



UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE
3. LÉKAŘSKÁ FAKULTA



Jitka Rubešová

**Problematika znečištění ovzduší
z hlediska zdravotních rizik,
monitorování chemických látek v ovzduší
ČR, možnosti prevence**

*Air pollution and adverse health effects,
monitoring of air pollutants in the Czech
Republic, preventive measures*

Bakalářská práce

Praha, 2008

Autor práce: Jitka Rubešová

Studijní program: Veřejné zdravotnictví

Bakalářský studijní obor: Specializace ve zdravotnictví

Vedoucí práce: **Prof. MUDr. Milena Černá, DrSc.**

Pracoviště vedoucího práce: **Ústav obecné hygieny 3. LF**

Datum a rok obhajoby: 9.9.2008

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předkládanou práci zpracovala samostatně a použila jen uvedené prameny a literaturu. Současně dávám svolení k tomu, aby tato bakalářská práce byla používána ke studijním účelům.

V Praze dne 9.září 2008

Jitka Rubešová

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala mé vedoucí práce Prof. MUDr. Mileně Černé, DrSc. za trpělivost, cenné rady a podněty, které mi poskytla při psaní mé bakalářské práce. Dále bych ráda poděkovala MUDr. Heleně Kazmarové za poskytnuté materiály a konzultaci.

Obsah

OBSAH	5
ÚVOD	6
1. ŠKODLIVINY V OVZDUŠÍ	7
1.1 Účinky na zdraví.....	8
1.1.1 Prahové a bezprahové účinky látek	9
1.1.2 Klasifikace karcinogenity podle IARC.....	9
1.2 Zdroje znečištění ovzduší	10
1.3 Druhy znečišťujících látek.....	11
1.3.1 Oxid dusičitý.....	11
1.3.2 Oxid siřičitý.....	12
1.3.3 Oxid uhelnatý.....	12
1.3.4 Ozón.....	13
1.3.5 Těkavé (volatilní) organické látky (VOC).....	14
1.3.6 Benzen	14
1.3.7 Suspendované částice	15
1.3.8 Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU)	16
1.3.9 Těžké kovy.....	17
2. HODNOCENÍ KVALITY VENKOVNÍHO OVZDUŠÍ	19
2.1 Imisní limity, cílové imisní limity, dlouhodobé imisní cíle	19
2.1.1 Zvláštní imisní limity	21
2.2 Index kvality ovzduší	22
2.3 Měření škodlivin.....	22
3. STAV OVZDUŠÍ V ČR	24
3.1 Vývoj imisní situace	24
3.2 Hlavní problém znečištění ovzduší.....	27
3.2.1 Polycyklické aromatické uhlovodíky.....	28
4. PROGRAM TEPLICE	35
5. SYSTÉM MONITOROVÁNÍ ZDRAVOTNÍHO STAVU OBYVATELSTVA ČR VE VZTAHU K ŽIVOTNÍMU PROSTŘEDÍ	39
5.1 Subsystem I. - Zdravotní důsledky a rizika znečištění ovzduší.....	41
6. MOŽNOSTI PREVENCE	42
ZÁVĚR	45
SOUHRN	47
SUMMARY	47
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	48
SEZNAM TABULEK	50
SEZNAM GRAFŮ	50
SEZNAM OBRÁZKŮ	50
SEZNAM PŘÍLOH	51
PŘÍLOHY	52

Úvod

Znečištěné ovzduší se týká bez výjimky každého z nás. Je to problém přetrvávající a závažný. Také proto jsem si pro svou bakalářskou práci zvolila téma: Problematika znečištění ovzduší z hlediska zdravotních rizik, monitorování chemických látek v ovzduší ČR, možnosti prevence.

Člověk pro život potřebuje bezpodmínečně kyslík, který získává ze vzduchu, jenž jej obklopuje. Vzduch je ale variabilní směsí plynů a aerosolů a vedle základních složek, kterými jsou dusík, kyslík, vodní páry, oxid uhličitý a vzácné plyny, obsahuje také různé škodliviny. Ovzduší pro tyto látky představuje jakousi chemickou továrnu, kde jednotlivé složky mohou mezi sebou reagovat, vzájemně se vázat, a tím měnit svoji toxicitu a účinky na zdraví. Nesmíme však zapomenout, že suroviny, které jsou do této „továrny“ dodávány, vytváříme především my lidé.

Je jasné, že dosažení nulových koncentrací škodlivin v ovzduší je nereálné, ale na snížení a udržování v přijatelných hodnotách se můžeme podílet téměř všichni.

Musíme mít na paměti, že to jak se chováme k naší planetě nyní, nám může být za pár let vráceno i s úroky. Znečištěné ovzduší je tedy neustále aktuálním problémem, který je nutné řešit a předcházet jeho zhoršování.

1. Škodliviny v ovzduší

Základními informacemi v problematice znečištění ovzduší je objasnění některých pojmů. Pro jejich přesné vymezení budu citovat část zákona č. 86/2002 Sb. o ochraně ovzduší:

„Znečišťující látkou se rozumí jakákoliv látka vnesená do vnějšího ovzduší nebo v něm druhotně vznikající, která má přímo a nebo může mít po fyzikální nebo chemické přeměně nebo po spolupůsobení s jinou látkou škodlivý vliv na život a zdraví lidí a zvířat, na životní prostředí, na klimatický systém Země nebo na hmotný majetek.

Jako emise se označuje proces vnášení jedné nebo více znečišťujících látek do životního prostředí.

Imise je stav znečištění ovzduší vyjádřené hmotnostní koncentrací znečišťující látky nebo stanovené skupiny znečišťujících látek.“

Vlastní složení ovzduší je pro úplnost uvedeno v **tab. č. 1**.

Tab. č. 1 Složení vzduchu

Složka	Značka	Obsah v procentech objemu
Dusík	N ₂	78,09
Kyslík	O ₂	20,95
Argon	Ar	0,93
Oxid uhličitý	CO ₂	0,03 – 0,04
Neon	Ne	1,8*10 ⁻³
Helium	He	5,24*10 ⁻⁵
Krypton	Kr	1,0*10 ⁻⁴
Vodík	H ₂	5,0*10 ⁻⁵
Xenon	Xe	8,0*10 ⁻⁶
Ozón	O ₃	1,0*10 ⁻⁶
Měřené látky		1,0*10 ⁻⁶ – 1,0*10 ⁻⁹ (12)

Jak je patrné z tabulky, tak škodliviny tvoří pouze minoritní část v ovzduší. Přesto jejich přítomnost není zanedbatelná a to především pro jejich

negativní účinky. Vlivem různých mikroklimatických parametrů (jako je teplota, tlak, relativní vlhkost, intenzita slunečního záření) a koncentrace a velikosti částic dochází k reakcím mezi jednotlivými složkami a k transformaci jejich účinků.

1.1 Účinky na zdraví

Účinek ovzduší na zdraví bychom měli posuzovat z hlediska působení směsi látek. V praxi je to však obtížné. Toxikologické údaje jsou dostupné převážně pro jednotlivé chemické látky. Účinek ovzduší hodnotíme obvykle jako aditivní účinek jednotlivých složek této směsi.

To jak se účinek v organismu projeví závisí na několika faktorech. Patří k nim fyzikální a chemické vlastnosti látky, dávka škodliviny, která pronikne do organismu v určitém čase a vlastnosti organismu.

Z časového hlediska se účinky dělí na *akutní*, *subchronické*, *chronické* a *pozdní*.

Škodliviny mohou působit přímo při styku s kůží a sliznicemi, pak hovoříme o *místních* účincích. Pokud se látka vstřebá a působí na celý organismus, jedná se o účinky *celkové*. Účinek *systemový* či *orgánový* má taková látka, která ovlivňuje některé systémy nebo orgány. Často však jeden účinek přechází v druhý nebo probíhají současně.

Znečišťující látky způsobují v organismu různé změny. Některé z nich uplatňují své *dráždivé* účinky a to především místně při styku s kůží a sliznicemi. Dále se mohou projevit jako vyvolávající faktor *alergické* reakce, kdy dochází k postižení hlavně horních cest dýchacích a průdušek. *Mutagenní* účinky podmiňují změnu genetického materiálu buňky. Pokud zevní faktor zasáhne do dělení a diferenciacie buněk během nitroděložního vývoje, má účinky *teratogenní*. Látky s *karcinogenním* účinkem mají schopnost vyvolat proces, který může vést ke vzniku nádorové buňky se ztrátou kontroly růstu. Škodliviny se *systemovým* účinkem mohou poškodit např. nervový systém, trávicí trakt, játra, močový systém, krev a krevtovorný systém, dýchací systém, kardiovaskulární systém, reprodukční systém atd.

1.1.1 Prahové a bezprahové účinky látek

Podle principu působení lze účinky označovat jako prahové a bezprahové.

a) Prahové účinky látek

U chemických látek s jiným než karcinogenním účinkem se předpokládá odlišné působení na organismus. Pokud se takovéto chemické agens uplatní v organismu, vyvolá řadu obranných mechanismů. Jsou to procesy fyziologické, adaptační či reparační. Ve fázi, kdy už tyto mechanismy nestačí a jsou vyčerpány, začnou se projevovat vlastní účinky, které mohou škodit lokálně či systémově. Uplatní se pak zejména jejich reprodukční a vývojová toxicita, imunotoxicita, neurotoxicita a další specifické postižení jednotlivých systémů. Změny v organismu mohou být jak vratné, tak i nevratné. S rostoucí expozicí roste závažnost poškození od změn fyziologických funkcí a parametrů až k poškození orgánů a případné smrti.

b) Bezprahové účinky látek

Bezprahové působení se předpokládá u látek mutagenních a karcinogenních. Neexistuje bezpečná dávka, která by nebyla spojena s rizikem vzniku zhoubného novotvaru. Je to dáno tím, že při jakémkoliv kontaktu DNA s mutagenem na molekulární úrovni může nastat počáteční iniciační mutace. S rostoucí expozicí roste pravděpodobnost poškození.

1.1.2 Klasifikace karcinogenity podle IARC

Mezinárodní agentura pro výzkum rakoviny (IARC) stanovila dělení látek podle karcinogenních účinků takto:

- Skupina 1 látky prokazatelně karcinogenní pro člověka
- Skupina 2 látky pravděpodobně karcinogenní pro člověka
 - 2A látky s alespoň omezenou průkazností karcinogenity pro člověka a postačujícím důkazem karcinogenity pro zvířata
 - 2B látky s nedostatečně doloženou karcinogenitou pro člověka a dostatečně doloženou karcinogenitou pro zvířata

Skupina 3 látky, které nelze klasifikovat na základě jejich karcinogenity pro člověka

Skupina 4 látky pravděpodobně nekarcinogenní pro člověka

(KOLEKTIV AUTORŮ. Manuál prevence v lékařské praxi - díl VIII. Základy hodnocení zdravotních rizik. Praha: SZÚ, 2000, s. 17 – 19, 25 – 27.)

1.2 Zdroje znečišťování ovzduší

Dle původu můžeme zdroje znečišťování ovzduší rozdělit na přírodní a antropogenní, přičemž zdroje antropogenní výrazně převažují. Z hlediska velikosti lze hovořit o zdrojích plošných či bodových. Z pohledu legislativního (zákon č. 86/2002 Sb. o ochraně ovzduší) je důležité označení zdrojů jako mobilní či stacionární.

a) Mobilní zdroje

- označujeme tak samohybná a další pohyblivá, případně přenosná zařízení vybavená spalovacími motory,
- do této kategorie se řadí dopravní prostředky, nesilniční mobilní zdroje (kompresory, buldozery, vysokozdvížené vozíky, zemědělské a lesnické stroje, sněžné pluhy a skútry,...) a přenosná zařízení (motorové sekačky a pily, sbíječky,...).¹

b) Stacionární zdroje

- jsou zařízení spalovacího nebo jiného technologického procesu, dále šachta, lom, sklad a skládka paliv, surovin, produktů, odpadů a jiné plochy s možností zapaření, hoření a úletu znečišťujících látek,
- dělí se podle míry svého vlivu na kvalitu ovzduší na zvláště velké, velké, střední a malé, podle technického a technologického uspořádání na spalovací zdroje (ty se dále dělí podle tepelného příkonu nebo výkonu), spalovny odpadů a ostatní stacionární zdroje.¹

¹ zákon č. 86/2002 Sb. o ochraně ovzduší a o změně některých dalších zákonů

Pro sběr a využívání dat o stacionárních i mobilních zdrojích znečišťování ovzduší slouží Registr emisí a zdrojů znečišťování ovzduší, tzv. REZZO. Pro tyto účely jsou zdroje znečišťování ovzduší rozděleny do čtyř kategorií, které jsou v souladu se zákonem o ovzduší č. 86/2002 Sb. v platném znění.

Jednotlivé kategorie jsou popsány v **příloze č. 1**.

1.3 Druhy znečišťujících látek

1.3.1 Oxid dusičitý

Při sledování a hodnocení kvality ovzduší se setkáváme s pojmem oxidy dusíku, který tvoří směs oxidu dusnatého a oxidu dusičitého. Z emisních zdrojů je do ovzduší vypouštěno 90% NO, ten však záhy reaguje s přízemním ozónem a radikály HO₂, případně RO₂ a přeměňuje se tak na NO₂, kterému je věnována pozornost z hlediska negativního vlivu na lidské zdraví.

Hlavním zdrojem NO je spalování fosilních paliv ve stacionárních emisních zdrojích (vytápění, elektrárny) a v motorových vozidlech. NO₂ může také pocházet ze specifických technologických průmyslových procesů, např. z výroby kyseliny dusičné, aplikace výbušnin a sváření. Přírodními zdroji NO_x je půda, vulkanická činnost a vznik blesků. Pro naše území však tyto zdroje představují méně než 10% celkových emisí.¹

NO₂ se v životním prostředí vyskytuje jako plyn, a proto vstupuje do organismu především inhalační cestou. Vyznačuje se dráždivými účinky. Je málo rozpustný ve vodě, a tak proniká do dolních cest dýchacích, kde se podílí na peroxidaci lipidů a vzniku volných radikálů. Více než 60% vdechnutého NO₂ je absorbováno v krvi a přeměněno na dusitany a dusičnany. Působením vzniklé kyseliny dusité a dusné jsou narušovány membrány buněk. Snižuje se účinnost mukociliární bariéry, narušuje funkce makrofágů a tím se zvyšuje riziko vzniku infekcí plic. NO₂ způsobuje nárůst reaktivity dýchacích cest, která se projevuje jako zvýšená odpověď na různá provokační agens, jako je např. studený vzduch,

¹ <http://www.chmu.cz/uoco/isko/groc/gr06cz/kap2421.html>

alergeny nebo fyzická námaha. Vysoké koncentrace mohou způsobit plicní edém a ohrozit tak život.¹

1.3.2 Oxid siřičitý

SO₂ je látka vznikající hlavně spalováním fosilních paliv (převážně uhlí a těžkých olejů) a při tavení rud s obsahem síry. Z globálních přírodních zdrojů se na jeho vzniku podílí vulkány a oceány, ale pro ovzduší ČR je tento zdroj zanedbatelný.

V atmosféře SO₂ podléhá oxidaci na sírany a kyselinu sírovou. Tyto látky vytvářejí aerosol, který bývá ve formě kapiček nebo pevných částic různých velikostí. Z atmosféry jsou pak odstraňovány mokrou i suchou depozicí.²

SO₂ ovlivňuje organismus svým dráždivým účinkem. Jelikož je dobře rozpustný ve vodě, je z 85 - 99% resorbován sliznicí horních cest dýchacích a jen minimální část se dostane do dolních partií. Z dýchacích cest pak přechází do krve. Po jaterní biotransformaci na sírany je z organismu vylučován hlavně močí. U astmatiků může vyvolat klinické změny spojené s bronchospasmy. Vysoké koncentrace dráždicí dýchací cesty podněcují ke zvýšené produkci hlenu, což způsobuje bronchokonstrikci, bronchitidu a tracheitidu. To může vést ke zhoršení plicních funkcí a změně plicní kapacity. Je třeba zdůraznit, že oxidované formy SO₂ působí intenzivněji než samotný oxid.¹

1.3.3 Oxid uhelnatý

Množství emitovaného CO odpovídá sumě ostatních látek znečišťujících ovzduší. Jeho největším zdrojem je nedokonalé spalování uhlíkatých materiálů, např. v automobilech, v průmyslu, v teplárnách, ve spalovnách a v domácích topeništích.

CO se do organismu dostává inhalační cestou. Vyznačuje se schopností reagovat s železem hemoglobinu. Vzniká tak karboxyhemoglobin, který omezuje

¹ <http://sweb.cz/centrumprev/MANUAL/manualIII-1.htm>

² <http://www.chmu.cz/uoco/isko/groc/gr06cz/kap2421.html>

kapacitu krve pro přenos kyslíku a je u člověka asi 250x stabilnější než oxyhemoglobin. Poločas CO v organismu se pohybuje mezi 2 - 8 hodinami.

Hypoxie vzniklá působením CO vede k nedostatečné funkci citlivých orgánů a tkání, jako mozek, srdce, vnitřní stěny krevních cév a destiček. V koncentracích pod 10% karboxyhemoglobinu se uplatňují hlavně kardiovaskulární a neurologické účinky. U disponovaných jedinců zhoršuje CO příznaky anginy pectoris. Objevují se bolesti hlavy, závratě a malátnost. Vyšší koncentrace mohou vést k sekundárním účinkům, např. ke snížení pH a ke změnám fibrinolýzy. Projevit se mohou i perinatální účinky, jako např. snížení porodní váhy a opožděný vývoj novorozence.¹

1.3.4 Ozón

Přízemní ozón je látka vznikající sekundárně v ovzduší. Malé množství se vyskytuje přirozeně po bouřce nebo v horském prostředí. Obecně tedy neexistuje emisní zdroj produkující ozón. Na jeho vzniku se podílí především oxidy dusíku a těkavé organické látky, které vstupují do fotochemických reakcí. Z NO₂ za vhodných fyzikálních podmínek (teplota, sluneční záření) vzniká NO a atomární kyslík, který se vzápětí sloučí s molekulou kyslíku na ozón. Tyto reakce dávají vznik i jiným toxickým látkám, jako např. peroxyacetylnitrátu, peroxidu vodíku, sekundárním aldehydům, kyselině dusičné, řadě radikálů s krátkou dobou setrvání apod.

Ozón je velmi silné oxidační činidlo a může reagovat s mnoha látkami na biochemické úrovni. Má schopnost oxidovat sulfhydrylové skupiny aminokyselin enzymů a bílkovin a také polynenasycené mastné kyseliny na peroxidy mastných kyselin. Cílem působení ozónu jsou tedy často buněčné membrány skládající se z proteinů a lipidů. Na základě jeho vlivu dochází k dráždění očí, nosu, krku, tlaku na hrudi, kašli, zvýšené produkci hlenu, únavě a bolestem hlavy. Popsáno bylo také snížení plicních funkcí.²

¹ <http://www.ecmost.cz/ovzdusi.php?page=co>

² <http://sweb.cz/centrumprev/MANUAL/manualIII-1.htm>

1.3.5 Těkavé (volatilní) organické látky (VOC)

VOC představují skupinu organických sloučenin různé struktury a vlastností. Patří k nim alifatické a aromatické uhlovodíky a jejich halogenové deriváty, terpeny a aldehydy. Jejich zdrojem je především průmyslová výroba a doprava. V ovzduší se podílí na vzniku přízemního ozónu. Mohou způsobovat dráždění očí a dýchacích cest, bolesti hlavy, ztrátu koordinace, nevolnost, poškození jater, ledvin, CNS a v neposlední řadě se mohou uplatnit karcinogenní účinky. Z hlediska negativního vlivu na lidské zdraví je nejsledovanějším zástupcem VOC benzen.¹

1.3.6 Benzen

Zdrojem benzenu jsou především výfukové plyny motorových vozidel. Odhaduje se, že obsah benzenu v benzínu je kolem 1,5%, zatímco paliva dieslových motorů obsahují zanedbatelné koncentrace této látky. Z benzínu uniká buď v nespálené formě nebo vzniká z nebenzenových aromatických uhlovodíků obsažených v palivu.² Dále je do ovzduší emitován ze ztrát vypařováním při manipulaci, skladování a distribuci benzínů. Poločas setrvání má méně než jeden den. Může být také ze vzduchu vymýván a zředován deštěm, ale většinou dochází k jeho opětovnému vypařování.

V těle je absorbováno kolem 50% vdechovaného benzenu. Představuje lipofilní látku s nízkou rozpustností ve vodě. Cílem působení je tedy tuková tkáň a kostní dřeň. 30% benzenu je vydechováno v nezměněné formě a 70% je přeměněno na metabolity (např. fenol, konjugáty hydrochinonu nebo katecholu), které jsou vyloučeny močí. Prvními příznaky toxického působení benzenu a jeho metabolitů jsou anémie, leukocytopenie, trombocytopenie až snížení funkce kostní dřeně s aplastickou anémií. Řadí se mezi karcinogeny skupiny 1 (podle klasifikace IARC – viz kapitola 1.1.2) a může vyvolat řadu nádorů včetně lymfomů a leukémie.³

¹ <http://sweb.cz/centrumprev/MANUAL/manualIII-1.htm>

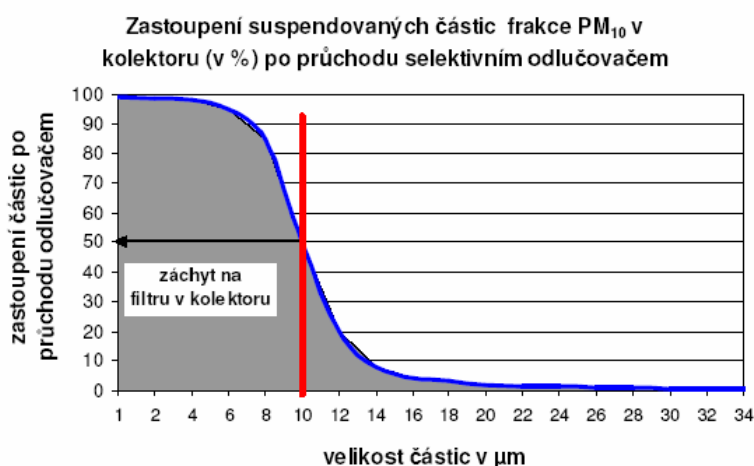
² <http://www.chmu.cz/uoco/isko/groc/gr06cz/kap2421.html>

³ <http://www.ecmost.cz/ovzdusi.php?page=benzen>

1.3.7 Suspendované částice

Suspendované částice představují směs organických a anorganických látek různé velikosti. Nejčastěji je označujeme jako PM_{10} a $PM_{2,5}$, respektive $PM_{1,0}$ (částice menší než 10 μm , 2,5 μm nebo 1 μm). Definovat je lze také jako částice, které projdou velikostně selektivním vstupním filtrem vykazujícím pro daný aerodynamický průměr odlučovací účinnost 50%. Velikostní selekce částic je zobrazena na **grafu č. 1**.

Graf č. 1 Zastoupení suspendovaných částic po průchodu odlučovačem



Zdroj: http://www.szu.cz/chzp/ovzduasi/dokumenty/documents/susp_castice.pdf

Větší hrubé částice většinou obsahují materiál zemského povrchu a zvířený prach ze silnic a průmyslových závodů. Menší jemné částičky obsahují sekundárně vytvořené aerosoly (zkondenzované plynné složky), částice ze spalování a znovuzkondenzované organické či kovové páry. Na vzniku těchto částic se podílí řada zdrojů, patří k nim např. elektrárny a průmyslové technologické procesy, provoz silničních vozidel, spalování uhlí v domácnostech nebo průmyslové spalovny. Podle způsobu dýchání a aerodynamického průměru se odvíjí i zachycení jednotlivých částic v dýchacím traktu. Při dýchání nosem se větší částice nad 10 μm zachytí hlavně v horních dýchacích cestách (nad

epiglottis) a ty o velikosti 5 - 10 μm se deponují v oblasti respiračních bronchiolů. Jemné částice menší než 2,5 μm jsou schopné pronikat až na alveolární úroveň.¹

Riziko pro lidské zdraví závisí na koncentraci částic, jejich velikosti, tvaru, rozpustnosti v tělních tekutinách a biologické aktivitě. Účinky se umocňují také látkami, které se mohou vázat na jejich povrchu. Suspendované částice obecně zatěžují samočisticí schopnost plic a mohou tak způsobit snížení imunity, zánětlivá onemocnění plicní tkáně nebo oxidativní stres organismu. Při dlouhodobých účincích se snižují plicní funkce a zhoršují choroby srdce a cév. Zvyšuje se i počet alergických onemocnění u dětí.²

1.3.8 Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU)

PAU představují skupinu několika set různých sloučenin se dvěma nebo více kondenzovanými benzenovými jádry v molekule. Do ovzduší jsou emitovány především z nedokonalého spalování fosilních paliv v domácích topeništích, ze spalování nafty ve vznětových motorech a z různých technologických procesů, jako jsou např. výroba koksu a železa.

Většina PAU má schopnost vázat se na povrchu suspendovaných částic, přetrvávat delší dobu v atmosféře a být transportována na velké vzdálenosti. PAU představují lipofilní látky, které se kumulují ve složkách prostředí, ale i v živých organismech. Negativní dopad na lidské zdraví spočívá v jejich toxických, mutagenních a karcinogenních vlastnostech. Jsou to genotoxické sloučeniny, které v organismu vstupují do biotransformačního procesu. Vznikají pak elektrofilní metabolity schopné se kovalentně vázat na DNA a poškozovat přenos genetické informace. Patří mezi endokrinní disruptory a uplatňují se tak při narušování hormonální rovnováhy. Nepříznivě působí i na imunitní systém, kde snižují hladiny IgG a IgA protilátek. Mohou způsobit poruchu reprodukce.

V praxi je jako indikátor zátěže ovzduší PAU používán benzo(a)pyren, který je podle klasifikace karcinogenity řazen do skupiny 2A (viz kapitola 1.1.2).³

¹ http://www.ecmost.cz/ovzdusi.php?page=so2_pm10

² <http://www.chmu.cz/uoco/isko/groc/gr06cz/kap2421.html>

³ http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/odborne_zpravy/OZ_07/ovzdusi_2007_zprava.pdf

1.3.9 Těžké kovy

Olovo

Zdrojem olova v ovzduší jsou spalování fosilních paliv, výroba železa a oceli a metalurgie neželezných kovů. Přibližně do roku 2001 se používalo tetraetylolovo jako antidetonátor do benzínu. Z přírodních zdrojů je částečně zastoupeno zvětrávání hornin a vulkanická činnost.

V atmosféře se olovo vyskytuje převážně jako součást frakce $PM_{1,0}$. Jeho chronické působení má vliv na biosyntézu hemu, nervový systém a krevní tlak.¹

Kadmium

Kadmium uniká do ovzduší převážně při výrobě železa, oceli, metalurgii neželezných kovů, spalování odpadů a fosilních paliv. Částečně také z dopravy. Z většiny je navázáno na částice do velikosti 10 μm a zejména na jemnou frakci $PM_{2,5}$.

Cd patří mezi prokázané karcinogeny pro člověka a jeho působení ovlivňuje funkci ledvin.¹

Arsen

Arsen bývá součástí anorganických i organických sloučenin. V ovzduší se vyskytuje v částicích PM_{10} , ale i v jemné frakci $PM_{2,5}$. Je emitován ze spalovacích procesů (hnědé a černé uhlí, těžké topné oleje) a z výroby železa, oceli, mědi a zinku. K přírodním zdrojům řadíme vulkanickou činnost, požáry lesů, zvětrávání minerálů a činnost mikroorganismů.¹

V organismu se arsen ukládá hlavně v kůži a jejích derivátech (vlasy, nehty). Proniká také placentární bariérou. Dlouhodobé působení představuje riziko vzniku kontaktní alergické dermatitidy a ekzémů, postižení nervového systému (degenerace optického nervu, poškození vestibulárního ústrojí), trávicího systému, cévního systému a krevetvorby. Anorganické sloučeniny As jsou hodnoceny jako karcinogeny s možným účinkem vzniku rakoviny plic.²

¹ <http://www.chmu.cz/uoco/isko/groc/gr06cz/kap2421.html>

² http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/odborne_zpravy/OZ_07/ovzdusi_2007_zprava.pdf

Nikl

Nikl se v atmosféře vyskytuje v různých sloučeninách a je součástí hlavně frakcí menších než 10 µm. Jeho zdrojem je spalování těžkých ropných olejů, těžba niklových rud a rafinace niklu, spalování odpadu a výroba železa a oceli. Minoritní zastoupení přírodních emisí představuje zemský prach a vulkanická činnost.¹

Sloučeniny niklu dráždí a poškozují dýchací cesty, negativně ovlivňují imunitní systém, jsou schopné pronikat placentou a působit na embrya. Podle IARC jsou klasifikovány jako prokázaný lidský karcinogen skupiny 1.²

¹ <http://www.chmu.cz/uoco/isko/groc/gr06cz/kap2421.html>

² http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/odborne_zpravy/OZ_07/ovzdusi_2007_zprava.pdf

2. Hodnocení kvality venkovního ovzduší

Vzhledem ke známým účinkům znečišťujících látek na lidské zdraví a dostupným informacím o jejich množství v atmosféře musíme konstatovat, že kvalita ovzduší v ČR je stále znepokojující. V průběhu desetiletí došlo k několika změnám v oblasti zátěže ovzduší škodlivinami. Důsledkem toho byl zaznamenán například klesající trend koncentrací SO₂, který ovšem začal stagnovat a postupně se opět zvyšuje. Vývoj úrovně znečištění ovzduší a co ho způsobilo, bude uveden dále v kapitole 3.1. Vývoj imisní situace.

Velkým problémem zůstává narůstající automobilová doprava a vysoké průměrné stáří vozů. Rovněž domácí topeniště unikají účinné regulaci. Lidé často spalují nekvalitní paliva v zastaralých kotlích a kamnech, které jsou navíc technicky neudržované. Tato negativa pak pocítujeme zejména v zimních měsících.

Sledování kvality ovzduší se provádí několika způsoby. Hodnoty se získávají ze stacionárního měření kontinuálního nebo jednorázového. Aktuální stav ovzduší je zveřejňován na internetových stránkách Českého hydrometeorologického ústavu (http://www.chmu.cz/uoco/act/aim/aregion/aim_region.html), kde jsou zobrazeny 1-hodinové průměrné koncentrace pro jednotlivé měřené látky. Další možností sledování je orientační měření, které neklade tak přísné požadavky na kvalitu údajů. Třetí způsob stanovení hodnot je pomocí výpočtu, tato metoda se označuje jako tzv. modelování.

2.1 *Imisní limity, cílové imisní limity, dlouhodobé imisní cíle*

Hodnocení kvality venkovního ovzduší se opírá především o porovnání naměřených koncentrací škodlivin v ovzduší s limitními hodnotami danými legislativou.

Nařízením vlády č. 597/2006 Sb. o sledování a vyhodnocování kvality ovzduší jsou pro látky znečišťující venkovní ovzduší stanoveny hodnoty platné

v ČR zvané imisní limity, cílové imisní limity a dlouhodobé imisní cíle (viz **tabulka č. 2 a 3**). Jejich dosažení je nezbytné pro ochranu zdraví obyvatelstva a životního prostředí. Hlavním účelem těchto hodnot je tedy odstranění, zabránění nebo omezení škodlivých účinků sledovaných látek na lidské zdraví.

Imisní limity jsou stanoveny pro oxid siřičitý, částice PM₁₀, oxid dusičitý, olovo, oxid uhelnatý a benzen. Jejich přehled je uveden v **tabulce č. 2**. Imisní limit pro oxid dusičitý a benzen musí být dosažen nejpozději do 31.12.2009. U vybraných látek je dáno, kolikrát maximálně za rok smí být limit překročen.

Tab. č. 2 Imisní limity

Znečišťující látka	Doba průměrování	Imisní limit [μg.m⁻³]	Případná četnost překročení za kalendářní rok
Oxid siřičitý	1 hodina	350	24
	24 hodin	125	3
Oxid uhelnatý	Max. denní osmihodinový průměr	10 000	-
PM ₁₀	24 hodin	50	35
	1 kalendářní rok	40	-
Olovo	1 kalendářní rok	0,5	-
Oxid dusičitý	1 hodina	200	18
	1 kalendářní rok	40	-
Benzen	1 kalendářní rok	5	-

Cílový imisní limit je stanoven pro kadmium, arsen, nikl, benzo(a)pyren (pro jejich celkový obsah v PM₁₀) a troposférický ozón. Právě u ozónu nesmí být překročen více jak 25x za kalendářní rok (zprůměrováno za 3 roky). Cílový imisní limit je hodnota, která má být dosažena k určitému datu. Pro kadmium, arsen, nikl a benzo(a)pyren se tak má stát nejpozději do 31.12.2012 a pro ozón do 31.12.2009. Přehled limitů je vypsán v **tabulce č. 3**.

Tab. č. 3 Cílové imisní limity

Znečišťující látka	Doba průměrování	Cílový imisní limit [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$]
Kadmium	1 kalendářní rok	0,005
Arsen	1 kalendářní rok	0,006
Nikl	1 kalendářní rok	0,02
Benzo(a)pyren	1 kalendářní rok	0,001
Ozón	maximální osmihodinový průměr	120

Dlouhodobý imisní cíl je stanoven pro troposférický ozón a jeho hodnota se shoduje s imisním limitem. Znamená to, že pokud se úroveň znečištění bude pohybovat pod $120 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, nebude mít ozón přímý škodlivý vliv na zdraví.

Pro následující měřené škodliviny nejsou stanoveny imisní limity: $\text{PM}_{2,5}$ (plánuje se), VOC, další PAU, další těžké kovy.

2.1.1 Zvláštní imisní limity

Zvláštní imisní limity jsou uvedeny ve vyhlášce č. 553/2002 Sb.¹ Používají se v rámci regulačních smogových systémů. První stupeň je upozornění obyvatelstva a znečišťovatelů ovzduší na možný výskyt smogové situace, druhý stupeň je regulace vybraných zdrojů znečišťování ovzduší. Překročení hodnot musí být zjištěno ve třech po sobě následujících hodinách. Pro účely vyhlášení jsou stanoveny limity uvedené v **tabulce č. 4**.

Tab. č. 4 Zvláštní imisní limity

Znečišťující látka	Doba průměrování	Upozornění [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$]	Regulace [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$]
Oxid siřičitý	1 hodina	250	500
Oxid dusičitý	1 hodina	200	400
Ozón	1 hodina	180	240*

* pro ozón je signál definován jako varování

(Dostupné z: www.chmu.cz/uoco/act/aim/aim_limity.html)

¹ Vyhláška č. 553/2002 Sb., kterou se stanoví hodnoty zvláštních imisních limitů znečišťujících látek, ústřední regulační řád a způsob jeho provozování včetně seznamu stacionárních zdrojů podléhajících regulaci, zásady pro vypracování a provozování krajských a místních regulačních řádů a způsob a rozsah zpřístupňování informací o úrovni znečištění ovzduší veřejnosti

2.2 Index kvality ovzduší

Na základě vypočteného indexu kvality ovzduší (IKO) můžeme hodnotit stav ovzduší a míru zátěže všemi škodlivinami. Stanoví se z ročních, 24-hodinových nebo krátkodobých koncentrací látek v ovzduší. Spočtené hodnoty IKO lze převést do slovního vyjádření a přiřadit je k šesti možným úrovním znečištění. Součástí kategorií je i definování barevné škály, která slouží pro barevné grafické znázornění. Popis jednotlivých úrovní je zachycen v **tabulce č. 5**.¹

Tab. č. 5 Úrovně znečištění ovzduší podle IKO

Úroveň	Stav ovzduší	Barva znázornění
1.	Čisté ovzduší – zdraví příznivé ovzduší	Svěží zelená
2.	Vyhovující ovzduší – zdravé ovzduší	Matná zelená se žlutým nádechem
3.	Mírně znečištěné ovzduší – zdravotně přijatelné ovzduší	Matně žlutá
4.	Znečištěné ovzduší – ovzduší ohrožující citlivé osoby	Matná okrová
5.	Silně znečištěné ovzduší – ovzduší ohrožující celou populaci	Matně červená
6.	Ovzduší zdraví škodlivé – velmi silně znečištěné ovzduší	Jasně karmínová

2.3 Měření škodlivin

Stav znečištění ovzduší je charakterizován pomocí měření škodlivin, které je realizováno měřicími stanicemi. V ČR jsou tyto stanice provozovány především Českým hydrometeorologickým ústavem a zdravotními ústavy. Látky, které jsou měřeny, se dělí na základní a výběrově sledované. Jejich výčet je zahrnut v **příloze č. 2**.

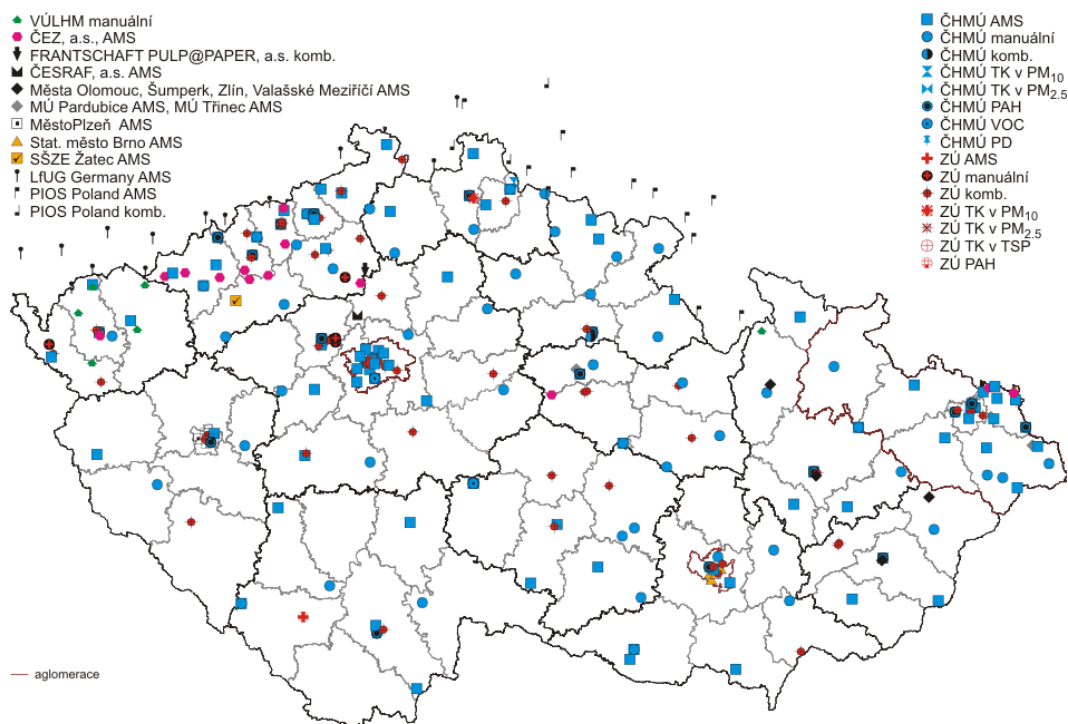
Automatizovaný imisní monitoring (AIM) zajišťují přístroje, které mohou pracovat bez přítomnosti obsluhy a odběr vzorku není oddělen od vlastní analýzy.

¹ http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/ovzdusi/organizace_mzso/index_kvality_ovzdusi.pdf

Na manuálních stanicích se vzorek odebere do kolektoru, kde je absorbován do kapaliny, poté následuje adsorpce a odběr do vzorkovnice. Tato fáze je časově oddělena od transportu, zpracování a finální analytické koncovky. Pro názornost jsou do **přílohy č. 3** zařazeny fotografie měřicích stanic.

Na následující mapě (**obr. č. 1**) je zachycena hustota staničních sítí v jednotlivých oblastech České republiky společně se zastoupením monitorujících organizací.

Obr. č. 1 Významné staniční sítě, stav 2006



Významné staniční sítě sledování kvality venkovního ovzduší, stav 2006

Zdroj: <http://www.chmu.cz/uoco/isko/groc/gr06cz/gif/o211sta06imise.gif>

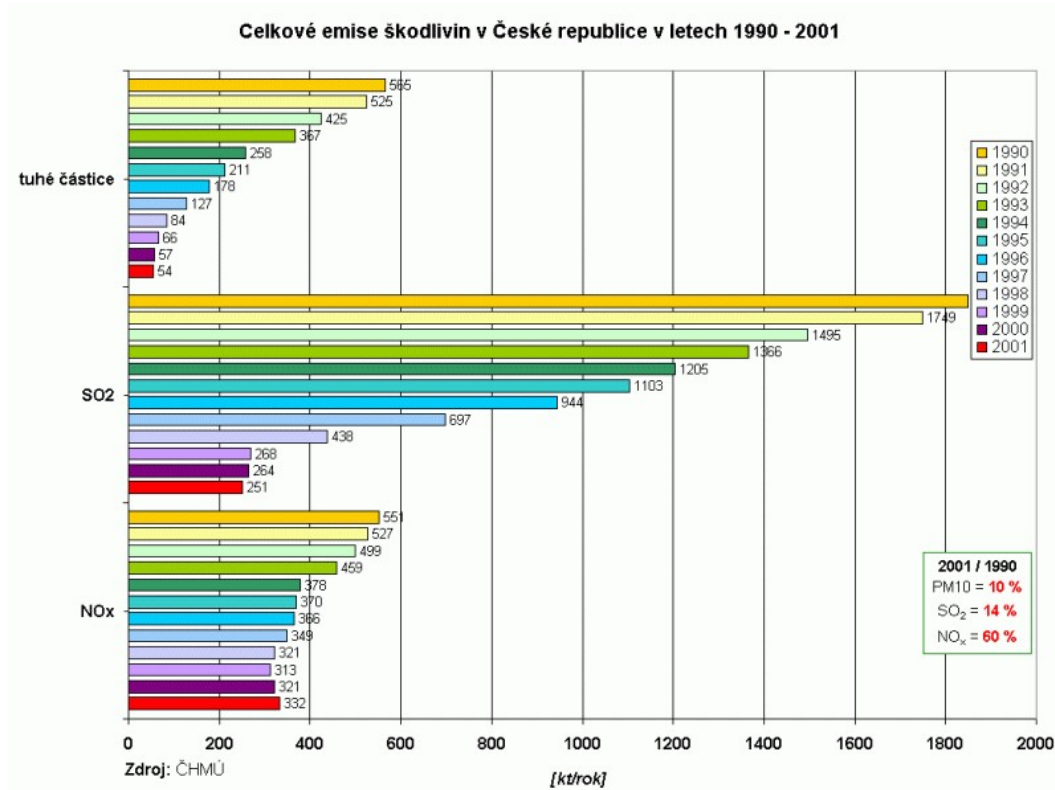
Při hodnocení stavu ovzduší se zohledňuje různost lokalit vzhledem k intenzitě okolní dopravy, podílu jednotlivých typů vytápění a zátěži významným průmyslovým zdrojem. Pro tyto účely byly stanoveny třídy kategorií měřicích stanic. Jejich přesný popis je obsažen v **příloze č. 4**.

3. Stav ovzduší v ČR

3.1 Vývoj imisní situace

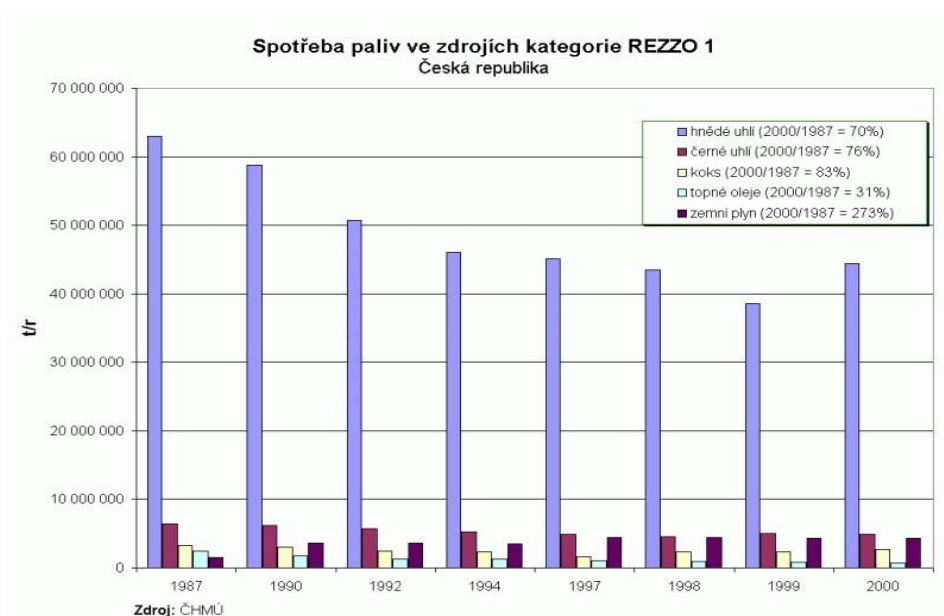
Úroveň znečištění ovzduší se v průběhu 90. let podstatně změnila. Hodnoty emisí a následně i imisí poklesly ve srovnání s rokem 1990 o desítky procent. Vývoj množství znečišťujících látek vypouštěných do ovzduší dokládá **graf č. 2**.

Graf č. 2 Celkové emise škodlivin v České republice v letech 1990 - 2001



Tato pozitivní změna měla řadu příčin. Začátkem 90. let se projevil všeobecný pokles průmyslové výroby. Došlo také k omezení spotřeby hnědého uhlí a těžkého topného oleje u velkých zdrojů znečišťování ovzduší (nejvýrazněji v letech 1990 - 1996), což dokládá **graf č. 3**.

Graf č. 3 Spotřeba paliv ve zdrojích kategorie REZZO 1 v ČR



K poklesu emisí rovněž přispěla realizace přímých technických a technicko-provozních opatření. U zdrojů znečišťování tak přibyly různé koncové technologie (např. filtry, odlučovače, odsiřovací a denitrifikační zařízení), stávající technologie byly rekonstruovány.

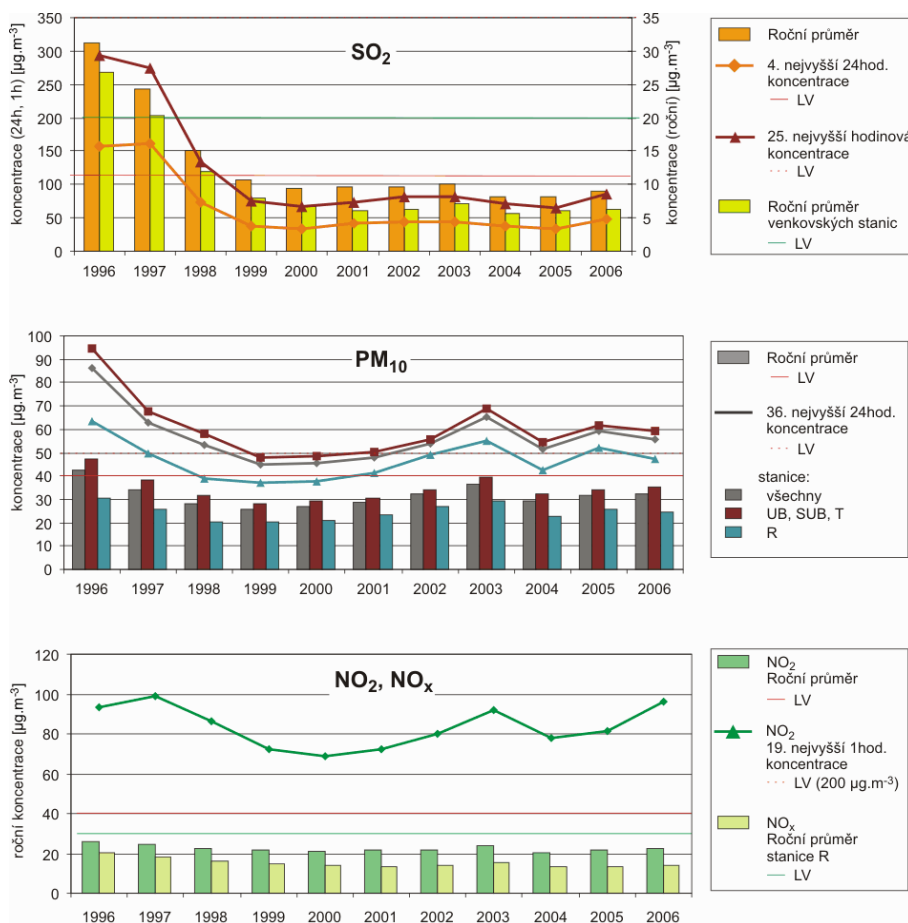
Významný přínos pro čistotu ovzduší měla i lokální topidla, která přecházela ze spalování pevných paliv na plyn a elektřinu. Tuto změnu potvrzuje také **tabulka č. 6**, kde je zaznamenán procentuální podíl jednotlivých způsobů vytápění bytů v roce 1991 a 2000.

Tab. č. 6 Způsob vytápění bytů

Rok	Pevná paliva	Plyn	Elektřina
1991	45%	16%	1%
2000	19% (↓)	35% (↑)	6% (↑)

Všechna tato opatření ovlivňující množství emisí působila i na výsledné koncentrace znečišťujících látek v ovzduší. Trendy imisních charakteristik oxidu siřičitého, suspendovaných částic frakce PM₁₀, oxidu dusičitého, oxidů dusíku a ozonu vyplývají z **grafů č. 4 a 5**.

Graf č. 4 Trendy ročních charakteristik SO₂, PM₁₀, NO₂ a NO_x v ČR, 1996 - 2006

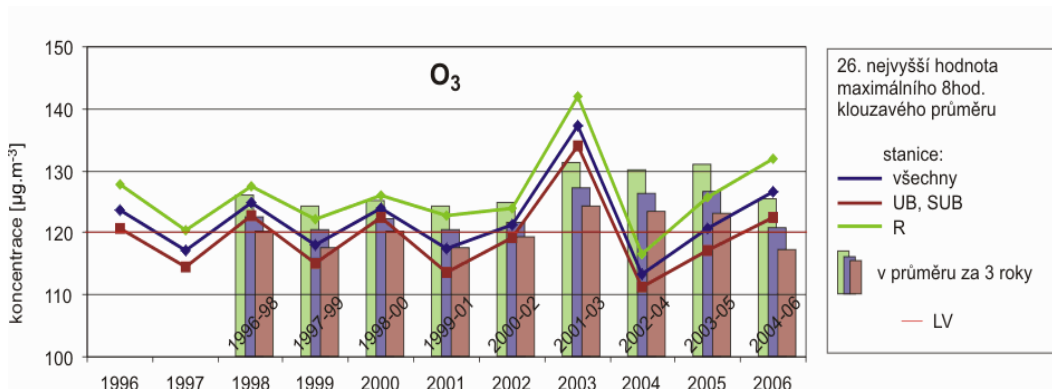


Zdroj: ČHMÚ

Z grafu č. 4 je patrné, že do roku 1999 - 2000 byl zaznamenán klesající trend ve znečištění ovzduší NO₂ a NO_x, výrazně pak SO₂ a PM₁₀. V roce 2001 došlo ke stagnaci a naopak k mírnému vzestupu koncentrací SO₂, NO₂ a NO_x, u PM₁₀ byl tento nárůst značný. V roce 2004 znečištění PM₁₀, NO₂ a NO_x opět pokleslo a to téměř na úroveň z roku 2001. V roce 2005 byl však obnoven vzestupný trend ve znečištění ovzduší PM₁₀ (nad úroveň roku 2002) a NO₂. Ten byl potvrzen i roce 2006 – u NO₂ zejména hodinovými koncentracemi a ročními koncentracemi PM₁₀ ve městech (24hod. koncentrace naopak mírně poklesly). Mírný pokles znečištění SO₂ v letech 2003 - 2005 byl vystřídán opětovným nárůstem v roce 2006, na kterém se podílel návrat některých obcí ke spalování uhlí.

Vývoj znečištění ovzduší ozónem lze vyčíst z **grafu č. 5**.

Graf č. 5 Trendy ročních charakteristik ozónu v ČR, 1996 - 2006



Zdroj: ČHMÚ

Do roku 1997 byl u ozónu zaznamenán klesající trend, v letech 1998 - 2002 pak určitá stagnace. Výrazný vzestup koncentrací O₃ následoval v roce 2003 díky dlouhotrvajícím velmi vysokým teplotám a vysokým hodnotám slunečního záření. V roce 2004 koncentrace mírně poklesly pod hodnoty z období stagnace a naopak je lehce přesáhly v roce 2005. Následující rok 2006 růst pokračoval a představoval za celé toto období druhou nejvyšší koncentraci O₃ hned po roku 2003. Zelenou barvou jsou v grafu vyznačeny venkovské lokality – zde byly naměřeny vyšší koncentrace oproti městským a předměstským lokalitám, kde je ozón odbouráván převážně emisemi z dopravy.¹

3.2 Hlavní problém znečištění ovzduší

Špatná kvalita ovzduší, i přes výše popsané změny probíhající v 90. letech, zůstává hlavním problémem životního prostředí České republiky.

Zvýšené i nadlimitní koncentrace zatěžují aglomerace a ostatní lokality, kde je soustředěno velké množství obyvatel. Značně této situaci přispívá nevyhovující dopravní situace, kdy nejzatíženější komunikace vedou středem města. Imisní situace je nevyhovující jak v Praze, Brně, tak i v dalších velkých

¹ <http://www.chmu.cz/uoco/isko/groc/gr06cz/kap2421.html>

městech, dále v Moravskoslezském kraji (zejména oblast Ostravska-Karvinska navíc zatížená emisemi z hutnictví a zpracování paliv), Ústeckém kraji i jinde.

K hlavním problémům kvality ovzduší se i v současné době řadí znečištění prachovými částicemi PM₁₀ a PM_{2,5}. 24 hodinové koncentrace PM₁₀ překračují imisní limity asi na ¼ území ČR. Roční průměrné koncentrace PM₁₀ nesplňují limit přibližně na 2% území ČR. Do těchto oblastí spadá přes 60% české populace. Pro PM_{2,5} je v rámci nově připravované legislativy ES od roku 2010 navrhována přípustná úroveň znečištění 25 µg/m³. V uplynulých letech byla tato hodnota v ČR překračována na polovině území, kde byly koncentrace PM_{2,5} měřeny a problémy se splněním plánovaného limitu lze očekávat i do budoucna.

Zvýšené koncentrace lze zaznamenat také u NO₂, které mají stále více plošný charakter. I zde stojí v popředí rostoucí doprava.

Značná pozornost je v poslední době věnována polycyklickým aromatickým uhlovodíkům, jejichž cílový imisní limit je velmi často překračován, mají schopnost vázat se na suspendované částice a jsou typické svými mutagenními a karcinogenními účinky.

3.2.1 Polycyklické aromatické uhlovodíky

PAU jsou jednoduché sloučeniny uhlíku a vodíku. Jejich strukturu tvoří dvě a více aromatických cyklů, díky nimž jsou velmi stabilní. Do skupiny PAU patří velké množství různých chemických sloučenin, z praktického hlediska je pozornost zaměřena na méně než 20 z nich. Většina těchto sledovaných PAU obsahuje více jak tři aromatické cykly a těkají až za vysokých teplot. Jsou také prakticky nerozpustné ve vodě a patří mezi látky lipofilní.

Zdroje emisí:

PAU, které unikají do ovzduší, pocházejí zejména z následujících zdrojů:

- topení (elektrárny a domácí topeniště na dřevo, uhlí a minerální oleje)
- automobilová doprava
- spalovny odpadů
- zpracování uhlí a ropy (např. rafinace, koksování, zplynování uhlí)

- požáry (např. les, sláma, zemědělství)
- průmyslová výroba a zpracování např. hliníku, železa a oceli, slévárny
- cigaretový kouř

V rámci České republiky představují nejproblémovější zdroje emisí PAU domácí topeniště a automobilová doprava. Složení PAU emitovaných výfukovými plyny závisí na řadě faktorů, např. na typu a parametrech paliva, jízdních podmínkách, teplotě prostředí či na seřízení motoru. Za pomoci poměrů jednotlivých PAU v ovzduší je možné identifikovat jejich zdroje. Tyto poměry je nutné brát s určitou rezervou, jelikož v atmosféře dochází k rozkladu jednotlivých sloučenin.

Pro stanovení zdroje lze využít benzo(ghi)perylene a indeno(1,2,3-cd)pyrene jako jedny z nejstabilnějších sloučenin PAU. Benzo(ghi)perylene pochází hlavně z mobilních zdrojů, a tak poměr benzo(ghi)perylenu ku indeno(1,2,3-cd)pyrenu se zvyšuje s množstvím automobilových zplodin v ovzduší. Odhad zdroje emisí PAU na základě těchto dvou sloučenin zobrazuje následující **tabulka č. 7**.¹

Tab. č. 7 Zdroj PAU na základě jejich poměru

Benzo(ghi)perylene : indeno(1,2,3-cd)pyrenu	Zdroj
<1	Stacionární
≥3	Mobilní

Celkové emise způsobené automobilovou dopravou jsou mnohem nižší u vozidel s katalyzátorem (spektrum jednotlivých PAU však příliš ovlivněno není). Pozitivní je skutečnost, že zastoupení automobilů s katalyzátorem se zvyšuje. Současně však narůstá počet všech vozidel a intenzita dopravy.

PAU v ovzduší:

PAU se 2 - 3 cykly se vyskytují v ovzduší spíše v plynné formě, s 5 - 6 cykly v kondenzované formě na tuhých částicích a se 4 cykly pak v obou fázích. Přítomnost PAU v pevné či plynné formě rovněž ovlivňuje teplota prostředí,

¹ rešerše: KAZMAROVÁ, H. Polycyklické aromatické uhlovodíky – podklad pro současný odborný názor na toxicitu PAU. Praha, 2008.

relativní vlhkost, koncentrace PAU a také chemické složení pevných částic obsažených v aerosolu.

Velikostní frakce tuhých částic lze rozlišit na ultrajemné ($<1,0 \mu\text{m}$), jemné ($<2,5 \mu\text{m}$) a hrubé ($>2,5 \mu\text{m}$). Zjistilo se, že se PAU ve větší míře vážou na jemné částice menší než $2,5 \mu\text{m}$. Tyto částice přetrvávají v atmosféře poměrně dlouhou dobu (dny až týdny), což umožňuje jejich transport na velké vzdálenosti (stovky až tisíce kilometrů).

Distribuce PAU v atmosférickém aerosolu je podobná pro PAU se stejnou molekulární hmotností. Čím je molekulární hmotnost menší, tím více se slučují s většími částicemi. PAU s molekulární hmotností větší než 228 (např. benzo(a)pyren) se vážou primárně na jemnou frakci, PAU s molekulární hmotností 178 - 202 pak přibližně stejně mezi jemnou a hrubou frakci, tedy na částice větší.

V ovzduší podléhají PAU změnám, mohou oxidovat a degradovat. Produkty jejich rozkladu jsou složité látky a některé z nich mají také mutagenní nebo karcinogenní vlastnosti. Aby mohly PAU v atmosféře chemicky či fotochemicky reagovat, je zapotřebí jejich aktivace UV zářením, ale i dalšími kontaminanty přítomnými v ovzduší. Jsou schopny reagovat s ozonem, hydroxylovými radikály, NO_2 nebo HNO_3 . Obecně vedou tyto reakce k tvorbě polárnějších a ve vodě rozpustnějších derivátů a jejich poločas se pohybuje v rozmezí několika hodin až dnů. Rychlost této přeměny závisí na mnoha faktorech – formě výskytu PAU (navázané na pevné částice jsou stabilnější než v plynné fázi), koncentraci ozonu, OH nebo meteorologických podmínkách.¹

Účinky:

PAU tvoří jednu z hlavních skupin karcinogenů přítomných v ovzduší. Jsou aktivovány na reaktivní deriváty pomocí metabolických enzymů a vytváří adukty s DNA a proteiny. Přítomnost aduktů v DNA může vést ke vzniku mutací a vysoká hladina DNA aduktů je asociována se zvýšeným rizikem vzniku nádorového onemocnění.

¹ rešerše: KAZMAROVÁ, H. Polycyklické aromatické uhlovodíky – podklad pro současný odborný názor na toxicitu PAU. Praha, 2008.

Jako odraz expozice PAU lze stanovit koncentraci jejich metabolitu 1-hydroxypyrenu v moči nebo mutagenitu moči. Sledovat vliv PAU na organismus je možné také pomocí hladiny DNA aduktů či výskytu chromozomových aberací. Těchto metod se využívá v epidemiologických studiích, které se zabývají vlivem koncentrací PAU na lidské zdraví.

V provedených studiích bylo zjištěno, že zvýšená prenatální expozice PAU významně snižuje porodní váhu, délku i obvod hlavy novorozenců. Jiné studie ukázaly, že prenatální expozice zvýšeným koncentracím PAU a PM₁₀ může být spojena s imunologickými změnami v pupečnickové krvi a s vyšším výskytem respiračních onemocnění v prvních letech života.¹

Pracovníci Ústavu experimentální medicíny AV ČR organizovali studie, do nichž byla jako exponovaná skupina vybrána skupina městských strážníků z centra Prahy, kteří trávili denně více než 8 hodin venku. Kontrolní skupinu tvořili zdraví dobrovolníci stejného věku a pohlaví, kteří pobývali více než 90% dne ve vnitřním prostředí. Pomocí personálních samplerů byly měřeny koncentrace PAU, PM₁₀ a PM_{2,5}. Významně byla zvýšena hladina všech parametrů včetně DNA aduktů a chromozomových aberací u strážníků. U exponované skupiny se rovněž zjistilo, že poškození DNA je statisticky vyšší u vzorků odebraných v lednu, než u těch ze srpna. Sezónní charakter poškození DNA v topné sezóně se projevil také na kvalitě spermií. U kontrolní skupiny tyto výsledky zjištěny nebyly, čímž se potvrzuje spojitost výše uvedených změn u strážníků se znečištěným ovzduším PAU a suspendovanými částicemi.²

Karcinogenní riziko:

Jednotlivé PAU jsou různě silnými karcinogeny. Pro posouzení vlastností celé směsi se používá toxický ekvivalent benzo(a)pyrenu, který se rovná součtu koncentrace každého PAU násobené toxickým ekvivalentovým faktorem (TEF). Za základ vyjádření potencionálního karcinogenního rizika byl vzat benzo(a)pyren (TEF = 1) a od něho vypočteny hodnoty TEF pro jednotlivé PAU. Při hodnocení karcinogenů se vychází z teorie bezprahového působení, kdy

¹ rešerše: KAZMAROVÁ, H. Polycyklické aromatické uhlovodíky v ovzduší – změny legislativy a nové poznatky o účincích na lidské zdraví v letech 2004 – 2007. Praha, 2008.

² http://www.sospraha.cz/doprava/cd/biomarkery_sramakol.htm

jakákoliv expozice znamená určité riziko a velikost rizika se zvyšuje se zvyšující se expozicí. Odhad tohoto rizika používá přístup, který uvažuje celoživotní expozici 24 hodin denně pro dospělého člověka o hmotnosti 70 kg, který vdechne 20 m³ vzduchu.

Teoretický odhad pravděpodobnosti vzniku nádorového onemocnění při celoživotní expozici koncentracím sumy PAU měřeným v roce 2007 se pro sledovaná sídla pohybuje v rozsahu 2,80*10⁻⁵ až 7,80*10⁻⁴, to je 3 případy ze 100 000 až 8 případů z 10 000 celoživotně exponovaných obyvatel. Jaké je navýšení individuálního zdravotního rizika v jednotlivých typech lokalit zachycuje **tabulka č. 8**.¹

Tab. č. 8 Karcinogenní riziko v jednotlivých typech lokalit

Typ lokality	Karcinogenní potenciál
Domácí topeniště	1*10 ⁻⁴
Doprava	7,44*10 ⁻⁵ – 1,55*10 ⁻⁴
Velké průmyslové zdroje	1,16*10 ⁻⁴ – 7,8*10 ⁻⁴
Pozadí	2,83*10 ⁻⁵

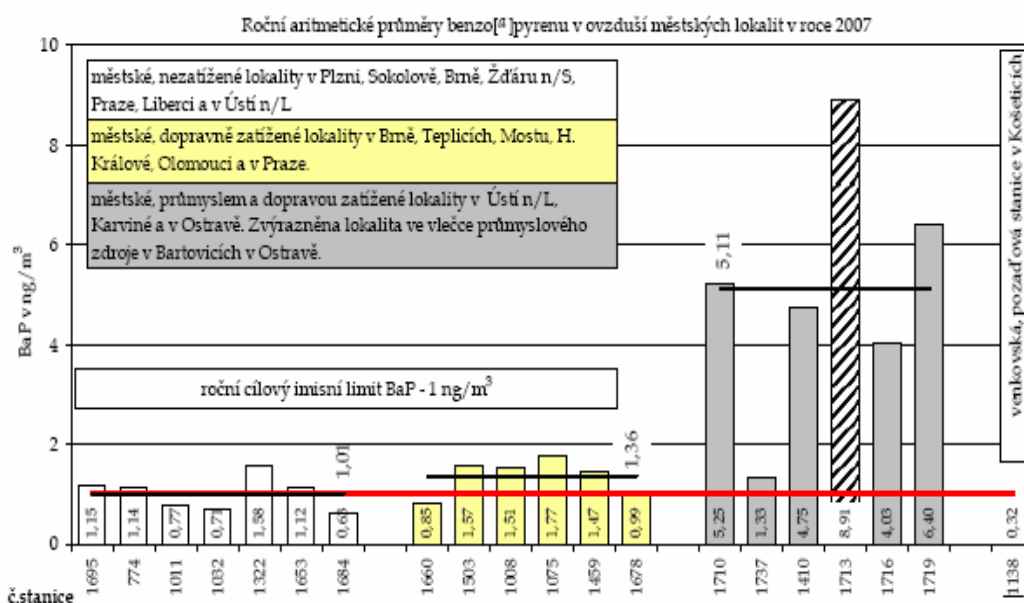
Imisní situace

Emisní bilance PAU podlela v minulých letech, jako řada dalších škodlivin (viz kapitola 3.1), určitému vývoji. V roce 2001 vykazovaly celkové roční emise 63% (470 tun) oproti roku 1990 (752 tun). Přesto byla i v roce 2007 zaznamenána zvýšená zátěž ovzduší PAU.

Jako indikátor zátěže ovzduší PAU je používán benzo(a)pyren (BaP), pro který je stanoven roční cílový imisní limit 1 ng/m³. Tento limit byl v roce 2007 překročen na 14 z 20 stanic zahrnutých do měření. Na všech stanicích v Ostravě a Karviné šlo o překročení hodnoty CIL čtyři a vícekrát (4,75 až 8,91 ng/m³), na ostatních městských stanicích maximálně o 60%.¹ Roční aritmetické průměry BaP z různých lokalit v roce 2007 jsou znázorněny v **grafu č. 6**.

¹ http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/odborne_zpravy/OZ_07/ovzdusi_2007_zprava.pdf

Graf č. 6 Roční aritmetické průměry BaP v ovzduší městských lokalit v roce 2007

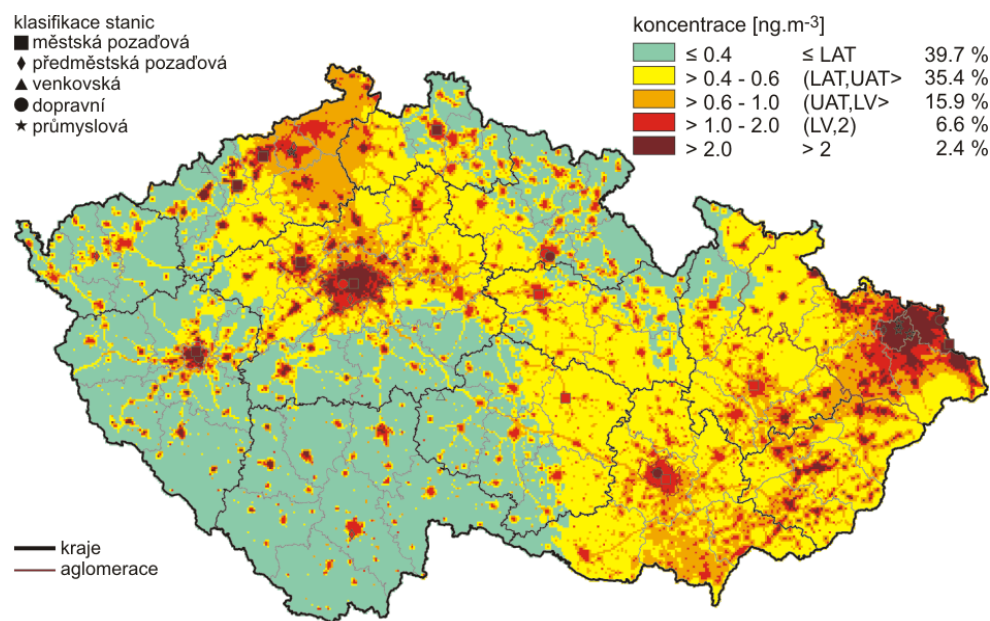


Zdroj: SZÚ

V městských nezatížených lokalitách se koncentrace BaP pohybovaly mezi 0,6 až 1,6 ng/m³, v lokalitách ovlivněných dopravou pak mezi 0,85 až 1,8 ng/m³. Průmyslem zatížené lokality vykazovaly hodnoty několikanásobně vyšší (1,3 až 8,9 ng/m³).

Oblasti se zvýšenou zátěží znečištění ovzduší BaP jsou zachyceny na mapě České republiky (obrázek č. 2).

Obr. č. 2 Roční průměrné koncentrace BaP v ovzduší ČR v roce 2006



Zdroj: ČHMÚ

Mapka ukazuje, že v roce 2006 byl CIL pro BaP překročen na 9% území ČR, kde žije přibližně 69% obyvatel ČR. Do oblastí s nadlimitními koncentracemi BaP spadají větší městské celky, kde se uplatňuje plošná zátěž z dopravy. Dále okrajové části měst a místa s vyšším podílem spalování fosilních paliv (zejména v topné sezóně). V těchto lokalitách bylo v roce 2007 zaznamenáno snížení naměřených hodnot oproti roku 2006. Významně tomu přispěly klimaticky příznivé podmínky v roce 2007, což potvrzuje značný vliv domácích topenišť na znečištění ovzduší BaP. Další příčinou nadlimitních koncentrací je těžký průmysl, který se výrazně projevuje v ostravsko-karvinské aglomeraci.

Cílový imisní limit pro BaP musí být splněn do 31.12.2012 a po tomto datu by hodnota 1 ng/m³ neměla být překračována.

4. Program Teplice

Pomalé a neúčinné řešení závažných problémů v životním prostředí vedlo především v severních Čechách na konci osmdesátých let k narůstající nespokojenosti veřejnosti. To podnítilo skupinu nezávislých odborníků ke zpracování uceleného materiálu, který předložili vládě České republiky. Tento materiál se stal rozhodujícím podkladem pro přijetí usnesení č. 287/1990, v němž vláda uložila provést komplexní výzkum vlivu životního prostředí na zdravotní stav obyvatel. Tak vznikl a od roku 1991 začal být plněn rozsáhlý výzkumný úkol „Důsledky znečištění prostředí na obyvatelstvo v okrese Teplice“, známý jako Program Teplice. Jako modelový byl ke sledování kvality ovzduší vybrán okres Teplice představující zástupce velmi znečištěné oblasti s rozvinutým průmyslem a povrchovou těžbou hnědého uhlí. Jako srovnávací byl zvolen okres Prachatice zastupující region s příznivými parametry životního prostředí (především ovzduší).

Program Teplice byl dotován Ministerstvem životního prostředí a některá zařízení pro něj byla dodána z prostředků PHARE. Hlavním cílem Programu bylo objektivizovat příčiny negativního stavu životního prostředí a jeho dopadu na zdraví obyvatelstva, navrhnout priority opatření, které by vedly ke zlepšení životního prostředí, a ověřit jejich účinnost.

Náplní programu byly zejména tyto tři body:

- Detailní poznání a trvalé sledování jednotlivých složek životního prostředí se zvláštním důrazem na ovzduší, které je v severočeských pánevních okresech limitujícím faktorem,
- sledování a rozbor zdravotního stavu obyvatel se zaměřením na nejvíce ohrožené skupiny, jako jsou děti a těhotné ženy,
- poskytování podkladů pro intervenční zásahy směřující k pozitivnímu ovlivňování zdravotního stavu, především odstraněním nesprávných návyků a změnou životního stylu.¹

¹ NOŽIČKA, J. – KOTĚŠOVEC, F. – ŠÍPEK, F. Program Teplice: Prachatice 1995. Praha: Český ekologický ústav, 1996, s. 5.

Program Teplice je logicky strukturovaným souborem projektů, jejichž cílem je objektivně posoudit vztah mezi znečištěným ovzduším a změnou zdravotního stavu populace v exponované oblasti. Složitost úkolu vyplývá ze skutečnosti, že se jedná o působení komplexních směsí různých chemických látek, které v těchto směsích mohou působit jinak, než jak účinkují jednotlivě. Dále pak v tom, že následky působení škodlivých faktorů prostředí lze těžko odlišit od důsledků špatného životního stylu a osobních návyků.

V rámci Programu Teplice byly řešeny následující projekty:

I. Kvalita životního prostředí a modelování

- 1. Monitorování ovzduší**
- 2. Zevní ovzduší a meteorologie**
- 2a) Atmosférické disperzní a receptorové modelování**
- 3. Hodnocení expozice mutagenům ovzduší**
- 4. Výživa**

II. Biomarkery expozice

- 5. Biomarkery expozice mutagenům a karcinogenům**

III. Zdravotní účinky

- 6. Respirační účinky u dětí**
- 7. Neurobehaviorální účinky u dětí**

IV. Reprodukce

- 8. Výsledky těhotenství**
- 9. Kvalita lidských spermií**

V. Populační ukazatele zdravotního stavu

- 10. Úmrtnost**
- 11. Incidence a geografické rozložení zhoubných nádorů¹**

¹ KOTĚŠOVEC, F. Program Teplice: základní údaje 1993 – 1994. Praha: Český ekologický ústav, 1994, s. 9 – 10, 79.

V průběhu řešení Programu Teplice se prokázalo, že znečištění ovzduší se na zhoršení zdravotního stavu obyvatel pánevních okresů bezesporu podílí, ale je jen jednou ze složek složitého komplexu účinných faktorů. Také bylo zjištěno, že k poškození genetického materiálu dochází nejen na úrovni DNA, ale i na úrovni chromozomů a buněk.

Kvalita plnění jednotlivých projektů byla průběžně posuzována a na základě získaných výsledků byly vyhodnoceny směry výzkumu pro příští období. Smyslem bylo studovat otázky, které se staly vědecky prioritní a zásadní pro plnění cíle projektu. Tak vznikl Program Teplice II, řešený v letech 1997 – 1999 jako pokračování Programu Teplice z období 1991 – 1996. I v těchto studiích zůstalo hlavním cílem stanovení rizika znečištění ovzduší pro zdraví obyvatelstva.

Podrobnější popis cílů Programu Teplice II:

- Určit, které chemicky definované složky vzdušných kontaminantů jsou zodpovědné za prokázaný genotoxický a embryotoxický účinek,
- zhodnotit účinek znečištění ovzduší na výsledky těhotenství v modelových okresech Teplice a Prachatice,
- zjistit, jaké jsou dlouhodobé následky expozice škodlivým faktorům v období prenatálního vývoje,
- jaký je vliv endokrinních disruptorů na reprodukční funkce,
- jak se celkové zlepšení místní situace i společenského klimatu projevuje v indikátorech zdravotního stavu populace (úmrtnost) včetně biologických markerů expozice.¹

Výsledky Programu Teplice II jednoznačně ověřily, že zdravotní stav obyvatel Teplíc je vzhledem ke srovnávací oblasti i průměru ČR významně horší z hlediska výskytu chorob respiračního traktu a alergických stavů u dětí a v reprodukčních funkcích (kvalita a počet spermií, doba k oplození, výsledky těhotenství) a především v souhrnném ukazateli – úmrtnosti. K zásadním poznatkům patřilo to, že znečištěné ovzduší významně ovlivňuje genetický materiál a reprodukční funkce.

¹ ŠRÁM, R. Program Teplice II. Ochrana ovzduší, 1999, roč. 11, č. 5 – 6, s. 1 – 3.

K pozoruhodnému výsledku patřilo vyvrácení předpokladu, že vzduch severočeských Teplic bude mnohem více kontaminován PAU než vzduch jihočeských Prachatic. Tento výsledek pravděpodobně způsobil uhelný kotel závodu Jitona Prachatice, kde byly ve spalinách prokázány vysoké emise karcinogenních PAU.

Program Teplice II umožnil získat zcela nové poznatky a poukázat na faktory, které nebyly při hodnocení rizika pro člověka zatím vůbec uvažovány. Stal se unikátním projektem i v evropském měřítku.

5. Systém monitorování zdravotního stavu obyvatelstva ČR ve vztahu k životnímu prostředí

Od roku 1994 běží kontinuálně pod garancí Státního zdravotního ústavu v ČR projekt zvaný Systém monitorování zdravotního stavu obyvatelstva České republiky ve vztahu k životnímu prostředí. Je to ucelený systém sběru údajů o stavu složek životního prostředí, jejich zpracování a hodnocení možného vlivu na zdravotní stav české populace. Průběžně se vyvíjí jak spektrum sledovaných faktorů a chemických látek, tak i způsob zpracování výsledků a jejich prezentace. Výsledky z jednotlivých let monitorování jsou publikovány v souhrnných a odborných zprávách v tištěné i elektronické podobě (dostupné na: <http://www.szu.cz/publikace/monitoring-zdravi-a-zivotniho-prostredi>). Slouží jako podklad pro rozhodování v oblasti kontroly a řízení zdravotních rizik pro orgány státní správy, hygienickou službu, jako informace pro spolupracující resorty a pracoviště, a pro odbornou i širší veřejnost. Tyto výstupy mohou být například využity k vydávání legislativních opatření, pro stanovování a účelnou korekci limitů znečišťujících látek. Hlavním záměrem systému je sledovat a hodnotit časové řady (získané z výsledků v monitorovaných lokalitách za jednotlivá období) vybraných ukazatelů kvality složek ŽP a zdravotního stavu populace, hodnotit výši expozice obyvatel škodlivinám z prostředí a odhadnout vyplývající zdravotní dopady a rizika. Výsledky jsou natolik komplexní, že mohou informovat i ostatní země o úrovni zdravotního stavu naší populace a o rizicích ze znečištění životního prostředí v České republice.

Systém monitorování je realizován na základě usnesení vlády ČR č. 369/1991 Sb., je obsažen v zákoně o ochraně veřejného zdraví č. 258/2000 Sb. a představuje jednu z priorit Akčního plánu zdraví a životního prostředí ČR, který byl schválen usnesením vlády č. 810/1998 Sb.

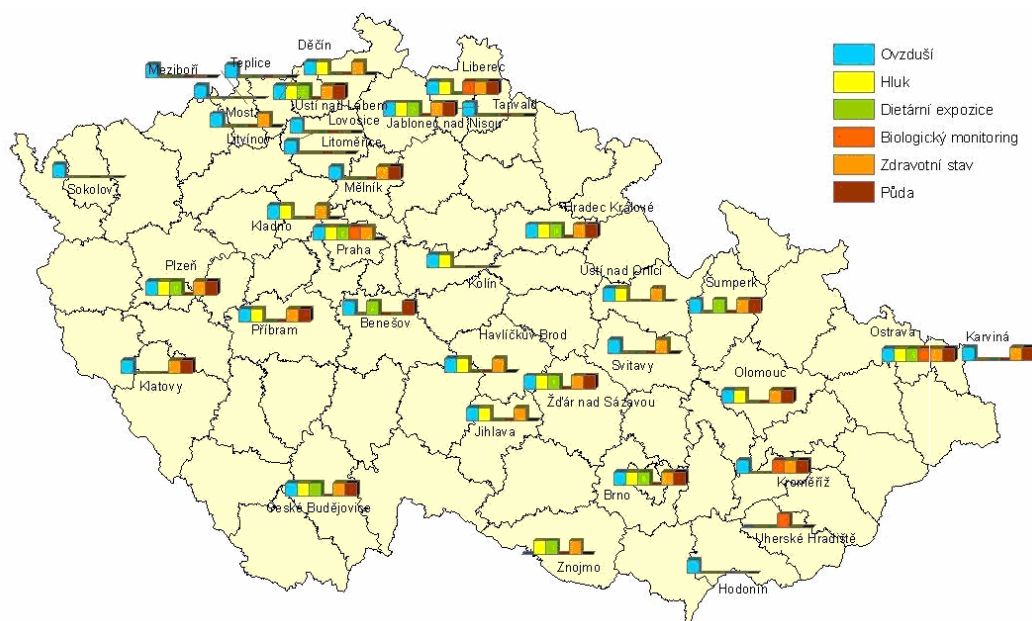
Rok 2007 představoval již čtrnáctý rok monitorovacích aktivit a probíhal v osmi subsystémech:

- **subsystém I. - Zdravotní důsledky a rizika znečištění ovzduší**
- **subsystém II. - Zdravotní důsledky a rizika znečištění pitné vody**

- subsystém III. - Zdravotní důsledky a rušivé účinky hluku
- subsystém IV. - Zdravotní důsledky zátěže lidského organismu cizorodými látkami z potravinových řetězců, dietární expozice
- subsystém V. - Zdravotní důsledky expozice lidského organismu toxickým látkám ze zevního prostředí, biologický monitoring
- subsystém VI. - Zdravotní stav a vybrané ukazatele demografické a zdravotní statistiky
- subsystém VII. - Zdravotní rizika pracovních podmínek a jejich důsledky
- subsystém VIII. - Zdravotní rizika kontaminace půdy městských aglomerací

System monitorování je realizován ve vybraných sídlech, kterými jsou hlavní město Praha, krajská města, vybraná bývalá okresní města a některá další sídla. Monitorování subsystémů II a VII je prováděno na celostátní úrovni. Některé subsystémy nejsou provozovány ve všech lokalitách z ekonomických a technických důvodů. Města, která se účastní jednotlivých subsystémů jsou znázorněna na **obrázku č. 3**.¹

Obr. č. 3 Přehled účastnických měst jednotlivých subsystémů



¹ http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/souhrnna_zprava/Szu_08cz.pdf

5.1 Subsystem I. - Zdravotní důsledky a rizika znečištění ovzduší

Subsystem I zahrnuje sledování a hodnocení vybraných ukazatelů zdravotního stavu obyvatelstva a kvality venkovního a vnitřního ovzduší. Informace o zdravotním stavu obyvatelstva pocházejí od praktických lékařů pro dospělé a pediatriů v ambulantních zdravotnických zařízeních. Výsledky měření koncentrací znečišťujících látek ve venkovním ovzduší jsou získávány ze sítě měřicích stanic, které provozují zdravotní ústavy a Český hydrometeorologický ústav. Sledování kvality vnitřního ovzduší je realizováno ve spolupráci s vybranými zdravotními ústavami.

Cíle tohoto subsystému monitoringu lze shrnout do následujících kroků. V první řadě jde o popis zdravotního stavu obyvatelstva a charakteristiku kvality venkovního ovzduší. Tyto informace jsou určeny pro Ministerstvo zdravotnictví, vládu ČR a veřejnost a mohou být využity pro další cílené studie. Zhodnocení trendu vývoje jednotlivých sledovaných ukazatelů slouží pro zavedení opatření k ochraně prostředí, pro sledování jejich efektu a pro posuzování dynamiky vývoje a změn vnímavosti populace k vlivům prostředí. Na základě posouzení a vyhodnocení zdravotních rizik sledovaných parametrů lze sledovat dynamiku expozice populace a určit oblasti s největší zátěží kombinovanému nebo specifickému působení sledovaných látek. Součástí monitoringu je také zhodnocení situace v zátěži obyvatelstva vybranými škodlivinami ve vnitřním prostředí. Zjištěné skutečnosti dávají přehled o výskytu a koncentračním rozmezí vybraných parametrů kvality vnitřního ovzduší v různých typech vnitřního prostředí.¹

Výsledky z odborné zprávy monitoringu subsystému I jsem použila pro psaní této práce a mohou být také významným podkladem ke zvýšení povědomí široké veřejnosti o dopadech znečištěného ovzduší na lidské zdraví.

¹ http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/odborne_zpravy/OZ_07/ovzdusi_2007_zprava.pdf

6. Možnosti prevence

Základním nástrojem pro udržování a zlepšování kvality ovzduší jsou legislativní opatření. V rámci Evropské unie jsou vydávány direktivy, které jsou závazné pro členské země (tedy i pro ČR) a musí být začleněny do jejich legislativy. Stěžejní normou v EU pro ochranu ovzduší je rámcová direktiva 96/62/ES – *Kvalita ovzduší a její řízení* a její dceřiné komponenty:

„První dceřiná směrnice“ 1999/30/ES o mezních hodnotách pro oxid siřičitý, oxidy dusíku, prашný aerosol a olovo

„Druhá dceřiná směrnice“ 2000/69/ES o mezních hodnotách pro benzen a oxid uhelnatý

„Třetí dceřiná směrnice“ 2002/3/ES o ozónu ve vnějším ovzduší

„Čtvrtá dceřiná směrnice“ 2004/107/ES o obsahu arsenu, kadmia, rtuti, niklu a polycyklických aromatických uhlovodíků ve vnějším ovzduší

Konkrétní hodnoty limitů mohou být při přejímání do národní legislativy stejné nebo přísnější, v žádném případě mírnější.

Hlavní cíle definované rámcovou direktivou jsou:

- zavést cíle kvality ovzduší (limitní hodnoty, cílové hodnoty, zvláštní imisní limity) k ochraně lidského zdraví a životního prostředí jako celku před škodlivými vlivy znečištěného ovzduší,
- stanovit kvalitu ovzduší na základě obecně používaných metod a zajistit adekvátní a aktuální informace veřejnosti,
- udržovat kvalitu ovzduší tam, kde je dobrá a zlepšovat v ostatních případech.

V České republice bylo evropské právo implementováno do zákona č. 86/2002 Sb. o ochraně ovzduší a o změně některých dalších zákonů (od roku 2005 ve znění novely č. 472/2005 Sb.) a do příslušných nařízení vlády a vyhlášek.

Za překračování imisních limitů hrozí ČR sankce ze strany Evropské komise. Je tedy třeba přistoupit k zásadním opatřením ke zlepšení kvality ovzduší.

V roce 2007 Ministerstvo životního prostředí vypracovalo Národní program snižování emisí ČR. Jeho hlavním cílem je snížit, s důrazem na podporu nových enviromentálně šetrných technologií a využití potenciálu energetických úspor, zátěž životního prostředí látkami poškozujícími ekosystémy a vegetaci a vytvořit předpoklady pro regeneraci postižených složek životního prostředí a pro snižování rizik pro lidské zdraví, která plynou ze znečištěného ovzduší. Program se soustřeďuje především na legislativní a ekonomické nástroje, které jsou v kompetenci orgánů ochrany ovzduší, zejména krajů.

Specifické cíle Programu jsou:

- plnit od určitého termínu (roku 2010) stanovené hodnoty národních emisních stropů SO₂, NO_x, VOC a NH₃,
- přispět ke snížení úrovně znečištění ovzduší PM₁₀ pod platné imisní limity,
- přispět ke snížení úrovně znečištění ovzduší benzo(a)pyrenem pod platný cílový imisní limit.

Program se cíleně zaměřuje na zásadní problém kvality ovzduší, který představuje automobilová doprava a vytápění domácností. Na rozdíl od velkých průmyslových zdrojů navíc tyto nepodléhají centrální regulaci z hlediska požadavků na emisní parametry.

Nové automobily musí splňovat emisní normy EURO, ovšem specifickým problémem ČR je jednak vysoké průměrné stáří vozů a jednak obrovský nárůst kamionové dopravy po našem vstupu do EU. Jisté zlepšení by mohlo přinést postupné zavedení mýta i na silnicích I. třídy, což má mimo jiné přispět k větší motivaci k přesunu nákladů na železnice, a také nové limity pro měrné emise CO₂, což bude znamenat i snížení emisí ostatních znečišťujících látek. Přípravuje se také zpřísnění podmínek systému pravidelných kontrol technického stavu (včetně měření emisí), aby nemohlo nadále docházet k praxi, kdy kontrolou formálně projdou i vozy, které kontroloři ani neviděli.

Plánovaná novela zákona o ovzduší (vznikne snad nejpozději do konce roku 2008) počítá se změnami i pro vytápění domácností. Budou stanoveny

technické a emisní parametry i pro malé zdroje znečišťování (tedy i pro domovní kotle a kamna). Spalovací zařízení, která nebudou parametry splňovat, nebude povoleno po 1. lednu 2014 používat. Stejně tak se postupně zpřísní požadavky na kvalitu paliv – nekvalitní paliva tak do roku 2014 zmizí z trhu, takže si je lidé ani nebudou mít možnost koupit.

Ekologická daňová reforma zatížila od ledna 2008 tzv. špinavá paliva spotřební daní (uhlí cca 10%, elektřina pro vytápění 1%) a čistější alternativy zvýhodnila (obnovitelné zdroje energie či zemní plyn pro domácnost).¹

Pro uplatnění jednotlivých opatření ke snižování emisí v praxi je důležitá také motivace. Jednu takovou může představovat Operační program Životní prostředí (OP ŽP), který připravil Státní fond životního prostředí a Ministerstvo životního prostředí ve spolupráci s Evropskou komisí. OP ŽP nabízí v letech 2007 – 2013 z evropských fondů finanční prostředky pro ČR na podporu konkrétních projektů v sedmi oblastech.

Pro oblast Prioritní osy 2 – Zlepšení kvality ovzduší a snižování emisí bylo vyčleněno více než 634 milionů eur. Tyto prostředky lze využít např. pro přechod na ekologické vytápění, instalaci zařízení pro záchyt emisí, ale i pro výsadbu izolační zeleně k omezování prašnosti.²

Domácnosti, které nahradí kotel či kamna na fosilní paliva za moderní kotel na biomasu či tepelné čerpadlo, nebo si pořídí solární systém, si mohou zažádat o finanční podporu z dotačního programu Státního fondu ŽP ČR.

Realizaci preventivních kroků ke zlepšování stavu ovzduší ztěžuje neochota obyvatel nést zodpovědnost za kvalitu ovzduší. Proto je velmi důležité zaměřit se také na zvyšování povědomí veřejnosti o dopadech jejího chování na kvalitu ovzduší a o problematice zdravotních rizik plynoucích ze znečištěného ovzduší.

¹ [http://www.mzp.cz/AIS/web-pub.nsf/\\$pid/MZPJAFJW5EC9/\\$FILE/NPSE%20%C4%8CR.pdf](http://www.mzp.cz/AIS/web-pub.nsf/$pid/MZPJAFJW5EC9/$FILE/NPSE%20%C4%8CR.pdf)

² <http://www.opzp.cz/sekce/368/prioritni-osa-2/>

Závěr

Cílem této práce bylo zhodnotit stav ovzduší České republiky, vystihnout hlavní problémy znečištění ovzduší a proč představují tak zásadní dopad na životní prostředí a lidské zdraví.

Koncentrace znečišťujících látek v ovzduší jsou sledovány především pro jejich negativní působení na ekosystém a lidský organismus. Účinky jednotlivých látek se mohou pohybovat od psychické nepohody přes zhoršení plicních funkcí až po vznik mutací a zvýšenou úmrtnost. Z možných účinků lze považovat za nejobávanější bezprahové působení látek. U něj totiž neexistuje bezpečná hranice a se zvyšující se expozicí roste riziko poškození organismu. Bezprahové účinky látek jsou typické pro karcinogeny, mezi které se řadí i polycyklické aromatické uhlovodíky.

PAU představují široké spektrum sloučenin se dvěma a více kondenzovanými jádry v molekule. Mají schopnost vázat se na prachové částice (převážně na frakci $PM_{2,5}$), perzistovat v prostředí a mohou být unášeny na velké vzdálenosti. Jako indikátor zátěže ovzduší PAU je využíván benzo(a)pyren, pro který je stanoven cílový imisní limit 1 ng/m^3 . Tato hodnota je dlouhodobě překračována na více než polovině stanic monitorujících koncentrace PAU v ovzduší. Extrémní hodnoty bývají zaznamenány na stanicích v Ostravě a Karvině (značný vliv těžkého průmyslu). Vedle již zmíněného karcinogenního potenciálu (BaP se podle klasifikace karcinogenity IARC řadí do skupiny 2A – pravděpodobný karcinogen) působí PAU také na kvalitu spermií, vývoj plodu, hormonální rovnováhu či imunitní systém.

Na základě limitů stanovených legislativou a dat získaných z monitorovacích stanic jsem stanovila škodliviny, u kterých je problematické dodržování daných parametrů. Jedná se zejména o suspendované částice frakce PM_{10} , NO_2 a výše popsané PAU (respektive BaP). Z výsledků měření je patrné, že ČR bude mít významné problémy i se splněním navrhované limitní hodnoty pro $PM_{2,5}$. Z mapy ČR znázorňující lokality se zvýšenými a nadlimitními koncentracemi těchto látek jsem vyvodila, že se jedná o místa se zvýšenou emisní zátěží z dopravy, domácích topenišť a těžkého průmyslu. Konkrétně tato místa

odpovídají aglomeracím Prahy a Brna, Hradci Králové, Plzni, Ústeckému kraji, severočeské pánevní oblasti, jižní Moravě a především průmyslem exponovanému Moravskoslezskému kraji (Ostrava a Karviná). Navíc jde o lokality hustě osídlené, a tak je škodlivinami z ovzduší exponovaná značná část populace ČR (přes 60%).

Znečištění ovzduší (zejména díky rostoucí dopravě) má stále více plošný charakter. Je třeba zavést nová opatření ke zlepšení kvality ovzduší a ty současná zpřísnit. Pozornost by měla být věnována rozhodujícím emitentům PM_{10} , $PM_{2,5}$, PAU a NO_x , kterými jsou zejména obtížně regulovatelné sektory vytápění domácností a silniční doprava.

Souhrn

Téma této bakalářské práce je „Problematika znečištění ovzduší z hlediska zdravotních rizik, monitorování chemických látek v ovzduší ČR, možnosti prevence“. Cílem práce bylo vystihnout hlavní problémy znečištění ovzduší a proč představují tak zásadní dopad na životní prostředí a lidské zdraví. V práci jsem popsala zdroje vnášení jednotlivých škodlivin do ovzduší a zejména jejich zdravotní rizika. Dále jsem využila výsledky monitorování znečišťujících látek v ČR při hodnocení stavu ovzduší, jeho vývoje a popisu oblastí se zhoršenou kvalitou ovzduší. Zabývala jsem se i programy a projekty, které byly v ČR realizovány pro výzkum vlivu životního prostředí na zdravotní stav obyvatel a zlepšení kvality ovzduší. V poslední kapitole jsou zahrnuta opatření, která by se mohla podílet na uspokojivějším stavu ovzduší.

Summary

The theme of this bachelor thesis is „Air pollution and adverse health effects, monitoring of air pollutants in the Czech Republic, preventive measures“. The target of the thesis was to describe the main problems of air pollution and the reasons why do they represent so massive impact of the environment and human health. I defined the sources of air pollutants and especially their health hazards. Then I took advantage of the results of air pollutants monitoring in the Czech Republic to analyze the air quality, their progression and specification of the areas with decreasing air quality. I also dealt with programmes and projects that have been realized in the Czech Republic for the research of effect of the environment on human health and improvement of the air quality. The last chapter includes the steps, that could participate on more acceptable air conditions.

Seznam použité literatury

- [1] **KOLEKTIV AUTORŮ.** Systém monitorování zdravotního stavu obyvatelstva České republiky ve vztahu k životnímu prostředí: Subsystem č. I. – Zdravotní důsledky a rizika znečištění ovzduší – Odborná zpráva za rok 2007. Praha: SZÚ, 2008.
- [2] **KOLEKTIV AUTORŮ.** Manuál prevence v lékařské praxi – díl III. Prevence nepříznivého působení vlivů obytného prostředí na zdraví. Praha: SZÚ, 1996.
- [3] **KOLEKTIV AUTORŮ.** Manuál prevence v lékařské praxi – díl VIII. Základy hodnocení zdravotních rizik. Praha: SZÚ, 2000.
- [4] **NOŽIČKA, J. – KOTĚŠOVEC, F. – ŠÍPEK, F.** Program Teplice: Prachatice 1995. Praha: Český ekologický ústav, 1996.
- [5] **KOTĚŠOVEC, F.** Program Teplice: Základní údaje 1993 – 1994. Praha: Český ekologický ústav, 1994.
- [6] **THE WORKING GROUP OF WHO.** Air quality guidelines for Europe, second edition. WHO, 2000.
- [7] **THE WORKING GROUP OF WHO.** Air quality guidelines, global update 2005, particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. WHO, 2006.
- [8] článek v časopise Ochrana ovzduší:
ŠRÁM, R. Program Teplice II. Ochrana ovzduší, 1999, roč. 11, č. 5 – 6, s. 1 – 3.
- [9] rešerše:
KAZMAROVÁ, H. Polycyklické aromatické uhlovodíky v ovzduší – změny legislativy a nové poznatky o účincích na lidské zdraví v letech 2004 – 2007. Praha, 2008.
- [10] rešerše:
KAZMAROVÁ, H. Polycyklické aromatické uhlovodíky – Podklad pro současný odborný názor na toxicitu PAU. Praha, 2008.
- [11] **Zákon č. 86/2002 Sb.** o ochraně ovzduší a o změně některých dalších zákonů (od roku 2005 ve znění novely č. 472/2005 Sb.).

- [12] **Nařízení vlády č. 597/2006 Sb.** o sledování a vyhodnocování kvality ovzduší.
- [13] **Vyhláška č. 553/2002 Sb.**, kterou se stanoví hodnoty zvláštních imisních limitů znečišťujících látek, ústřední regulační řád a způsob jeho provozování včetně seznamu stacionárních zdrojů podléhajících regulaci, zásady pro vypracování a provozování krajských a místních regulačních řádů a způsob a rozsah zpřístupňování informací o úrovni znečištění ovzduší veřejnosti.
- [14] Státní zdravotní ústav [online]. Dostupné na WWW:
<http://www.szu.cz/tema/zivotni-prostredi/kvalita-ovzdusi>
- [15] Český hydrometeorologický ústav [online]. Dostupné na WWW:
<http://www.chmu.cz/uoco/isko/groc/gr06cz/obsah.html>
- [16] Ekologické centrum Most [online]. Dostupné na WWW:
<http://www.ecmost.cz/ovzdusi.php?page=smernice>
- [17] Spojená občanská sdružení SOS Praha [online]. Dostupné na WWW:
http://www.sosp Praha.cz/doprava/cd/biomarkery_sramakol.htm
- [18] Operační program Životní prostředí [online]. Dostupné na WWW:
<http://www.opzp.cz/sekce/368/prioritni-osa-2/>
- [19] Portál životního prostředí ČR [online]. Dostupné na WWW:
<http://portal.env.cz/rozcestnik/ovzdusi.php>
- [20] Ministerstvo životního prostředí ČR [online]. Dostupné na WWW:
<http://www.mzp.cz/AIS/web.nsf/pages/ovzdusi>

Seznam tabulek

Tab. č. 1	Složení vzduchu	7
Tab. č. 2	Imisní limity	20
Tab. č. 3	Cílové imisní limity	21
Tab. č. 4	Zvláštní imisní limity	21
Tab. č. 5	Úrovně znečištění ovzduší podle IKO	22
Tab. č. 6	Způsob vytápění bytů	25
Tab. č. 7	Zdroj PAU na základě jejich poměru	29
Tab. č. 8	Karcinogenní riziko v jednotlivých typech lokalit	32

Seznam grafů

Graf č. 1	Zastoupení susp. částic po průchodu odlučovačem	15
Graf č. 2	Celkové emise škodlivin v ČR v letech 1990 – 2001	24
Graf č. 3	Spotřeba paliv ve zdrojích kat. REZZO 1 v ČR	25
Graf č. 4	Trendy ročních charakteristik SO ₂ , PM ₁₀ , NO ₂ a NO _x v ČR, 1996 – 2006	26
Graf č. 5	Trendy ročních charakteristik ozónu v ČR, 1996 – 2006	27
Graf č. 6	Roční aritmetické průměry BaP v ovzduší městských lokalit v roce 2007	33

Seznam obrázků

Obr. č. 1	Významné staniční sítě	23
Obr. č. 2	Roční průměrné konc. BaP v ovzduší ČR v roce 2006	34
Obr. č. 3	Přehled účastnických měst jednotlivých subsystémů	40

Seznam příloh

Příloha č. 1: Kategorie zdrojů znečištění REZZO

Příloha č. 2: Sledované škodliviny

Příloha č. 3: Měřicí stanice

Příloha č. 4: Třídy kategorií měřicích stanic

Přílohy

Příloha č. 1 Kategorie zdrojů znečišťování REZZO

I. Zvláště velké a velké zdroje znečišťování – **REZZO 1** – stacionární zařízení ke spalování paliv o tepelném výkonu vyšším než 5 MW a zařízení zvláště závažných technologických procesů.

II. Střední zdroje znečišťování – **REZZO 2** - stacionární zařízení ke spalování paliv o tepelném výkonu od 0,2 do 5 MW, zařízení závažných technologických procesů, uhelné lomy a plochy s možností hoření, zapáření nebo úletu znečišťujících látek.

III. Malé zdroje znečišťování – **REZZO 3** - stacionární zařízení ke spalování paliv o tepelném výkonu nižším než 0,2 MW, zařízení technologických procesů, nespádající do kategorie velkých a středních zdrojů, plochy, na kterých jsou prováděny práce, které mohou způsobovat znečišťování ovzduší, skládky paliv, surovin, produktů a odpadů a zachycených exhalátů a jiné stavby, zařízení a činnosti, výrazně znečišťující ovzduší.

IV. Mobilní zdroje znečišťování – **REZZO 4** – pohyblivá zařízení se spalovacími nebo jinými motory, zejména silniční motorová vozidla, železniční kolejová vozidla, plavidla a letadla.

(zdroj: <http://portal.env.cz/rozcestnik/ovzdusi.php>)

Příloha č. 2 Sledované škodliviny

Sledované škodliviny			
Základní	SO ₂ , NO/NO ₂ /NO _x , prašný aerosol TSP, PM ₁₀ /PM _{2,5} , CO, O ₃ a vybrané kovy v PM ₁₀ – As, Cd, Cr, Mn, Ni a Pb		
Výběrově sledované	PAU (rozsah US EPA TO 13)	Fenantren, antracen, fluoranten, pyren, benzo(a)antracen, chrysen, benzo(b)fluoranten, benzo(k)fluoranten, benzo(a)pyren, dibenz(a,h)antracen, benzo(g,h,i)perylene, indeno(1,2,3-c,d)pyren, suma PAU a toxický ekvivalent benzo(a)pyrenu	
	VOC (rozsah US EPA TO 14)	Aromatické uhlovodíky	Benzen, toluen, etylbenzen, xyleny, styren, trimetylbenzeny
		Halogenované alifatické uhlovodíky	Chlormetan, dichlormetan, trichlormetan, tetrachlormetan, dichlorpropan, dichlorpropen, brommetan, dibrommetan
		Chlorované aromatické uhlovodíky	Chlorbenzen, dichlorbenzeny, trichlorbenzen
		Freony	Freon 11, F 12, F 113, F 114

Zdroj: http://www.szu.cz/uploads/documents/odborne_zpravy/OZ_07/ovzdusi_2007_zprava.pdf

Příloha č. 3 Měřicí stanice

Manuální stanice



Odběrové sondy



Držáky filtrů



Kapilárové impingery
a fritové absorbéry

Automatizovaná stanice v Prachaticích



Příloha č. 4 Třídy kategorií měřicích stanic

(Vychází z 97/101/ES: Rozhodnutí Rady ze dne 27. ledna 1997, kterým se zavádí vzájemná výměna informací a údajů ze sítí a jednotlivých stanic měřicích znečištění vnějšího ovzduší v členských státech, Official Journal L 035, 05/02/1997 P. 0014 – 0022)

Cílem je popsat existující typy lokalit v sídlech ČR ve vztahu k zátěži z venkovního ovzduší, typů zdrojů a účelu využití.

Základní rozdělení :

Městská (urban)

- 1. Pozad'ová (background)** - bez významných hodnotitelných zdrojů, bez dopravy
Obytná (residential) - sídliště, satelitní městečka, vilové čtvrti, městská zástavba
- 2. Městská obytná zóna pouze s lokálními zdroji (residential local heating)** - vilové čtvrti, satelity..., doprava na nízké úrovni do 2 tis. vozidel/24 hodin a/nebo ve vzdálenosti vyšší jak 150 m od významné komunikace či křížení ulic a/nebo na stíněné straně budovy od této komunikace, pouze lokální zdroje pro vytápění v komerčních, administrativních a obytných objektech
- 3. Městská obytná zóna pouze se zdroji REZZO II. a III. (residential REZZO)** - sídliště s výtopnami, doprava na nízké úrovni do 2 tis. vozidel/24 hodin a/nebo ve vzdálenosti vyšší jak 150 m od významné komunikace či křížení ulic a/nebo na stíněné straně budovy od této komunikace, veřejná energetika, kogenerace, dálkové vytápění
- 4. Městská obytná zóna s dopravní zátěží 2 až 5 tis. vozidel/24 hodin (residential low traffic)** - komunikace městské kategorie a/nebo ve vzdálenosti vyšší jak 150 m od další významné komunikace vyšší úrovně či významného dopravního křížení ulic a/nebo na stíněné straně budovy od této komunikace
- 5. Městská obytná zóna s dopravní zátěží 5 až 10 tis. vozidel/24 hodin (residential middle traffic)** - komunikace městské kategorie, hlavní třídy a/nebo ve vzdálenosti vyšší jak 150 m od další významné komunikace vyšší úrovně či významného křížení ulic a/nebo na stíněné straně budovy od této komunikace
- 6. Městská obytná zóna s více jak 10 tis. vozidel/24 hodin (residential traffic)** - tranzitní komunikace

7. *Městská obytná zóna s více jak 10 tis. vozidel/24 hodin (residential heavy traffic) - uzavřené komunikace tvaru kaňonů*

Průmyslová (industrial)

8. *Městská obytná zóna s průmyslovou a nízkou dopravní zátěží, méně než 5 tis. vozidel/24 hodin (urban industrial)*

9. *Městská obytná zóna s průmyslovou a dopravní zátěží, 5 až 10 tis. vozidel/24 hodin (urban industrial traffic)*

10. *Městská obytná zóna s průmyslovou a vysokou dopravní zátěží, více jak 10 tis vozidel/24 hodin (urban industrial heavy traffic)*

Venkovská (rural)

11. *Pozad'ová (background) - lesy, parky, louky, vodní plochy*

12. *Zemědělská (agricultural) - vliv zemědělského zdroje*

13. *Průmyslová (industrial) – vliv průmyslu*

14. *Obytná zóna s nízkou úrovní dopravy, do 2 tis. vozidel/24 hod. (residential)*

15. *Obytná zóna se střední úrovní dopravy, 2 až 10 tis. vozidel/24 hod. (traffic)*

16. *Obytná zóna s vysokou úrovní dopravy, > 10 tis. vozidel/24 hod (heavy traffic)*

Poznámky :

1. U průmyslové zóny se **primárně** nehodnotí typ průmyslu.
2. U kategorií definovaných účelem využití je kladen důraz vždy na **majoritní** zdroje znečištění ovzduší (tj. vždy jeden ze tří - doprava, průmysl, vytápění).
3. Venkovská zóna je vymezena rozsahem do **2 tis. obyvatel**.

http://www.szu.cz/uploads/documents/odborne_zpravy/OZ_07/ovzdusi_2007_zprava.pdf