

# HISTORIE OCHRANY ČISTOTY OVZDUŠÍ

Jan Macoun, Český hydrometeorologický ústav, Na Šabatce 2050/17, 143 06 Praha 412-Komořany, macoun@chmi.cz

**History of fighting air pollution.** Various pollutants enter the Earth's atmosphere, originating from both natural and anthropogenic sources. The presence of these substances in the air has a major effect on people's health and on the condition of ecosystems. Anthropogenic pollution is usually related to the Industrial Revolution, but the first evidence testifying to its presence can be found in historical sources that date much earlier. Even ancient civilizations were fighting air pollution that was mainly caused by residential fireplaces in densely populated areas. Industrial development has spread the problem of polluted air to areas far away from human settlements. The concentration of pollutants in the air culminated in the second half of the 20<sup>th</sup> century. Smog episodes that caused many people to die have prompted governments to impose measures aimed at reducing emissions and improving the quality of air, an issue that remains as important as ever.

**KLÍČOVÁ SLOVA:** ochrana čistoty ovzduší – historie – smog – srážky kyselé

**KEY WORDS:** Air pollution – history – smog – acid rain

Pojem znečištění ovzduší. Čistá atmosféra obsahuje přibližně 78 % dusíku, 21 % kyslíku a 1 % ostatních plynů, např. vzácných plynů, oxidu uhličitého, vodní páry (např. Bednář 1989). Reálná atmosféra obsahuje kromě toho ve větší či menší míře znečišťující látky, které se do ovzduší dostávají řadou mechanismů. Část z nich pochází z přirozených zdrojů, vulkanické činnosti, půdní eroze apod., a byla v ovzduší přítomna po celou historii. Další příměsi pocházejí z lidské činnosti a v řadě případů mají nepříznivý vliv na zdraví lidí i ekosystémů. V tomto smyslu se pak hovoří o znečištění ovzduší jakožto činiteli, který nepříznivě mění přírodní vlastnosti zemské atmosféry a negativně ovlivňuje zdraví lidí i ekosystémů.

## 1. HISTORICKÝ EXKURZ

### 1.1 Starověk

Výskyt antropogenního znečištění lze prokázat v mnohem starších dobách, než je průmyslová revoluce, se kterou je obvykle spojován. Vědci z Tel Avivské univerzity zkoumali 400 000 let staré lidské zuby nalezené v jeskyni Quesem a prokázali stopy zplodin v zubním kameni. Jedná se o důsledek pobytu v uzavřených jeskynních prostorách s hořícím ohněm, který tehdejší lidé měli rozdělaný prakticky neustále.

Znečištěné ovzduší je možno zpětně vysledovat i ve starověkých společnostech. Archeologické nálezy ukazují, že již Sumerové (3 000 př. n. l.) se snažili regulovat způsob výroby domácího topeniště. Stejně tak i v plicích mumií pocházejících z období egyptských faraonů lze nalézt přítomnost znečišťujících látek.

Starověké společnosti ovlivňovaly i činnosti nakládající s obtěžujícími látkami. Řecký filozof Aristoteles (384–322 př. n. l.) v díle *Athenaion Politeia* zmiňuje předpis, že hnuj se má vyvážet za město. Stejně tak v Římě platilo nařízení, že výroby sýrů musí být umístěny v místech, kde nebudou svými výparry obtěžovat další obyvatele. Problematiku znečištění ovzduší zmiňuje i básník Horatius (65 př. n. l. až 8 n. l.) který napsal, že domy v Římě jsou následkem kouře stále temnější. Římský filozof Seneca (4 př. n. l. až 65 n. l.), měl celý život chatrné zdraví a jeho lékař mu opakovaně radil, aby odešel z Říma „z temného kouře a kuchyňských zápachů“ na venkov. V důsledku znečištění města stanovil Římský senát zásadu „Aerem corrumpere non licet“ (vzduch není dovoleno kazit). Problematikou se zabýval i římský císař Dioklecian (244–312 n. l.), který vydal spis pod názvem *Hygiena* a návody, jak potírat různá znečišťování vzduchu (např. Klega 2007).

S rozvojem měst a řemesel ve středověku se objevují další nařízení, která měla za cíl korigovat znečišťování měst. Měla

působit preventivně, ale obsahovala i sankční ustanovení. V roce 1348 byl vydán v Německu zákaz používání kamenného uhlí kováři. Obdobné předpisy byly aplikovány i jinde. Regulováno bylo i umístování zápachajících provozoven, např. zpracování kůží v koželužnách. Ve středověkém Londýně, kde byla díky nedostatku dřeva největší koncentrace uhelných kamen na světě, se čím dál tím častěji vyskytovaly situace s velmi vysokými koncentracemi znečišťujících látek, kterým byl přisuzován pokles úrody ovoce a zeleniny, ale i zvýšený počet úmrtí zejména dětí.

### 1.2 Průmyslová revoluce

Až do začátku průmyslové revoluce mělo znečištění ovzduší převážně lokální charakter. S postupným rozvojem továrního strojírenství rostla i využívání nových zdrojů energie, především uhlí, a to nejen v průmyslových zařízeních, ale i v narůstající dopravě. Problém znečištění pomalu překračuje hranice měst a ovlivňuje stále větší území, a to i přes stále častější regulační opatření.

Spotřeba uhlí se zvyšovala i v první polovině 20. století. S ní rostlo i zakouření atmosféry. Pro dokreslení uvedme, že za 2. světové války byla paradoxně platnost některých preventivních opatření zrušena s odůvodněním, že kouřová clona chrání strategická místa před bombardováním.

Nárůst znečištění v rozvinutých částech světa pokračoval i v padesátých letech 20. století a vedl ke dvěma nejproslulejším smogovým situacím: losangeleskému smogu v roce 1943 a londýnské smogové situaci v roce 1952. Termín smog poprvé použil londýnský lékař Harold Des Voeux jakožto složeninu anglických slov *smoke* a *fog* (kouř a mlha).

### 1.3 Londýnský (redukční) smog

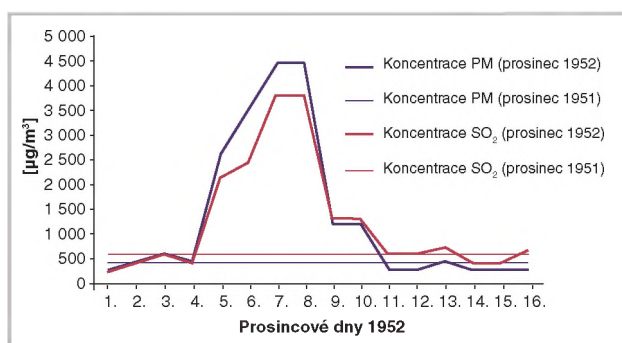
V Londýně se díky kombinaci několika nepříznivých faktorů (již zmíněná vysoká koncentrace uhelných kamen, nahrazení tramvajových autobusů) vyskytovaly relativně často epizody s vysokými koncentracemi znečištění. V prosinci 1952 se ve městě usadila hustá mlha prosycená dýmem. Zejména ve dnech 5. až 9. prosince byla měřena nízká teplota provázená inverzním zvrstvením vzduchu. To podmiňovalo enormní nárůst koncentrací znečišťujících látek v ovzduší. Vzhledem k nízké viditelnosti byla znemožněna doprava a byl omezen společenský život. Během pouhého týdne v Londýně podlehl na 2 000 lidí chorobám dýchacích cest a krevního oběhu (jiné zdroje uvádějí až 4 000 obětí smogu). Koncentrace prachu dosáhly několika miligramů na metr krychlový. Reakce zodpovědných orgánů byla poměrně rychlá. Parlamentní komise vedená sirem Hughem Beaverem připravila zvláštní zprávu o smogu, po které následoval Zákon o čistém ovzduší (*Clean Air Act*), který podnítil nahrazování dýmajících uhelných ohnišť efektivnějším spalováním.



Obr. 1 Velký londýnský smog, prosinec 1952: silně znečištěný vzduch omezil viditelnost na úroveň, která výrazně ovlivňovala život ve městě. Byla omezena, v některých případech i znemožněna doprava, byly rušeny koncerty, divadelní představení a promítání filmů, protože diváci neviděli na jeviště nebo na plátno kin. V důsledku smogu zemřelo asi 4 000 lidí (ThoughtCo 2017; ActiveHistory 2017).



Fig. 1. The Great Smog of London in December 1952. The highly polluted air reduced visibility to a level that had a considerable effect on life in the city. Transport was restricted and in some cases stopped. Concert halls, theaters, and cinemas were closed, because spectators were unable to see the performance. Approximately 4,000 died because of the Great Smog (ThoughtCo 2017; ActiveHistory 2017).

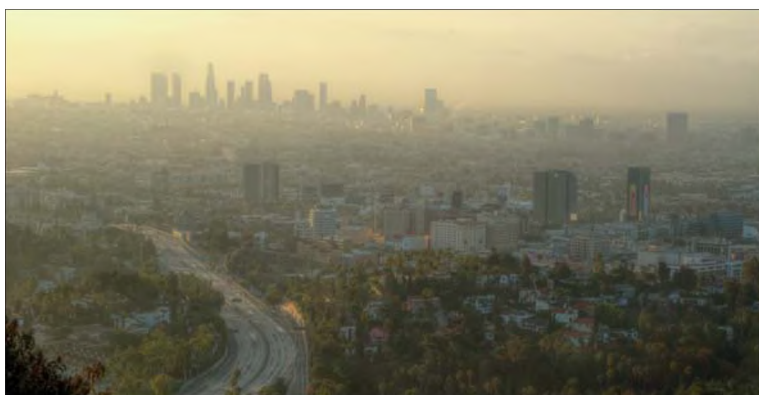


Obr. 2 Průběh koncentrací suspendovaných částic a oxidu siřičitého během velkého londýnského smogu v prosinci 1952 ve srovnání se stejným obdobím roku předchozího (Geocoops 2017).

Fig. 2. The graph compares the concentrations of suspended particulates and sulfur dioxide during the Great Smog of London in December 1952 and one year earlier (Geocoops 2017).

#### 1.4 Losangeleský (oxidační, fotochemický) smog

Kalifornské město Los Angeles se rozkládá v pobřežní lokalitě obklopené kopci, která je z hlediska rozptylových podmínek poměrně nevýhodná. Většina obyvatel města v druhé polovině 20. století využívala individuální dopravu. V roce 1955 připadalo na 5 mil. obyvatel 2,5 mil. aut a počet vozidel se dále rychle



Obr. 3 Pohled na Los Angeles během letní smogové epizody. Město se nachází v oblaku silně znečištěného vzduchu, který výrazně omezuje dohlednost (Zócalo 2015).

Fig. 3. A view of Los Angeles during a smog episode in the summer. The city is enveloped in highly polluted air that severely restricts visibility (Zócalo 2015).

le zvyšoval. Kombinace vysoké dopravní zátěže, geografické polohy města, teplého slunečního prostředí a bezvětří vedla i ke vzniku první vážné smogové situace zaznamenané v létě 1943. Enormně narostly koncentrace přízemního ozonu, který vzniká fotochemickými reakcemi oxidů dusíku a těkavých organických látek. I tato smogová epizoda vedla relativně rychle k úsilí o omezení emisí. K prvnímu pokusu o regulaci došlo již v roce 1947, od roku 1975 byl např. zaveden požadavek na povinné katalyzátory v autech. Přesto ještě v roce 2005 docházelo ke každoročnímu úmrtí 9 600 osob v důsledku smogu.

#### 1.5 Kyselé srážky

Se stavbou vysokých komínů u tepelných elektráren dochází ke globalizaci problému. V roce 1968 švédští výzkumníci upozornili, že srážky jsou stále kyselější a zvyšující se kyselost švédských řek je způsobena transportem znečištění, zejména oxidu siřičitého, na velké vzdálenosti. Kyselými dešti byly zasaženy značné části Evropy, severní Ameriky i Asie. Začaly se měnit podmínky v celých ekosystémech Skandinávie, Kanady a v horských lesích. (např. Elvingson et al. 2004.) V tehdejších Československu byly nejvýraznější dopady kyselých srážek pozorovány v oblasti Krušných hor, kde docházelo k hromadnému odumírání lesních porostů. Přes poměrně velký odpor ke změnám byla postupně do praxe zaváděna opatření vedoucí ke snižování emisí látek ovlivňujících kyselost srážek.

## 2. SITUACE NA ÚZEMÍ ČESKÉ REPUBLIKY

### 2.1 Vývoj znečištění v druhé polovině 20. století

Po skončení 2. světové války byla péče o kvalitu ovzduší zcela druhořadou záležitostí. Prioritní bylo odstranění důsledků války a obnova a rozvoj hospodářství. Orientace na těžký průmysl vyžadovala rychlý růst výroby elektrické energie. V době, kdy v Londýně již platil zákaz spalování uhlí, u nás byly kouřící tovární komíny symbolem rozvoje. Za hlavní škodlivinu byly pokládány pevné částice, hlavně popílek a jeho spad.

Ve druhé polovině padesátých let se začínají ve velkém rozsahu projevovat negativní důsledky rozvoje těžkého průmyslu. Rozdíly ve zdravotním stavu dětské populace z tzv. imisních oblastí

a kontrolních skupin dětí z venkovské krajiny jsou nezpochybnitelné. Nicméně na koncepci přednostního růstu těžkého průmyslu spojeného s budováním nových energetických zdrojů spalujících sítaté uhlí se nic nezměnilo. Za hlavní škodliviny byly považovány prach a oxid siřičitý. Na zdrojích byla prováděna poměrně efektivní opatření na omezení prašnosti větších částic, zatímco nezachyceným jemným frakcím se nepřisuzoval žádný vliv. Pro omezení dopadu emisí oxidu siřičitého byla použita metoda rozptylu vleček z vysokých komínů. Dopad tohoto opatření se posléze projevil na nárůstu kyselosti srážek a devastaci lesních porostů nejen na území tehdejšího Československa.

Důležitým předělem bylo přijetí zákona č. 35/1967 Sb., který se věnoval problematice ochrany ovzduší. Zákon legalizoval rozptyl a ředění jako významný nástroj ochrany ovzduší a místo technologických opatření zavedl poplatky za znečišťování. Na druhou stranu byl prvním pokusem o ochranu čistoty ovzduší a díky zmíněným poplatkům umožnil financování i některých prospěšných aktivit.

Po změně poměrů v republice byl vydán zákon č. 309/1991 Sb., který ukládal zvláště velkým zdrojům povinnost do konce roku 1998 odsířit své provozy. Tento zákon přinesl zásadní pokles emisí oxidu siřičitého a dalších „klasických“ znečišťujících látek. Pozornost byla postupně přesunována na další kategorie zdrojů a nově sledované znečišťující látky. V roce 2002 byl vydán nový zákon o ochraně ovzduší č. 86/2002 Sb., který se primárně zaměřil na střední zdroje znečišťování. Vstup České republiky do Evropské unie implikoval přijetí evropské legislativy a aplikaci dalších směrnic a nařízení. V současné době je ochrana kvality ovzduší v České republice řízena zákonem č. 201/2012 Sb. a směrnicí 2008/50/ES. Velký problém přináší doprava a lokální topeniště. (např. Henelová 2013)

Česká republika se zapojuje do řady mezinárodních programů ke zlepšení kvality ovzduší, např. ve spolupráci s Evropskou agenturou pro životní prostředí – EEA, a pro realizaci nápravných opatření jsou využívány i finanční prostředky alokované v Operačním programu Životní prostředí. Pozornost je ve shodě se stupněm poznání věnována zejména sledování jemných frakcí částic a na ně vázaných látek (polycyklické aromatické uhlovodíky, těžké kovy). Stále je aktuální problematika zvýšených koncentrací přízemního ozonu v letním období.

## 2.2 Role Českého hydrometeorologického ústavu

Zpočátku bylo sledování znečištění ovzduší prakticky výhradně doménou Hygienické služby. Koncem šedesátých let se zapojil i Hydrometeorologický ústav. Na ústav přechází z Ústavu hygieny a hygienické služby skupina pracovníků pod vedením dr. Böhma. V Praze vzniká tzv. Laboratoř ochrany ovzduší s regionálními pracovišti na pobočkách Hydrometeorologického ústavu. V sedmdesátých letech je laboratoř rozšířena o pracoviště pro výzkum a vývoj sledování emisí, je zahájen i provoz Interního informačního systému (IIS). Později jsou rozvíjeny i aktivity spojené s modelováním transportu a rozptylu znečištění v atmosféře (např. Krška et al. 2001; Böhlm 2017).

Začátkem devadesátých let je postupně rozvíjena automatická monitorovací síť pro sledování základních znečišťujících látek v ovzduší. Zacílení měření a hodnocení se později přesouvá na nové znečišťující látky (jemnější frakce prašného aerosolu, vč. nanočástic, polycyklické aromatické uhlovodíky, těžké kovy a další). ČHMÚ je zapojen i do řady mezinárodních aktivit spojených se sledováním a hodnocením kvality ovzduší.

ČHMÚ je v oblasti ochrany čistoty ovzduší garantem za měření a hodnocení kvality ovzduší, zpracování emisních úda-

jů, modelování transportu a rozptylu znečištění v ovzduší. Zabezpečuje i činnost Kalibrační laboratoře emisí a Smogového varovného a regulačního systému (SVRS). Poměrně nově zajišťuje i aktivity spojené s hodnocením a projekcemi emisí skleníkových plynů.

## 3. ZÁVĚR

V ochraně ovzduší byla učiněna řada kroků, které významně přispěly ke snížení imisní zátěže a dopadů na zdraví obyvatelstva i ekosystémů. Pokračující výzkum v této oblasti odhaluje nové znečišťující látky s výraznými dopady. Měření i modelování těchto látek je ve většině případů komplikovanější a nákladnější než např. v případě oxidu siřičitého. To klade zvýšené nároky na kvalitu pracovního týmu i na zajištění potřebných finančních prostředků.

Můžeme tedy shrnout, že mnoho bylo uděláno, a mnoho udělat zbývá.

### Literatura:

- ABLOGABOUTHISTORY, 2017. Air pollution found in 400,000 dental plaque [online]. [cit. 8. 11. 2017]. Dostupné z WWW: <http://www.ablogabouthistory.com/2015/06/25/air-pollution-found-in-400000-dental-plaque/#sthash.MTEjcJ99.dpbs>.
- ACTIVEHISTORY, 2017. London's Great Smog, 60 Years On [online]. [cit. 8. 11. 2017]. Dostupné z WWW: <http://activehistory.ca/2012/12/londons-great-smog-60-years-on/>.
- BEDNÁŘ, J., 1989. Pozoruhodné jevy v atmosféře. Academia, Praha, ISBN 80-200-0054-2.
- BÖHM, B., 2017. Osobní vzpomínky RNDr. Bedřicha Böhma, CSc. – ústní sdělení (bývalý náměstek ředitele ČHMÚ pro ochranu čistoty ovzduší, Na Šabatce 2050/17, Praha 412) dne 20. listopadu 2015.
- ELVINGSON, P., AGREN, C., 2004. Air and the Environment, The Swedish NGO Secretariat on Acid Rain, ISBN 91-973691-7-9.
- GEOCOOPS, 2017. Urban microclimates [online]. [cit. 8. 11. 2017]. Dostupné z WWW: <http://www.geocoops.com/urban-microclimates.html>.
- HARDY, K., RADINI, A., BUCKLEY, S., SARIG, R., COPELAND, L., GOPHER, A., BARKAI, A., 2016. Dental calculus reveals potential respiratory irritants and ingestion of essential plant-based nutrients at Lower Palaeolithic Qesem Cave Israel. *Quaternary International*, Vol. 398, s. 129–135. Dostupné z WWW: <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.04.033>.
- HENELOVÁ, V. (ed.), 2013. Příručka ochrany kvality ovzduší. Praha: Sdružení společností IREAS centrum, s. r. o., ISBN 978-80-86832-77-7.
- KLEGA, J., 2007. Právní úpravy ochrany ovzduší před znečišťováním ze stacionárních zdrojů. Právnická fakulta Univerzity Karlovy v Praze, Diplomová práce.
- KOLÁŘOVÁ, H., HŮNOVÁ, I., 2006. Vzduch, který dýchám. Středisko ekologické výchovy a etiky Rýchory – SEVER, časopis Bedmík 1/2006.
- KRŠKA, K., ŠAMAJ, F., 2001. Dějiny meteorologie v českých zemích a na Slovensku, Univerzita Karlova v Praze, ISBN 80-7184-951-0.
- THOUGHTCO, 2017. The Great London Smog of 1952 [online]. [cit. 8. 11. 2017]. Dostupné z WWW: <https://www.thoughtco.com/the-great-smog-of-1952-1779346>.
- ZÓCALO, 2015. How Angelenos Beat Back Smog [online]. [cit. 8. 11. 2017]. Dostupné z WWW: <http://www.zocalopublicsquare.org/2015/10/15/how-angelenos-beat-back-smog/chronicles/who-we-were/>.

Lektoři (Reviewers): RNDr. Radim Tolasz, Ph.D., doc. RNDr. Iva Hůnová, CSc.