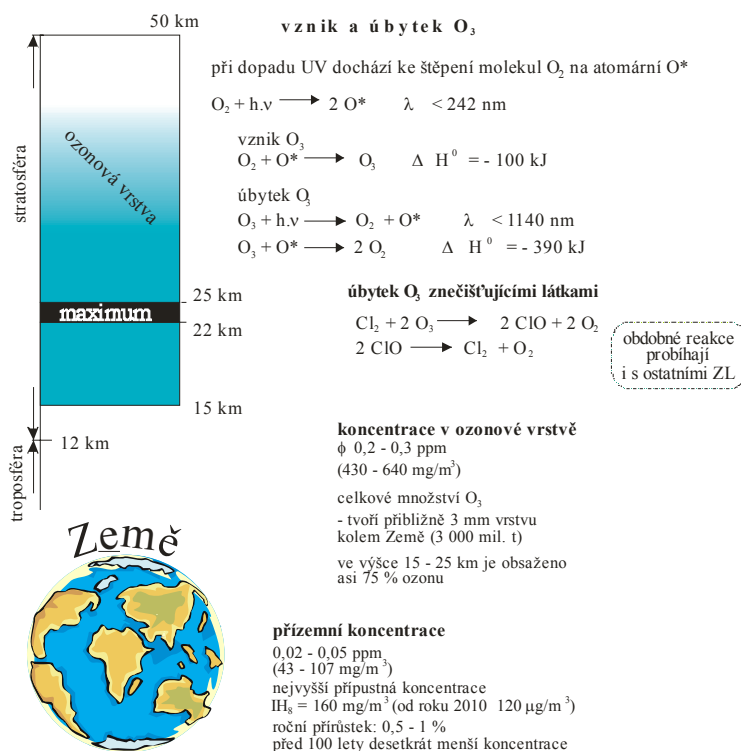
Ozon je přirozenou složkou atmosféry. Jeho koncentrace je v různých výškách různá. Maximální je ve zhruba 15 až 50 km nad zemským povrchem (ozonoféra - součást stratosféry). Ozon zde plní, jak již bylo uvedeno, velmi důležitou funkci, pohlcuje životu nebezpečné UV záření.

Při zemském povrchu je jeho koncentrace relativně nízká, a to 0,02 – 0,05 ppm (před sto lety byla jeho koncentrace zhruba desetkrát menší). Hranice 0,1 ppm ($214 \mu\text{g}/\text{m}^3$) je pokládána za škodlivou. V důsledku antropogenních emisí jeho koncentrace vzrůstá a

způsobuje smogové situace a velmi nepříznivě působí na lidské zdraví a rostliny.

Člověk tedy sám „otáčí ozonovým šroubem“. Při zemském povrchu, zvláště pak v oblastech zatížených průmyslem a automobilismem, se už několik desetiletí vyskytují zvýšené hodnoty s ročním nárůstem od 0,5 až 1 %. Naproti tomu ve vysoké atmosféře (stratosféře), v důsledku naší neodpovědné činnosti, obsah užitečného ozonu snižujeme.

Ozon vzniká a zaniká v ozonové vrstvě fotochemickými reakcemi v důsledku slunečního záření. Molekulární kyslík se při nižších vlnových délkách štěpí na atomární kyslík a ten s molekulovým kyslíkem pak způsobuje vznik ozonu. Naopak ozon se fotochemickou reakcí rozpadá při vyšších vlnových délkách. Obsah O_3 v ozonové vrstvě je tedy výsledkem rovnováhy mezi jeho vznikem a úbytkem. V letních měsících, kdy sluneční záření je intenzivnější (tím i UV záření), je rovnovážný stav posouván do vyšších koncentrací ozonu, kdežto v zimních měsících je jeho obsah ve stratosféře nižší. Protože obě reakce (vzniku a úbytku O_3) jsou exotermické (uvolňuje se teplo), způsobují vzrůst teploty s výškou ve stratosféře.



Obr. 1.7 Reakce a obsah ozonu v atmosféře

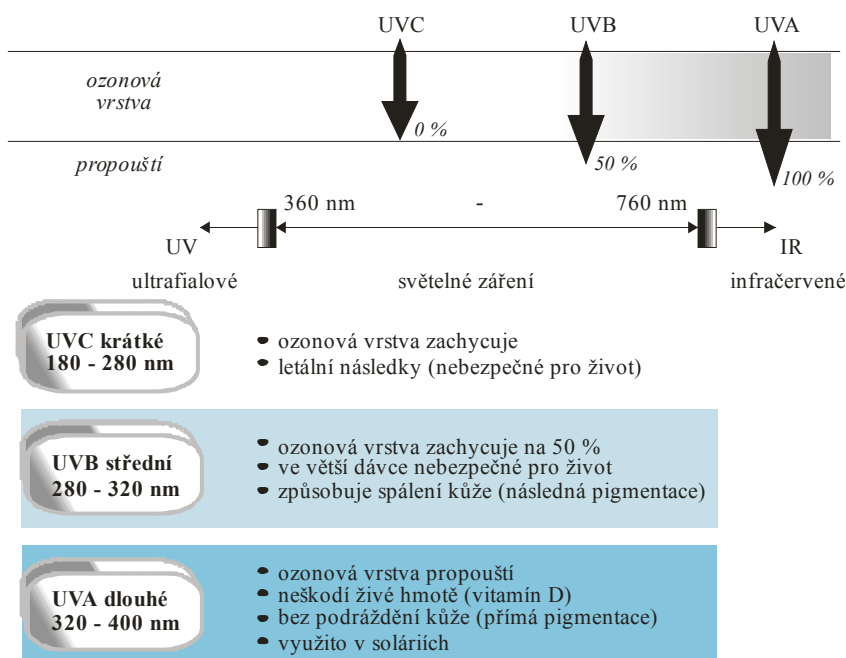
K částečnému úbytku O_3 dochází tím, že část ozonu (je těžším plynem) klesá do troposféry a část ozonu se zúčastňuje chemických reakcí. K významnému úbytku dochází chemickou destrukcí ozonu, která je výsledkem jeho slučování se ZL, které se do ozonové vrstvy dostanou. Nejčastěji to bývají chlorfluorované uhlovodíky – CFC (*freony*). Velmi zjednodušeně můžeme tuto chemickou destrukci ozonu vyjádřit následovně. Atom chloru (nebo fluoru) se sloučí s O_3 na ClO a O_2 . Sloučeniny ClO se slučují dále s atomárním kyslíkem na O_2 a atom chloru. Reakce může probíhat znovu od počátku. Úhrnná výsledná reakce je tedy $O_3 + O \rightarrow 2 O_2$.

Pro snadnější zapamatování jsou reakce vzniku a úbytku ozonu a jeho obsahy

schematicky znázorněny na *obr. 1.7*.

1.2.23 Jak ochraňuje Zemi její ozonová vrstva?

Jak již bylo uvedeno, O₃ v ozonové vrstvě zachycuje, absorbuje ultrafialovou část slunečního záření. Zejména jeho nejkratší část UVC záření, které je pro živou hmotu letální (*smrtné*). Naopak propouští jeho dlouhovlnnou část (blízkou a překrývající fialovou část světelného záření). UV záření dopadající do ozonové vrstvy je vlastně spotřebováno a jeho energie je využívána ke štěpení molekul kyslíku na atomární kyslík za vzniku ozonu. Jeho vznikem je snížena intenzita a průchodnost a v konečném efektu hovoříme o jeho zachycování touto vrstvou stratosféry. Vše je zcela zřejmé z *obr. 1.8*. Rozdílné je i chování a účinky UV záření na živou hmotu. Zatímco krátkovlnné UV záření je smrtelné, jeho dlouhovlnná část se chová opačně a v přiměřených dávkách ji můžeme označit jako blahodárnou pro životní pochody.



Obr. 1.8 Ozonová vrstva a UV záření

Poznámka

A ještě jedna poznámka k *obr. 1.8*. Čtenář je upozorněn, který typ UV záření je využit v soláriích. Když se tedy budeme slunit na slunci, pokud zrovna nad námi není tolik obávaná ozonová díra, dopadají na nás parapsky středovlnného a dlouhovlnného záření UV. Při umělém slunění v soláriích pak pouze jeho zcela neškodná dlouhovlnná složka. Nevím, z čeho vycházejí varovné až zakazující hlasy některých kožních lékařů před ozařováním v soláriích. Možná ze statistických údajů. Ale trend zvyšování onemocnění rakovinou se nevyskytuje pouze u kůže, ale je všeobecný. Pro jistotu jsem si rovněž ověřil, zda výbojky v soláriích nemohou přejít při delším využívání či poruchách do pásem krátkovlnných. Odborníci v této oblasti tuto možnost zcela vylučují.

1.2.24 Jak měříme a vyjadřujeme množství ozonu v ozonové vrstvě?

Kdyby byl všechen ozon, který se vyskytuje v ozonové vrstvě (ve výšce mezi 15 až 50 km) soustředěn do jedné vrstvy, činila by tato vrstva přibližně 3 mm silný souvislý obal O₃ kolem naší Země.

Množství ozonu vyjadřujeme pomocí **Dobsonových jednotek – DU (Dobson Unit)**, přičemž 100 DU odpovídá vrstvě ozonu kolem Země o síle 1 mm. Naměřené množství ozonu v ozonové vrstvě a vyjádřené pomocí DU na předpokládanou souvislou vrstvu v mm pak porovnáváme s teoreticky předpokládaným obsahem ozonu pro určitou zeměpisnou polohu a roční období. Když je oznámeno, že ozonová vrstva má hodnotu 320 DU, znamená to teoreticky, že souvislá vrstva samotného ozonu kolem naší Země má tloušťku 3,2 mm.

Změny v ozonové vrstvě se přímo odrážejí na intenzitě ultrafialového slunečního záření (UV), zejména jako biologicky aktivní složky UVB (280 – 320 nm). Úroveň této radiace v oblasti UVB je měřena a přepočítávána pomocí DIFFEYOVA akčního spektra na erytemálně¹¹ aktivní UV záření (*EUV – Erythemat Ultraviolet Radiation*). Integrální hodnoty toku globálního erytemálního záření EUV jsou vyjadřovány výkonem na jednotku plochy v mW/m². Pravidelný monitoring UVB záření v České republice byl zahájen v roce 1994 na pracovišti ČHMÚ v Hradci Králové. K měření intenzity záření je používán BREWERŮV spektrometr. V současné době se k vyčíslení úrovně erytemálního záření v libovolném místě na Zemi používá EUV indexu. Tento index se pohybuje v rozmezí hodnot od 0 do 10.

Poznámka

Ted' už víte, co znamená Dobsonova jednotka a EUV index. Před sluněním si poslechněte rádio nebo televizi a budete vědět, který opalovací krém s ochranným filtrem máte použít. Můžete si také koupit speciální hodinky a nastavit je na určitou hodnotu ochranného filtru. Hodinky vás automaticky upozorní zvukovým signálem, kdy se musíte přemazat krémem s vyšším ochranným faktorem.

1.2.25 Chráníme ozonovou vrstvu dostatečně?

V roce 1974 upozornili na vznik ozonových děr a jejich negativních dopadů na život na Zemi dva američtí vědci z kalifornské univerzity MOLIN a ROWLAND (i když na vznik ozonových děr na pólech Země poukazovali na počátku našeho století již někteří badatelé).

Počátky mezinárodních dohod o ochraně ozonové vrstvy začínají „**Vídeňskou úmluvou o ochraně ozonové vrstvy**“ v roce 1985. Tato úmluva byla rozpracována v „**Montrealský protokol**“ o látkách, které porušují ozonovou vrstvu v roce 1987. Tento protokol pak byl doplněn o:

- „**Londýnský dodatek k Montrealskému protokolu**“ v roce 1990;
- „**Kodaňský dodatek k Montrealskému protokolu**“ v roce 1992;
- „**Montrealský dodatek k Montrealskému protokolu**“ v roce 1997.

ČSFR podepsala a zavázala se plnit „Montrealský protokol“ v roce 1990. Od 1. ledna 1993 je tedy právním nástupcem ČR. Ochrana ozonu v ozonové vrstvě je proto i v ČR legislativně ošetřena. Současně přijatý zákon stanoví obecné povinnosti pro výrobce, dovozce, vývozce a prodejce látek nebezpečných pro ozonovou vrstvu. Dále stanoví seznam těchto

¹¹ Lékařský výraz erytém znamená chorobné zrudnutí kůže.

látek (halonů a freonů) a časový harmonogram jejich zákazu používání. Zákon rovněž stanoví ekonomické sankce (*poplatky*) za jejich používání a vysoké pokuty za porušení tohoto zákona.

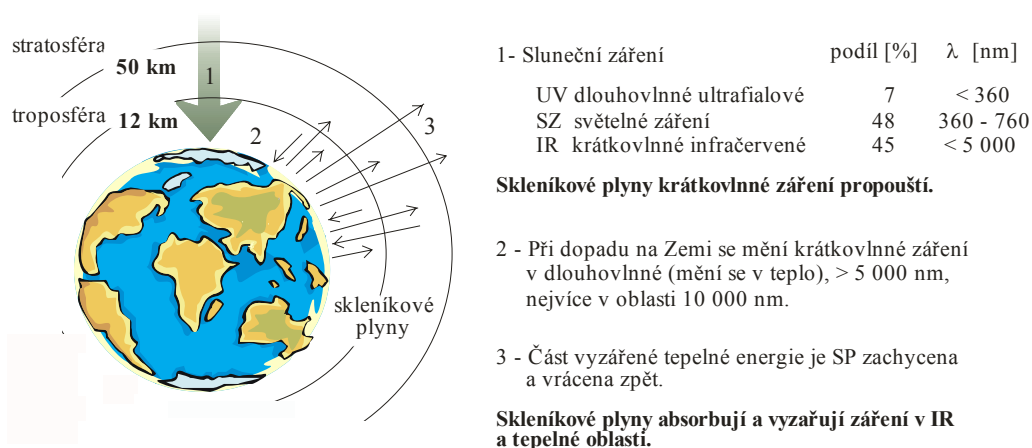
1.2.26 Oteplování Země

Klima na naší planetě se v minulosti několikrát drasticky měnilo. Dlouhá období teplého klimatu (trvajících stovky milionů let) se střídala s kratšími obdobími polárního zalednění (řádově miliony let), která se rozšířila hluboko do mírných šířek naší planety. Klima se podle odborníků v minulosti měnilo na základě extraterestrických (*mimozemských*) a terestrických (*zemských*) příčin. Dnes však s mohutným rozvojem civilizace (technika, průmysl, zemědělství, automobilismus atd.) k uvedeným přírodním činitelům přistupují i činitelé antropogenní. Působení a vlivy antropogenních činitelů můžeme rozdělit do dvou nejvýznamnějších skupin, a to na změny:

- charakteru zemského povrchu;
- ve složení atmosféry.

Změny charakteru zemského povrchu jsou způsobeny zejména kácením lesů, stavbou komunikací, sídlišť a vodních děl, intenzifikací průmyslové a zemědělské výroby atd. Vzniklé mikroklimatické změny mohou v součtu působení vyvolávat změny v globálním klimatu a působit zpětně na atmosféru.

Mnohem závažnější a významnější změny klimatu (klimatického systému) však v současné době způsobuje růst koncentrací radiačně aktivních plynů v atmosféře. Tyto tzv. skleníkové plyny (dále jen SP), v zahraničí označované jako **GHG *greenhouse Gates***. Skleníkové plyny propouštějí sluneční radiaci (světelné a krátkovlnné IR záření) a absorbují dlouhovlnné záření (tepelné) od zemského povrchu. Tyto SP nejenže absorbují dlouhovlnné záření, ale vyzárují jej částečně zpět, čímž způsobují další oteplování. Princip **skleníkového efektu** je znázorněn na *obr. 1.9*.



Obr. 1.9 Princip skleníkového efektu

Poznámka

Skleníkové plyny se chovají jako sklo ve skleníku. Do skleníku propustí záření UV, světelné a krátkovlnné záření IR. Toto dopadající záření oteplí vnitřek skleníku. Vzniklé teplo však nemůže vyzářovat

ze skleníku, protože mu sklo (obdobně jako skleníkové plyny) v tom zabraňuje.

1.2.27 Které plyny způsobují skleníkový efekt?

Dnes známe několik desítek skleníkových plynů. Za nejvýznamnější se považují **CO₂**, **CH₄**, **N₂O**, **freony** a **troposférický ozon**. Vlastnosti skleníkových plynů mají především tříatomové a víceatomové plynné látky. Dvouatomové plyny (například N₂, O₂), vyjma oxidu uhelnatého, jsou tzv. „průteplivé“, nemají schopnost pohlcovat a vyzařovat tepelnou energii. Hlavní skleníkové plyny, jejich antropogenní zdroje a podíl na skleníkovém efektu, jsou uvedeny v *tab. 1.4*. Každý z těchto skleníkových plynů různě působí, má různé radiačně absorpční účinky na výsledný skleníkový efekt. V případě, že bude u CO₂ považován za jedna, bude u CH₄ jednadvacet a u N₂O dokonce třicetkrát větší. Protože CO₂ je co do množství největším SP (mimo H₂O), přepočítávají se emise SP na jednotný základ, na **ekvivalentní množství CO₂** v uvedeném poměru. Tyto ekvivalentní emise SP přepočtené v tunách na CO₂ jsou potom sledovány, inventarizovány a vykazovány jednotlivými zeměmi v rámci mezinárodních úmluv (např. Kjótský protokol atd.).

Vodní pára, i když je rovněž SP, má k těmto plynům specifické postavení. Změny její koncentrace se započítávají do celkového efektu prostřednictvím zpětných vazeb, stejně jako vliv oblačnosti. Jinak je vodní pára dominantním SP v atmosféře. Ve středních zeměpisných šířkách, pokud by vodní pára byla jediným SP, byla by účinnost SE 60 – 70 %. Pro CO₂ představuje tato účinnost 25 %. Obě účinnosti však nelze sčítat, a to vzhledem k překrývání absorpčních pásem H₂O a CO₂.

Tab. 1.4 Skleníkové plyny a jejich antropogenní zdroje

Plyn	Hlavní zdroje	Současná koncentrace a roční přírůstek	Doba setrvání v atmosféře, roky	Udávaný podíl na skleníkovém efektu*), %
oxid uhličitý (CO ₂)	spalování paliv, rozklad uhličitánů, odlesňování	355 ppm 0,5 %	120	55
metan (CH ₄)	důlní činnost, zemědělství, úniky zemního plynu	1,74 ppm 0,75 %	10	15
freony (CFC)	chladicí média, rozpouštědla, klimatizační zařízení	cca 0,8 ppb 4,0 %	~ 100	24
oxid dusný (N ₂ O)	používání hnojiv, spalování biomasy a fosilních paliv	310 ppb 0,25 %	130	6
troposférický ozon (O ₃)	fotochemické procesy v atmosféře	30 až 50 ppb 0,5 %	0,1	

*) Poznámka – bez zahrnutí vlivu H₂O

1.2.28 Jaké klimatické změny očekáváme?

Odezvy vlivů změn koncentrace SP na klimatický systém Země se studují a předpovídají pomocí velmi složitých trojrozměrných modelů atmosférické cirkulace GCM (*General Circulation Model*) propojených s modelem oceánické cirkulace. Na základě scénářů (předpovědí) růstu emisí CO₂ a efektivního CO₂ se pomocí těchto modelů

vypočítávají a předpovídají klimatické změny na zemském povrchu, troposféry a stratosféry. Většina scénářů předpokládá růst emisí CO₂ a shoduje se na tom, že pokud nebudou přijata účinná opatření, dojde koncem příštího století k zdvojnásobení jejich hodnot z předprůmyslového období, a to způsobí výrazné oteplení naší Země [36].

Poznámka

Očekávané zvýšení teplot by způsobilo tání ledovců na pólech, tím by došlo ke zvýšení hladin oceánů. Výrazně by se změnily klimatické podmínky, některé oblasti by se změnily v pouště a naopak. Grónsko, severní Kanada, Aljaška a Sibiř by se změnily v úrodné země. Oteplení by silně ovlivnilo ustálený vodní režim Země. Vodní srážky by byly nerovnoměrně rozděleny, docházelo by k obdobím sucha a naopak k častým bouřkám, tornádům a hurikánům. Tak zní katastrofický scénář, pokud budeme lhostejní a skleníkový efekt nebudeme brát vážně.

Ve snaze zmírnit riziko klimatických změn Země byla přijata v roce 1992 Rámcová úmluva OSN o změně klimatu, kterou Česká republika ratifikovala 7.10.1993. V roce 1997 byl na Třetí konferenci smluvních stran (COP-3) přijat Kjótský protokol k Rámcové úmluvě OSN, který stanovuje kvantitativní redukční emisní cíle smluvních států a způsoby jejich dosažení. Česká republika podepsala Kjótský protokol 23.11.1998 a ratifikovala jej 22.10.2001. Znamená to, že naším cílem do období roku 2008 až 2012 je omezit emise skleníkových plynů o 8 % vzhledem k referenčnímu roku 1990.

Poznámka

Největší nebezpečí a hrozba důsledků skleníkového efektu nám tedy hrozí nejvíce z emisí CO₂. Abychom zastavili a podstatně začali snižovat jeho koncentraci v ovzduší, muselo by dojít k drastickým změnám ve výrobě energií a dopravě - přecházet od tepelných elektráren na fosilní paliva na jaderné elektrárny (nepřichází pro ekobojovníky v úvahu) a podstatně snížit počet automobilů. Malé výkony elektráren na obnovitelné zdroje (vítr, voda, slunce) současný přetechnizovaný svět nemohou vůbec uspokojit. Malou naději nám ještě poskytuje spalování vodíku na vodu. Vše by měl vyřešit Kjótský protokol a přijatá Strategie udržitelného růstu ve světě. Budou na to stačit?

1.2.29 Jak vyjadřujeme a přepočítáváme koncentrace a obsahy znečišťujících látek?

Koncentrace plynů a par vyjadřujeme:

- podílovým složením v % [% obj; % hm];
- hmotnostní koncentrací vztahenou k jednotce objemu [mg/m³; μg/m³];
- podílovým složením v ppm nebo ppb (obj. nebo hm.).

Jednotky ppm a ppb (parts per million a billion) představují miliontou nebo biliontou část

$$1 \text{ ppm}_{\text{obj.}} = 1 \text{ cm}^3/\text{m}^3 = 0,0001 \text{ \% obj.}$$

$$1 \text{ ppm}_{\text{hm.}} = 1 \text{ mg/kg} = 0,0001 \text{ \% hm.}$$

Poznámka: ppm_{obj.} = ppmv - odpovídá objemovému poměru 1:10⁶ (1 cm³/m³);
ppb_{obj.} = ppbv - odpovídá objemovému poměru 1: 10⁹ (1 mm³/m³);
ppt_{obj.} = pptv - odpovídá objemovému poměru 1: 10¹² (10⁻³ mm³/m³).
(Termín billion v USA má hodnotu 10⁹ a trillion 10¹².)

- Pro přepočty podílového složení v ppm (1 ppm = 1 cm³ škodliviny v 1 m³ ovzduší) na hmotnostní koncentraci v mg/m³ (hmotnostní množství 1cm³ škodliviny v mg v 1m³ ovzduší) platí:

$$1 \text{ ppm} = \frac{M}{m} = \frac{M}{22,414} = 0,0446 M \left[\text{mg} / \text{m}^3 \right] , \quad (1.15)$$

kde

M – molekulová hmotnost škodliviny [mg/mol];

m – molární objem škodliviny [22,414 cm³/mol].

Pro přesnější výpočty používáme hodnoty reálných molárních objemů pro SO₂ – 21,84; NO₂ – 22,40 atd.

- Pro přepočty naměřených množství ZL v suchých spalínách (*vzdušině*) při teplotě *t* a tlaku *p* na normální podmínky (0 °C; 101,325 kPa) a pro přepočet na referenční obsah kyslíku ve spalínách používáme následující vztah:

$$E_{sr} = \frac{273,15 + t}{273,15} \cdot \frac{101\,325}{101\,325 + p} \cdot \frac{100}{100 - w} \cdot \frac{21 - O_S}{21 - O_M} \cdot E_n . \quad (1.16)$$

Pro přepočty pouze na vlhké spaliny E_v vypustíme zlomek $\frac{100}{100 - w}$,

kde v rovnicích:

E_n – naměřený obsah škodlivin v 1 m³ spalin za provozních podmínek [mg/m³];

E_v – obsah škodliviny v 1 m³ vlhkých spalin za normálních podmínek [mg/m³_N];

E_{sr} – obsah škodliviny v 1 m³ suchých spalin za normálních podmínek a pro referenční obsah O₂ ve spalínách [mg/m³_N];

t – provozní teplota spalin [°C];

p – tlakový rozdíl provozního tlaku k normálnímu tlaku [Pa];

w – obsah vodní páry ve spalínách [% obj.];

O_M – obsah kyslíku ve spalínách odpovídající provozním podmínkám (změřený) [% obj.];

O_S – referenční obsah kyslíku ve spalínách [% obj.].

Koncentrace tuhých znečišťujících látek (TZL) vyjadřujeme:

- hmotnostní koncentrací vztaženou k jednotce objemu [mg/m³; μg/m³];
- podílovým složením v ppm_{hm.};
- počtem částic vztažených k jednotce objemu [počet částic/m³; cm³].

1.2.30 Přípustné znečišťování ovzduší

Abychom mohli porovnávat míru znečišťování a hodnotit míru již znečištěného ovzduší, musíme mít stanoveny referenční hodnoty pro **emise a imise**. Tyto referenční hodnoty, když nabudou **právní (legislativní) charakter**, pak nazýváme **limity**.

Limity pro emise neboli **emisní limity** jsou stanoveny s ohledem na technologickou úroveň dané technologie a samozřejmě musí brát ohled na lokální hustotu průmyslu v dané oblasti. Vždyť ekologické katastrofy znečišťování ovzduší převážně spočívají v součtu malých, neškodných, nevýznamných hodnot jednotlivých zdrojů. V některých zemích jsou pro určité lokality stanoveny maximální emise pro jednotlivé znečišťující látky, aby byla zachována ekologická rovnováha pro tuto oblast. Maximální hranice emisí je pro danou oblast tedy stanovena a zdroje emisí musí být převedeny nebo prodány na nové zdroje ze zdrojů, kde byly sníženy [37].

V rámci EU jsou pro jednotlivé státy, tedy i pro ČR, stanoveny pro vybrané ZL (SO_2 , NO_x , VOC a NH_3) emisní stropy. Národním (krajským) emisním stropem je nejvyšší množství ZL vyjádřené v kt, které může být na vymezeném území emitováno ze všech zdrojů znečišťování ovzduší během jednoho kalendářního roku.

Podle současné legislativy rozeznáváme tři limity:

1. **Emisní limit** je nejvýše přípustné množství znečišťující látky vypouštěné do ovzduší ze zdroje znečišťování.
2. **Imisní limit** je nejvýše přípustná hmotnostní koncentrace znečišťující látky obsažená v ovzduší.
3. **Depoziční limit** je nejvýše přípustné množství znečišťující látky usazené po dopadu na jednotku zemského povrchu za jednotku času.

1.2.31 Jaký je rozdíl mezi obecnými a specifickými emisními limity?

Přípustnou úroveň znečišťování ovzduší určují, jak již bylo uvedeno, hodnoty emisních limitů pro jednotlivé znečišťující látky nebo jejich stanovené skupiny. Emisní limity pro stacionární zdroje se člení na:

- **obecné emisní limity,**
- **specifické emisní limity.**

Pro významné vyjmenované zdroje jsou legislativně (vyhláškou MŽP) stanoveny specifické emisní limity. Pokud tyto technologie nejsou v seznamu této vyhlášky, pak pro ně platí obecné emisní limity. U technologií (na jejich zdroje emisí), na které se vztahují specifické emisní limity, jsou v některých případech stanoveny i podmínky pro provoz těchto zařízení, například hermetizace zařízení, způsob odsávání a čištění spalin atd. Podle současně zaváděné legislativy (zákona o integrované prevenci) mohou být u jednotlivých technologií nařízeny i další doplňující emisní limity. Specifické emisní limity jsou jmenovitě stanoveny u zdrojů se zvýšeným nebezpečím pro okolí, a to s ohledem na množství emisí nebo jejich zvýšenou škodlivost (toxicitu, genotoxicitu atd.). Mezi nebezpečné technologie, které mají stanoveny specifické emisní limity, patří např. koksovny, výroba železa a oceli, výroba cementu, řada technologií v chemickém průmyslu, rafinerie ropy atd. Obecné emisní limity jsou stanoveny pro 141 znečišťujících látek včetně těžkých kovů.

Obecné emisní limity pro základní znečišťující látky (TZL, SO₂, NO_x, CO, VOC a NH₃) mají následující hodnoty:

Tab. 1.5 Přehled obecných emisních limitů

Znečišťující látka	Hodnoty obecných emisních limitů [mg/m ³]
TZL	200 (pro větší zdroje 150 mg/m ³)
SO ₂	2 500
NO _x	500
CO	800
VOC	50
NH ₃	50

Poznámka

- Emisní limity jsou vyjádřeny hmotnostní koncentrací ZL. Takto stanovené EL platí pro normální podmínky vlhkého plynu, tj. pro tlak 101,325 kPa a teplotu 0 °C (viz přepočty v otázce 44). EL mohou být vyjádřeny hmotnostní jednotkou znečišťující látky v ng, mg, g na objemovou jednotku plynu (spalin) v m³. Nejčastěji však v mg/m³. Někdy bývá i udán referenční obsah některé látky v nosném plynu, obvykle kyslíku.
- Pro lepší srozumitelnost uveďme následující příklad. Emisní limit pro danou technologii je stanoven v maximální výši 200 mg SO₂/m³ spalin a pro referenční obsah kyslíku ve spalinách ve výši 6 % objemových. Maximální referenční obsah kyslíku je udáván proto, aby spalování probíhalo odpovídajícím způsobem a aby spaliny nebyly před vypuštěním do ovzduší ředěny vzduchem. Přisátím stejného množství vzduchu do spalin nebo jiné vzdušiny by se snížil obsah koncentrace znečišťující látky na polovinu, emisní limit by byl splněn. Do ovzduší by ale přešlo celé množství znečišťující látky.
- Rovněž nezbytný je přepočet hodnot EL na normální podmínky. Tak například spaliny o teplotě 300 °C odcházející do komína mají více jak dvojnásobný objem při teplotě 0 °C. Tímto přepočtem se zvýší ve stejném poměru i obsah ZL ve spalinách.

1.2.32 Jaké hodnoty mají imisní a depoziční limity?

Znečišťující látky, které škodí zdraví, se v hygienickém pojetí nazývají škodlivinami. Míru škodlivosti nebo nebezpečnosti různých ZL z hlediska receptorů lze vyjádřit poměrem zákonných norem kvality ovzduší – **imisních limitů (IL)**, jimiž jsou obvykle **nejvyšší přípustné koncentrace (NPK)** znečišťujících látek v ovzduší. Imisní limity mohou být pro jednu ZL různé z hlediska lidí, zvířat, rostlin nebo ekosystémů. Běžně se IL stanovují z hlediska lidského zdraví. Hodnoty imisních limitů tedy určují maximální úroveň znečištění ovzduší. Hodnoty IL jsou vyjádřeny v µg/m³ a jsou vztaženy na standardní normální podmínky (0 °C a 101,325 kPa). Pro jednotlivé ZL jsou uvedeny meze možné tolerance a četnost možného překročení. V některých případech, jako například u troposférického ozonu, je přípustná úroveň znečištění ovzduší určena cílovými IL a dlouhodobými imisními cíli. Pokud se týká doby jejich působení (doby hodnocení), vyhodnocujeme IL jako jednodinové, 24hodinové nebo za celý kalendářní rok. V *tab. 1.6* jsou uvedeny přehledně IL pro nejvýznamnější ZL (SO₂, NO_x, PM₁₀, O₃).

Tab. 1.6 Imisní limity (pro ochranu zdraví lidí) pro vybrané ZL – aritmetický průměr

ZL	Doba působení	Hodnota IL [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Datum splnění IL
SO ₂	1 hodina	350	1. 1. 2005
	24 hodin	125	1. 1. 2005
	rok	50	1. 7. 2002
NO _x	1 hodina	200	1. 1. 2010
	rok	40	1. 1. 2010
polévatý prach jako PM ₁₀	24 hodin	50 (50)	1. 1. 2005 (2010)
	rok	40 (20)	1. 1. 2005 (2010)
O ₃	8 hodin	120	1. 1. 2010

Depoziční limit vyjadřuje maximální množství ZL, které dopadne na zemský povrch. Množství spadu vyjadřujeme obvykle v t na km² za rok, což v přepočtu je rovnocenné v g na 1 m² za rok. Za hygienicky únosnou hodnotu spadu prachu se podle hygienických předpisů, jak již bylo uvedeno v otázce 24, považuje hodnota 12,5 g/m² za 30 dní (v přepočtu 150 g/m² za rok). Při hodnocení spadu se přihlíží k pH vodního výluhu (únosná hodnota pH je 5 – 7). Tato únosná hodnota spadu prachu je v průmyslových oblastech, a to zejména v okolí průmyslových podniků, násobně překračována. DL tedy vyjadřují množství ZL dopadlé obvykle na 1 m² povrchu za určitý čas (např. množství Pb v mg/m², dusičnanů v mg/m² atd.).

1.2.33 Proč nesmíme spalovat plasty?

Při neodborném spalování plastů v domovních kotlích, kamnech nebo otevřených ohništích vzniká v přírodě velké množství velmi nebezpečných znečišťujících látek. Mohou vznikat nenasycené a nasycené uhlovodíky, kondenzované aromatické uhlovodíky (PAU), fenoly, aldehydy, či dokonce i dioxiny, furany atd. Zvláště nebezpečné je spalování plastů společně s látkami obsahujícími chlor nebo plastů, které chlor přímo obsahují – například PVC.

Umělá plastická hmota polyvinylchlorid (označovaná jako PVC) se vyrábí polymerací z vinylchloridu (CH₂=CHCl). Molekulová hmotnost vinylchloridu je 63,47 a samotného chloru 35,45. Znamená to, že plastická hmota PVC obsahuje 55,58 % chloru. To je příšerná skutečnost. Když tedy na chalupě nebo u táborového ohně spálím nebo hodím do ohně 1 kg plastových odpadů z PVC, tak ve spalínách a kouři odejde do přírody přes půl kilogramu chloru, a to ve formě chlorových nebo chlorovaných sloučenin. Při spalování plast PVC začne měnit barvu (zelená) a začne se škvařit, dochází k jeho tepelné destrukci, k odštěpování převážně chlorovodíku (přes 90 % HCl), ale i k částečné tvorbě aromatických a ostatních uhlovodíků. O vzniku kyselých dešťů a o chování chlorovaných uhlovodíků, např. o dioxinech, už toho z předcházejících otázek hodně víme, a proto není jistě zapotřebí tuto problematiku dále rozvádět.

Poznámka

Je třeba ještě poznamenat, že zhruba přes padesát let byly v obrovském množství vyráběny výrobky z PVC – obaly všeho druhu, pláštěnky do deště, podlahoviny, izolační materiál, tkaniny a další celá řada výrobků, dokonce i hračky. V současné době jsou převážně plastické hmoty vyráběny ze sloučenin, které

neobsahují chlor, například polyetylen, polybutylen, polystyren, PET láhve atd. Zkratka PET znamená, že se jedná o polyetylentereftalát. Tento polyester se vyrábí z kyseliny tereftálové a etylenglykolu. Přestože nebezpečí vzniku chlorovaných škodlivin při jejich spalování je sníženo, vzniká celá řada dalších škodlivin, jak bylo uvedeno v úvodu.

Spalování plastů a plastových odpadů může být prováděno pouze odborně v zařízeních k tomu technicky vybavených, ve spalovnách odpadů. Spaliny vzniklé v těchto zařízeních, ze spálení plastů, procházejí ještě dospalovacími komorami, ve kterých při vysokých teplotách ($> 1\,100\text{ °C}$) dochází k úplné tepelné destrukci vzniklých škodlivin. Než jsou spaliny vypuštěny do ovzduší, musí být ještě dokonale vyčištěny.

1.2.34 Proč rozdělujeme zdroje znečišťování podle výkonu?

Zdroje znečišťování mohou být **stacionární** nebo **mobilní**. Stacionární zdroje znečišťování ovzduší jsou taková zařízení spalovacích nebo jiných technologických procesů, které znečišťují nebo mohou znečišťovat ovzduší [37]. Stacionárními zdroji jsou také:

- šachty, lomy;
- plochy s možností zapaření, hoření a úletu ZL;
- skládky paliv, surovin a odpadů.

Stacionární zdroje se dělí podle míry svého vlivu na kvalitu ovzduší na čtyři kategorie (viz tab. 1.7).

Tab. 1.7 Rozdělení stacionárních zdrojů znečišťování ovzduší podle velikosti a druhu zdroje

Kategorie zdroje	Definice souboru zdrojů	
	spalovací zdroje	spalovny odpadů
zvláště velké	zdroje znečišťování o jmenovitém tepelném příkonu 50 MW a vyšším bez přihlídnutí ke jmenovitému tepelnému výkonu	množství spalovaného odpadu je větší než 10 t nebezpečného odpadu za den nebo 3 t komunálního odpadu za hodinu nebo 50 t ostatního odpadu
velké	zdroje znečišťování o jmenovitém tepelném výkonu od 5 MW do 50 MW	ostatní spalovny
střední	zdroje znečišťování o jmenovitém tepelném výkonu od 0,2 MW do 5 MW	–
malé	zdroje znečišťování o jmenovitém tepelném výkonu nižším než 0,2 MW	–

Mobilními zdroji znečišťování ovzduší jsou:

- pohyblivé zdroje vybavené spalovacími motory;
- dopravní prostředky (silniční vozidla, letadla a plavidla);
- nesilniční mobilní zdroje (stavební, zemědělské a lesnické stroje);
- přenosné nářadí (sekačky, pily, sbíječky).

Poznámka

- Rozdělení zdrojů znečišťování ovzduší podle jejich výkonu má velký význam a použití v legislativě životního prostředí. Podle tohoto rozdělení je provozovatelům určena řada povinností a je jim přikázáno, které ZL musí sledovat, jakým způsobem je mají měřit (jednorázově nebo kontinuálně). Na velké zdroje znečišťování je naše legislativa velmi přísná.
- Legislativně za malé zdroje (podléhající kontrole, například orgánům ČIŽP) jsou považovány všechny zdroje do 0,2 MW tepelného výkonu, které provozují právnické osoby a podnikající fyzické osoby. Obecní úřady mohou oba provozovatele zpoplatnit roční částkou do 10 000 Kč (podle druhu paliva nebo výkonu). Zdroje pouze fyzických osob nejsou považovány za malé zdroje, ale zdroje **lokální**. Zpoplatněny mohou být pouze lokální zdroje > 50 kW.
- V otevřených ohništích, zahradních krbech nebo otevřených grilovacích zařízeních lze spalovat jen dřevo, dřevěné uhlí, suché rostlinné materiály a plynná paliva určená výrobcem, přičemž uvedená paliva nebo materiál nesmějí být kontaminovány chemickými látkami. Orgán obce může nařízením obce stanovit podmínky pro spalování rostlinných materiálů nebo jejich spalování zakázat, pokud zajistí jiný způsob pro jejich odstranění. Obec může také přijmout vyhlášku o zákazu používání méněhodnotných paliv na svém území (například uhelných kalů, hnědého uhlí, lignitu, proplásku atd.).

1.3 Ochrana a znečišťování vod

1.3.1 Jakou úlohu v našem životě a životním prostředí plní voda?

Voda je základní složkou životního prostředí a nezbytnou podmínkou existence života na Zemi. Z tohoto pohledu (ale zejména z hlediska člověka) je voda nezastupitelná a plní následující funkce:

- biologickou;
- zdravotní;
- kulturní a estetickou;
- výrobní (zemědělství a průmysl) a dopravní.

Biologická funkce vody spočívá především v tom, že voda je prakticky jediným univerzálním rozpouštědlem ve světě živých soustav – organismů. Podle přibližného odhadu je zhruba 15 % organismů vodních, zbytek tvoří organismy suchozemské.

Zdravotní funkce vody spočívá v tom, že je nezastupitelná pro zajištění osobní i veřejné hygieny člověka a pro široké uplatnění při jeho rekreaci. Slouží k mytí, čištění, odstraňování odpadů, vytápění, ke klimatizaci atd.

Kulturní a estetické funkce. Je přínosem ke zkrášlení krajiny a sídel. Je důležitým činitelem z hlediska krajinářské architektonické tvorby.

Poznámka

Kovalentní vazba molekuly H_2O není lineární H-O-H, ale lomená. Atomy vodíku s kyslíkem svírají úhel necelých 105° . Tato vazba atomů v molekule H_2O vykazuje značnou polaritu a je příčinou některých mimořádných vlastností vody. Některé tyto zvláštnosti (anomálie) mají značný vliv a příznivé dopady na životní prostředí celé naší planety.

První významnou anomální vlastností vody je to, že dosahuje největší hustoty při $4^\circ C$ (přesně $3,98^\circ C$). Voda, která má tuto teplotu, je nejhustší a klesá ke dnu. V zimě proto vodní nádrže (rybníky, přehrady, jezera), ale i oceány nezamrzají a umožňují život pod zamrzlým povrchem.

Druhou významnou anomální vlastností vody je její expanze při mrznutí. Voda je jednou z několika málo látek (ale také Ge, Si, Ga, Bi, Sb a některé slitiny), které při tuhnutí zvětšují svůj objem. Předpokládáme-li

hmotu kapalné vody při $0\text{ }^{\circ}\text{C} = 1,00\text{ g/cm}^3$, bude mít led hustotu $0,92\text{ g/cm}^3$, zvětší svůj objem cca o 9 %. Toto zvětšení objemu ledu má obrovské důsledky pro život na Zemi. Kdyby se voda při mrznutí smršťovala, led by neplaval na vodě, ale klesal ke dnu jezer a oceánů. Led na dně oceánů by byl odloučen od působení Slunce, takže oceány, s výjimkou tenké vrstvy kapaliny na povrchu za teplého počasí, by byly věčně zamrzlou tuhým hmotou. Větší odrazení slunečního světla zamrzlými oceány a jejich větší chladicí účinek na atmosféru by způsobily, že teplota půdy (Země) by byla mnohem nižší než dnes. Na Zemi by tedy s největší pravděpodobností panovala věčná doba ledová. Protože se život zřejmě vyvinul v pravěkých mořích, je nanejvýš pravděpodobné, že kdyby se led při mrznutí smršťoval, nebylo by dnešního života na naší planetě.

Třetí anomálie souvisí s fázovým diagramem led-voda-pára. Čára v diagramu H_2O ohraničující tuhou a kapalnou fázi od trojného bodu, na rozdíl od naprosté většiny látek, vzrůstá doleva. To znamená, že se stoupajícím tlakem klesá teplota tání, v našem případě ledu. To má značný vliv geologický, klimatický, ale i hydrologický. Například ledovce v údolích hor, kde je vyšší atmosférický tlak, rychleji odtávají a značně tím urychlí vodní cyklus na naší Zemi.

1.3.2 Můžeme vlastnit řeku?

Právní úprava vztahů a vlastnictví k vodám má velmi dlouhou historii související s vývojem lidské společnosti. Nepůjdeme do dávné minulosti, ale začneme u Říma. V římském právu byla přijata významná zásada **veřejnosti** tekoucích vod. Jejich veřejnost se projevovala v tom, že nesměly být předmětem obchodu, ale byly vyhrazeny obecnému užívání pro všechny obyvatele. Výjimky, kdy mohly být toky užívány nad míru tohoto obecného užívání, povoloval sám císař. Tato zásada veřejnosti vod ale byla ve středověku často porušována určitými privilegii vrchnosti. Vztahy k vodám se však radikálně změnily s rostoucím rozvojem průmyslu, což je logické. Významným přelomem v českých zemích byl zákon č. 71/1870 českých zákonů zemských „o tom, kterak lze vody užívati, jí svozovati a jí se brániti“. Obdobně zněly i zákony zemí moravských a slezských. Tyto zákony dělily vody na veřejné a soukromé. Veřejnými vodami byly vodní toky používané k plavbě loděmi a vory. Vodní tok byl v tomto případě považován za veřejný statek i s vedlejšími rameny (i umělými). Veřejnými vodami byly i ostatní tekoucí vody a jezera, u nichž nebylo prokázáno, že jsou soukromým vlastnictvím. Vlastník musel tedy jednoznačně prokázat, že jde o jeho soukromou vodu, což nebylo jednoduché. S postupem socializace naší společnosti, velkým zásahem do vlastnictví vody, byl nový zákon č. 138/1973 Sb., o vodách. Tato právní úprava převedla veškeré vodní toky včetně jejich koryt do vlastnictví státu, a to bez náhrady.

A jak jsou řešena práva k vodám v současnosti? Vodní zákon č. 254/2001 Sb. nám říká, citujeme: „**Vody povrchové a podzemní nejsou předmětem vlastnictví a nejsou součástí ani příslušenství pozemků, na němž nebo pod nímž se vyskytují**“. Neboli voda má charakter veřejnosti, je majetkem nás všech. Koryta řek však podle vodního zákona podléhají obecným zásadám evidence vlastnictví pozemku, mohou mít tedy vlastníka. Zákon dokonce předepisuje vlastníkům pozemků, na nichž se vyskytují koryta vodních toků, a majitelům sousedních pozemků celou řadu povinností a omezení. Závěrečná odpověď na položenou otázku zní „**ne**“. Vodu v řece ani jezeru nebo rybníku vlastnit nemůžeme.

1.3.3 Jak rozdělujeme vody a kdo nad nimi vykonává státní správu?

Podle výskytu, zdrojů, odběrů a znečišťování rozdělujeme vody na **vody povrchové** a **podzemní**. Pro vody tekoucí, tzn. potoky, řeky, kanály, užíváme ve vodohospodářské praxi synonyma **recipient** nebo **vodoteč**. Podle způsobu užití (*jakosti*) rozeznáváme **vodu pitnou**, **užitkovou** a **provozní** [37].

Výkon státní správy vykonávají vodoprávní úřady a Česká inspekce životního prostředí. Vodoprávními úřady jsou obce, kraje a Ministerstvo zemědělství ČR jako ústřední vodoprávní úřad. Ministerstvo životního prostředí vykonává působnost pouze ve věcech, které jsou vymezeny zákonem o vodách. Jedná se zejména o ochranu, množství a jakosti povrchových a podzemních vod, zjišťování a hodnocení stavu PPV, ochranu vodních zdrojů, zneškodňování havárií, poplatků a řízení výzkumu.

Nakládání s PPV (obdobně jako u nakládání s odpady) pak představuje konkrétní činnost související se zajišťováním a řešením vodního hospodářství. Mezi tyto činnosti patří: vzdouvání vod pomocí vodních děl, využívání jejich energie, jejich využívání k plavbě, chovu ryb nebo vodní drůbeže, jejich odběr, vypouštění odpadních vod do nich a další způsoby, jimiž lze využívat jejich vlastnosti nebo ovlivňovat jejich množství, průtok, výskyt nebo jakost.

1.3.4 Kdo nejvíce znečišťuje naše povrchové vody?

Podle zdrojů znečištění rozdělujeme vody na:

- **průmyslové a odpadní** (tzv. bodové znečištění);
- **průsakové a splachové** (tzv. plošné znečištění);
- **srážkové** (méně významné).

Povrchové vody jsou obvykle znečišťovány prvním uvedeným zdrojem. Podzemní vody jsou znečišťovány hlavně z ploch, a to průnikem plošně aplikovaných látek (složky umělých a přírodních hnojiv, posypové soli atd.). Vypouštění průmyslových a nedostatečně vyčištěných městských odpadních vod z čistíren do povrchových vod vytváří jejich soustavné znečišťování. Kromě tohoto znečišťování jsou známé i havárie, což je obvykle náhlé, nárazové, nepředvídané a přechodné zhoršení jakosti vod (úniky ropných látek, silážních šťáv, močůvky atd.). Katastrofické následky pro celý vodní ekosystém mají úniky toxických látek, např. kyanidů atd.

Z hlediska způsobu a druhu znečišťujících látek můžeme znečištění povrchových vod rozdělit na primární a sekundární:

- a) **Primární znečištění** je způsobeno látkami přítomnými v odpadní vodě, popř. změnou některých vlastností, a lze je dále dělit na:
 - znečištění inertními materiály (půda, kaolin apod.);
 - znečištění organickými látkami buď přirozeného (huminové látky, splašky), nebo antropogenního původu (ropné produkty, fenoly, pesticidy, detergenty). Ropné produkty, i když nejsou toxické, zhoršují sensorické vlastnosti vody, většinou plavou na hladině a zabraňují přestupu kyslíku do vody. Podobné účinky mají detergenty, které vytvářejí pěnu. Fenoly, pesticidy a velká část metabolitů jsou látky toxické pro ryby a mikroorganismy;
 - znečištění anorganickými látkami. Tyto látky mohou zvyšovat solnost vody a její korozivost (NaCl , CaCl_2), mohou způsobovat sekundární znečištění (PO_4^{3-} , NO_3^-), mohou měnit pH vody (NH_3 , kyseliny), nebo mohou být toxické (sloučeniny Hg, Pb, As, Se, Cd, Cu, Cr, kyanidy, některé pesticidy atd.);
 - znečištění bakteriální. Toto znečištění je způsobeno zvýšeným přísunem mikroorganismů, z nichž některé mohou být patogenní;

- znečištění radioaktivní.
- b) **Sekundární znečištění** můžeme vyjádřit jako následný nadměrný rozvoj některých organismů vyvolaný přísunem vhodných látek. Mezi typické příklady patří především **eutrofizace** vodních nádrží, tj. zarůstání nádrží řasami, sinicemi a rozsivkami (vodním květem), které je vyvoláno nadměrným přísunem dusičnanů a fosforečnanů. Eutrofizace vod je složitý proces neustálého obohacování vod minerálními živými látkami, a tím zapříčiněné rostoucí intenzity biologických pochodů, které vedou především k tvorbě nežádoucích monokultur a intenzivnímu zarůstávání vodního tělesa. Následky jsou většinou pro zasažený biotop katastrofální. Jako příčina eutrofizace je obecně označováno zvýšení živých látek z různých zdrojů lidské činnosti a hlavní úloha je v tomto souboru přisuzována fosforu a dusíku.

1.3.5 Podle čeho hodnotíme jakost povrchových vod?

Hodnocení jakosti povrchových vod se provádí podle ČSN 75 7221. Tato norma platí pro jednotné určení třídy jakosti tekoucích povrchových vod – klasifikaci, která slouží k porovnání jejich jakosti na různých místech a v různém čase. Klasifikace jakosti vychází ze zhodnocení 47 ukazatelů, které jsou rozděleny do pěti skupin:

- obecné, fyzikální a chemické ukazatele;
- specifické organické látky;
- kovy a metaloidy;
- mikrobiologické a biologické ukazatele;
- radiologické ukazatele.

Podle výsledných ukazatelů znečištění, jejich mezních hodnot, jsou vody zařazovány do pěti jakostních tříd:

třída I – neznečištěná voda: stav povrchové vody, který nebyl významně ovlivněn lidskou činností, při kterém ukazatele jakosti nepřesahují hodnoty odpovídající běžnému přirozenému pozadí v tocích. Je vhodná pro všechna užití, pro vodárenské účely, potravinářský a jiný průmysl požadující jakost pitné vody, koupaliště, pro chov lososovitých ryb, má velkou krajínovornou hodnotu.

třída II – mírně znečištěná voda: stav povrchové vody, který umožňuje existenci bohatého, vyváženého a udržitelného ekosystému. Je vhodná obvykle pro většinu užití, pro vodárenské účely, vodní sporty, chov ryb, zásobování průmyslu vodou, má krajínovornou hodnotu.

třída III – znečištěná voda: stav povrchové vody, který nemusí vytvořit podmínky pro existenci bohatého, vyváženého a udržitelného ekosystému. Je vhodná obvykle jen pro zásobování průmyslu vodou, její použití pro vodárenské účely je podmíněno náročnou víceúrovňovou technologií úpravy, má malou krajínovornou hodnotu.

třída IV – silně znečištěná voda: stav povrchové vody, který umožňuje existenci pouze nevyváženého ekosystému. Je vhodná obvykle jen pro omezené účely.

třída V – velmi silně znečištěná voda: stav povrchové vody, který umožňuje existenci pouze silně nevyváženého ekosystému. Obvykle se nehodí pro žádný účel.

Klasifikace jakosti vod do tříd jakosti může být prováděna samostatně pro jednotlivé ukazatele nebo skupinu ukazatelů.

Základní klasifikace jakosti vod se provádí podle vybraných šesti ukazatelů. Vybranými ukazateli jsou: saprobní index makrozoobentosu, biochemická spotřeba kyslíku (BSK), chemická spotřeba kyslíku dichromanem (CHSK), dusičnanový dusík, amoniakální dusík a celkový fosfor.

Výsledná třída v obou případech se určí podle nejpříznivějšího zatřídění zjištěného u jednotlivých ukazatelů.

Poznámka

Pečlivě si přečtěte poslední předcházející větu. Co to v praxi znamená? Že například ze šesti vybraných ukazatelů bude pět ukazatelů splňovat mezní hodnoty pro třídu I a pouze jediný pro nejhorší třídu V. Výsledná klasifikace vodního toku nebude vylepšena průměrem, ale podle nejhoršího ukazatele.

1.3.6 Proč je důležité hodnotit jakost vod pomocí biologických ukazatelů?

Při hodnocení jakosti vod (zejména pitných) hrají důležitou úlohu mikrobiologické a biologické ukazatele, a to zejména [31]:

- termotolerantní koliformní bakterie;
- enterokoky;
- saprobní index;
- chlorofyl atd.

Do povrchových vod se může dostat celá řada nečištěných nebo nedostatečně čištěných odpadních vod. Z hygienického hlediska patří k nejzávadnějším splaškové odpadní vody, které mohou obsahovat patogenní (choroboplodné) mikroby. V 1 cm³ (ml) splaškové vody mohou být obsaženy miliony až desítky milionů mikrobů. Jedná se o bakterie, kvasinky, plísňe, viry, houby a prvoky. Jejich obsah značně vzrůstá s jejich teplotou, tedy zejména v letním období. Stanovení všech jednotlivých patogenních zárodků ve vodách je po laboratorní stránce velmi složité, téměř neproveditelné. Proto informace o potenciálním ohrožení nakažlivými chorobami a o biologických vlastnostech vody získáváme nepřímo pomocí indikátorů (ukazatelů).

Hlavním indikátorem fekálního znečištění (tj. ze střevního obsahu) je skupina koliformních bakterií. Tyto bakterie se objeví ve střevech asi už za pět hodin po narození a provázejí nás po celý život. Je to komenzál (neškodný příživník), který nám neprospívá, ale také neškodí a živí se nestrávenými zbytky potravy. Mimo své normální prostředí vydrží maximálně jeden rok. Podobné bakterie mají ve střevech též ostatní teplokrevní živočichové. Protože jsou koliformní bakterie poměrně rezistentní, mohou indikovat i staré znečištění, ke kterému mohlo dojít i před několika měsíci a potom se již neopakovalo. Abychom však mohli indikovat čerstvé znečištění, používáme jako indikátoru enterokoky. Tyto intestinální (střevní) fekální streptokoky mají krátkou životnost. Vydrží jen málo dní (dva až pět). Přítomnost enterokoků, na rozdíl od koliformních bakterií, indikuje čerstvé fekální znečištění vod.

Dalším důležitým indikátorem je saprobní index. Saprobita (hnilobnost) je výrazným obrazem biologického znečištění vyvolaná přítomností látek (společenstev) schopných biologického rozkladu. Saprobitu posuzujeme a vyčíslujeme jako index pro různé systémy saprobních organismů mikro- nebo makroskopickými metodami.

1.3.7 Povaha a vlastnosti znečišťujících látek ve vodách

Povrchové a podzemní vody mohou být, jak již bylo uvedeno v předcházející části této kapitoly, znečištěny velkým množstvím organických a anorganických látek. Znečištění může mít také charakter bakteriální, radioaktivní, a konečně i fyzikální (teplota, pH, elektrovodivost atd.).

Z hlediska ochrany ekologických soustav (ekosystémů) jsou nejčastěji sledována následující znečištění:

BSK, CHSK	Biochemická a chemická spotřeba kyslíku. Indikuje organické znečištění.
Dusík (NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+)	Zvýšené koncentrace těchto dusíkatých látek indikují únik ze zemědělské půdy a fekální znečištění (způsobují eutrofizaci povrchových vod).
Fosfor (PO_4^{3-} , celkový P)	Zvýšené koncentrace těchto dusíkatých látek indikují únik ze zemědělských soustav (způsobují eutrofizaci povrchových vod).
Radioaktivní prvky (U, Ra, Rn)	Indikují radioaktivní znečištění.
Detergenty, fenoly, ropné látky, oleje, těžké kovy	Indikují průmyslové a komunální znečištění.
Pesticidy	Indikují zemědělské znečištění.

Mezi hlavní ukazatele průmyslového, zemědělského a komunálního znečištění patří:

Organické látky. V odpadních vodách je přítomno mnoho různých organických látek. Není možné sledovat a stanovovat každou zvlášť. Protože jsou schopny oxidace, vyjadřujeme jejich sumu množstvím kyslíku potřebného na jejich úplnou oxidaci. Organické látky lze oxidovat chemicky nebo biochemicky.

Chemická spotřeba kyslíku (CHSK). Chemická spotřeba kyslíku udává množství kyslíku potřebného k oxidaci organických látek silnými oxidačními činidly (KMnO_4 , KIO_3 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$).

Pro oxidaci jsou stanoveny uzanční podmínky (doba oxidace, teplota, kyselost prostředí atd.). V poslední době se nejčastěji používá oxidace $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ v kyselém prostředí, označovaná jako CHSK_{Cr} . Méně častěji oxidace pomocí KMnO_4 , označovaná jako CHSK_{Mn} .

Biochemická spotřeba kyslíku (BSK, anglicky BOD, německy BSB). Organické látky charakterizované jako BSK_5 , představují množství kyslíku spotřebovaného k aerobnímu biochemickému rozkladu organických látek obsažených ve vodě po dobu pěti dnů při standardních podmínkách. Pětidenní spotřeba kyslíku byla vybrána jako standardní proto, že voda v Temži z Londýna doteče do moře za pět dní. Biochemická oxidace organických látek probíhá tedy přírodní cestou v delším časovém úseku. Chemická oxidace probíhá naopak bez přítomnosti živých organismů okamžitě a drasticky pomocí silných oxidačních činidel, tedy čistě chemicky. V praxi proto vykazuje CHSK vyšší hodnoty spotřeby kyslíku než BSK.

Biochemický rozklad organických látek ve vodě probíhá ve dvou fázích:

- v první fázi se odbourávají hlavně uhlíkaté látky. Tento rozklad trvá přibližně 20 dnů (BSK₂₀). Odbourávání uhlíkatých látek obvykle probíhá ihned po organickém znečištění;
- v druhé fázi (začíná až desátým dnem) se odbourávají dusíkaté látky a jejich rozklad není do 20 dnů ukončen. Prakticky však pokládáme rozklad všech organických látek ukončený za 20 dní (odbouráno asi 99 %). V praxi stanovíme obvykle, jak již bylo uvedeno, úbytek kyslíku za 5 dní (BSK₅).

Poznámka

Jsou-li splněny potřebné podmínky (zejména množství O₂ a pH), pak probíhá odbourávání organických látek ve vodách téměř přesně podle časového standardního průběhu. Jako by měly bakterie svůj jízdní řád. Do 20 dnů dojedou do cíle a odbourání organických látek je ukončeno. Protože odbourávání (rozklad) organických látek probíhá přesně podle časového průběhu (dá se vyjádřit dokonce logaritmickou rovnicí), můžeme jednotlivé hodnoty BSK vzájemně přepočítávat podle vztahu:

$$\text{BSK}_2 = 0,54 \text{ BSK}_5 \quad \text{a} \quad \text{BSK}_{20} = 1,46 \text{ BSK}_5$$

Nerozpuštěné látky (NL). Nerozpuštěné látky jsou tuhé a suspendované látky, které jsou vodami unášeny, sunuty po dnu nebo plovoucí na povrchu hladiny. Nerozpuštěné látky se stanoví filtrací vody a vysoušením zbytku na filtru při 105 °C do konstantní hmotnosti.

Rožpuštěné látky (RL). Jsou to látky, které zbudou ve filtrátu ve vzorku po odpaření, vysušení a vyžihání při 600 °C do konstantní hmotnosti. Jedná se především o rožpuštěné anorganické soli (v podstatě o kationty kovů a anionty kyselin).

Ropné látky. Stanovené jako nepolární extrahovatelné látky (NEL). Jsou to látky vyextrahovatelné z vody bez polárních extrahovatelných látek (EL), např. tuků. Jejich oddělení se provádí standardizovaným způsobem.

Reakce vody. Vyjadřuje se pH. Hodnota pH = 7 vyjadřuje prostředí neutrální, při pH > 7 zásadité, pro pH < 7 kyselé. Emisní standardy pro vypouštění průmyslových odpadních vod jsou stanoveny v rozmezí pH 6 – 9.

Teplota vody. Zvýšením teploty vody se především snižuje rozpustnost kyslíku ve vodě a stimulují až zastavují se biologické procesy organických látek. Překročí-li teplota hranici 38 až 40 °C, odumírají bakteriofágové. Při snížené koncentraci kyslíku může docházet k udušení ryb. Horní meze dovolené teploty pro některé ryby – pstruh potoční (22,5 – 29,0 °C), štika (25,0 – 29,0 °C), losos (32,5 – 33,8 °C), kapr (37,5 °C).

1.3.8 Co způsobuje salinitu vod?

Salinitu (solnost) vod způsobuje zvýšený obsah rozpuštěných anorganických solí a označujeme jej jako **RAS**. Vyjadřujeme ji v mg/l, g/l nebo promilích ‰.

Protože anorganické soli jsou vodivé (rozkládají se na ionty a vodí elektrický proud), můžeme salinitu vyjadřovat také pomocí měrné vodivosti. Základní jednotkou vodivosti je S/m (siemens na jeden metr). Čím má voda větší salinitu, tím má větší vodivost. Nejčistší vody mají vodivost 0,05 μS/m, pitné od 100 do 1000 μS/cm a vody mořské okolo 10 mS/cm.

Zatímco pro čištění odpadních vod, které obsahují nerozpuštěné látky, používáme běžná, jednoduchá zařízení jako síta, česla, lapáky a usazovací nádrže, odstranění rozpuštěných látek z vod je velmi náročné a složité. Využívány jsou fyzikálně-chemické

metody: iontoměniče, ale zejména membránové postupy (reverzní osmóza, elektrodialýza). Odpařovací a vymrazovací postupy jsou vzhledem k energetické náročnosti nepoužitelné. Vodu z vodních toků, které vykazují větší salinitu, nelze použít na úpravu pitné vody. Membránové způsoby na získávání pitné vody z vod mořských jsou využívány pouze v některých bohatých arabských zemích.

Poznámka

- Průměrná salinita moří a oceánů je cca 35 g/l. Pohybuje se ve velmi širokém rozmezí (závislost na mořských proudech, přítocích velkých řek atd.). Pojedete-li na dovolenou k moři, měli byste znát jeho salinitu, v jak slané vodě se budete koupat, tedy:
 - Baltské moře 7 g/l (nebo 7 ‰);
 - Černé moře 11 – 13 g/l;
 - Jaderské moře 30 – 35 g/l;
 - Rudé moře 41 g/l;
 - Mrtvé moře 70 g/l (nadmáší již takovou silou, že se ani neplavec neutopí).
- Vysokou salinitu vykazují i důlní vody (15 až 30 g/l), někdy místně až 200 g/l a jejich vypouštění do vod povrchových je velmi problematické. Některé naše důlní vody s vysokým obsahem jódu a brómu jsou využívány k léčebným koupelovým procedurám (lázně Darkov, Klimkovice).
- U obratlovců dochází k odstraňování nežádoucích tělních zplodin v ledvinách. Krev vtéká do ledvin a je zpracována v souboru malých orgánků, které nazýváme nefrony. Technika je jednoduchá. Krev je přefiltrována a pak se látky výběrově resorbují. Co se nevstřebá, odejde z ledvin do močového měchýře a odtud je vyloučeno ven. Ledviny jsou ve skutečnosti složitou chemickou továrnou, která v těle udržuje rovnováhu mezi koncentracemi různých látek. Ledviny jsou skvělé v udržování naší vodní rovnováhy. Můžeme vypít necelý litr za den, nebo také několik litrů na posezení, a ledviny to všechno zvládnou. Jedno však ledviny nemohou. Vytvářet moč s koncentrací solí (salinitou) vyšší než 20 g/l (20 ‰). Budeme-li pít např. mořskou vodu o salinitě 35 g/l, ledviny budou muset k vyloučení nadbytečných solí použít vlastní naší tělesnou vodu. To nám přivodí ještě větší žízeň a po delším pití až smrt (trosečníci na moři). Z toho plyne i další poučení, čím více jídla „solíme“, tím více musíme pít, minimálně 2 litry denně.

1.3.9 Přípustné znečišťování vod

Povolování vypouštění odpadních vod a zvláštních vod (např. důlních vod) se provádí podle nařízení vlády ČR č. 61/2003 Sb. Při povolování vypouštění odpadních a zvláštních vod do **povrchových vod** vychází vodohospodářský orgán (VO) z **ukazatelů přípustného znečištění** obsažených v přílohách jedna až tři uvedeného nařízení vlády. Vypouštění těchto vod do **podzemních vod** je povoleno VO jen ve výjimečných případech (pro rozptýlenou zástavbu, rekreační zástavbu atd.), pouze za předpokladu, že jejich vypouštění nezhorší a neohrozí jakost podzemních vod [37].

V šesti přílohách tohoto nařízení jsou podrobně rozvedeny následující přípustné hodnoty a ukazatele:

Příloha č. 1 **Emisní standardy** pro:

- přípustné znečištění vypouštěných odpadních vod z městských čistíren;
- přípustné znečištění vypouštěných odpadních vod z vybraných průmyslových a zemědělských odvětví.

Příloha č. 2 **Požadovaný a cílový stav jakosti ve vodním toku**. Voda ve vodním toku by v cílovém stavu měla vykazovat:

- neporušenou **samočisticí schopnost**;
- stav bez **přítomnosti organismů** (s patogenními a toxickými vlastnostmi);
- stav, při němž nedochází k nadměrnému rozvoji **autotrofních organismů**;
- stav, při němž nedochází ke vzniku **kalových lavic nebo pokrytí vodní hladiny pěnou, tuky, oleji nebo jinými látkami**;
- koncentrace **nebezpečných závadných látek** musí být minimální a nesmí se ve vodním prostředí, sedimentech a živých organismech ztelně zvyšovat v čase;
- **koncentrace rtuti** v reprezentativním vzorku masa ryb, zvolených jako indikátor, nesmí přestoupit hodnotu 0,1 mg/kg čerstvé tkáně (svaloviny);
- stav, při němž nedochází k porušování požadavků na ochranu před **ionizujícím zářením**;
- stav, při němž nedochází v důsledku škodlivého působení látek ke změně **produktivity vodního ekosystému**;
- dobrý stav vodních útvarů povrchových vod podle Rámcové směrnice 2000/60/ES o vodní politice Společenství by mělo být dosaženo do **22.12.2015**.

Příloha č. 3 **Imisní standardy** pro:

- přípustné znečištění povrchových vod;
- přípustné znečištění povrchových vod, které jsou vhodné pro život a reprodukci původních druhů ryb a dalších vodních živočichů (rozdělení na vody lososové a kaprové);
- přípustné znečištění povrchových vod, které jsou nebo budou využívány jako zdroje pitné vody;
- přípustné znečištění povrchových vod, které jsou nebo budou využívány pro koupání osob.

Příloha č. 4 až 6 **Organizační záležitosti**:

- stanoví četnost a počet odebíraných vzorků;
- stanoví povinné údaje předávané znečišťovatelem vodoprávnímu úřadu (vzor hlášení, místo odběru vzorků, umístění výpustí atd.).

Nařízení vlády č. 61/2003 Sb. patří z hlediska ochrany ŽP, z hlediska ochrany vod mezi nejdůležitější. Toto nařízení vlády nám stanovuje (určuje), jak znečištěné odpadní vody mohou být vypouštěny do povrchových vod (viz příloha č. 1). V analogii s ochranou ovzduší je to tedy omezení **emisní** (emisní limity).

Hodnoty ukazatelů v přílohách č. 2 a 3 pak stanovují **cílové meze** (hranice) možného znečištění povrchových vod po jejich smíšení s vodami odpadními. Z pohledu ochrany vod jsou tedy **imisními ukazateli** (imisní limity).

Poznámka

Ve skutečnosti jsou přílohy č. 1 a 3 rozsáhlé a obsahují celou řadu závazných ukazatelů přípustného znečišťování vod, podle kterých je povolováno vypouštění odpadních vod do našich řek. Čtenář by si měl po přečtení a prostudování této otázky uvědomit, o jak složitou vodohospodářskou problematiku se jedná. Měl by si ještě jednou přečíst pozorně přílohu č. 2, jak mají vypadat v cílovém stavu naše řeky do roku 2015 (ČR se zavázala do roku 2010).

1.3.10 Jak vyjadřujeme koncentrace a obsahy znečišťujících látek ve vodách?

Koncentrace (*obsahy*) znečišťujících látek ve vodách se vyjadřují v hmotnostní jednotce vztažené na objemovou jednotku (obvykle na 1 litr), tedy: g/l, mg/l, µg/l popř. u velmi toxických látek v ng/l. Hmotnostní jednotka ppm pro ZL ve vodách má hodnotu

1 ppm = 1 mg/l (1 l = 10⁶ mg).

U ukazatelů radioaktivity v **Bq/l** (becquerel na litr), popř. v *mBq/l*.

Reakci vody vyjadřujeme ve stupnici **pH**.

U biologických a mikrobiologických ukazatelů jednotkou **KTJ/1 ml**, což značí počty jednotek tvořících kolonii (počty kolonií) z 1 ml. KTJ v tomto případě je kolonie tvořící jednotku.

U výpočtů ukazatelů přípustného znečištění povrchových vod při vypouštění odpadních vod se vychází ze směšovací rovnice, která má následující tvar:

$$Q_r \cdot C_r + Q_o \cdot C_o = (Q_r + Q_o) \cdot C_v \quad (1.17)$$

neboli po matematické úpravě

$$Q_o (C_o - C_v) = (Q_r + Q_o) \cdot C_v,$$

kde

Q_r – průtok vody v recipientu [m^3/s];

Q_o – množství odpadní vody [m^3/s];

C_r – koncentrace znečištění v recipientu [mg/l];

C_o – koncentrace znečištění v odpadní vodě [mg/l];

C_v – výsledná koncentrace znečištění v recipientu [mg/l].

Pro výpočty znečištění, úplat a projektování, výstavbu a provoz vodohospodářských staveb je nutné přesně definovat „vodnost“, průtokové nebo odtokové podmínky těchto staveb nebo recipientů. K tomu používáme hydrologických veličin (*hodnot*), odvozených z dlouhodobých časových řad průtoků. Tak například pro vodní tok následující ukazatele znamenají:

Q_aroční dlouhodobý průtok [m^3/s]	31,5 m^3/s
Q_{355}průtok překročený po 355 dní v suchém roce [m^3/s]	8,0 m^3/s
Q_{min}nejmenší dosud pozorovaný průtok [m^3/s]	3,6 m^3/s
Q_{100}roční velká (stoletá) voda [m^3/s]	1 135 m^3/s

1.3.11 Biochemické procesy ve vodách

Podstatou biochemického čištění vod je činnost mikroorganismů. Základním předpokladem pro tuto činnost je přítomnost živého společenstva mikroorganismů (především bakterií) a takové fyzikální a chemické poměry v prostředí, že mohou normálně probíhat životní pochody tohoto společenstva. Pod fyzikálními a chemickými poměry rozumíme nejedovatost prostředí, vhodnou teplotu a příznivou koncentraci vodíkových iontů (pH). Další

podmínkou pro život mikroorganismů je přítomnost potravy. Potravu v tomto případě tvoří organické, biologicky odbouratelné látky (jako cukry, tuky, bílkoviny, fenoly apod.), které mají být z odpadní vody odstraněny. Při stejných fyzikálních a chemických podmínkách se v prostředí odpadních vod čištěných na různých místech vyvíjí prakticky stejné společenstvo mikroorganismů [31].

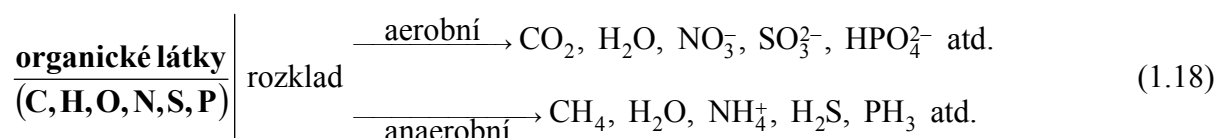
Rozklad (*mineralizace*) rozložitelných organických látek může probíhat vzhledem k přítomnosti kyslíku dvěma základními pochody:

- aerobním způsobem;
- anaerobním způsobem.

Aerobní způsob. Při udržovaném přebytku vzduchu probíhá pochod aerobní. Životní pochody mikroorganismů jako celek pak způsobují postupnou oxidaci organických látek. Podle koncentrace organických látek (potravy) a mikroorganismů, podle rychlosti životní reakce a podle technického provedení objektů se v současné době vyvinula celá řada různých způsobů aerobního čištění odpadních vod.

Anaerobní způsob. Při nedostatku nebo nepřítomnosti rozpuštěného kyslíku probíhá pochod anaerobní. Povaha anaerobních mikroorganismů je v tomto případě jiná než u pochodů aerobních. Společenstvo je v tomto případě tvořeno nižšími organismy, převážně bakteriemi. Anaerobní pochody jsou vlastně pochody hnilobné.

Výsledné rozkladné produkty organických látek jsou tedy dány (určeny) jejich stupněm oxidace a můžeme je pro oba způsoby schematicky znázornit následovně:



Poznámka

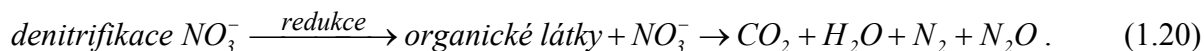
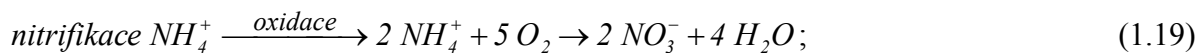
Všechny rozkladné pochody ve vodě (ale i v půdách) způsobují rozkladači (destruenti), a to bakterie a houby. Jde o velice komplikované biologické děje. Rozkladné procesy nemají jednotný charakter. Jak již bylo uvedeno, mohou být aerobní, anaerobní nebo střídavé. Tyto pochody se označují jako hniloba, kvašení, tlení, degradace, dekompozice, stabilizace a konečně jako dýchání mikrobů. Rozkladné pochody probíhají samovolně v přírodních vodách, ale i uměle v čistírnách odpadních vod. V čistírnách jsou tyto pochody technicky řízeny a usměrňovány do malého prostoru.

1.3.12 Jak je odbouráváno závažné amoniakální znečištění vod?

K velmi složitým procesům v přírodě dochází při odbourávání amoniakálního znečištění (amonných iontů NH_4^+). Zvýšený přísun sloučenin dusíku do přírodních vod je nežádoucí z následujících důvodů. Amoniakální dusík má velkou spotřebu kyslíku na biochemickou oxidaci (4,57 g O_2 na 1 g NH_4^+ , zatímco například jednomocné fenoly mají BSK_5 jen 1,85 g O_2 na 1 g). Značně se podílí na eutrofizaci povrchových vod. Větší koncentrace dusičnanů v pitné vodě je nežádoucí a nebezpečná pro lidi, zejména pro děti kojeneckého věku (*methemoglobinaemie* – viz otázka 67).

Biologické odstraňování amoniakálního dusíku spočívá v jeho biochemické oxidaci na dusitany a dusičnany (**nitrifikaci**) a jejich následné redukci na plynný dusík nebo N_2O (**denitrifikaci**). Odbourávání amoniakálního dusíku ve vodách v přírodním prostředí je tedy

velmi složitým procesem s vážnými následky na stav ŽP. Ve stručnosti a zjednodušení obě chemické rovnice můžeme vyjádřit následovně:

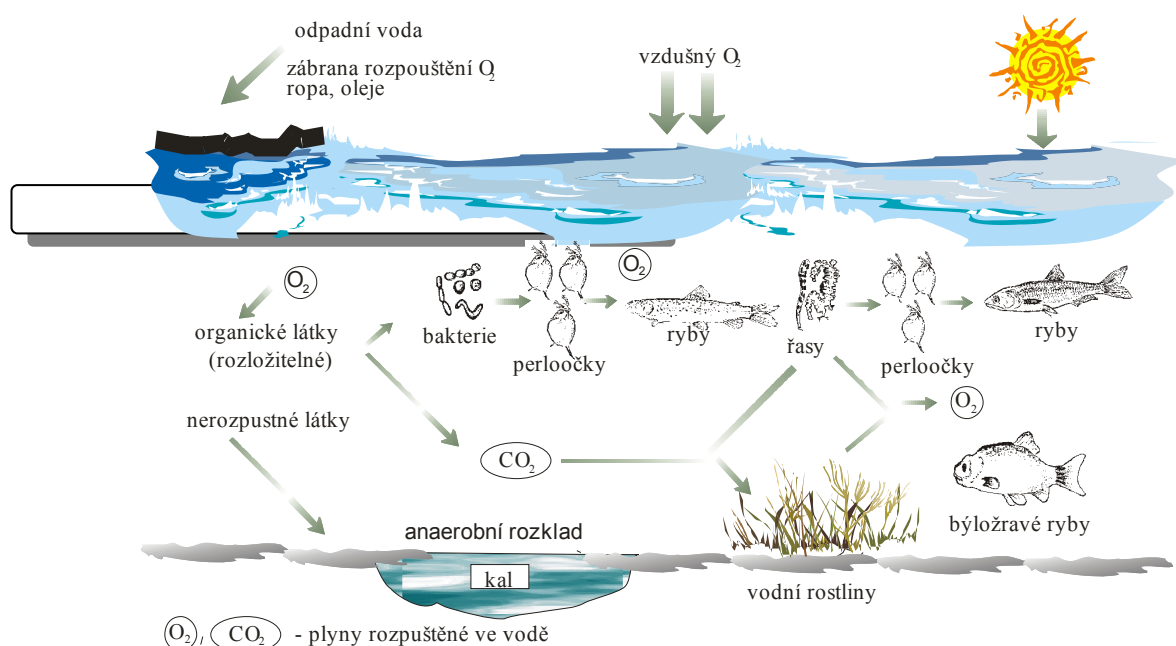


1.3.13 Samočisticí biochemické pochody ve vodách

Samočisticí biochemické pochody ve vodních tocích (nebo nádržích) jsou přirozeným způsobem čištění vod. Pod pojmem samočisticí schopnost vody zahrnujeme souhrn fyzikálních, chemických a bakteriologických procesů probíhajících ve stojatých a tekoucích vodách.

Z ekologického pohledu jsou samočisticí pochody ve vodních tocích (v recipientech) a vodních nádržích názorným příkladem autoregulace vodního ekosystému při jeho vychýlení z rovnovážného stavu (*homeostáze*).

Ve stručnosti a názornosti můžeme tento složitý proces rozdělit do několika základních, současně probíhajících dějů. Názorně jsou tyto popsány pochody zobrazeny na obr. 1.10.



Obr. 1.10 Samočisticí pochody ve vodních tocích

- **Biochemický rozklad** – rozklad organických látek mikroorganismy. K rozkladu mikroorganismy potřebují nezbytně O₂ a produkují CO₂.
- **Fotosyntéza** – řasy a vodní rostliny pouze za světla spotřebovávají vzniklý CO₂ a produkují O₂.

- **Rozpouštění kyslíku** – vzdušný kyslík se rozpouští ve vodě a nahrazuje O_2 spotřebovaný při biochemickém rozkladu. Bez přítomnosti O_2 by se zastavil základní článek samočisticího procesu – biochemický rozklad znečišťujících látek. Množství rozpouštěného O_2 je především závislé na ploše, rychlosti, proudění a provzdušňování vody (jezy, přejeje). Pokryje-li vodní povrch led nebo plovoucí znečišťující látky (tuky, oleje, ropa, pěny), rozpouštění O_2 se zastavuje.
- **Přímá konzumace** – organismy mohou přímo konzumovat znečištění organického původu (např. odpadní vody z potravinářského průmyslu).
- **Působení gravitace** – některé NL unášené a sunuté po dně se mohou na dně usadit a vytvořit kal, který nemá O_2 , a proto začíná anaerobní rozklad. Při velkých vodách si však vodní toky poradí, nežádoucí kaly odplaví.
- **Chemické reakce** – ve vodním toku dochází k interakci mezi znečišťujícími látkami a vodním prostředím. Mohou nastat různé chemické reakce, které vedou k rovnováze, například: neutralizace, vzájemné srážecí reakce a adsorpce na dně toku (těžké kovy), oxidace snadno oxidovatelných látek atd.

1.4 Ochrana a znečišťování půd a přírody

1.4.1 Jaké vlastnosti má půda a jakou plní úlohu?

Půda, která vznikla zvětráním hornin a činností půdotvorných činitelů, je základním přírodním bohatstvím naší země, nenahraditelným výrobním prostředkem, ale také jednou z hlavních složek životního prostředí. Půdní fond ČR dělíme podle toho, jakou plní funkci na:

- zemědělský půdní fond (ZPF);
- lesní půdní fond (LPF);
- zastavěné a ostatní plochy.

Poznámka

Podle zákona č. 334/1992 Sb., o ochraně ZPF, do ZPF zahrnujeme ornou půdu, louky, pastviny, vinice, chmelnice, zahrady, ovocné sady, ale také chovné rybníky pro ryby, drůbež. Odnětí půdy (nebo změna její funkce) je legislativně velmi přísně chráněno. K odnětí půdy ze ZPF (trvalému nebo dočasnému) je třeba souhlasu a rozhodnutí příslušného orgánu ochrany ZPF. Za oba způsoby odnětí půdy se platí velké finanční odvody. Odvody jsou zdrojem příjmu z části obce (40 %) a z části Státního fondu ŽP ČR.

Půda, její stavba, složení a uspořádání jsou výsledkem působení **půdotvorných činitelů** [29]. Mezi ně zejména patří:

- půdotvorná zemina (původní matečná hornina);
- podnebí (klíma);
- živé organismy (porost a půdní organismy);
- reliéf území (sklonitost, orientace k světovým stranám);
- stáří půdy (čas);
- někdy i podzemní vlivy.

V průběhu času se půda vyvíjí, mění, a to vlivem působení biologických, chemických a fyzikálních pochodů, ke kterým dochází na povrchu Země. Pokud se půda již nemění, říkáme, že dosáhla konečného klimaxového stadia (půda v tundrách, tropech atd.). Antropogenní vlivy (působení člověka) mohou vyvolat nebo brzdit vývoj půd (orba, hnojení, urychlená eroze atd.). Jeden cm ornice se vytváří až 200 let.

Z fyzikálního hlediska je půda třífázový systém složený z **tuhé, tekuté a plynné fáze**. Tuhou fází (*podíl*) tvoří anorganické a organické sloučeniny. Tekutou fází tvoří voda a vodní roztoky různých látek. Plynná fáze je tvořena zejména vzduchem, CO₂ (ale i ostatními plyny). Schematicky si podílové zastoupení můžeme znázornit následovně:

Půda obsahuje:	tuhý podíl <	anorganický – abiotický (zvětralá hornina) organický – biotický (rostlinný, živočišný)
	tekutý podíl	půdní voda
	plynný podíl	půdní vzduch

Půdní organismy označujeme jako **půdní edafon**, který dělíme dále na edafon:

- **bakteriální** (hlízkové bakterie, choroboplodné bakterie atd.);
- **rostlinný** (fytoedafon - plísně, houby, řasy, kořenové systémy atd.);
- **živočišný** (zoosedafon – prvoci, nálevníci, roztoči a mezi největší patří korýši, mnohonožky, plži, hmyz, larvy hmyzu atd.).

Poznámka

Půdní edafon se značně podílí na tvorbě a vývoji půdy. Je také indikátorem dobrého stavu půdy. V silně kontaminované půdě je jeho činnost značně potlačena. Odhaduje se, že na 1m² připadá 200 tisíc jedinců makrofauny a miliardy jedinců mikrofauny. Celkový obsah půdních organismů (edafonu) se odhaduje na 4 až 8 tun na 1 hektar, z toho jen bakterie mohou tvořit až 0,5 až 2,5 tun.

Z chemického hlediska půda obsahuje:

- **anorganický podíl**. Složení půdy (zemské kůry) je velmi odlišné. Osm prvků je zastoupeno více jak 1 % (O, Si, Al, Fe, Ca, K, Na, Mg). Rostliny však potřebují pro svůj růst následující prvky (makro- a mikroživiny); uvedeno pořadí důležitosti

makroživiny	C, O, H, N;	v menším množství P, K, Ca, Mg;
mikroživiny	S, Fe, B, Mo;	v menším množství Cl, Mn, Cu, Zn.

Pouze uhlík, kyslík a vodík získávají rostliny ze vzduchu, ostatní z půdy. Zvláštní postavení má dusík. Dusík neobsahuje žádná hornina. Do půdy se dostává v molekulové formě jako N₂ z ovzduší. Některé druhy bakterií ho dokážou asimilovat a přímo měnit na složité organické sloučeniny, které potom rostliny přijímají. Pro úrodnost půdy má největší význam vyvážené zastoupení skupiny P, K, Ca, Mg. Pokud nějaký prvek chybí, je nutné jej pro udržení úrodnosti do půdy dodat.

- **organický podíl**. Tento podíl tvoří **humusové látky**, které jsou produkty humifikačních procesů. Syntézy složitých organických látek, které vznikají ze zplodin rozkladem ligninu, celulózy, bílkovin, tuků aj.

Pojem **zemina** užíváme jako souborný název pro zemní hmoty (např. prst, hlínu, rozpadlou horninu). Zeminy vznikají tedy zvětřením hornin. Pod názvem zemina se v oboru inženýrské geologie rozumí někdy půda. V praxi tedy obvykle hovoříme o degradaci, kontaminaci půdy. Dojde-li však k oddělení půdy od půdního profilu, pak užíváme pojem zemina (např. deponie skrývkových zemin, pyrolýzní dekontaminace zemin atd.).

1.4.2 Kdo znečišťuje půdy?

Znečišťování (*kontaminaci*) půd můžeme rozdělit do dvou základních skupin.

První skupina je tvořena kontaminanty přirozeného přírodního původu. Tvoří ji odumřelé části rostlin a živočichů. Do půdy se dostává celá řada složitých organických látek (celulóza, tuky, bílkoviny atd.). Toto přirozené znečištění organického původu je lehce biologicky rozložitelné a nezpůsobuje v půdách větší problémy. Rozklad těchto látek souborně označujeme jako **samočisticí schopnost půdy**. Probíhá v aerobních a anaerobních podmínkách. Biodegradací těchto látek vznikají jednoduché organické a anorganické látky. Rozklad probíhá za účinku mikroorganismů (bakterií a hub) v půdě a za účinku enzymů.

Druhá skupina znečištění je tvořena kontaminanty antropogenního původu. Jedná se o znečištění pocházející z činnosti průmyslu a dopravy. Do půd se tak dostává celá řada škodlivých látek (někdy i toxických), organického i anorganického původu.

Podle současně platné legislativy patří zdravý stav půdy mezi základní požadavky zdravého životního prostředí. Půda musí odpovídat hygienickým požadavkům a musí být chráněna před látkami škodlivými lidskému zdraví, zejména před jedy, před zárodky přenosných nemocí lidí a zvířat a před cizopasníky.

Uvedené požadavky na ochranu půdy nejsou však, zejména v současné době, respektovány a půda se stává posledním, často **trvalým rezervoárem** odpadních látek z mnohých lidských aktivit. Je dlouhodobě **poškozována** fyzikálně, chemicky a biologicky. Na rozdíl od ostatních dvou základních složek životního prostředí (ovzduší a vody) však vnímáme její znečištění zprostředkovaně, přenosem **přes potravní řetězec**.

Z hlediska plošného rozsahu rozlišujeme negativní ovlivnění půdy **lokální**, (obvykle ohrožení bezprostředního okolí zemědělského závodu), **regionální** (obvykle znečištění hydrosféry) a **kontinentální** (např. ovlivnění půdy DDT). Z hlediska antropogenního znečištění půd patří mezi nejvýznamnější současné škodliviny **těžké kovy**, **pesticidy**, **dušičnany** a **ropné látky**. Proto těmto závažným znečišťujícím látkám budeme věnovat následující otázky.

Poznámka

Všichni bychom si měli uvědomit, že ochrana půdy je prvořadá. Kdybychom přestali znečišťovat ovzduší naší Země, vyčistilo by se za několik týdnů, znečištěná voda za několik měsíců, ale půdě by to trvalo dlouhá desetiletí či staletí.

1.4.3 Jak se dostávají těžké kovy do půd?

V oblasti škodlivých cizorodých látek anorganického původu představují největší problém **těžké kovy**. Jelikož všechny škodlivé kovy nejsou jen kovy s vyšší hmotností, užíváme výrazu **rizikové kovy** nebo prvky. Obvykle se považují za nejnebezpečnější kadmium, rtuť, olovo a chrom. Problémy však mohou působit i měď, zinek, molybden, nikl

aj. Některé prameny uvádějí toto sestupné pořadí škodlivosti:

- pro rostlinnou výrobu Hg, Cu, Ni, Pb, Cd, Co aj.;
- pro živočišnou výrobu Cd, Hg, Pb, As aj.

Poznámka

Důležitá poznámka se týká chromu. Šestimocná forma chromu patří mezi toxické sloučeniny s karcinogenními vlastnostmi. Kovový chrom a jeho třímocná forma tyto vlastnosti nevykazuje. Do půd se chrom dostává přes průmyslové imise, ale také aplikací minerálních hnojiv. Mezi nejvíce používaná hnojiva patří ocelářské strusky, bohaté na fosfor a vápník (ale ty také obsahují až 0,8 % Cr). Za poslední desítky let bylo takto aplikováno do našich půd mnoho set tisíc tun těchto levných ocelářských strusek. A teď pozor! K jeho přechodu z třímocné na obávanou šestimocnou formu je zapotřebí značného oxidačního potenciálu. Tím podle našich chemiků příroda nedisponuje. Věřme jim proto a při konzumaci potravin z našich polí na to vůbec nemysleme.

Těžké kovy (TK) jsou charakterizovány mj. vysokou měrnou hmotností, dosahujících v g/cm^3 (nebo v kg na 1 l) hodnot u Cd 8,6; u Hg 13,6; u Pb 11,3; u Cr 7,2; u Cu 8,9 a u Zn 7,1.

Poznámka

Nutno pro zapamatování připomenout, že hliník má měrnou hmotnost pouze 2,7; železo 7,9 (přesně $7,86 \text{ g/cm}^3$) a mezi nejtěžší patří zlato 19,3 a platina 21,45. Proto režisér, který dovolí, aby lupiči v pohádkách lehce přenášeli velké cihly zlata, uvádí děti na celý život v klam.

Hlavními zdroji kontaminace půdy, rostlin a objemových krmiv jsou především **imise, odpady a zplodiny energetických a průmyslových provozů, komunální odpady** aj. Těžké kovy jsou vnášeny do půd rovněž nekvalitními hnojivy (zejména fosforečnými) a kaly z čistírenských odpadních vod, popřípadě z nich vyráběnými průmyslovými komposty.

Složitost problematiky TK souvisí mj. do značné míry i s tím, že se TK v půdě, rostlinném a živočišném organismu zpravidla kumulují, což znamená, že nemohou být odbourávány ani snadno asanovány. Toto jejich chování se v živých organismech prohlubuje.

Fyziologické působení. Těžké kovy (*rizikové kovy*) snadno potravním řetězcem pronikají do živých organismů a nastává jejich vstřebávání (*resorpce*). Tím dochází k jejich kumulaci. Některým jsou přisuzovány i genotoxické vlastnosti, jako je kancerogenita, mutagenita (např. šestimocný Cr). Obecně můžeme jejich působení na člověka shrnout do následujících negativních fyziologických následků a účinků:

- působí obvykle toxicky (některé i genotoxicky);
- postihují krevtovorný a trávicí systém;
- způsobují poruchy imunitních a neuropsychických systémů.

1.4.4 Proč máme strach před pesticidy?

Ochrana zemědělských plodin a kultur před škůdci, původci chorob a plevely patří k rozhodujícím intenzifikačním faktorům pro další vývoj rostlinné výroby. K ochraně rostlin se dosud převážně používají chemické přípravky, které obecně nazýváme **pesticidy**. Pod pojmem pesticidy označujeme všechny látky nebo jejich směsi používané proti

škodlivým živočichům, rostlinám a parazitickým houbám, které poškozují kulturní rostliny, zásoby zemědělských produktů, potraviny, průmyslové materiály, nebo snižují užitek hospodářských zvířat, popř. ohrožují zdraví samotného člověka. Zahrnují se sem též repelenty, regulátory růstu rostlin a defolianty (viz tab. 1.8).

Tab. 1.8 Rozdělení pesticidů podle jejich biologického účinku

akaracidy	↳ hubí roztoče	insekticidy	↳ hubí hmyz	piscicidy	↳ hubí ryby
algicidy	↳ hubí řasy	larvicidy	↳ hubí larvy	predicidy	↳ hubí predátory
avicidy	↳ hubí, nebo odpuzují ptáky	moluskocidy	↳ hubí měkkýše	rodenticidy	↳ hubí hlodavce
baktericidy	↳ hubí bakterie	nematocidy	↳ hubí háďátka	silvicidy	↳ hubí stromy a keře
fungicidy	↳ hubí houby	ovicidy	↳ hubí vajíčka	termicidy	↳ hubí termity
herbicidy	↳ hubí plevely	pedikulicidy	↳ hubí vši		

Funkce dalších skupin shrnuje tento výčet:

atraktanty	látky lákající hmyz
chemosterilanty	látky sterilující hmyz nebo obratlovce
defolianty	látky urychlující uschnutí rostlin
desinfektanty	látky hubící nebo inaktivující nebezpečné organismy
feromony	látky přitahující hmyz nebo obratlovce
repelenty	látky odpuzující hmyz, roztoče nebo obratlovce

Pesticidy jsou obvykle složité organické sloučeniny. Kromě chlorovaných uhlovodíků (DDT, Endrin, Lindan) jsou používány i organické kyseliny (Delapon) a také velmi nebezpečné organofosfáty (Parathion). Organofosfáty jako tabun a sarin působí na nervovou soustavu lidí, a proto je označujeme jako „nervové jedy“; byly vyrobeny pro bojové účely a dosud v žádné válce, bohudíky, nebyly použity.

Mnohé pesticidy mají nepříznivé vedlejší účinky na lidi, živočichy i rostliny, některé z nich jsou toxické. V životním prostředí (v abiotickém a biotickém prostředí) se pesticidy odbourávají působením vody, kyslíku, světla, půdních bakterií atd. K jejich degradaci dochází účinkem fyzikálně-chemických faktorů. Velký význam má vlhkost, pH prostředí, sluneční záření apod. Produkty a meziprodukty jejich degradace označujeme jako **rezidua** pesticidů. Tato rezidua (zbytky pesticidů) přecházejí do potravního řetězce, na jehož konci je člověk.

Poznámka

Pesticidy vymyslel a vyrobil člověk. Svoji činností mění a nahrazuje přirozené ekosystémy (lesní a polní) monokulturami. Tím snižuje, až zcela potlačuje, jejich přirozenou autoregulační schopnost. Tyto ekosystémy, které ztratily svoji biologickou rozmanitost (*biodiverzitu*), nereagují na změny. Na lánech zelí, brambor dochází ke kalamitnímu přemnožení škůdců, plísní, plevelů a člověku, aby se uživil, nezbyvá nic jiného, než použití chemických látek – pesticidů.

1.4.5 Proč sledujeme obsah dusičnanů v potravinách?

Dusičnany v půdě, ve vodě a v zemědělské produkci jsou v současné době předmětem trvalého zájmu hygienických, vodohospodářských a zemědělských orgánů. Dusičnany v nadměrném množství představují riziko negativního ovlivňování životního prostředí a kvality zemědělské produkce a následně i potravinářských výrobků. Je známo, že dusičnany, jako produkt metabolismu a jako přirozená součást rostlinné hmoty při běžných obsazích, **nepůsobí škodlivě**. Jejich zvýšený obsah je však **nežádoucí** pro riziko možného přechodu na dusitany, popř. až na nitrosaminy s kancerogenními účinky.

I když je vzdušného dusíku kolem nás dostatek, rostliny jej přijímají pouze přes kořenový systém za pomoci bakterií. Proto je nutné a nezbytné kypření půdy, které usnadní přímý styk vzduchu s půdou. Orba, rytí zahrádek a okopávání stromů je proto žádoucí a naopak všechny činnosti ke zhutnění půdy nežádoucí. Do půdy se dostává velké množství dusíku také antropogenní činností.

Velkými zdroji jsou zejména:

- **zemědělství** (hnojení, splachy, odpadové vody);
- **průmysl** (spalovací pochody, vznik NO_x a následně HNO_3 , kyselá dešť);
- **automobilismus** (obdobně jako v průmyslu).

Do lidského organismu se dusičnany dostávají především:

- pitnou vodou (max. limitní obsah dusičnanů je 50 mg/l, pro kojence jen 15 mg/l);
- potravinami (nejvíce zelenina, brambory – max. obsah dusičnanů je 1 000 mg/kg).

Obecně je přípustná denní dávka ADI definována 5 mg NO_3^- na 1 kg hmotnosti člověka.

Fyziologické působení dusičnanů můžeme rozdělit na dvě oblasti:

- dusičnany se vážou na krevní barvivo **hemoglobin** a vytváří **MtHb methemoglobin**. Ten snižuje procesy roznášení kyslíku, který za normálních okolností probíhá jako OHb oxihemoglobin. Nedostatek kyslíku může způsobit vážné životní potíže, zejména u kojenců. Nadbytek MtHb způsobuje onemocnění, které nazýváme methemoglobinemie (*modráni kojenců*). V lehké formě může probíhat jako neklid, poruchy dýchání, v těžší formě poškozuje srdeční sval, vyvolává šoky až úmrtí (úhyn). U normálního člověka se pohybuje obsah MtHb v krvi okolo 1 %, u zvířat 3 – 5 % v důsledku vyššího obsahu dusičnanů v píci. Maximální hranice na přežití je u savců uváděna 26 %,
- dusičnany se v organismech (především v trávicích systémech) redukují na dusitany NO_2^- a dále se pak mění na **nitrosaminy**. Tyto látky pak vykazují velice negativní následky. Poškozují tkáň a jsou vysoce genotoxické (kancerogenní, mutagenní, teratogenní). Stanovení nitrosaminů je velmi obtížné, běžně se proto v potravinách neprovádí. Jejich stanovení je požadováno zejména u exportovaného zboží, u piva, chmele, sladu atd.

Poznámka

Obsah dusičnanů v zemědělských produktech, zelenině a bramborách záleží na celé řadě faktorů a vzájemné interakci jejich působení. K dominujícím faktorům patří světelné poměry (intenzita a délka slunečního svitu). Zelenina ze zimní a předjarní produkce vykazuje vyšší obsahy dusičnanů. Velké rozdíly v obsahu dusičnanů jsou mezi jednotlivými odrůdami zeleniny. Obsah dusičnanů podporuje i nevyrovnané, nadměrné

nebo v nevhodnou dobu provedené hnojení. Limitní obsah pro zeleninu (jak již bylo uvedeno) je 1 000 mg/kg. Tak tedy pozor na rychlenou jarní zeleninu. Když vidím na jaře abnormálně velký kedluben, vynoří se mi představa o dusíkové bombě.

1.4.6 Jaké důsledky mají úniky ropných látek?

Za **ropné látky** jsou považovány všechny tekuté, polotuhé a tuhé produkty vzniklé zpracováním ropy. Ropné látky jsou směsí různých uhlovodíků, převážně obsahují parafiny, olefiny a naftaleny (cykloparafiny). Definice ropných látek podle této normy je příliš široká, a proto z hlediska použitelnosti jsou ropné látky rozdělovány do čtyř skupin: benziny, petroleje, plynové oleje a mazací oleje.

Únik ropných látek do přírody má katastrofální následky. Vážné smrtelné nebezpečí hrozí všem živočichům, kteří nemohou včas odletět, utéci, uplavat nebo odskákat, tedy mláďatům, plazům, rybám, drobným hlodavcům, hmyzu atd. Únik ropných látek do terénu působí na většinu rostlin jako herbicid. Přežívají pouze rostliny s nízkou citlivostí na uhlovodíky, například kopřiva dvoudomá, bez černý atd. Skvrny ropných látek na vodních hladinách působí nejen toxicky na vodní živočichy, ale zcela zabraňují okysličování vod. Olejový film ropných látek se začíná vytvářet již při velmi malých koncentracích, a to od 0,1 až 2 mg/l.

V zasaženém přírodním prostředí jsou ropné látky postupně rozkládány (degradovány) chemickými a biologickými procesy. Doba rozkladu ropných látek je závislá na míře, na stupni kontaminace půdy. Regenerace terénu tedy závisí na objemu a druhu ropné látky. Nejrychleji jsou odbourávány nízkovroucí uhlovodíky (benziny). Např. únik 9 litrů benzínu na 1 m² je rozložen do jednoho roku, kdežto u motorových olejů je doba degradace třikrát větší.

Ropné látky působí negativně nejen na celé životní prostředí, ale velmi škodlivě i na zdraví člověka. Vdechování vzduchu s obsahem ropných látek se při nižších koncentracích projevuje dráždivě, bolestmi hlavy a nevolností s výrazně narkotickými účinky. Delší nebo opakované působení vyvolává podráždění, vyrážky a záněty pokožky.

Ropné látky (sumárně jako směs) nejsou v oblasti ochrany ovzduší definovány. Vyjmenovány a sledovány jsou pouze jednotlivé uhlovodíky obsažené v ropných látkách. Jinak je tomu v oblasti ochrany vod a půdy. V těchto složkách životního prostředí jsou ropné látky sledovány a hodnoceny sumárně jako **NEL – nepolární extrahovatelné látky**. Na rozdíl od polárních extrahovatelných látek, které zahrnují např. tuky a minerální oleje obsahující mastné kyseliny.

Obrovské množství ropných látek se do našeho životního prostředí dostává při těžbě a přepravě ropy a pohonných hmot, ale zejména v důsledku provozu automobilů. Otřesné smrtící následky mají havárie obrovských tankerů, které se neustále opakují. Stále tak vítězí zisky nad ochranou našich moří a přímořských oblastí.

Poznámka

Neustálý rozvoj automobilismu přináší s sebou rozvoj ropného průmyslu a neuvěřitelně hustou síť čerpacích stanic. Tím se pochopitelně zvyšují i rizika úniku ropných látek do našeho životního prostředí. Přitom nejde jen o riziko, ale o skutečnost. Nebývá skoro týden, aby sdělovací prostředky neohlásily vážnější ropnou havárii. Ropné látky však mají z hlediska ochránců přírody dvě pozitivní vlastnosti.

Za prvé jsou lehčí než voda a s vodou se nemísí, vyplavou vždy na povrch. To značně usnadňuje jejich zachycení a odstranění (norné stěny, lapáky atd.).

Za druhé moc chutnají některým bakteriím (zvláště těm sibiřským naftovým). Na kontaminované místo můžeme tyto vždy hladové bakterie nasadit, dodat jim potřebný kyslík a nezbytné živiny a o ropné znečištění se už dále nemusíme starat. Hygienici však tomuto způsobu dekontaminace moc nefandí. Mají strach z jejich nežádoucího rozmnožení a dalších možných dopadů na půdní ekosystémy.

1.4.7 Jakými způsoby se provádí dekontaminace znečištěných půd?

Nejvyšší přípustné obsahy znečišťujících látek (rizikových prvků a celé řady škodlivých látek) jsou stanoveny příslušnou vyhláškou MŽP. Aby nedocházelo k možnému přechodu do potravního řetězce, jsou proto jejich obsahy v půdách neustále sledovány a kontrolovány. Pokud však ke znečištění (kontaminaci) došlo, jsou prováděna taková opatření, aby půda byla opět vrácena do původního stavu. Tyto čisticí způsoby půd označujeme obecně pojmem dekontaminace půd [29].

Dekontaminace (vyčištění) půd od škodlivých látek, jak již bylo uvedeno, patří mezi velmi složité ekologické problémy. S běžným malým netoxickým znečištěním (do určitých mezí) si v půdách poradí vsudypřítomné půdní bakterie. To se například může týkat menších ropných kontaminací. Obvykle stačí pro existující bakteriální kmény přidat do půd vhodné živiny a celý dekontaminační proces dál obstará příroda sama. U větších a plošně rozsáhlejších kontaminací (zejména toxickými látkami) je pak nutné použít umělý dekontaminační proces (technologie). Výběr nejvýhodnější technologie závisí na mnoha činitelích, na druhu a koncentraci kontaminantů, na druhu půdy, na hloubce kontaminace půdy atd. Vlastní dekontaminaci znečištěných půd z hlediska umístění technologie lze provádět dvěma způsoby:

- „**in situ**“. Přímo na místě kontaminace, a to bez jejího vytěžení;
- „**ex situ**“. Vytěžená kontaminovaná zemina se odváží ke zpracování na jiné místo. Po vyčištění může být vrácena zpět, nebo je využita pro jiné účely.

Na základě hlubokého a podrobného zhodnocení charakteru kontaminace, rozsahu a lokalizace místa, dalšího využití půdy, ekonomických možností a požadavků na ochranu životního prostředí musí být vybrán nejvýhodnější dekontaminační postup. Mezi nejnáročnější patří dekontaminace půd na opětovné využití zemědělské půdy. Pro dekontaminaci jsou nejvíce rozšířeny následující technologie:

- tepelné způsoby. Tepelné technologie dekontaminace zemin se používají obvykle pro odstranění organických látek ve vyšších koncentracích, ale i kyanidů. Vzhledem k vysoké spotřebě tepla jsou tyto technologie ekonomicky velmi nákladné, technicky náročné a vyžadují složité čištění spalin (obdobně jako u spaloven nebezpečných odpadů).
- biologické způsoby. Biologické technologie dekontaminace jsou realizovány zejména pro ropné látky. Biologicky rozložitelné ropné uhlovodíky jsou při těchto technologiích odstraňovány pomocí speciálních aerobních bakterií (nejčastěji kmene *Pseudomonas putida*). Výhodou těchto technologií je možné využití obou způsobů provedení, a to „in situ“ nebo „ex situ“.
- extrakční způsoby. Extrakční technologie dekontaminace zemin je možné provádět pouze způsobem „ex situ“, to znamená s vytěžením znečištěné půdy. Extrakční a flotační způsoby dekontaminace jsou nejvhodnějšími technologiemi pro odstranění těžkých kovů.
- solidifikační způsoby. Podstata těchto technologií spočívá v tom, že fyzikálně-chemickými úpravami (přidáním cementu, vápna atd.) se snižuje míra jejich nebezpečnosti. Snižuje se míra vyluhovatelnosti cizorodých látek, jejich mobilita

v půdách. V některých případech jsou silně kontaminované zeminy ukládány na řízenou skládku nebo do zabezpečeného prostoru. Před jejich uložením na skládku často předchází solidifikace vytěžené zeminy. Tyto způsoby se používají tehdy, když je dekontaminace technicky a ekonomicky těžko realizovatelná. Obvykle se jedná o znečištění těžkými kovy.

1.4.8 Proč vidíme přírodu zeleně a na podzim barevně?

Fotosyntéza je pochod probíhající v zelených rostlinách, při kterém je energie světelného záření přeměňována na energii chemickou. Fotosyntézní procesy se uskutečňují v chloroplastech a tradičně se rozdělují na světelné reakce a temnotní reakce. Zde malá ironická poznámka. Pokojové rostliny v noci, v ložnici, aby přežily, spotřebovávají své živiny a s námi dýchají kyslík, reakce probíhá opačně jako respirace, samozřejmě v nepatrném množství.

Pro fotosyntézu mají základní význam fotosyntetické pigmenty. Jejich molekuly mají schopnost absorbovat světelná kvanta fotonů ($h \cdot \nu$) a na určitou dobu tuto energii akumulovat, přenášet ji na molekuly a znovu se vrátit do základního stavu schopného další absorpce energie. Fotochemické pigmenty patří k základním pilířům fotosyntézy. Fotochemické pigmenty dělíme na **chlorofyly** a **karotenoidy**. Chlorofyl je všeobecně přijatý název pro zelený pigment. Vedle chlorofylu je důležitý i chlorofyl b, který se liší jen chemickým složením. Oba absorbují záření v oblasti 400 až 510 nm a 610 až 720 nm. Tedy v oblasti fialovomodré a červené podle spektra viditelného (světelného) záření, které vidíme, když se objeví na nebi duha. Duha začíná barvou fialovou a končí barvou červenou (*viz tab. 1.9*).

Tab. 1.9 Rozdělení slunečního záření podle délky vln

UV záření	< 360
fialová	360 – 420 nm
modrá	420 – 490 nm
zelená	490 – 540 nm
žlutá	540 – 590 nm
oranžová	590 – 650 nm
červená	650 – 760 nm
IR záření	> 760 nm

Chlorofyl tedy absorbuje fotony fialovomodré a červené části spektra, přeměňuje a využívá jejich energii fotosyntézou na tvorbu biomasy. Neabsorbuje zelenou, tu odráží, proto vidíme rostliny (přírodu) převážně zeleně. Na podzim, na konci hlavního vegetačního období, se chlorofyl odbourává a na povrchu rostlin se objevují ostatní pigmenty – karotenoidy (karoteny, xantofyly atd.), které byly chlorofylem překryty. Tyto doplňkové pigmenty absorbují naopak barvu zelenou v oblasti 480 až 570 nm a odrážejí barvu žlutou, oranžovou a červenou. Proto rostliny na podzim mění barvu. Teď si představte, že by rostliny pohlcovaly celé pásmo viditelného spektra. To by bylo v přírodě moc smutno, byla by celá černá.

1.4.9 Jak působí imise znečišťujících látek na rostlinstvo?

Přírodní asimilační pochody, jejich průběh a intenzitu narušuje znečištěné prostředí, imise znečišťujících látek. Vlivy imisí mohou být přímé a nepřímé. **Přímé působení** imisí se projevuje poškozováním asimilačních orgánů a orgánů reprodukčních, v menší míře i jiných částí rostlinných těl. **Nepřímé působení** imisí se projevuje tak, že jsou znečišťovány složky prostředí, na kterých jsou rostlinné organismy závislé. Tedy ovzduší, voda a půda.

Poškozování rostlin vlivem imisí, popř. jejich rezistence (odolnost vůči vnějším vlivům) je různá a je druhově specifická. Uplatňuje se při ní nejen ekologická konzistence rostliny, ale též významně vlastnosti stanoviště, na němž rostlina roste. Intenzita působení imisí na rostliny je vysoká především tehdy, když:

- stanoviště rostliny je v blízkosti zdroje emise;
- stanoviště leží ve směru převládajících větrů od zdroje;
- stanoviště je umístěno v krajinné depresi (v uzavřeném údolí) nebo v pásmu inverzních situací, kde dochází ke kumulaci emisí;
- doba, po kterou imise na rostlinu působí, je dlouhá.

Tuhé imise působí na rostliny dvojitým způsobem:

- **fyzikální působení.** Popílek a prachové částice pokrývají většinou povrch listů v takové vrstvě, že průduchy na listech jsou překryty nebo ucpany. Touto depozicí tuhých imisí je zcela mechanicky zabráněno difuzí plynů do listů a z listů.
- **chemické působení.** Při ovlhčení tuhých imisí deponovaných na povrchu rostlin (např. deštěm nebo rosou) se rozpouštějí jejich rozpustné složky a pronikají do pletiv rostliny, kde mohou hluboce ovlivnit metabolické reakce přímo chemicky. Rozrušovat chlorofyl v listech, a tím snižovat fotosyntézu rostlin.

Plynné imise mohou působit na rostliny buď bezprostředně – vnikají jako plyny do listových pletiv, kde přímo ovlivňují metabolické pochody rostlin – nebo jsou přijímány kořeny z půdy, kam se dostávají rozpuštěny v dešťových srážkách. Působení plyných imisí je tím větší, čím snadněji pronikají otevřenými průduchy do vnitrobuněčných prostorů. Proto v **období vlhka**, kdy bývají **průduchy otevřeny**, působí **plynné imise intenzivněji** než v období sucha a tepla, kdy rostlina má průduchy většinou uzavřeny nebo přivřeny.

Příklad

- Mezi nejvýznamnější znečišťující látky, které negativně ovlivňují růst rostlin, patří především sloučeniny síry (oxid siřičitý), oxidy dusíku a troposférický ozon. Velmi toxicky působí i chlor a fluor. Naše současná legislativa (zákon o ochraně ovzduší) pro SO₂, NO_x a O₃ kromě imisních limitů pro ochranu zdraví lidí a zvířat stanoví také hodnoty **imisních limitů k ochraně ekosystémů a vegetace**. Přísluší jen připomenout, že imisní limit je nejvyšší přípustná úroveň znečištění ovzduší (obvykle v µg/m³). Pro představu uveďme hodnoty těchto IL. Pro SO₂ pro ochranu ekosystému 20 µg/m³ (aritmetický průměr zimní), pro ochranu zdraví lidí 50 µg/m³ (aritmetický průměr pro rok kalendářní). Pro NO_x pro ochranu ekosystému 30 µg/m³, pro ochranu zdraví lidí 40 µg/m³ (v obou případech aritmetický průměr pro rok kalendářní). Pro O₃ pro ochranu vegetace 80 µg/m³, pro ochranu zdraví lidí 120 µg/m³ (cílové roční průměry pro rok 2010). Nevím, proč nejvyšší imisní limity pro ochranu naší přírody (ekosystémy) jsou výrazně nižší, než pro ochranu zdraví lidí. Pravděpodobně jsou rostliny na ZL citlivější, nebo nejsou

mobilitní a nemají možnost se při této nepříznivé situaci jinak ochránit. Určitě je to tak dobře, že nevinnou přírodu chráníme více než sebe, původce tohoto znečištění.

- Asimilačními orgány projde obrovské množství vzduchu (u vodních rostlin vody). Proto i sebemenší obsah znečišťujících látek v ovzduší působí na rostliny velmi negativně. Abychom si učinili představu, o jaké pohyby hmot jde při asimilaci, lze uvést například údaje o produkci cukru řepou cukrovkou. Podle B. A. RUBINA (1963) je pro vytvoření jednoho kilogramu cukru zapotřebí nejméně 300 až 400 kg CO₂. Uvážíme-li, že při normálním tlaku a teplotě 0 °C je v 1 m³ vzduchu v průměru 580 mg CO₂, pak pro vytvoření zmíněného množství cukru musí asimilačními orgány projít okolo 600 000 m³ vzduchu. Při střední úrodě cukrovky v našich podmínkách (tj. asi 35 t/ha a při cukernatosti 15 %) musí listy cukrové řepy využít asi 3 km³ ovzduší.

1.4.10 Jakou úlohu mají v životním prostředí lesy?

Les je významným ekosystémem. Ve vývojové řadě rostlinných společenstev (fytocenóz) zaujímá nejvyšší postavení. Je společenstvem nejsložitějším. Opomeneme-li jeho základní ekologickou funkci spočívající v udržení rovnováhy mezi O₂ a CO₂, plní les následující významné funkce:

- **vodohospodářskou** (hydrologickou), zabraňuje rychlému odtoku srážkových vod, je zásobárnou vody. Lesy mají obrovskou retenční schopnost (např. 100 kg lesní půdy je schopno zadržet až 300 l vody, u písku jen 25 l);
- **půdoochrannou a protierozivní**, zabraňuje smývání půdy, stabilizuje strmé svahy, uplatňuje se při rekultivaci devastovaných a sterilních půd, je nejlepší ochranou půdy proti vodní i větrné erozi;
- **hospodářskou** (produkční), je zdrojem dřevní hmoty pro průmysl, stavebnictví i dopravu. Dřevo je obnovitelným zdrojem energie;
- **biologickou a hygienickou**, snižuje koncentraci CO₂ a obohacuje ovzduší kyslíkem, je ochranou proti pevným i plyným exhalacím, omezuje šíření zvukových vln (o 20 %), přispívá ke zmírňování teplotních výkyvů, ke zvyšování vlhkosti ovzduší, působí příznivě na psychiku člověka;
- **rekreační a krajnotvornou**, lesy poskytují velký prostor pro rekreaci a nezbytný vzhledový a estetický ráz krajiny.

V historických dobách pokrývaly lesy daleko větší část planety. Člověk však svou činností zatlačil stromy z nejurodnějších území na stanoviště méně vhodná, obtížněji využitelná pro zemědělství nebo stavbu měst. Odlesňování naší planety není ukončeno, ale pokračuje dále. Stromy jsou těženy, aby mohla být půda, pod tlakem obchodních zájmů, využita pro bydlení či zemědělství, pro získání dřeva jako suroviny. Některé prameny uvádějí, že každou minutu je odlesněno 50 arů deštných pralesů. Prognózy jsou hrozné. Zachování lesů je pro život na Zemi mimořádně důležité. Problém je však příliš komplexní, oboustranný. Lidé potřebují stromy, zároveň však také potřebují půdu. Hodnota lesů je mnohem větší. Všichni bychom měli mít na mysli, že jejich funkce je pro život na Zemi nezastupitelná.

Poznámka

V předcházejícím textu je zcela oprávněně zdůrazněn význam fotosyntézy pro naši biosféru. Tvorba biomasy udržuje rovnováhu mezi O₂ a CO₂, neboli udržuje konstantní množství O₂ v naší atmosféře. Bez tvorby O₂ by nebyla možná respirace organických látek, tedy i náš život na Zemi. V ekologických učebnicích je uváděno, že vzrostlý buk vydýchá (vytvoří) za jeden den a noc přibližně 2 kg kyslíku, stačí prý zásobit kyslíkem,

neboli „uživit“ asi dva lidi. Bukový les s plochou jednoho hektaru za rok vytvoří přibližně 16 t O₂, opadavý (listnatý) les v mírném pásmu 6 až 10 t O₂, jehličnatý les 9 až 15 t O₂ a nejvíce vyprodukuje subtropický les na stejné rozloze 1 ha za rok, a to 25 až 30 t O₂. Po těchto uvedených číslech není již dále nutno zdůrazňovat význam lesních porostů, zejména význam tropických pralesů pro život na naší Zemi.

A teď otočme minci a ptejme se, kolik spotřebuje kyslíku člověk a kolik naše auto. Průměrná denní spotřeba O₂ (ne vzduchu) člověka při energetickém výdeji 2 600 kcal činí 530 litrů O₂ (tj. asi 760 g), tedy asi půl kilogramu za den. A naše auto, když ujede 100 km, třicetkrát víc. Jako člověk za celý měsíc! U nákladního auta za čtyři měsíce a středně velkého letadla na stejné vzdálenosti sta kilometrů pak neuvěřitelné čtyři roky! Tyto údaje by měli všichni výrobci dopravních prostředků napsat na palubní desky velkým červeným písmem. Obdobně, jak musí uvádět varování výrobci cigaret na své krabičky.

1.5 Ochrana a znečišťování odpady

1.5.1 Co považujeme za odpad?

Naše životní prostředí je v současné době nadměrně zatěžováno značným množstvím odpadů všeho druhu. Odpadem se obvykle nazývá to, co není ve výrobním procesu přeměněno na užitnou hodnotu, co z výrobního procesu odpadá. V nevýrobních činnostech vzniká odpad z toho, co nebylo užito, zkonsumováno, anebo to, co krátkodobým nebo dlouholetým užíváním ztratilo schopnost plnit svoji funkci.

Zásadní obrat v naší právní úpravě odpadového hospodářství nastal teprve v roce 1991, kdy byl přijat první zákon č. 238/1991 Sb., o odpadech. Do současné doby, tj. celkem za patnáct let, byl tento zákon neustále novelizován. Časté změny v legislativě totiž odrážely prudce se zhoršující a kritickou situaci způsobenou vznikem nadměrného množství odpadů všeho druhu a problémy s jejich odstraňováním. Tyto změny nejlépe dokumentuje vývoj velmi důležité legislativní definice, **co je vlastně odpad**. První zákon č. 238/1991 Sb. stanovil, „že odpadem je věc, které se chce její majitel zbavit, nebo též movitá věc, jejíž odstranění (zneškodnění) je nutné z hlediska péče o zdravé životní podmínky a z hlediska ochrany životního prostředí“. Současný zákon č. 185/2001 Sb. vymezuje, „**že odpad je každá movitá věc, které se osoba zbavuje nebo má úmysl nebo povinnost se jí zbavit a přísluší do některé ze skupin odpadů uvedených v příloze č. 1 k tomuto zákonu**“. Příloha č. 1 pak podrobně definuje 16 skupin odpadů. Legislativní polemika, co je a co není odpadem, je touto definicí značně zúžena a téměř vylučuje dvojí výklad. Např. zda nové auto, kterému vždy v dešti nejdou stěrače a bohatý majitel se ho chce zbavit, je odpadem či ne atd.

Zásadně se měnily i definice a základní pojmy. Současně jednoznačný výraz „**odstraňování odpadů**“ nahradil dříve používané „zneškodňování odpadů“ a „likvidace odpadů“. Odpady se dělí pouze na dvě skupiny, na **nebezpečný a ostatní odpad**.

Určitá část odpadů je schopna opětového použití ve výrobním cyklu (*recyklace, regenerace, rafinace atd.*). V těchto případech se jedná o **využívání odpadů**. Druhá část odpadů, která není využita, musí být vhodně zneškodněna. V tomto případě se jedná o **odstraňování odpadů**.

1.5.2 Jaké povinnosti vyplývají ze zákona o odpadech?

Opadové hospodářství je nadřazeným pojmem „**nakládání s odpady**“.

**Odpadové
hospodářství**

- **předcházení** vzniku odpadů
- **péče o místa** trvale uložených odpadů
- **nakládání** s odpady
 - shromažďování, soustředování
 - sběr, výkup, třídění, skladování
 - přeprava, doprava a úprava
 - využívání a odstraňování

Ze zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech pro původce (producenty) vyplývá v oblasti odpadového hospodářství celá řada povinností. Obecně tyto povinnosti můžeme shrnout do čtyř základních principů:

1. kdo produkuje odpady, odpovídá za jejich využití a odstranění;
2. využití odpadů má přednost před odstraněním;
3. odpady musí být soustředovány, tříděny, ukládány odděleně;
4. o odpadech musí být vedena evidence.

Každý původce při své činnosti podle zákona o odpadech musí zajistit přednostně využití odpadů před jejich odstraněním. Materiálové využití má přednost před jiným využitím. Při posuzování vhodnosti způsobů odstranění odpadů má vždy přednost způsob, který zajistí vyšší ochranu lidského zdraví a je šetrnější k životnímu prostředí. Uložení na skládku mohou být odstraňovány pouze ty odpady, u nichž jiný způsob odstraňování není dostupný nebo by přinášel vyšší riziko pro ŽP a lidské zdraví.

Zákon stanovuje povinnosti při nakládání s vybranými výrobky, odpady a zařízeními. Tyto povinnosti se vztahují na odpady obsahující PCB, odpadní oleje, baterie a akumulátory, kaly z čistíren odpadních vod, odpady z azbestu a na autovraky. Zákon stanovuje rovněž podmínky pro **zpětný odběr** některých výrobků. Povinnost zpětného odběru se vztahuje na minerální oleje, elektrické akumulátory, galvanické články a baterie, výbojky a zářivky, pneumatiky a chladničky používané v domácnosti. Povinnost zajistit zpětný odběr má výrobce, který výrobky vyrábí nebo dovozce výrobků. Prodejci uvedených výrobků musí zajistit, aby byl spotřebitel informován o jejich zpětném odběru. Zpětný odběr použitých výrobků musí být proveden bez nároku na úplatu za jejich zpětný odběr.

To jsou pouze hlavní zásady a povinnosti, které ze zákona vyplývají a které by měl dodržovat a plnit každý původce, prodejce, dovozce, ale i každý spotřebitel.

1.5.3 Jaký je rozdíl mezi nebezpečným a ostatním odpadem?

Podle naší legislativy se odpady dělí na **ostatní (O)** a **nebezpečné (N)** [37].

Odpad, který je škodlivinou nebo který má významné nebezpečné vlastnosti pro člověka nebo pro životní prostředí, je odpadem **nebezpečným**. Mezi vlastnosti způsobující nebezpečnost odpadu patří:

- výbušnost;
- oxidační schopnost;

- vysoká hořlavost a hořlavost;
- dráždivost;
- škodlivost zdraví;
- toxicita;
- genotoxicita – karcinogenita, teratogenita a mutagenita;
- žíravost;
- infekčnost;
- schopnost uvolňovat vysoce toxické nebo toxické plyny ve styku s vodou, vzduchem nebo kyselinami;
- schopnost uvolňovat nebezpečné látky do životního prostředí při odstraňování;
- ekotoxicita.

Mimo uvedené vlastnosti se do kategorie nebezpečný odpad zařazují i odpady, které jsou uvedeny v **Seznamu nebezpečných odpadů**, **Katalogu odpadů** nebo jsou s těmito odpady smíšeny či znečištěny. Seznam a Katalog vydává formou vyhlášky MŽP. Nakládání s nebezpečnými odpady se řídí zvláště přísnými předpisy. Nakládat s těmito odpady je možné jen prostřednictvím oprávněných osob a na zařízeních k tomu určených a schválených, přičemž nesmí být ohroženo lidské zdraví, životní prostředí a nesmí být překročeny přípustné limity znečišťování (ovzduší u spaloven atd.). **Ředění nebo míšení nebezpečných odpadů** za účelem splnění požadovaných kritérií je zakázáno.

1.5.4 Jak bychom odpověděli na otázku, co je komunální odpad?

Snad nejpestřejším (*nehomogenním*) odpadem je komunální odpad (KO). V komunálním odpadu jsou zastoupeny především domovní odpady (obaly, papír, sklo, kovy, plastické hmoty, zbytky potravin, textil a různé opotřebované předměty). Jsou v něm rovněž zastoupeny smetky z čištění obcí a měst, odpady provozoven služeb, obchodu a místního průmyslu a z drobných stavebních prací. Obsahuje také popel a škváru z místních kotelen. Složení a množství KO není jednotné a mění se ve velmi širokém intervalu. Je závislé na životní úrovni, zvyklostech a disciplíně (*výchově*) obyvatelstva. V minulosti byly hlavní součástí KO popeloviny, dnes převažuje obalová technika. Současné odpady moderní společnosti mají vyšší obsah spalitelných materiálů, vyšší energetický potenciál, a proto by měly být prioritně tříděny a spalovány, než ukládány bez užitku na skládky.

Za komunální odpad se považuje veškerý odpad vznikající na území obce při činnosti fyzických osob, dále fyzických osob oprávněných k podnikání a právnických osob, pokud se na ně nevztahuje povinnost původce. Obec se stává původcem komunálního odpadu v okamžiku, kdy fyzická osoba odpady uloží na místě k tomu určeném. Obec se současně stane vlastníkem těchto odpadů. Místa sběru (i nebezpečných odpadů), způsob jejich využití a odstraňování včetně výše poplatků stanoví obecně závaznou vyhláškou. Směsný komunální odpad **není zařazen do kategorie nebezpečných odpadů**. Podle naší legislativy za provoz systému shromažďování, sběru, přepravy, třídění, využívání a odstraňování komunálních odpadů platí poplatek každá fyzická osoba v České republice, která má v obci trvalý pobyt.

1.5.5 Jaké těžkosti nám způsobuje radioaktivní odpad?

Zvláštní kategorii odpadů tvoří **radioaktivní odpad (RAO)** z palivového cyklu jaderných elektráren. Jedná se o RAO z těžby a zpracování uranových rud, výroby jaderného paliva, vlastního provozu jaderných elektráren a z konečného zneškodnění již vyhořelých jaderných paliv. Jeden kilogram uranu nahradí asi sto tun uhlí, což odpovídá energii 250 000 kWh. Během provozu průměrné jaderné elektrárny (asi 30 let) vznikne cca 1500 tun radioaktivního odpadu. Likvidace RAO, zejména přepracování vyhořelých jaderných paliv je velmi složité a problematické a dosud úspěšně nevyřešené. Je třeba si uvědomit, že potřebná doba skladování upotřebeného jaderného paliva je 40 až 50 let (postupně jejich ochlazování v meziskladech a snížení jejich aktivity). Poté by se měly radioaktivní odpady uložit do naprosto bezpečného trvalého skladu, kde budou po stovky a tisíce let čekat, až zcela vyhasnou. Definitivní sklad vyhořelého paliva nemá zatím dobudován žádný stát na světě. Jaderné odpady jsou uloženy v dočasných skladech a jejich provozovatelé doufají, že než skončí doba jejich životnosti, bude na světě vymyšlena nová technologie jejich zpracování, možného dalšího využití nebo konečného bezpečného odstranění.

1.5.6 Bezodpadové technologie a recyklace odpadů

Optimálním řešením problematiky hospodaření s odpady je **bezodpadová technologie**. Princip této technologie předpokládá, že uvedený proces je uzavřený. Vstupní produkty (suroviny) se přeměňují na produkty výstupní (výrobky) tak, že na konci výrobního cyklu není žádný odpad. Přitom v technologickém procesu vstup – výstup mohou být mezistupně, jejichž odpady jsou vstupní surovinou jiných výrobků a jsou beze zbytku spotřebovány. Tento princip vede obvykle k budování velmi složitých průmyslových komplexů.

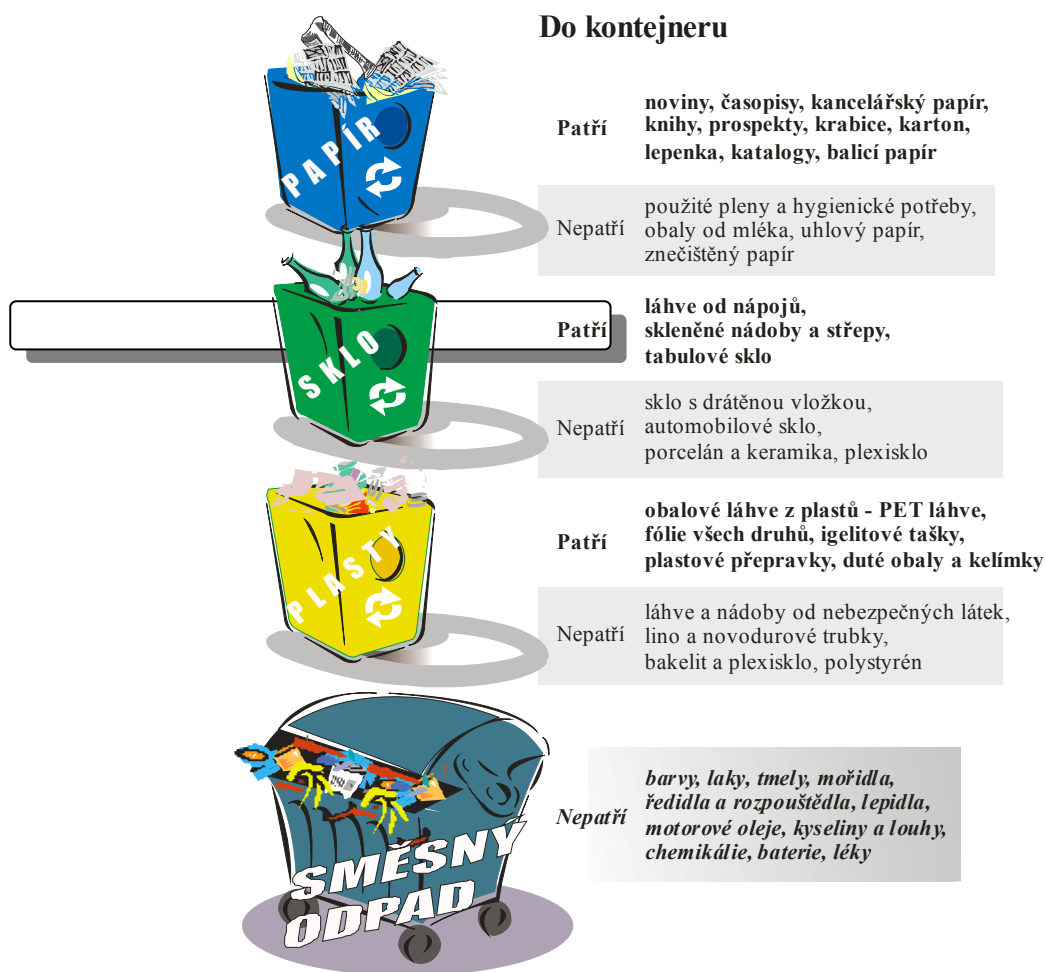
Dalším optimálním stupněm hospodaření s odpady je **recyklace**. Recyklace je opět zavedení odpadních látek (včetně odpadní energie) do procesu **výroba – spotřeba**. Někdy je recyklace uváděna jako součást bezodpadové technologie – jako její počáteční stav [14].

Recyklaci můžeme rozdělit do tří základních principů:

- **princip opětného použití**. Tento princip je obvykle používán v návratné obalové technice;
- **princip regenerace** odpadů a jeho opětného použití. V tomto případě jde o shromažďování odpadu, který je regenerován, někdy složitým technologickým procesem (hutě, sklárny, papírny apod.);
- **princip dalšího využití** jako druhotné suroviny. Odpad vzniklý při výrobě výrobku jedna je vstupní surovinou při výrobě výrobku dvě.

1.5.7 Má význam třídít komunální odpad?

Mezi důležité oblasti recyklace odpadů patří třídění komunálních odpadů. Občané by měli odpady třídít podle složek a odevzdávat je do míst k tomu určených, v souladu s vyhláškou obce. Mimo komunální odpad se odpady třídí na kovy, papír, sklo a plasty. Na místech zvláště určených objemný odpad, nebezpečné odpady, odpad ze zeleně a stavební odpad občanů.



Obr. 1.11 Jak máme třídit odpad?

1.5.8 Termické způsoby odstraňování odpadů

Pod tímto pojmem souhrnně označujeme procesy, které využívají energetický potenciál odpadů. Jsou to takové technologie, které termickým působením na odpad překročí meze jeho chemické stability a způsobí jeho rozklad [23]. Tyto termické procesy probíhají ve velmi širokém teplotním rozmezí, od 300 až do 2 000 °C. Podle charakteru procesu (vztahu ke kyslíku) je dělíme na:

- **oxidační procesy.** Obsah kyslíku v reakčním prostoru je stechiometrický (roven) nebo vyšší vzhledem ke zpracovávanému odpadu. Tyto procesy zahrnují **spalování** nízkoteplotní nebo vysokoteplotní,
- **redukční procesy.** Obsah kyslíku v reakčním prostoru je nulový nebo hluboko pod jeho stechiometrickou potřebou ke zpracovávanému odpadu. Tyto procesy zahrnují **pyrolýzu** a **zplyňování**.

Využití energetického potenciálu odpadů (samozřejmě po materiálovém využití) patří mezi nejefektivnější způsoby jejich odstraňování. Je také nutno dodat, že spalovny musí být samozřejmě vybaveny velmi účinným zařízením na čištění vzniklých spalin. Jinak by se problematika zneškodňování odpadů přenesla do oblasti znečišťování ovzduší.

Poznámka

Podle zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech, lze odpady spalovat jen tehdy, jsou-li splněny podmínky stanovené právními předpisy o ochraně ovzduší (zákon č. 86/2000 Sb.) a o hospodaření energií (zákon č. 406/2000 Sb.). Za energetické využití odpadů se spalování odpadů považuje pouze ve dvou případech, a to:

- použitý odpad nepotřebuje pro vlastní zapálení ke spalování podpůrné palivo a vznikající teplo se použije pro potřebu vlastní nebo dalších osob,
- odpad se použije jako palivo nebo jako přídatné palivo v zařízeních na výrobu energie nebo materiálů (podle předpisů o ochraně ovzduší).

Spalovny odpadů, u nichž nejsou splněny uvedené podmínky spalování, jsou zařízeními k **odstraňování** odpadů. Spalovny odpadů, které využívají energii, odpad neodstraňují, ale energeticky využívají.

1.5.9 Kompostování odpadů

Kompostování je aerobní (oxidační) rozkladný proces organických částí odpadu za vzniku **humusových látek**. Kompostování na rozdíl od skládkování umožňuje přeměnit organický odpad na humusové látky a jeho vrácení do přírodního prostředí. Základní podmínky pro kompostování jsou následující:

- odpad musí být rozmělněn na malé části a důkladně promíchán (*homogenizován*);
- ve vstupním odpadu musí být zajištěn pro úspěšnou činnost mikroorganismů poměr C:N 30:1 a musí být zastoupeny i biogenní prvky;
- vlhkost vstupujícího odpadu musí být 50 – 60 % a reakce neutrální (okolo pH = 7);
- po dobu humifikace musí být zajištěna dostatečná aerace (přísun kyslíku), aby došlo ke zvýšení teploty na 60 – 70 °C;
- musí být zabráněno anaerobním hnilobným procesům.

Jsou-li zajištěny uvedené podmínky, dojde po době několika týdnů k úspěšnému zrání kompostu a vzniku požadovaného humusu. Vyšší teplota při kompostování (nad 55 °C) spolehlivě zničí všechny nežádoucí patogenní mikroorganismy. Pro kompostování jsou vhodné zejména KO. Ty však musí být zbaveny nežádoucích látek (kovu, plastu, skla) a rozdrceny. Zásadně by neměly obsahovat popel. Pro kompostování jsou vhodné i vyhnílé čistírenské kaly (z ČOV), zemědělské, potravinářské a dřevní odpady.

1.5.10 Skládka odpadů jako poslední možnost

Skládkování patří mezi nejstarší a obvykle nejlevnější způsoby odstraňování tuhých odpadů. Je nejvíce rozšířeno ve světě, stejně jako u nás v ČR. Skládky zásadně rozdělujeme na **řízené** a **neřízené**, tzv. „divoké skládky“. Lokalita řízené skládky byla řádně vytipována, prošla procedurou EIA (byl posouzen její vliv na životní prostředí). Provoz takové skládky je kontrolován. Řízené skládky mohou být zakládány pouze ve vhodných místech po stránce geologické a hydrologické (stabilita, nepropustnost a skladba podloží, výška hladiny a směr proudění podzemních vod, neohrožení zdrojů pitné vody atd.). Skládka musí být zabezpečena proti průsakům vod nepropustnými jílovými vrstvami zemin, plastickými fóliemi a musí mít zabudován systém drenáží pro odvádění prosáklých srážkových vod. Řízené skládky mohou být budovány jako podúrovňové nebo jako nadúrovňové (vytvářejí nový prvek v okolí). Jejich povrch během ukládání a ukončení ukládání odpadů musí být rekultivován, znovu začleněn do okolního terénu a musí plnit jeho přírodní funkce.

Neřízené (*divoké*) skládky, na něž je ukládán odpad bez třídění a organizování

z blízkého okolí, způsobují velké obtíže a škody na okolním přírodním prostředí. Zapáchají, rozmnožuje se v nich hmyz a hlodavci a mohou být střediskem šíření infekčních chorob. Prosakující srážkové vody mohou vyluhovat rozpustné látky a znečistit podzemní vody (někdy i toxicky) a zamořit okolní krajinu.

Uložená část organického odpadu za přítomnosti organismů a anaerobních podmínek podléhá rozkladu za vzniku zejména CH_4 a CO_2 . Směs těchto plynů je možno pomocí vrtů jímát a využít jako topného plynu. Před využitím je však nutno „skládkový plyn“ vyčistit, zbavit sulfanu a eventuálně chlorovaných uhlovodíků.

Poznámka

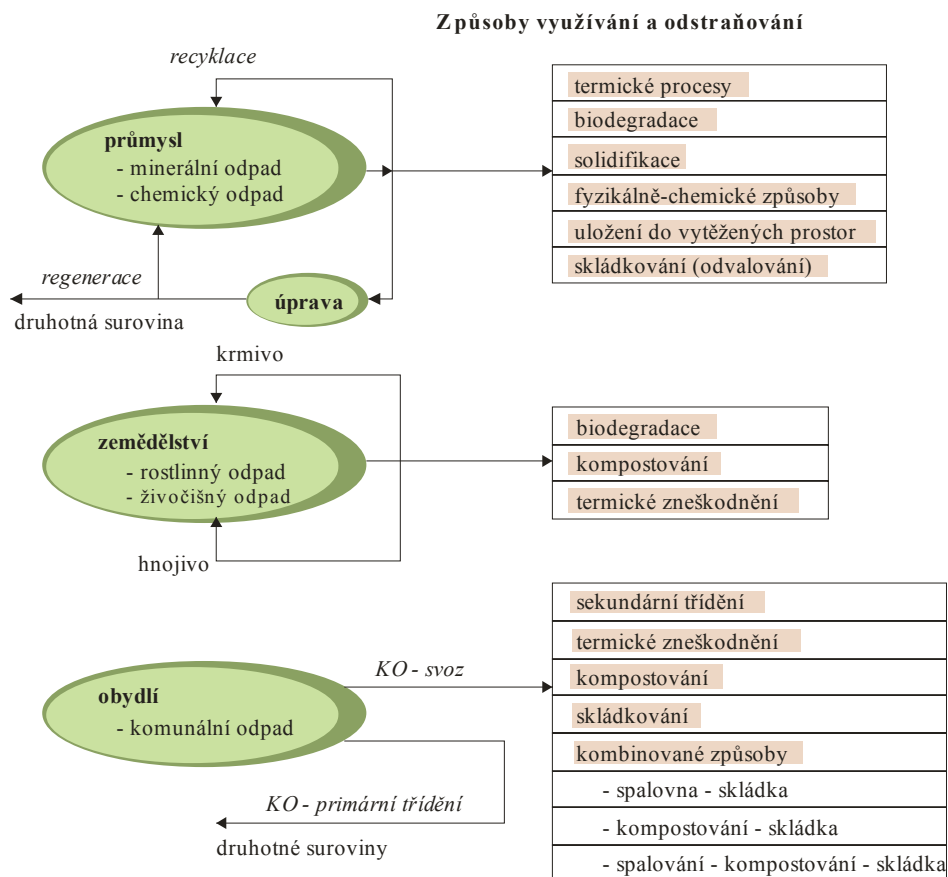
- Na skládky nesmějí být ukládány odpady kapalné, radioaktivní, výbušné, hořlavé, silně zapáchající nebo odpady, u kterých je překročen limitní obsah škodlivin (BTEX, EOX(Cl), NEL, PAU, PCB a kyanidy). Na skládky rovněž nesmějí být ukládána žádná léčiva, pneumatiky, využitelné odpady a odpady podléhající zpětnému odběru.
- Každý původce odpadu musí tedy nejen znát druh a původ odpadu, ale musí znát i jejich šestimístný kód podle „katalogu odpadu“. Původci a oprávněné osoby, kteří nakládají s odpady (tedy i provozovatelé skládek), musí vést **průběžnou evidenci** odpadů podle druhů, množství a způsobu jak s nimi bylo naloženo.
- Za ukládání odpadů na skládky je původce povinen platit poplatek. Poplatek platí i původce, který je sám provozovatel skládky a tato skládka je na vlastním pozemku. Poplatek za ukládání odpadů se skládá ze dvou složek. Základní složka poplatku se platí za uložení odpadu. Jedná-li se o nebezpečný odpad, platí se navíc riziková složka. Základní složka poplatku je příjmem obce, na jejímž území skládka leží, riziková složka je příjmem Státního fondu životního prostředí ČR.

1.5.11 Které technologie mají přednost ve využívání odpadů?

Obecně můžeme napsat a zapamatovat si prioritní řadu pro využívání odpadů následovně:

recyklace ⇔ *regenerace* ⇔ *biologické procesy* ⇔ *termické procesy* ⇔
⇔ *ostatní procesy* ⇔ *skládka (odvaly)*

O prioritě bezodpadových technologií, regulaci a regeneraci není pochyb. Biologické procesy rozkladem odpadů vrací jeho části zpět do funkčního přírodního prostředí. Termické procesy využívají tepelnou energii pro výrobu páry, přípravu teplé užitkové vody apod. Na skládkách a odvalech leží odpad bez užitku. Navíc skládky se chovají k životnímu prostředí velmi nepřátelsky. Zabírají půdní fond a negativně mohou působit na okolní přírodní prostředí. O možném využití skládek KO v budoucnosti, vzhledem k jejich značné nehomogenosti, není dosud žádných představ. Bohužel, i přes uvedené negativní vlivy, jsou skládky nejrozšířenějším způsobem likvidace odpadů. Odstraňování odpadů se stalo druhem podnikání. Často jsou proto tyto způsoby odstraňování ovlivněny ekonomickými a podnikatelskými zájmy. V důsledku toho často dochází k překračování a nedodržování platných legislativních předpisů. Odpady jsou nelegálně dováženy a vyváženy a jejich odstraňování je prováděno způsoby neslučitelnými s požadavky na ochranu životního prostředí.



Obr. 1.12 Schematické znázornění využívání a odstraňování odpadů

Z předcházejících otázek a odpovědí je zcela zřejmé, že využívání a odstraňování odpadů probíhá ve velmi široké a rozmanité oblasti. Od jednoduchých procesů až po velmi složité a technicky náročné fyzikálně-chemické technologie. Přehledně, pro lepší zapamatování, jsou způsoby využívání a odstraňování znázorněny na *obr. 1.12*.

1.6 Ochrana a znečišťování fyzikálními vlivy

1.6.1 Které fyzikální vlivy znečišťují životní prostředí?

Znečišťování životního prostředí fyzikálními vlivy patří v současné době mezi významné faktory, které ovlivňují naše prostředí, ve kterém žijeme. Jejich intenzita a působení se s modernizací našeho života neustále zvětšuje a již nyní zasahuje celou naši Zemi. Jejich negativní vlivy jsou zvláště nepříjemné v přízemních vrstvách biosféry, kterou obývá většina živých organismů.

Mezi takzvané fyzikální znečištění, správněji bychom měli říkat znečišťování fyzikálními vlivy, obvykle zahrnujeme:

- hluk;
- ionizující záření;
- neionizující záření (elektromagnetické záření);

- tepelné znečištění prostředí.

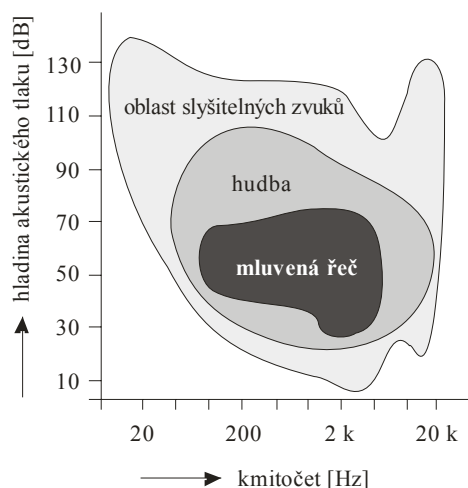
V následující části si ve stručnosti vysvětlíme, co znamenají některé základní pojmy a výrazy, které se v oblasti fyzikálního znečištění vyskytují a s nimiž se dnes často setkáváme. Vysvětlíme si, jak ovlivňují naše prostředí a jak působí tyto vlivy fyziologicky, jak působí na naše zdraví, a uvedeme jejich nejvyšší přípustné hodnoty. Znalost základních pojmů a vztahů veličin fyzikálního znečišťování životního prostředí by měla patřit k nezbytným znalostem moderního člověka.

Poznámka

Středověká města byla úplně tmavá, bez jakéhokoliv osvětlení. Každý počestný občan, který šel v noci po ulici, musel být osvětlen, musel nést lucernu. Jinak byl považován za osobu s nekalými úmysly nebo za zloděje a mohl být beztrestně zabit. Když při své pochůzce zvedl hlavu, naskytl se mu překrásný pohled na nádherné hvězdné nebe s Velkým vozem. Dnešní občan nemusí v noci nosit lucernu nebo baterku, a když zvedne hlavu, neuvidí hvězdné nebe, ale neonovou reklamu. To mnohým milovníkům a ochráncům přírody vadí a požadují, aby současné městské veřejné osvětlení splňovalo určité normy; bylo přiměřené a nesvítilo nahoru na nebe. Řada občanů žijících ve městech dnes snad vůbec neví, jak hvězdné nebe vypadá. Tyto snahy a požadavky se zatím nepodařilo dostatečně legislativně prosadit, a tak „nadměrné nevhodné a obtěžující“ noční osvětlení měst nezařazujeme mezi znečišťování fyzikálními vlivy.

1.6.2 Proč vyjadřujeme hluk v decibelech?

Zvuk je běžnou součástí každodenního života. Řada zvuků může být škodlivá nebo nebezpečná pro zdraví, v tomto případě mluvíme o **hluku**. Zvukem se nazývají všechny změny tlaku (ve vzduchu, vodě či jiném prostředí). Počet změn tlaku za jednotku času určuje **kmitočet zvuku**, jednotka *hertz* (Hz) s rozměrem 1/s. Kmitočtový rozsah sluchu zdravého mladého člověka sahá přibližně od 20 do 20 000 Hz, viz obr. 1.13.



Obr. 1.13 Kmitočtový rozsah sluchu člověka

Rychlost šíření zvuku ve vzduchu odpovídá 1 238 km/h, tj. 344 m/s při normální pokojové teplotě. Na základě znalosti kmitočtu a rychlosti šíření zvuku se stanovuje vlnová

délka¹² (délka vlny (λ) = rychlost šíření zvuku / kmitočet).

Další veličinou je amplituda odpovídajících změn tlaku. Nejslabší zvuk zaznamenaný nepoškozeným lidským sluchem je charakterizován akustickým tlakem dvaceti miliontin Pa, tj. 20 μ Pa ($2 \cdot 10^{-5}$ Pa).

Hladina akustického tlaku – L je dána vztahem:

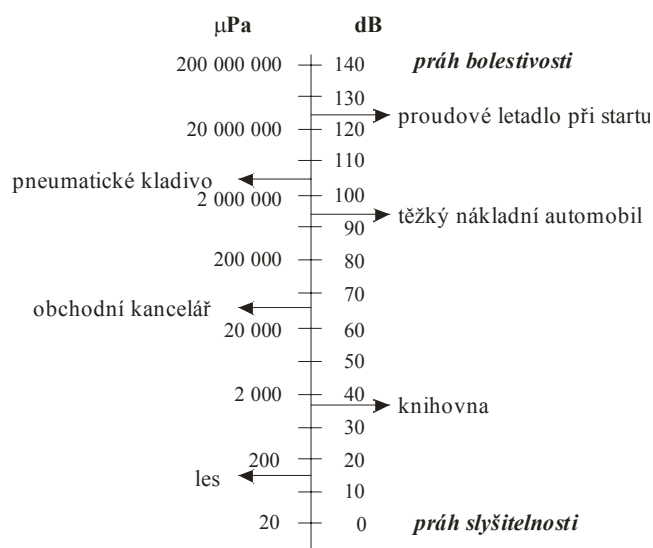
$$L_p = 20 \log \frac{p}{p_0}, \text{ [dB]}, \quad (1.21)$$

kde

p – okamžitý akustický tlak [Pa];

p_0 – referenční akustický tlak ($2 \cdot 10^{-5}$ Pa pro vzduch).

Na *obr. 1.14* jsou uvedeny běžné zdroje zvuku s typickými údaji o akustickém tlaku v Pa a hladinách akustického tlaku v dB.



Obr. 1.14 Běžné zdroje zvuku a mezní hodnoty

Hladina hluku A L_{pA} je hladina akustického tlaku zjištěná při použití **frekvenčně váženého filtru A** podle shodného vztahu:

$$L_{pA} = 20 \log \frac{p_A}{p_0}, \text{ [dB]}, \quad (1.22)$$

kde

p_A – akustický tlak korigovaný váženým filtrem A [Pa];

¹² Vlnová délka λ pro nejnižší slyšitelný kmitočet 20 Hz bude: $\lambda = 344:20 = 17,2$ m a pro nejvyšší slyšitelný kmitočet (stejným výpočtem) $0,017$ m = 17 mm.

p_0 – referenční akustický tlak ($2 \cdot 10^{-5}$ Pa pro vzduch).

Frekvenčně vážené filtry jsou poměrně jednoduchá zařízení, jejichž kmitočtové charakteristiky odpovídají charakteristikám lidského sluchu (křivkám stejné hlasitosti). Nejrozšířenější a mezinárodně standardizované jsou zvukoměrné váhové filtry, označované A, B, C, D.

Poznámka

Intenzitu hluku tedy měříme v hodnotách akustického tlaku (Pa), ale v praxi ji vyjadřujeme v dohodnuté referenční logaritmické jednotce, kterou nazýváme **decibel (dB)**. Jeden bel (B) je tedy desetinásobkem decibelu (dB). Logaritmická decibelová stupnice má jako výchozí bod prahovou hodnotu akustického tlaku p_0 , tj. $20 \mu\text{Pa}$. Tomuto bodu odpovídá hladina 0 dB. Každému zdesateronásobení akustického tlaku v Pa odpovídá zvýšení hladiny o 20 dB. K přednostem logaritmické stupnice s jednotkami dB patří také to, že lépe odpovídá subjektivnímu sluchovému vjemu relativní hlasitosti než lineární stupnice s jednotkami v Pa. Reakce lidského sluchu na stupňující se intenzitu hluku odpovídá logaritmické zákonitosti.

1.6.3 Jak vypočteme ekvivalentní hladinu hluku?

Ekvivalentní hladina hluku A $L_{Aeq,\tau}$ je určena z časového rozložení hladin hluku L_{pA} a vyjadřujeme ji vztahem:

$$L_{Aeq,\tau} = 10 \log \frac{1}{\tau} \int_0^{\tau} 10^{0,1L_{pA}} dt, \text{ [dB]}, \quad (1.23)$$

kde

τ – časový interval [s];

L_{pA} – časově proměnná hladina hluku [dB].

Ekvivalentní hladina tedy představuje jakousi **průměrnou hodnotu hladiny hluku za určitý čas (období)**. Například mistr je čtyři hodiny v kanceláři (40 dB) a čtyři hodiny v provozu (60 dB). Výsledná hodnota není aritmetický průměr obou hodnot. Protože se jedná o logaritmické veličiny, musí být ekvivalentní hodnota pro časový úsek osm hodin vypočtena podle předcházející logaritmické rovnice:

$$L_{Aeq,8} = 10 \log \frac{1}{8} (4 \cdot 10^{0,1L_1} + 4 \cdot 10^{0,1L_2}). \quad (1.24)$$

Výsledná hodnota ekvivalentní hladiny hluku pro našeho mistra v časovém úseku osmi hodin bude 57 dB.

Poznámka

Mění-li se hladiny zkoumaného zvuku či hluku v průběhu času náhodně, bezprostřední výpočet ekvivalentní hladiny je neproveditelný a k jejímu vyčíslení je proto nutno užít speciálních integrujících zvukoměrů. Výsledné ekvivalentní hladiny hluku jsou velmi důležité. Pomocí nich, jak poznáme v další otázce, jsou vyjádřeny nejvyšší přípustné hladiny hluku.

1.6.4 Jak působí hluk na sluchové orgány?

Fyziologické účinky hluku na organismy je možné rozdělit na dvě skupiny. Účinky přímým působením na sluchový orgán a účinky psychické.

Působí-li hluk dlouhodobě na organismus, pozorujeme již během prvních minut **posun sluchového prahu**. Organismus se adaptuje a hluk vnímá v menší hlasitosti. Tento adaptační děj rychle nastupuje a brzy odeznívá. Druhým stupněm je **sluchová únava**, svého vrcholu dosahuje po 7 až 10 minutách. Je spojena navíc se změněným rozlišováním frekvenčních změn, hlasitosti a změn maskování. Odeznívá pomaleji, hodiny, někdy i den. Za škodlivou hranici hluku je považována ekvivalentní hladina 85 dB. K poškození sluchu může dojít i krátkodobým akustickým podnětem – třeskem, výbuchem apod. Pak hovoříme o **akustickém traumatu**, který může mít i trvalé následky.

Zvláště škodlivé jsou hluky úzkopásmové, impulsové a hluky spojené s vibracemi. Kromě poškození sluchu způsobuje hluk i změny v psychice a nervovém systému. Tyto změny může způsobit i hluk, který nedosahuje škodlivé úrovně, a to již od 50 dB. Hluky silnější než 65 dB mohou ovlivnit autonomní, vegetativní nervstvo, které ovládá regulaci cévního, dýchacího, zažívacího, hormonálního, termoregulačního a dalších systémů v organismu. Z fyziologického hlediska neexistuje adaptace organismu na hlučné prostředí.

1.6.5 Jsou nejvyšší přípustné hodnoty hluku příliš vysoké?

Nejvyšší přípustné hodnoty hluku (včetně hlukové problematiky) jsou uvedeny v nařízení vlády č. 502/2000 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací. NPH jsou stanoveny pro ustálený, proměnný, impulsní, vysoko- a nízkofrekvenční hluk, pro ultrazvuk a infrazvuk, a to pro pracoviště, stavby pro bydlení a občanského vybavení a pro venkovní prostor (tedy obecně k ŽP). Venkovní prostor je definován jako prostor do vzdálenosti 2 m od stavby a také prostor, který je užíván k rekreaci, sportu, léčení, zájmové a jiné činnosti (s výjimkou komunikací). Hodnoty se stanoví v denní době pro 8 nejhlučnějších hodin, v noční době pro nejhlučnější hodinu, pro hluk z leteckého provozu, na železnicích a veřejných komunikacích pro celý den. V následující části je uveden jen stručný výběr NPH, zejména ve vztahu k ŽP.

Pracoviště $L_{Aeq T} = 85 \text{ dB +/- korekce}$

Stavby $L_{Aeq T} = 40 \text{ dB +/- korekce}$

Venkovní prostor $L_{Aeq T} = 50 \text{ dB +/- korekce}^*$

*** a – korekce na využití území**

nemocnice – objekty	0 dB
nemocnice – území, lázně, školy, stavby pro bydlení	+ 5 dB
výrobní zóny bez bydlení	+ 20 dB

*** b – korekce na denní dobu**

noční doba (22.00 – 6.00 hod.)	- 10 dB
noční doba s výjimkou hluku z železnice	- 5 dB

Poznámka

Porovnejte vzájemně některé údaje NPH hluku $L_{Aeq T}$ (včetně korekcí) podle uvedeného nařízení vlády č. 502/2000 Sb. Toto nařízení vlády povoluje korekce pro přednáškové síně, učebny 40+10 dB, čekárny, kavárny, restaurace 40+15 dB, prodejny a sportovní haly 40+20 dB. Nejvyšší $L_{Aeq T}$ pro zvuk elektronicky zesilované hudby, pro hudební produkce při společenské zábavě 95 dB a pro koncertní produkce pro prostor uvnitř hlediště dokonce 100 dB (po dobu 4 hodin maximálně). Porovnejte tyto uvedené hodnoty s fyziologickými účinky hluku. Pro časté návštěvníky diskoték a muzikálů v pokročilém věku naslouchátka a trvalý třes!

1.6.6 Co vyvolává ionizující záření?

Ionizující záření je záření, které vyvolává při průchodu hmotným prostředím ionizaci. Pod pojmem ionizace obecně rozumíme děj, kdy neutrální části (atomů, molekul) jsou přeměňovány v ionty. Ionizující záření může být látkové (korpuskulární) nebo elektromagnetické povahy. Elektromagnetické záření při nižších frekvencích (delších vlnových délkách) je zářením neionizujícím.

Druhy ionizujícího záření:

Záření α – je tvořeno jádry hélia. Má kladný náboj, lze jej vychylovat elektrickým i magnetickým polem. Toto záření má silný ionizační účinek.

Záření β^- – je tvořeno elektrony s velkou nejednotnou rychlostí. V elektrickém i magnetickém poli je vychylováno opačným směrem než záření α .

Záření β^+ – je označováno za pozitronové (antičástice elektronu). Vzniká při přeměně protonu na neutron.

Záření γ – označované někdy jako fotonové, je tvořeno elektromagnetickým vlněním nejkratších vlnových délek.

Kromě těchto základních druhů radioaktivního záření je ekologicky významné ještě působení:

- **Neutronů** – částic bez náboje, které samotnou ionizaci nezpůsobují, ale porušují stabilní stavy atomů. Při stejném množství absorbované energie způsobí rychlé neutrony asi desetkrát a pomalé neutrony pětkrát větší účinek než záření γ .
- **Rentgenova záření** – podobného svou elektromagnetickou povahou záření γ . Je to krátkovlnné fotonové záření vznikající v elektronovém obalu při přechodu elektronů z vyšších energetických hladin do nižších nebo zpomalování elektronů v látce (brzděné záření).
- **Kosmického záření** – majícího korpuskulární i elektromagnetickou složku. V biosféře se uplatňuje minimálně; možná však bude mezním činitelem při kosmických letech.

1.6.7 Podle kterých veličin hodnotíme aktivitu radioaktivní látky a dávku ozáření?

Abychom pochopili a mohli posoudit intenzitu působení ionizujícího záření a jeho biologické dopady, je nutné seznámit se, alespoň ve stručnosti, se základními jednotkami.

Mezi ně patří becquerel, gray a sievert.

Základní veličiny ionizujícího záření:

Aktivita A radioaktivní látky je definována středním počtem radioaktivních přeměn za jednotku času. Měří se v Bq. **Becquerel** je aktivita radionuklidu, ve kterém nastává jedna jaderná přeměna za sekundu. Starší jednotkou byla 1 curie, když za sekundu nastalo $3,7 \cdot 10^{10}$ přeměn, což odpovídalo aktivitě 1 g radia.

$$1 \text{ Bq} = 2,7 \cdot 10^{-11} \text{ Ci}$$

$$1 \text{ Ci} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$$

Absorbovaná dávka D je střední energie ionizujícího záření absorbovaná v jednotkovém elementu látky. Jednotkou je **1 Gy, [J/kg]**. **Gray** je dávka absorbovaná tělesem o hmotnosti 1 kg odpovídající energii ionizujícího záření 1 J.

Starší jednotkou byl rad (roentgen absorbed dose), který odpovídal absorpci záření 0,01 J v 1 kg ozařované látky.

$$1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/kg} = 100 \text{ rad}$$

$$1 \text{ rad} = 10^{-2} \text{ J/kg} = 10^{-2} \text{ Gy}$$

Pro stanovení limitů a hodnot pro ozáření, s ohledem na **biologické účinky**, jsou stanoveny následující veličiny radiační ochrany:

Ekvivalentní dávka H_T je součinem radiačního váhového faktoru w_T a střední absorbované dávky D_{TR} v orgánu nebo tkáni T pro ionizující záření R nebo součet součinů, jestliže je složeno z více druhů záření R.

Faktor w_T pro fotony a elektrony má hodnotu 1, pro neutrony podle energie keV od 5 do 20, protony 5 a částice alfa a těžká jádra 20. Pro fotonové záření (γ a RTG) je absorbovaná dávka D číselně shodná s H_T ($w_T = 1$).

Efektivní dávka E je součet součinů tkáňových váhových faktorů w_T a ekvivalentní dávky H_T v ozářených orgánech a tkáních T.

Pro gonády má w_T hodnotu 0,20; pro červenou kostní dřeň, tlusté střevo, plíce, žaludek 0,12; močový měchýř, mléčné žlázy, játra, jícen a štítnou žlázu 0,05; pro kůži a povrchy kostí 0,01 a pro ostatní orgány a tkáně 0,05.

Dávkový ekvivalent H je součin jednotkového činitele Q a absorbované dávky D v uvažovaném bodě tkáně. Q má hodnotu podle velikosti přenosu energie záření.

Všechny uvedené veličiny radiační ochrany H_T , E a H mají společnou jednotku **sievert Sv [J/kg]**. Ekvivalentní dávka H_T a efektivní dávka E zahrnují rozdílné biologické účinky jednotlivých druhů záření a jejich dopady na lidské orgány.

Poznámka

Všimněte si pozorněji, že radiační veličiny jsou rozděleny do dvou částí. První část tvoří veličiny, které mají pouze fyzikální charakter (veličiny A, D). Druhá část veličin se liší tím, že zahrnuje a zohledňuje biologické účinky záření, účinky na živou hmotu. Ekvivalentní dávka H_T zahrnuje vliv druhu záření. Nejmenší biologický účinek mají fotony a elektrony a největší částice α a těžká jádra. Efektivní dávka E zohledňuje navíc rozdílný vliv biologických účinků na jednotlivé orgány a části našeho těla. Obě výsledné dávky H_T a E mají základ fyzikálně absorbovatelné dávky D, která je korigována biologickými faktory (w_T a w_T).

1.6.8 Jaké jsou biologické účinky ionizujícího záření?

Ionizující záření může být při průchodu látkou částečně nebo zcela absorbováno. Absorbovaná energie způsobuje v látce fyzikální, chemické, tepelné a další změny. Z hlediska působení ionizujícího záření na živý organismus má především vliv biochemický a biologický – odtud obor radiobiologie. Poškození biologické tkáně zářením je způsobováno absorbovanou energií, která uvolní ionizační a excitační procesy v biologických mikrostrukturách.

Hlavní účinky záření na lidský organismus dělíme na časné a pozdní, somatické (tělesné u jedince) a genetické (u potomstva), stochastické a nestochastické:

- **časné účinky:**
 - akutní nemoc z ozáření;
 - akutní lokální změny (kůže);
 - poškození plodu;
- **pozdní účinky:**
 - lokální změny (oka, kůže);
 - zhoubné nádory;
 - genetické změny.

Poznámka

Mezi časné účinky záření patří i poškození plodu. Proto velké nebezpečí z ozáření hrozí těhotným ženám (zvláště v počátečním období těhotenství). Poškození plodu v případech ozáření bylo jednoznačně prokázáno. Těhotné ženy, které byly v počátečním stadiu těhotenství a přežily atomové výbuchy v Japonsku, jsou toho důkazem.

Podle formy nástupu poškození organismu můžeme účinky záření rozdělit na:

- **stochastické**, které se s jistou pravděpodobností objeví při každém ozáření – poškození bez prahu,
- **nestochastické**, které se objeví zpravidla až po expozici definované velikosti – poškození s prahem.

Poznámka

Přestože ionizující záření velmi škodlivě působí na živé organismy, dnešní náš moderní život si bez něho neumíme představit. Po významném objevu rozpadu atomových jader na sklonku devatenáctého století, zásluhou MARIE CURIE-SKLODOWSKÉ (dvě Nobelovy ceny, 1903 společně s manželem, 1911 sama) a jejího manžela, nastal ve dvacátém století obrovský vědecký boom v této oblasti. Vědecké objevy se však ubíraly dvěma protichůdnými cestami, kladnou ve využívání energie (jaderné elektrárny) a zápornou v ničení (atomové zbraně).

1.6.9 Jak působí ionizující záření v životním prostředí?

Ekologické souvislosti a vztah záření k životnímu prostředí bývají mnohdy velmi složité. Oběh radioaktivních látek v biosféře je pozorovatelný na všech stupních ekologické pyramidy a u všech radionuklidů bez ohledu na to, zda se jedná o nuklidy přirozené či umělé.

Mezi **přirozené zdroje** patří:

- Původní radionuklidy, které vznikly při počáteční syntéze prvků na Zemi (celkem asi 20 radionuklidů). Významné jsou jen čtyři, ^{40}K , ^{87}Rb , ^{232}Th a přírodní uran. Nejvýznamnější složkou je ^{40}K v zemské kůře a oceánech.
- Radionuklidy s atomovým (protonovým) číslem $Z > 83$. Rozpadové řady ^{232}Th , ^{235}U a ^{238}U mají více než 40 dceřiných radionuklidů. Významné je i ^{226}Ra od ^{238}U . Členy rozpadových řad jsou i izotopy radonu, které difundují z nejvyšších vrstev zemské kůry do atmosféry.
- Kosmické záření a kosmogenní radionuklidy, které vznikají interakcí kosmického záření s terestriálním (pozemským) materiálem, s nuklidy atmosféry.

Přirozené radiační pozadí vytváří od přirozených zdrojů expozici pro všechny obyvatele. Velikost dávky závisí na tom, v jaké části Země žijeme, nebo se pohybujeme. Pobyť na úrovni hladiny moře je hodnocen celotělovou dávkou asi 0,4 mSv za rok. Vyšší dávku obdrží organismus ve vysokých nadmořských výškách a na některých místech na Zemi s vysokou radioaktivitou půd a hornin. Podobně i od vody z hlubokých studní. K úrovni přirozeného pozadí řadíme i ozáření ze stavebních materiálů.

Přirozené radiační pozadí má:

1. Multikomponentní povahu. Je tvořeno kosmickým zářením a radionuklidy v prostředí.
2. Nezanedbatelnou funkci v našem životním prostředí. Nelze se ho zbavit, jen je možno jej ovlivnit. Člověk je ozařován nejen zdroji okolí, ale má zdroje záření i v sobě.
3. Stálou kontinuitu. Vždy na Zemi působí. Od narození do smrti, působí na faunu a flóru.
4. Hodnota záření je různá na Zemi, ale i v našem okolí.

Mezi **uměle vytvářené zdroje** patří:

- Medicína. Využití ionizujícího záření v medicíně patří mezi hlavní umělé zdroje záření. Ionizující záření je využíváno v medicíně ve velkém rozsahu při rentgenologii, léčbě nádorů, sterilizaci materiálů atd.

Ostatní další uvedené umělé zdroje záření jsou na rozdíl od medicíny téměř zanedbatelné.

- Jaderná energetika. Z hlediska životního prostředí jsou jaderné elektrárny pro své okolí přijatelnější než elektrárny spalující uhlí nebo topný olej. Nezamořují atmosféru škodlivými plynnými a pevnými exhalacemi. Radioaktivita okolí jaderné elektrárny při dodržení všech bezpečnostních opatření bývá pravidelně nižší než v okolí elektrárny tepelné. Těžba a zpracování uranu. Při drcení a rafinování je čistý uran obohacován o ^{235}U . Prostor kolem uranových hald a sedimentačních nádrží je kontaminováno Ra a Rn.
- Jaderné výbuchy. Přibližně 50 % energie jaderného výbuchu se spotřebuje na tlakovou vlnu, 35 % na tepelné záření a 15 % se uvolňuje ve formě ionizujícího záření. Při explozi vzniká až 200 různých radionuklidů. Doufejme, že pro budoucí generace budou jaderné výbuchy dávnou minulostí a do možných zdrojů se již nebudou zařazovat.

Uměle vytvářené radiační pozadí reprezentuje roční dávku asi 0,8 mGy. Je závislé na druhu a způsobu lidské činnosti v dané lokalitě a je tvořeno výkony v jaderné energetice a výzkumu, průmyslu, lékařství, zemědělství, dopravě, spotřebním průmyslu (televizní přijímač 5 cm od obrazovky 5 μSv za hodinu). Jeden rentgenový snímek plic reprezentuje dávku 0,1 až 0,2 mGy (při váhovém faktoru $w_r = 1$, tedy 0,1 až 0,2 mSv).

1.6.10 Kterými zdroji jsme nejvíce ozařováni, přírodními nebo umělými?

Podle materiálů OSN (1988) se odhaduje, že roční průměrná ekvivalentní dávka H_T pro obyvatele naší Země činí 3,0 mSv a jeho skladba je následující:

Tab. 1.10 Přirozené a umělé zdroje ozařování

Přirozené ozáření		Umělé ozáření	
▪ z radonu a z dceřiných produktů (obydlí a volná prostranství)	47,0 %	▪ z lékařských zdrojů	20,2 %
▪ ze Země	13,8 %	▪ z jaderných zdrojů (elektrárny, zpracování uranu)	0,033 %
▪ z kosmu	12,0 %	▪ profesní a jiné zdroje	0,267 %
▪ z tělesných tkání	6,7 %		
celkem	79,5 %	celkem	20,5 %

Podle našich údajů (ŽP ČR, Academia Praha 1990) je roční zevní ozáření suchozemskými zdroji u obyvatel naší republiky H_T v průměru 0,56 mSv (0,18 až 1,8 mSv).

Podle novějších měření jsou uváděny následující hodnoty pro zemské ozáření obyvatel v ČR:

- kosmické záření ve volné přírodě v ČR 25 až 31 nSv/h (v průměru za celý rok pobytu 0,25 mSv);
- terestrické (zemské) záření v ČR 10 až 200 nSv/h (v průměru za celý rok pobytu 0,88 mSv).

Převážná část (cca 50 %) z celkové roční expozice ozáření obyvatelstva ČR, obdobně jako ve světě, je způsobena účinky radonu v lidských obydlích.

1.6.11 Jsou pro občany stanoveny nejvyšší přípustné dávky ionizujícího záření?

Nejvyšší přípustné dávky ionizujícího záření (limity pro ozáření), **obecně pro životní prostředí, pro přírodní zdroje, nejsou legislativně stanoveny**. Vyhláškou SÚJB č. 307/2002 Sb., o radiační ochraně, jsou stanoveny pouze limity ozáření z **radiačních činností**. Tyto limity se dělí na obecné, pro radiační pracovníky, pro učně a studenty a pro vyjmenované pracovní činnosti.

Obecné limity se vztahují na ozáření obyvatel, ke kterému může dojít například v okolí jaderných elektráren, při manipulaci a dopravě radioaktivního odpadu, v blízkosti uranových hald, v čekárnách rentgenových ordinací, tedy nepřímo jako následek vlastní radiační činnosti.

Obecné limity jsou stanoveny velmi nízko, a to:

- a) pro součet efektivních dávek ze zevního a z vnitřního ozáření hodnota 1 mSv za kalendářní rok;

- b) pro ekvivalentní dávku v oční čočce hodnota 15 mSv za kalendářní rok;
- c) pro průměrnou ekvivalentní dávku na jeden centimetr čtvereční kůže hodnota 50 mSv za kalendářní rok.

Pro radiační pracovníky jsou tyto limity značně zvýšeny. Limity jsou stanoveny i pro zvláštní případy. Pro osoby pečující o pacienty vystavené lékařskému ozáření, pro těhotné ženy a kojence.

Limity jsou uvedenou vyhláškou rovněž stanoveny pro pracoviště, kde může dojít k významnému ozáření z přírodních zdrojů, a to:

- pro členy leteckých posádek pracujících na palubách letadel ve výšce osmi kilometrů;
- pro doly, jeskyně a další pracoviště v podzemí;
- pro pracoviště primární úpravy uhlí, těžby ropy a zemního plynu;
- pro metalurgickou výrobu kovů z primárních surovin atd.

Poznámka

Z předcházejícího textu a uvedených hodnot dávek je zřejmé, že limitní, naprosto bezpečnou je dávka 1 mSv. Ročně, jako běžní neprofesní občané, bychom neměli být tedy ozáření dávkou větší než 1 mSv. Abychom si mohli tuto limitní dávku ověřit a zkontrolovat, museli bychom po celý rok neustále u sebe nosit (i v noci) dozimetr. A to je patrně důvod, proč nejsou stanoveny limity pro ozáření v životním prostředí ze všech přírodních zdrojů. Limity pro nás běžné občany platí pouze v místech, kde se s ionizujícím zářením nebo radionuklidy pracuje.

1.6.12 Kde se setkáváme s radioaktivním radonem?

Radon je bezbarvý inertní plyn bez zápachu a chuti, tedy lidskými smysly nepostřizitelný. Je to alfa zářič s poločasem rozpadu 3,825 dne. Radon ^{222}Rn je členem rozpadové řady, jejímž mateřským prvkem je uran ^{238}U , který je obsažen v horninách (většinou se jedná o stopové množství). Radon vzniká rozpadem radia ^{226}Ra a mění se na izotopy polonia, olova a vizmutu (viz dceřiné prvky).

Do lidských obydlí se radon dostává:

- půdním vzduchem (zejména všemi netěsnostmi v podlahách u nepodsklepených budov)
 - stavebními materiály
 - pitnou vodou
 - přírodními plynnými palivy (zemním plynem)
- } v zanedbatelném množství

Požadavky na omezování ozáření z radonu a dalších přírodních radionuklidů řeší vyhláška SÚJB č. 307/2002 Sb. Ve vyhlášce jsou stanoveny požadavky na vnitřní ovzduší, stavební materiály, na dodávanou vodu a na četnost měření. Vzhledem k tomu, že se jedná o velmi důležitou a často se vyskytující problematiku, uveďme alespoň ve stručnosti, jaké podmínky a povinnosti tato vyhláška stanovuje.

1. Stávající (již zkolaudované) stavby pro pobytové místnosti musí splňovat podmínku pro objemovou aktivitu radonu $< 400 \text{ Bq/m}^3$ (nebo $< 1 \mu\text{Sv/h}$ příkonu dávkového

ekvivalentu). Při překročení těchto směrných hodnot se provádí protiradonová opatření (úprava výměny vzduchu, stavební úpravy).

2. Při výstavbě nových objektů (stavěné a projektované budovy) musí být objemová aktivita radonu $< 200 \text{ Bq/m}^3$ (nebo $< 0,5 \text{ } \mu\text{Sv/h}$ příkonu dávkového ekvivalentu).
3. Stavební materiály musí splňovat limit pro pobytové místnosti pro hmotnostní aktivitu radia $< 300 \text{ Bq/kg}$ (pro ostatní nepobytové stavby $< 1\,000 \text{ Bq/kg}$). Uložená povinnost se týká stavebního kamene, písku, šterku, cementu, vápna, sádry, obkládaček a dlaždic. Pro cihly a jiné výrobky z pálené hlíny, výrobky z betonu, sádry a cementu jsou tyto limity poloviční. Při překročení uvedených mezních hodnot nesmí být tento stavební materiál a výrobky uváděny do oběhu.
4. Pro zásobování vodou nemá objemová aktivita radonu pro pitnou vodu překročit směrnou hodnotu 50 Bq/l , pro balenou kojeneckou vodu $< 20 \text{ Bq/l}$ a pro balení přírodní minerální vody $< 100 \text{ Bq/l}$.

Poznámka

Z uvedených požadavků vyplývá, že se jedná o dva pojmy, a to hmotnostní a objemovou aktivitu (materiálu a prostoru) a také to, že v případě podmínky 3. se jedná o mezní, nepřekročitelnou hodnotu, v případě podmínky 4. směrnou hodnotu, která v jednotlivých případech může být překročena. Proto při stavbě domů a objektů musíme ozáření z radonu věnovat maximální pozornost. Před stavbou domů musí být provedena povinná měření, stanoven tzv. radonový index pozemku. Je prováděn odběr půdního vzduchu z hloubky $0,8 \text{ m}$ a stanovena jeho objemová aktivita radonu a propustnost zemin. A teď, když se někde budou bavit, že doma mají pravděpodobně radon, můžete do diskuze odborně zasáhnout.

1.6.13 Kde všude je využíváno ionizující záření?

Velké využití ionizujícího záření je především v medicíně. V rentgenové diagnostice, léčbě nádorů, ale i nukleární medicíně při zobrazování orgánů a procesů v lidském těle. Radiační sterilizace zbaví bacilů a jiných škodlivých mikroorganismů zdravotnický materiál (injekční stříkačky, nástroje, protézy, obvazy apod.). Odpadá sterilizace horkým vzduchem nebo vyvařováním a přitom může materiál zůstat zabalený.

Další velká oblast využití záření je v zemědělství a potravinářském průmyslu. Odhaduje se, že hniloba, škůdci, plísně a předčasně vyklíčená osiva znehodnotí ročně na Zemi 25 až 30 % všech potravin. Již desítky let se využívá gama záření v mnoha zemích při ozařování plodin, koření, ovoce, hub, ryb, ale i hotových jídel (včetně jídel pro kosmonauty). Ozáření nezpůsobuje v potravinách žádnou zůstatkovou radioaktivitu. Ozářené potraviny jsou naprosto nezávadné a zdravější než ošetřené chemicky. Lidé přesto mají k ozářeným potravinám stále nedůvěru. Když půjdete a na trhu u jednoho stánku budou melouny s označením ozářené (aby se měsíc nekazily) a u druhého melouny neozářené, který meloun si koupíte?

V průmyslu se využívají radionuklidy v různých technologiích. Současný průmysl si bez využití radionuklidů neumíme vůbec představit. Využívány jsou jako hladinoměry, hustoměry, tloušťkoměry, popeloměry atd. Využívány jsou také při sledování pohybu částí materiálu nebo sloučenin v takzvaných stopovacích metodách. Dále v defektoskopii při sledování vad materiálů a výrobků. V geologii pomáhá záření rozšiřovat znalosti o složení hornin. Významné je využití taktéž v archeologii. Měření aktivity zbytku izotopu ^{14}C se spolehlivě změní stáří kostí, textilií, různých předmětů apod. Radioanalytické metody také poskytnou informace o metodě zpracování, místu původu, stáří a pracnosti (obrazy, mince,

keramika, sklo).

1.6.14 Co všechno víme o elektromagnetickém záření a jeho působení na životní prostředí?

Rozvoj techniky, zejména sdělovací, rozšířilo využívání **elektromagnetického záření** (dále jen **EMZ**), které významně ovlivňuje a působí na životní prostředí. Experimentálně, ale i rozsáhlými měřeními a statistikami, bylo prokázáno, že EMZ je v celém svém frekvenčním rozsahu biologicky aktivní a působí na živou hmotu. Mechanismus jeho účinků na živé tkáně je rozdílný a závisí zejména na frekvenci.

EMZ se dělí na:

- ionizující;
- neionizující, přičemž hraniční frekvence je přibližně 10^{12} Hz.

EMZ o nižších frekvencích pod touto hranicí označujeme tedy jako neionizující, někdy jako radiové vlny. Sem patří část ultrafialového záření (UV), viditelné záření, infračervené záření (IR), mikrovlny a ostatní radiové frekvence. EMZ o vyšších frekvencích ($> 10^{12}$ Hz), tedy ionizující, zahrnuje pak druhou část UV, záření X (rentgenové) a záření γ . Hranici rozhraní mezi oběma typy záření tvoří záření ultrafialové, Abychom lépe pochopili rozsáhlé využití EMZ, měli bychom podrobně prostudovat *tab. 1.11*.

Tab. 1.11 Rozdělení elektromagnetického záření podle délky vln

Vlnová délka	Druh elektromagnetického záření	
14 – 360 nm	ultrafialové záření – UV	
360 – 420 nm	barva fialová	viditelné světlo
420 – 490 nm	barva modrá	
490 – 540 nm	barva zelená	
540 – 590 nm	barva žlutá	
590 – 650 nm	barva oranžová	
650 – 760 nm	barva červená	
0,75 – 5 μ m	infračervené záření – IR	
5 – 340 μ m	tepelné záření	
1 – 100 mm	ultrakrátké vlny – UKV mikrovlny	
0,1 – 10 m	velmi krátké vlny – VKV, FM	vysílačky televizní vlny rozhlasové vlny
10 – 130 m	krátké vlny – KV, SW	
200 – 700 m	střední vlny – SV, MW, AM	
1 – 15 km	dlouhé vlny – DV, LW	

Poznámka

Lasery pracují v oblasti 400 – 1 400 nm, radary pracují v oblasti 0,03 – 1,5 m, mobilní telefony pracují v oblasti 0,15 m (1 800 MHz) a 0,3 m (900 MHz).

Jak již bylo uvedeno, s rozvojem techniky se neustále rozšiřuje a zintenzivňuje využívání radiových vln (v neionizujícím pásmu), a tím se neustále zvyšuje počet osob vystavených působení tomuto fyzikálnímu znečištění ŽP.

Fyziologické účinky na lidský organismus závisí na charakteru zdroje a na vlastnostech přijímacího organismu. Vliv zdroje je dán zejména rozsahem frekvencí, intenzitou a charakteristikou pole a době působení. Na straně příjmu (organismu) má vliv charakter povrchu (oděvu), tloušťka vrstev, kůže, tuková vrstva, obsah vody ve tkáni atd. Podstatný vliv má i zdravotní a psychický stav organismu. Mechanismus fyziologických účinků, jeho reakce a odezva na působení EMZ, je dán fyzikálními jevy **adsorpcí** a **indukcí**, jejichž výsledkem jsou tepelné a netepelné účinky.

Tepelné účinky jsou závislé na množství pohlcené energie a hloubce, ve které jsou EM vlny absorbovány. Vlny mm pásma jsou pohlcovány v povrchových vrstvách (kůži), dm vlny pronikají do hloubky těla a způsobují ohřev tkání a orgánů těla (viz též klinické aplikace – infralampy).

Netepelné účinky se vysvětlují elektromagnetickou indukcí, kterou vznikají v ozářených tkáních iontové proudy (změny biologických vlastností buněčných membrán). Dlouhodobé ozařování elektromagnetickým polem s malou výkonovou hustotou (příklad radiových a televizních vysílačů) se může projevit na stavu centrální nervové soustavy. Tyto změny mají charakter tělesné a psychické slabosti, projevují se ochablostí, vyčerpaností, lhostejností, poklesem koncentrace, nepozorností, poruchami spánku, útlumem intelektuálních funkcí a zhoršením paměti, emoční labilitou, snížením potence atd. Tyto změny mohou mít i charakter projevující se třesem prstů v předpažení, zvýšenou potivostí, padáním vlasů atd. Vývoj uvedených syndromů je po přerušení pobytu v ozářeném místě příznivý pro zlepšení zdravotního stavu.

Poznámka

Rozsáhlý výzkum a diskuzi o škodlivosti EMZ vyvolaly mobilní telefony. Všechno začalo v roce 1991 v USA, kdy se jedné ženě na pravém uchu vytvořil nádor, na jehož následky zemřela. Tato žena často používala mobilní telefon, a proto její rodina výrobce zažalovala. Soudní spor sice rodina nevyhrála, ale výrobci mobilních telefonů začali ihned štědrě sponzorovat výzkum, aby vyvrátili tyto pochybnosti. K tomuto účelu bylo použito velké množství pokusných koček, králíků, křečků, myší, krys a dalších zvířat, které byly ozařovány EMZ a následně usmrceny a pitvány. I po pokračujících výzkumech na zvířatech se spolehlivé výsledky nedostavily. Získaná chaotická data se rozhodně nedala označit za průkazné a věrohodné vědecké výsledky. Výrobcům se vytýkalo, že tento rozsáhlý výzkum měli zaměřit na lidi, na skupiny lidí, kteří používají a nepoužívají mobilní telefony. Soustavný seriózní výzkum však existuje v řadě zemí již několik desítek let. Prezentace jeho výsledků pro veřejnost je stále komplikovaná, zejména jedná-li se o dlouhodobé účinky jejich dopadů. Současný výzkum je zaměřen zejména na rizikové oblasti. Na poškození nervové soustavy a mozkových buněk, změny krevního obrazu (nárůst lymfocytů a červených krvinek) a na možný výskyt nádorů a leukémie. Definitivní jednoznačnou odpověď nelze v nejbližší době očekávat. O prokázání škodlivosti EMZ na lidský organismus a životní prostředí nemají určité zájem výrobci a provozovatelé mobilních telefonů s miliardovými zisky a konečně ani občané. Jak by dnes bez mobilních telefonů mohli žít?

1.6.15 Jaké jsou nejvyšší přípustné hodnoty elektromagnetického záření?

Ochranu zdraví před neionizujícím zářením řeší nařízení vlády č. 480/2000 Sb. Pro hodnocení expozice osob elektrickým nebo magnetickým polem a elektromagnetickým zářením s frekvencí od 0 Hz do $3 \cdot 10^{11}$ Hz jsou stanoveny pro NPH následující veličiny:

- proudová hustota indukovaná v těle elektrickým a magnetickým polem (tzv. proudová hustota) J (A/m^2),
- měrný absorbovaný výkon v těle SAR (W/kg) nebo energie SA (J/kg), viz tab. 1.12,
- hustota zářivého toku S (W/m^2).

Tab. 1.12 NPH pro měrný absorbovaný výkon SAR a měrnou absorbovanou energii SA

Platí pro frekvence od 10^5 do 10^{10}	SAR středovaný pro celé tělo	SAR středovaný pro kteroukoliv tkáň s výjimkou rukou, zápěstí, chodidel a kotníků *	SAR středovaný pro kteroukoliv tkáň rukou, zápěstí, chodidel a kotníků *	SA středovaná pro kterýchkoliv 10 g tkáně
zaměstnanci	0,4 W/kg	10 W/kg	20 W/kg	0,01 J/kg
ostatní osoby	0,08 W/kg	2 W/kg	4 W/kg	0,002 J/kg

Poznámka

Ve všech případech (kromě SA) se jedná o šestiminutový interval. V případě označení * se jedná o 10 g tkáně, a to vždy ve tvaru krychle, nikoliv plošně na povrchu těla.

NPH uvedených veličin se zjišťují výpočtem, měřením na modelech (fantomech) lidského těla nebo jeho částí nebo srovnáním s referenční úrovní intenzity elektrického pole E (V/m) a magnetické indukce B (T – tesla). Nepřekročení referenčních úrovní, uvedených v tabulkách tohoto nařízení pro jednotlivé frekvence zaručuje, že nejsou překročeny hodnoty veličin pro NPH.

Toto nařízení rovněž řeší problematiku a stanovuje NPH neionizujícího záření technologických zdrojů v oblasti IR, viditelného, UV záření a laserů. Uvedené nařízení je v souladu se současnou směrnicí Rady Evropy pro expoziční limity elektromagnetického pole a neionizujícího záření s frekvencemi od 0 Hz do 300 GHz.

Poznámka

Mobilní telefony jsou provozovány na frekvencích 900 a 1 800 MHz (tj. v rozmezí $9 \cdot 10^8$ a $1,8 \cdot 10^9$ Hz). Při jejich provozu (telefonování) vyzařují EMZ přímo do naší hlavy (resp. mozku). Maximální hodnota záření je stanovena měrným absorbovaným výkonem SAR (viz tab. 1.11), a to hodnotou 2 W/kg. Někdy se tato veličina u výrobců udává jako „fantom“. Při koupi mobilního telefonu proto věnujte hodnotě SAR velkou pozornost. Jsou telefony, které mají SAR okolo 0,01 až 0,02 a některé se blíží k maximální hodnotě 2. Škodlivost EMZ spojeného s používáním mobilních telefonů nebyla zatím prokázána, nelze ji však s jistotou vyvrátit. Proto několik rad. Telefon by se měl držet tak, aby anténa byla co nejdále od hlavy. Při slabém signálu je vyzařování telefonu mnohem větší, než v místě, kde je signál silný. Pro ty, co telefonují často a mají dlouhé hovory, jen doporučení, aby si zakoupili přenosnou sadu, která umožňuje telefonovat s mobilem v kapse.

1.6.16 Hrozí nebezpečí z elektromagnetického smogu?

Neustále se zvyšující hustota a intenzita EMZ v životním prostředí v současné době (ale zejména v budoucnu) se stává velkým ekologickým problémem. V tomto případě mluvíme o tzv. „elektromagnetickém smogu“.

Vlastnosti elektromagnetického pole ukazují na skutečnost, že toto pole je všudypřítomné. Životní prostor člověka je tímto polem dnes zcela naplněn. Kdo nemá doma

rádio, televizi, elektrický či sklokeramický vařič, mikrovlnnou troubu, chladničku, fén, holicí strojek či mobilní telefon? Účinky těchto jednotlivých zářičů nemusí být škodlivé, ale jejich sloučením může vzniknout elektromagnetické pole (smog), o jehož neškodnosti to již s určitostí tvrdit nemůžeme.

Rovněž hustota EMZ ve volné přírodě, v našem životním prostředí, je dnes příliš vysoká a neustále narůstá. Jedná se především o silné rádiové a televizní vysílače, radary v leteckém provozu, signály a vysílání z družic, vysokonapěťový přenos elektrického proudu a v posledním období i hustá síť stanic pro přenosy mobilních telefonů. Všechna tato zařízení využívají elektromagnetické vlny, takže užití slova „smog“ je dnes naprosto oprávněné. A to máme ještě velké štěstí, že nás proti silnému záření o velmi krátkých vlnových délkách, které je vlastní vesmírnému kosmickému prostoru, chrání horní vrstvy naší atmosféry.

1.6.17 Kdy užíváme pojmu termoemise?

Antropogenní činností na Zemi vzniká velké množství tepelné energie, která uniká do atmosféry. Odhaduje se, že v současné době je to asi 0,02 % celkového množství slunečního záření dopadajícího na Zemi (180 000 TW). Množství tepelné energie vyráběné člověkem je však rozděleno nerovnoměrně. V průmyslových aglomeracích může tato hodnota dosahovat v ročním průměru až desítky procent tepla, které na plochu těchto aglomerací dopadá v důsledku slunečního záření. V zimních měsících pak denní maxima mohou dosáhnout až několikanásobku této hodnoty.

V problematice odpadního tepla ve vztahu k životnímu prostředí užíváme pojmu **termoemise**. Termoemise je v tomto případě odpadní teplo vzniklé při našem civilizačním dění transformací a užíváním různých druhů energií. Tepelná energie plní funkci finálního produktu energetických přeměn, slouží člověku k vytápění a technickým účelům. Po splnění této funkce tepelná energie přejde do svého chladnějšího okolí jako odpadní, nevyužitá teplo [34].

Stejná je situace v automobilismu. Tepelná energie opět slouží jako prostředník při přeměně chemické energie paliva (benzin, nafta, plyn) na energii mechanickou při tepelné expanzi spalovacích motorů. K vlastní jízdě je využita méně než polovina primární energie paliva (benzinu, nafty). Obdobně je tomu i při účelových přeměnách energie elektrické, mechanické, zářivé (elektromagnetické) atd. V důsledku přeměn obrovského množství energií vznikají proto na Zemi velké **tepelné ostrovy** měst, velkých městských aglomerací, energetických zdrojů, hutí a průmyslových center.

Abychom pochopili a mohli porovnat význam a hodnoty termoemisí, musíme uvést několik údajů o našem Slunci. Jeho celkový výkon vyzařovaný do kosmu se udává řádově v 10^{23} kW a výkon připadající na průřez (povrch) Země je již značně menší a udává se v 10^{14} kW. Pro nás, kteří se u výplat setkáváme nejvýše se čtyřmi nulami, je velikost čísla se čtrnácti nulami těžko představitelná.

Na Zemi, na plochu 1 m^2 kolmo ke slunečním paprskům, dopadá vně zemské atmosféry během dne zářivý tok odpovídající výkonu 1 373 W. Hustota tohoto toku je takzvaná **solární konstanta** ($1,373 \text{ kW/m}^2$ nebo energie $1,373 \text{ kJ/m}^2 \cdot \text{s}$). Za rok, za 8 760 hodin, má pak hodnotu cca $12\,000 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{rok}$. Skutečné množství dopadající sluneční tepelné energie na povrch Země se pohybuje okolo 20 % (část se odrazí a vyzařuje zpět, část zachytí oblačnost). Toto množství energie je však závislé především na úhlu dopadu neboli na zeměpisné šířce; od rovníku k pólům klesá. Pro Českou republiku se uvažuje, že v zimě dopadne denně 2 až 3 a v létě 4,5 až $5,5 \text{ kWh/m}^2$. Roční průměr pak činí 950 až

1 100 kWh/m² (svět 1 750 a Sahara až 2 500 kWh/m²). Pro 50° severní šířky se obvykle počítá s hodnotou $e_{50} = 1\,000$ kWh/m².rok.

Poznámka

Průměrná celoroční hodnota odpadního tepla v důsledku civilizační činnosti se v České republice odhaduje na 6 kWh/m².rok (0,6 % e_{50}); a pro ostravskou aglomeraci (město a průmysl) pak na 37 kWh/m².rok (3,7 % hodnoty e_{50}). Pro některé velké metalurgické závody pak tato hodnota dosud nebyla vyčíslena, ale určitě by byla v násobku e_{50} , obdobně jako u jaderné či jiné elektrárny. To potvrzuje i obrovský bílý mrak ve tvaru hříbu viditelný nad těmito závody ve dnech jasna a tlakové výše.

Seznam použité literatury:

- [1] BLAŽEJ, Anton. *Chemické aspekty životního prostředí*. Bratislava : SNTL – ALFA, 1991. 595 s.
- [2] BRANIŠ, Martin, PIVNIČKA, Karel. *Úvod do studia životního prostředí*. 1. vyd. Praha : Karolinum, 1994. 141 s. ISBN 80-7066-945-4.
- [3] DIRNER, Vojtech a kol. *Ochrana životního prostředí : základy, plánování, technologie, ekonomika, právo a management*. Praha : Ministerstvo životního prostředí, 1997. 333 s. ISBN 80-7078-490-3.
- [4] DUVIGNEAUD, Paul. *Ekologická analýza*. Praha : Academia, 1981. 414 s.
- [5] HERČÍK, Miloslav. *111 otázek a odpovědí o životním prostředí*. Ostrava : Montanex, 2004. 150 s. ISBN 80-7225-123-6.
- [6] HERČÍK, Miloslav. *Ochrana životního prostředí a legislativa*. 1. vyd. Ostrava : Vysoká škola podnikání, 2004. 158 s. ISBN 80-86764-05-2.
- [7] HERČÍK, Miloslav. *Životní prostředí : základy environmentalistiky*. 1. vyd. Ostrava : VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2006. 142 s. ISBN 80-248-1073-5.
- [8] HERČÍK, Miloslav; KAPŘÍK, V.; OBROUČKA, Karel. *Ochrana životního prostředí pro inženýrské studium*. 1. vyd. Ostrava : VŠB-Technická univerzita Ostrava, 1994. 240 s. ISBN 80-7078-255-2.
- [9] HOLOUBEK, Ivan. *Polycyklické aromatické uhlovodíky v prostředí*. 1. vyd. Praha : Český ekologický ústav, 1996. 134 s. ISBN 80-85087-44-8.
- [10] CHUDOBA, Jan a kol. *Biologické čištění odpadních vod*. 1. vyd. Praha : SNTL, 1991. 465 s. ISBN 80-03-00611-2.
- [11] KALAC, M. *Polychlorované dibenzo-p-dioxiny a dibenzofurany v životním prostředí*. Praha : Český ekologický ústav a MŽP ČR, 1995.
- [12] KANDUS, Jiří. *Co na to plíce?* 1. vyd. Praha : Avicenum, 1991. 183 s. ISBN 80-201-0180-2.
- [13] KUDRNA, Karel a kol. *Biosféra a lidstvo*. 1. vyd. Praha : Academia, 1998. 530 s.
- [14] KURAŠ, Mečislav. *Odpady, jejich využití a zneškodňování*. Praha : Český ekologický ústav, 1994. 241 s. ISBN 80-85087-32-4.
- [15] KÜMMEL, P., POPP, S. *Umwelt chemie*. 1. Aufl. Leipzig : Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, 1988. 312 s. ISBN 3-342-00313-8.
- [16] LAPČÍK, Vladimír. *Oceňování antropogenních vlivů na životní prostředí*. 1. vyd. Ostrava : VŠB-Technická univerzita Ostrava, 1996. 127 s. ISBN 80-7078-316-8.
- [17] MÁCHAL, A., VLAŠÍM, M., SMOLÍKOVÁ, D. *Desatero domácí ekologie*. Brno : Rezekvítek, 2003. 87 s.
- [18] MANYCH, Jiří. *Ekologie pro lékaře*. Praha : Avicenum, 1988. 184 s.
- [19] MOLDAN, Bedřich. *Životní prostředí : globální perspektiva*. 1. vyd. Praha : Karolinum, 1994. 109 s. ISBN 80-7066-938-1.
- [20] MOLDAN, Bedřich a kol. *Životní prostředí České republiky*. Praha : Academia, 1990. 281 s.

- [21] MOLDAN, Bedřich. *Příroda a civilizace : životní prostředí a rozvoj lidské civilizace*. 1. vyd. Praha : SPN, 1997. 147 s. ISBN 80-04-26434-4.
- [22] NEUŽIL, V. *Znečišťování ovzduší*. Praha : CA Publishing, 1991.
- [23] OBROUČKA, Karel. *Termické zneškodňování odpadů*. 1. vyd. Ostrava : VŠB-Technická univerzita Ostrava, 1997. 140 s. ISBN 80-7078-505-5.
- [24] OBROUČKA, Karel. *Ochrana ovzduší I : zdroje a látky znečišťující ovzduší*. 1. vyd. Ostrava : Vysoká škola podnikání, 2003. 81 s. ISBN 80-86764-00-1.
- [25] ODUM, Eugene Pleasants. *Základy obecné ekologie*. 1. vyd. Praha : Academia, 1977. 733 s.
- [26] PALATÝ, Jiří; PALEČEK, J. *Základy ekologie*. 1. vyd. Praha : VŠ-Chemicko technologická, 1988. 80 s.
- [27] PICK, P. *Technologie ochrany ovzduší*. 1. vyd. Praha : CA Publishing, 1991. 233 s.
- [28] PORRITT, Jonathon. *Zachraňme Zemi*. 1. vyd. Praha : Brázda, 1992. 320 s. ISBN 80-209-0217-1.
- [29] RACLAVSKÁ, Helena. *Znečištění zemin a metody jejich dekontaminace*. 1. vyd. Ostrava : VŠB-Technická univerzita Ostrava, 1998. 111 s. ISBN 80-7078-508-X.
- [30] ROHON, Pavel. *Základy životního prostředí*. 1. vyd. Praha : České vysoké učení technické, 1993. 106 s.
- [31] SLÁDEČKOVÁ, A., SLÁDEČEK, V. *Hydrobiologie*. 1. vyd. Praha : České vysoké učení technické, 1995. 167 s.
- [32] SMOLÍK, Dušan; KINCL, M., Krpeš, V. *Úvod do studia ekotechniky*. 1. vyd. Ostrava : VŠB-Technická univerzita Ostrava, 1992. 128 s. ISBN 80-7078-169-6.
- [33] ŠIMÍČKOVÁ, Marcela. *Environmentální ekonomie I*. 1. vyd. Ostrava : VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2002. 131 s. ISBN 80-7078-530-6.
- [34] ŠOCH, J. *Katastrofální vývoj termoemisí*. 1. vyd. Ostrava : Ostravská univerzita, 1997. 145 s.
- [35] TÖLGYESSY, Juraj a kol. *Ochrana prostredia v priemysle*. 1. vyd. Bratislava : ALFA, 1989. 530 s.
- [36] Zpráva Greenpeace, editor LEGGETT, J. *Nebezpečí oteplování Země*. 1. vyd. Praha : Academia, 1992. 358 s. ISBN 80-200-0452-1.
- [37] Úplné znění zákonů, vyhlášek a nařízení v oblasti životního prostředí [online]. Praha : Ministerstvo vnitra české republiky. Dostupný na [www: http://www.mvcr/sbirka/index.html](http://www.mvcr/sbirka/index.html).