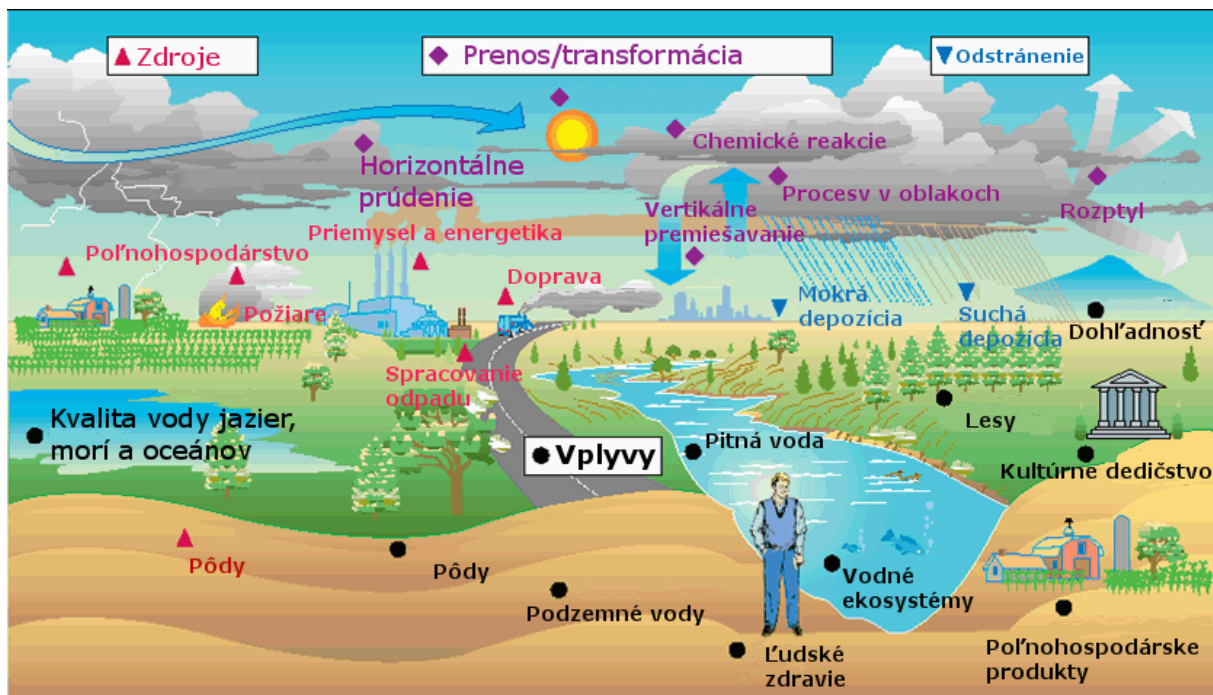


## Príloha C Najvýznamnejšie znečisťujúce látky a ovzdušie

Znečistenie ovzdušia (Obr. 1) môže byť spôsobené *prírodnými zdrojmi* aj ľudskou činnosťou (*antropogénne zdroje*). Medzi *antropogénne zdroje* znečisťovania ovzdušia patria priemyselné procesy, výroba elektriny a tepla vrátane nezanedbateľného podielu vykurovania domácností a doprava – týka sa to na prvom mieste automobilov s naftovými motormi. V poľnohospodárskych oblastiach sa prejavuje vplyv sezónnych poľnohospodárskych prác. Stavebné a búracie práce tvoria zväčša krátkodobé emisie prachových častíc prevažne hrubšej veľkostnej frakcie. *Prírodným zdrojom* znečisťovania ovzdušia je veterná erózia, vulkanická činnosť, morská soľ, peľ, ale aj tvorba prchavých organických látok vegetáciou. Sekundárne znečisťujúce látky vznikajú v atmosfére chemickými reakciami (napr. sírany a dusičnany) alebo fyzikálnymi procesmi (napr. vznik drobných kvapôčok kondenzáciou horúcich spalín).



Obr. 1 Schematické znázornenie znečisťovania ovzdušia a súvisiacich procesov.

### SO<sub>2</sub> – oxid siričitý

Oxid siričitý sa dostáva do ovzdušia z antropogénnych aj prírodných zdrojov. Významným antropogénnym zdrojom SO<sub>2</sub> je spaľovanie uhlia s vysokým obsahom síry pri výrobe tepla a elektrickej energie a pri technologických procesoch. Najvýdatnejším prírodným zdrojom je vulkanická činnosť. Z oxidu siričitého vzniká v ovzduší oxidáciou oxid sírový, ktorý môže byť v atmosfére hydratovaný na kyselinu sírovú a prispieva tak spoločne s kyselinou dusičnou k tvorbe tzv. kyslých dažďov. Následnou chemickou reakciou môžu vznikáť sírany, ktoré sú súčasťou jemnej veľkostnej frakcie tuhých znečisťujúcich látok rozptýlených v atmosfére. Kyslé dažde poškodzujú vegetáciu aj architektonické diela.

Vďaka prísnyms emisným limitom, ktoré boli zavedené v legislatíve koncom 20. storočia, sa podarilo dosiahnuť značné zníženie emisií oxidov síry z veľkých zdrojov, čím sa zmiernil aj problém kyslých dažďov.

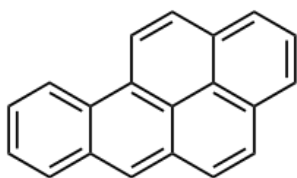
**Zdravotné účinky:** SO<sub>2</sub> pôsobí dráždivo na dýchacie cesty a očné spojivky, pri dlhodobej expozícii SO<sub>2</sub> môže spôsobovať ochorenia dýchacích ciest najmä u detí.

## NO<sub>x</sub> – oxidy dusíka

Najvýznamnejšími oxidmi dusíka z hľadiska problematiky kvality ovzdušia sú oxid dusičitý (NO<sub>2</sub>) a oxid dusnatý (NO), ktoré sú spoločne označované ako NO<sub>x</sub>. Dominantným zdrojom oxidov dusíka je cestná doprava a spaľovacie procesy v priemysle a energetike; medzi ich prírodné zdroje patria aj niektoré druhy baktérií. Oxidy dusíka sa v ovzduší za prítomnosti atmosférickej vlhkosti menia na kyselinu dusičnú; následnou chemickou reakciou môžu vznikáť dusičnany ako dôležitá súčasť sekundárnych tuhých znečisťujúcich látok. Od nich sa atmosféra postupne vyčistí sedimentáciou alebo vymývaním atmosférickými zrážkami, čím sa dusičnany dostávajú do pôdy a vôd. Dusičnany pôsobia priaznivo na rast rastlín, avšak ich nadbytok narušuje rovnováhu vo vodnom biotope a spôsobuje nežiaduci rast vodných rastlín (eutrofiácia). NO<sub>2</sub> sa spoločne s prchavými organickými látkami a kyslíkom za prítomnosti ultrafialového žiarenia podieľa na vzniku zdraviu škodlivého troposférického ozónu.

**Zdravotné účinky:** NO<sub>2</sub> je dráždivý plyn, ktorý vo vyšších koncentráciách môže zosilňovať alergické reakcie alebo spôsobovať zápalové ochorenia dýchacích ciest.

## PAH – polycyklické aromatické uhľovodíky



Obr. 2 Štruktúrny vzorec benzo(a)pyrénu.

Polycyklické aromatické uhľovodíky (z *angl.* polycyclic aromatic hydrocarbons) tvoria skupinu organických látok, ktoré sa skladajú z niekoľkých benzénových (aromatických) jadier. Prchavosť týchto látok s rastúcim počtom benzénových jadier klesá. Vznikajú pri nedokonalom horení, najmä pri vykurovaní domácností tuhými palivami a pri rôznych technologických procesoch, napr. pri výrobe koksu. Ďalším zdrojom PAH je cestná doprava – týka sa to na prvom mieste áut s dieselovými motormi. Významný spôsob expozície, ktorá zapríčiňuje, že sa polycyklické aromatické uhľovodíky dostávajú do organizmu, predstavuje fajčenie.

Niektoré z tejto skupiny látok majú preukázateľne karcinogénne účinky, ako napr. **benzo(a)pyrén**. Benzo(a)pyrén je polycyklickým aromatickým uhľovodíkom, ktorý je tvorený piatimi benzénovými jadrami. Za normálnych podmienok sa vyskytuje v pevnom skupenstve a môže byť súčasťou jemných tuhých znečisťujúcich látok rozptýlených v atmosfére. Následkom toho sa môže prenášať na veľké vzdialenosti. V atmosfére sa rozkladá pri chemickej reakcii s ozónom. Najvyššie koncentrácie benzo(a)pyrénu sú pozorované v zimných mesiacoch, čo súvisí s jeho hlavnými zdrojmi (vykurovanie domácností) a s nepriaznivými rozptylovými podmienkami počas teplotných inverzií.

**Zdravotné účinky:** Benzo(a)pyrén má karcinogénne a mutagénne vlastnosti.

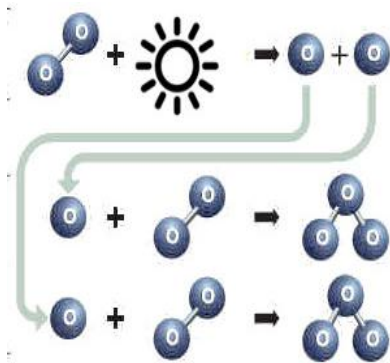
## O<sub>3</sub> - Ozón

Ozón (trojatómová molekula kyslíka) vplýva na ľudské zdravie a na život ostatných organizmov na Zemi v pozitívnom aj negatívnom smere – zatiaľ čo stratosférický ozón plní dôležitú úlohu ochrany pred škodlivým ultrafialovým žiarením slnka, troposférický ozón má nepriaznivý vplyv na ľudské zdravie, vegetáciu a architektúru, a je preto zaradený medzi znečisťujúce látky.

Ozónová vrstva sa nachádza v stratosfére vo výške 20 – 30 km<sup>1</sup> nad zemským povrchom a obsahuje väčšinu atmosférického ozónu (približne 90 percent). Ozón tu absorbuje takmer všetko ultrafialové žiarenie s vlnovými dĺžkami v rozsahu 240 – 290 nm (UV-C žiarenie), ktoré je nebezpečné pre jednobunkové organizmy a pre povrchové tkanivá vyšších organizmov i rastlín. Zároveň v značnej miere zoslabuje ultrafialové žiarenie vlnových dĺžok 290 – 320 nm (UV-B žiarenie), ktoré môže spôsobovať napríklad poškodenie zraku, či kožné onkologické ochorenia.

Stratosférický ozón vzniká za prítomnosti ultrafialového žiarenia z molekulárneho kyslíka (Obr. 3).

<sup>1</sup> Seinfeld, John H., and Spyros N. Pandis. *Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change*. Hoboken, N.J.: J. Wiley, 2006.



Obr. 3 Vznik ozónu za prítomnosti slnečného ultrafialového žiarenia (tento proces je dominantný v stratosfére).

Troposférický ozón môže mať prírodný pôvod (napríklad prenos zo stratosféry – tento proces je významný najmä vo vyšších horských polohách), alebo vzniká pri zložitých fotochemických reakciách z látok antropogénneho aj biogénneho pôvodu<sup>2</sup>. Látky, ktoré vstupujú do týchto chemických reakcií, sú nazývané prekurzory ozónu. Prekurzormi ozónu sú prchavé organické látky, ktoré môžu byť uvoľňované do ovzdušia vegetáciou, z cestnej dopravy alebo napríklad pri použití rozpúšťadiel, a antropogénne znečisťujúce látky (NO<sub>x</sub>, CO). Tie vznikajú ako splodiny horenia pri cestnej doprave, z priemyselných procesov a v energetike.

**Zdravotné účinky:** Ozón môže pri vdychnutí spôsobiť dráždenie očí, dýchacie ťažkosti, môže viesť k zápalovým ochoreniam dýchacích ciest, pri dlhodobom vystavení vysokým koncentráciám aj k chronickej obštrukčnej chorobe pľúc.

### PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> – suspendované častice – aerosóly

Atmosférický aerosól<sup>3</sup> je tvorený rôznorodou zmesou tuhých a kvapalných častíc rozptýlených v ovzduší. Častice môžu pochádzať z prírodných zdrojov, ako je veterná erózia, vulkanická činnosť, morská soľ, alebo vznikajú ľudskou činnosťou, napr. z priemyselných a energetických zdrojov. K ich tvorbe nezanedbateľne prispieva cestná doprava a vykurovanie domácností.

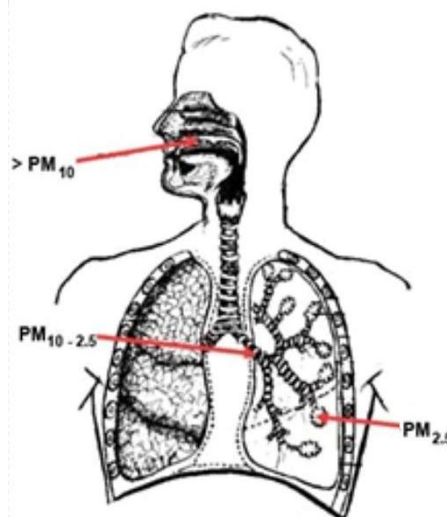
Fenomén atmosférických aerosólov je o to zložitejší, že niektoré častice vznikajú v atmosfére chemickou reakciou z látok, ktoré boli emitované v plynnom skupenstve alebo kondenzáciou horúcich produktov horenia. Znečisťujúce látky, ktoré vznikajú chemickou reakciou v atmosfére, sa nazývajú sekundárnymi. Sekundárny aerosól tvorí nezanedbateľnú časť jemnej veľkostnej frakcie PM.

Príkladom anorganických sekundárnych znečisťujúcich pevných látok (aerosólov) sú sírany a dusičnany. Sekundárny organický aerosól môže vznikáť napríklad oxidáciou prchavých organických látok, ktoré sa uvoľňujú z vegetácie.

Vplyv častíc atmosférického aerosólu na ľudské zdravie závisí od ich veľkosti a chemického zloženia. Častice menšie ako 10 mikrometrov (PM<sub>10</sub>) môžu prenikáť hrtanom (torakálna frakcia) do spodných dýchacích ciest, častice menšie ako 2.5 mikrometra (jemné častice označované ako PM<sub>2,5</sub>) prenikajú až do pľúcnych komôrok (nazývajú sa aj pľúcne mechúriky alebo alveoly) (Obr. 4).

Od aerodynamickej veľkosti častíc závisí aj ich sedimentácia – častice jemnej veľkostnej frakcie môžu v závislosti od poveternostných podmienok zotrvať v ovzduší aj niekoľko dní a preniesť sa na vzdialenosť aj stoviek kilometrov.

**Zdravotné účinky:** bolesti hlavy, dráždenie očí, dlhodobá expozícia PM časticami môže mať negatívne účinky na dýchací a kardiovaskulárny systém. Najviac zraniteľnými skupinami obyvateľstva sú starí a chorí ľudia, tehotné ženy a malé deti.



Obr. 4 Schematické znázornenie dýchacej sústavy človeka s vyznačením oblastí, do ktorých prenikajú častice rôznych veľkostných frakcií PM.

<sup>2</sup> biogénny – vzniknutý, prebiehajúci za účasti živých organizmov; antropogénny – podmienený alebo spôsobený človekom, jeho činnosťou;

<sup>3</sup> aerosól je definovaný ako kvapalina alebo tuhá látka rozptýlená vo forme malých častíc v plyne, najmä vo vzduchu