

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

PRÍRODOVEDECKÁ FAKULTA

KATEDRA GEOGRAFIE

Kristína KOZLÍKOVÁ

**Znečistenie ovzdušia v Českej republike  
polycyklickými aromatickými uhl'ovodíkmi**

Bakalárska práca

Vedúci práce: RNDr. Martin JUREK, Ph.D.

OLOMOUC 2013

## Bibliografický záznam

- Autor (osobné číslo):** Kristína Kozlíková (R100625)
- Študijný obor:** Geografia (kombinácia Ch-Z)
- Názov práce:** Znečistenie ovzdušia v Českej republike polycyklickými aromatickými uhl'ovodíkmi
- Title of thesis:** Ambient air pollution in the Czech Republic by polycyclic aromatic hydrocarbons
- Vedúci práce:** RNDr. Martin Jurek, Ph.D.
- Rozsah práce:** 39 strán
- Abstrakt:** Bakalárska práca na tému *Znečistenie ovzdušia v Českej republike polycyklickými aromatickými uhl'ovodíkmi* je zameraná na vyhodnotenie koncentrácií benzo[a]pyrénu, predstavitel'a polycyklických aromatických uhl'ovodíkov, v ovzduší v troch aglomeráciách (Praha, Brno, Moravskoslezský kraj) a vo vybraných zónach (Pardubický, Královéhradecký a Ústecký kraj) v rokoch 2000–2011. Potrebné dáta boli získané z Českého hydrometeorologického ústavu. Najhorší stav ovzdušia bol zistený v Moravskoslezskom kraji. Vo všetkých sledovaných oblastiach bol kritický rok 2006. Hlavnou príčinou znečistenia ovzdušia je priemysel, doprava a lokálne kúreniská.
- Kľúčové slová:** znečistenie ovzdušia, polycyklické aromatické uhl'ovodíky, benzo[a]pyrén, Česká republika
- Abstract:** The bachelor thesis on the topic *Ambient air pollution in the Czech Republic by polycyclic aromatic hydrocarbons* is focused on evaluation of benzo[a]pyrene concentrations, the representative of polycyclic aromatic hydrocarbons in the atmosphere, in three agglomerations (Praha, Brno, Moravian-

Silesian region) and selected zones (regions of Pardubice, Hradec Králové and Ústí nad Labem) in 2000–2011. Necessary data were obtained from The Czech Hydrometeorological Institute. The worst situation in ambient air quality was in the Moravian-Silesian region. In all assessed regions the year 2006 was critical. The main cause of air pollution is industry, traffic and individual local heating.

**Keywords:**

atmospheric pollution, polycyclic aromatic hydrocarbons, benzo[a]pyrene, Czech Republic

Prehlasujem, že som zadanú bakalársku prácu vypracovala samostatne a všetku použitú literatúru som uviedla na konci práce.

V Olomouci dňa 14.mája 2013

.....

podpis

Na tomto mieste by som rada poďakovala RNDr. Martinovi JURKOVI, Ph.D. za odbornú pomoc a pripomienky pri spracovaní tejto bakalárskej práce. Ďalej moja vďaka patrí mojej sestre MUDr. Denise DOUBKOVEJ za cenné rady, oporu a motiváciu.

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI  
Přírodovědecká fakulta  
Akademický rok: 2011/2012

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Kristína KOZLÍKOVÁ**  
Osobní číslo: **R100625**  
Studijní program: **B1407 Chemie**  
Studijní obory: **Geografie**  
**Chemie pro víceoborové studium**  
Název tématu: **Znečištění ovzduší v České republice polycyklickými aromatickými uhlovodíky**  
Zadávací katedra: **Katedra geografie**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cílem bakalářské práce je zhodnotit úroveň znečištění ovzduší polycyklickými aromatickými uhlovodíky (PAH) na území České republiky. Bude charakterizována struktura a geografické rozšíření zdrojů emisí těchto znečišťujících látek, zhodnocena imisní situace a bude věnována pozornost i popisu potenciálního zdravotního rizika zvýšených koncentrací PAH v ovzduší.

Rozsah grafických prací: **Podle potřeb zadání**  
Rozsah pracovní zprávy: **5 000 - 8 000 slov**  
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**  
Seznam odborné literatury:

ČHMÚ: Znečištění ovzduší na území České republiky [on-line]. Dostupné na [http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/grafroc\\_CZ.html](http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/grafroc_CZ.html)  
Braniš, M., Hůnová, I. 2009. Atmosféra a klima: Aktuální otázky znečištění ovzduší. Praha: Karolinum.

Griffin, R.D. (2007) Air Quality Management. 2nd ed. Boca Raton (FL, USA): CRC Press, Taylor & Francis Group.

Harrop, D.O. (2002) Air Quality Assessment and Management : A Practical Guide. London: Spon Press, Taylor & Francis Group.

Kurfürst, J. ed. 2008. Kompendium ochrany kvality ovzduší. Chrudim: Vodní zdroje Ekomonitor.

Časopis Ochrana ovzduší.

Publikace a data Státního zdravotního ústavu (<http://www.szu.cz/>)

Vedoucí bakalářské práce: **RNDr. Martin Jurek, Ph.D.**  
Katedra geografie

Datum zadání bakalářské práce: **18. dubna 2012**

Termín odevzdání bakalářské práce: **30. dubna 2013**

L.S.

Prof. RNDr. Juraj Ševčík, Ph.D.  
děkan

Doc. RNDr. Zdeněk Szczyrba, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Olomouci dne 18. dubna 2012

# Obsah

<b>Zoznam použitých skratiek.....</b>	<b>9</b>
<b>1 Úvod.....</b>	<b>11</b>
<b>2 Ciele práce.....</b>	<b>12</b>
<b>3 Použitá metodika.....</b>	<b>13</b>
3.1. Zhodnotenie dostupnej literatúry.....	13
3.2. Dáta.....	14
3.3. Spracovanie dát.....	15
<b>4 Teoretický základ.....</b>	<b>16</b>
4.1 Perzistentné organické polutanty.....	16
4.1.1 Protokol o POPs.....	16
4.2 Polycyklické aromatické uhľovodíky.....	17
4.2.1 Definícia PAHs.....	17
4.2.2 PAHs vo voľnom ovzduší.....	18
4.2.3 Benzo[a]pyrén.....	20
4.2.4 Genotoxicita.....	21
4.2.5 Stanice monitorujúce PAHs v Českej republike.....	21
<b>5 Sledované lokality.....</b>	<b>24</b>
5.1 Praha.....	24
5.2 Brno.....	25
5.3 Moravskoslezský kraj.....	26
5.4 Zóna Ústecký kraj.....	27
5.5 Zóna Královéhradecký kraj a zóna Pardubický kraj.....	28
<b>6 Diskusia.....</b>	<b>31</b>
<b>7 Záver.....</b>	<b>33</b>
<b>8 Summary.....</b>	<b>35</b>
<b>9 Zoznam použitej literatúry.....</b>	<b>36</b>



## ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK

As	arzén
B[a]P	benzo[a]pyrén
Cd	kadmium
Co	kobalt
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
ČSÚ	Český statistický úřad
GCH-MS	plynová chromatografia s hmotnostne selektívnou detekciou
HPLC	vysokotlaková kvapalinová chromatografia
IARC	medzinárodná agentúra pre výskum rakoviny
IgA	imunoglobulín A
IgG	imunoglobulín G
IRZ	Integrovaný registr znečisťování
ISKO	Informační systém kvality ovzduší
MVČR	Ministerstvo vnitra České republiky
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
Ni	nikel
NO <sub>x</sub>	oxidy dusíka
NO <sub>2</sub>	oxid dusičitý
PAHs	polycyklické aromatické uhľovodíky
Pb	olovo
PCBs	chlorované bifenyly

POPs	perzistentné organické polutanty
SO <sub>x</sub>	oxidy síry
SO <sub>2</sub>	oxid siričitý
SZÚ	Státní zdravotní ústav

# 1 ÚVOD

Predkladaná bakalárska práca pojednáva o znečistení ovzdušia polycyklickými aromatickými uhľovodíkmi na území Českej republiky. Sú pozbierané a analyzované informácie a dáta z dostupnej literatúry a informačných zdrojov, týkajúce sa znečistenia ovzdušia hlavným predstaviteľom polycyklických aromatických uhľovodíkov – benzo[a]pyrénom v troch hlavných aglomeráciách a niektorých vybraných zónach Českej republiky.

Polycyklické aromatické uhľovodíky emitované do ovzdušia sú v popredí záujmu z toho dôvodu, že u niektorých z nich bol preukázaný alebo predpokladaný karcinogénny či teratogénny účinok.

Túto tému som si vybrala z toho dôvodu, že som si chcela prehĺbiť vedomosti o znečistení ovzdušia, ktoré je v súčasnosti pálčivým problémom, a jeho následných dopadoch na ľudské zdravie. Taktiež som chcela prepojiť informácie z dvoch oborov, ktoré študujem, a to chémie a geografie, čo mi zadanie mojej bakalárskej práce dokonale umožňuje.

## 2 CIELE PRÁCE

Cieľom mojej bakalárskej práce je zozbierať a spracovať dáta o znečistení ovzdušia Českej republiky polycyklickými aromatickými uhl'ovodíkmi, najmä ich hlavným zástupcom benzo[a]pyrénom, a vyhodnotiť situáciu kvality ovzdušia v Českej republike, jej príčiny a dopady za posledné desaťročie v konkrétnych oblastiach. Využité boli informácie o ročných koncentráciách benzo[a]pyrénu od roku 2000 do 2011, získané z databázy a ročeníek Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ), Integrovaného registru znečišťování (IRZ) a Státního zdravotního ústavu (SZÚ).

## 3 POUŽITÁ METODIKA

### 3.1 Zhodnotenie dostupnej literatúry

Pri tvorbe bakalárskej práce boli v teoretickom úvode použité informácie z knižnej monografie *Kompendium ochrany kvality ovzduší* (Kurfürst, 2008), ktorá podáva ucelené informácie o základných príčinách znečistenia ovzdušia, o možnostiach obmedzovania emisií, monitorovaní stavu ovzdušia a koncentrácií nebezpečných látok v atmosfére.

Organické látky v atmosfére všeobecne, i perzistentné organické polutanty sú z hľadiska základných fyzikálnych a chemických vlastností rozobrané v monografii *Atmosféra a klima: Aktuální otázky ovzduší* (Braniš, 2009). V zmieňovanom zdroji sa autor zaoberá aj tematikou ovzdušia, jeho zloženia a vplyvu na ľudské zdravie.

Taktiež o polycyklických aromatických uhľovodíkoch a ich karcinogénnych a teratogénnych účinkoch poskytuje informácie odborný časopis *Ochrana ovzduší* 2/2011.

Texty článkov z časopisu *Ochrana ovzduší* 5-6/2005, 5-6/2007 a 5-6/2009 sa venujú genotoxickým a karcinogénnym účinkom chemických látok vrátane polycyklických aromatických uhľovodíkov a spôsobu hodnotenia ich genotoxicity.

Informácie o monitoringu kvality ovzdušia boli získané z monografie *Air Quality Assessment and Management: A Practical Guide* (Harrop, 2002). Ďalší zdroj, ktorý pojednáva o tejto problematike, som našla opäť v časopise *Ochrana ovzduší* 1/2009, 5-6/2010 a 1/2011.

Emisiám perzistentných organických polutantov sa venuje článok časopisu *Ochrana ovzduší* 5-6/2008, je tu definovaný emisný faktor i jeho stanovenie.

Protokol o organických perzistentných polutantoch, účinný od 23. októbra 2003, je definovaný v odbornom článku časopisu *Ochrana ovzduší* 5-6/2004, kde sú uvedené základné záväzné povinnosti signatárskej strany.

O legislatíve Českej republiky týkajúcej sa ochrany ovzdušia, posudzovania jeho kvality, zoznamu znečisťujúcich látok a ich zdrojov, ďalej hodnôt imisných limitov

pojednáva kapitola „Otázky spojené so správou ochrany ovzdušia“ z knižnej monografie *Atmosféra a klima: Aktuální otázky ovzduší* (Braniš, 2009).

Komplexné informácie o stave ovzdušia v Českej republike boli získané z internetového serveru Českého hydrometeorologického ústavu. Jeho prioritnou činnosťou je zriaďovať a prevádzkovať monitorovacie stanice a siete s cieľom sledovania stavu atmosféry a hydrosféry po kvalitatívnej i kvantitatívnej stránke. Taktiež sa ČHMÚ zaoberá príčinami, ktoré vedú k znečisteniu a poškodzovaniu životného prostredia. Pokiaľ dôjde v niektorej oblasti Českej republiky k prekročeniu koncentrácií imisí znečisťujúcich látok, vyhlasuje Český hydrometeorologický ústav prostredníctvom médií stupeň výstrahy pre obyvateľstvo.

Presné informácie o aktuálnom stave ovzdušia je možné nájsť prostredníctvom Informačného systému kvality ovzduší (ISKO). Jeho prevádzkovateľom je ČHMÚ. ISKO zbiera a štatisticky analyzuje dáta, získané zo všetkých staníc a sietí, ktoré sledujú znečistenie ovzdušia v Českej republike a monitorujú látky znečisťujúce ovzdušie.

Ministerstvo životného prostredia zriaďuje a spravuje tzv. Integrovaný registr znečisťování (IRZ). Ide o informačný systém, prístupný širokej verejnosti, kde možno získať informácie o emisiách do ovzdušia, vody aj pôdy, taktiež dáta o transporte vybraných znečisťujúcich látok.

Vo svojej práci som zúžitkovala informácie a dáta, ktoré boli prístupné na portáli ČHMÚ a taktiež IRZ. Komplexný pohľad na rizikovosť znečisťujúcich látok v ovzduší mi poskytli aj internetové stránky SZÚ.

## **3.2 Dáta**

Konkrétne dáta pre túto bakalársku prácu boli získané zo súhrnných rozborov a ročeníek Českého hydrometeorologického ústavu. Ide o priemerné ročné koncentrácie benzo[a]pyrénu v troch aglomeráciách (Praha, Brno, Moravskoslezský kraj) a v troch vybraných zónach (Pardubický kraj, Královéhradecký kraj a Ústecký kraj) v rokoch 2000-2011.

### **3.3 Spracovanie dát**

Dáta získané zo serveru ČHMÚ boli spracované a roztriedené podľa vybraných krajov. Využité boli aj grafické znázornenia vývoja situácie znečistenia ovzdušia polycyklickými aromatickými uhľovodíkmi od roku 2000. Následne bola vyhodnotená situáciu o stave ovzdušia v jednotlivých krajoch v súvislosti s nameranými koncentraciami benzo[a]pyrénu, taktiež boli rozobraté príčiny vývoja v čase ako aj najdôležitejšie zdroje znečistenia.

# 4 TEORETICKÝ ZÁKLAD

## 4.1 Perzistentné organické polutanty (POPs)

Ide o skupinu organických zlúčenín, ktorých dominantnými fyzikálno-chemickými a enviromentálno-chemickými vlastnosťami sú odolnosť voči rôznym degradačným procesom, malá rozpustnosť vo vode, lipofilný charakter, z toho plyúca výrazná tendencia k bioakumulácii a poloprchavosť umožňujúca globálny atmosferický transport.

Perzistentné organické polutanty zahrňajú široké spektrum zlúčenín. Patria sem:

- chemické produkty, napr. pesticídy a chlorované bifenyly (PCBs)
- vedľajšie produkty výrobných procesov
- vedľajšie produkty nedokonalého spaľovania ako napr. polychlorované dibenzo-p-dioxiny a dibenzofurany a polycyklické aromatické uhľovodíky (PAHs) (Holoubek, 2005)

### 4.1.1 Protokol o POPs

Hlavnou úlohou protokolu je obmedziť a v prípade s najviac škodlivými dopadmi na ľudské zdravie a životné prostredie úplne vylúčiť emisie vybraných perzistentných organických látok produkovaných ľudskou činnosťou do životného prostredia. Česká republika ratifikovala Protokol o POPs v roku 2002. Protokol je vyhlásený v Zbierke medzinárodných zmlúv (č. 80/2010 Sb. m.s.). Protokol je neustále revidovaný podľa najnovších vedeckých, technických a technologických poznatkov, aby bola zabezpečená čo najvyššia ochrana životného prostredia. Sú posudzované a navrhované ďalšie perzistentné organické polutanty a kladú sa vyššie nároky na znižovanie emisií. V decembri 2009 bol výkonným orgánom Dohovoru schválený návrh revízie Protokolu o POPs. V Českej republike zodpovedá za plnenie záväzkov Protokolu o POPs Ministerstvo životného prostredia a kontaktným miestom je odbor ochrany ovzdušia. Národná prípadne európska legislatíva zaisťuje plnenie technických požiadavkov Protokolu. Úlohou Českého hydrometeorologického ústavu je celkové sledovanie emisií POPs, vyhodnocovanie a ročná inventarizácia. (MZP, 2013)



## 4.2 Polycyklické aromatické uhľovodíky (PAHs)

### 4.2.1. Definícia PAHs

Polycyklické aromatické uhľovodíky (PAHs) je skupina látok, ktoré sa vyznačujú tým, že obsahujú dve a viac benzénových jadier, prípadne ďalšie substituenty. Je známych viac ako 100 PAHs, patrí sem napr. naftalén, acenaftylén, acenaftén, fluorén, fenantrén, antracén, fluorantén, pyrén, benz(a)antracén, chrysén, benzo(b)fluorantén, benzo(k)fluorantén, benzo(a)pyrén, dibenzo(a,h)antracén, indeno(1,2,3-c,d)pyrén a benzo(ghi)perylén. Čisté zlúčeniny sú bielej alebo žltkastej farby a sú to pevné kryštalické látky. Sú rozpustné v tukoch a sú takmer hydrofóbne. (IRZ, 2013)

PAHs predstavujú celosvetovo významný ukazateľ znečistenia životného prostredia, to súvisí s ich vznikom v dôsledku nedokonalého spaľovania látok obsahujúcich uhlík.

Niektoré PAHs majú mutagénne a karcinogénne účinky (nad 4 benzénové jadrá). Medzinárodná agentúra pre výskum rakoviny (IARC) radí 8 zlúčenín medzi karcinogény skupiny 1 – dokázané ľudské karcinogény (benzo[a]pyrén, B[a]P), 2A – pravdepodobné ľudské karcinogény (dibenzo[a]antracén), 2B – možné ľudské karcinogény (benzo[a]antracén, benzo[b]fluorantén, benzo[k]fluorantén, chrysén, ideno[c,d]pyrén). Do skupiny 3 patria látky neklasifikované ako ľudské karcinogény, predstaviteľom je benzo[ghi]perylén. (Ochrana ovzduší, 5-6/2010)

Polycyklické aromatické uhľovodíky sú vďaka svojim prírodným emisiám dobrými indikátormi antropogénnych vstupov do vzdialených, relatívne čistých oblastí.

Základné zdroje PAHs sú antropogénneho charakteru. 56,7 % PAHs sa dostáva do atmosféry pri spaľovaní biomasy a biopalív. V ďalšej miere sa podieľa na produkcii PAHs výroba koksu, petrochemický priemysel, výroba hliníku, doprava, energetika, lokálne kúreniská a uvoľňovanie z materiálov, ktoré PAHs obsahujú (vozovky, asfaltové izolácie striech a iné). (IRZ, 2013)

Jednotlivé typy emisných zdrojov môžeme identifikovať prostredníctvom špecifických markerov z rád PAHs.. Tranzitný čas spojený s pohybom vzdušných mäs medzi oblasťou zdroja a vzorkovanou lokalitou môžeme zase určiť z pomerov medzi niektorými reaktívnymi PAHs a celkovým množstvom PAHs. (Holoubek, 1999)

Aktuálny zákon, ktorý sa PAHs venuje je Zákon o ochrane ovzduší (Sb. č. 201/2012) z dňa 2. mája 2012, ktorý stanovuje imisný limit pre celkový obsah znečisťujúcej látky v časticiach PM<sub>10</sub> pre ochranu zdravia pre benzo[a]pyrén 1 ng.m<sup>-3</sup> pre 1 kalendárny rok. (MVČR, 2013)

#### 4.2.2 PAHs vo voľnom ovzduší

Do ovzdušia je emitovaných viac než 100 PAHs. Prednostne sa tieto zlúčeniny viažu na povrch atmosferických tuhých častíc, ale vyskytujú sa aj v plynnej fáze. Väčšina štúdií atmosferických dejov PAHs z poslednej doby je zameraná na PAHs viazané na tuhé častice, pretože sú pre ľudské zdravie nebezpečnejšie v porovnaní s PAHs v plynnej fáze. Rovnako je problematické vzorkovanie plynnej fázy. (Baek, 1991)

PAHs sa vplyvom slnečného žiarenia vo voľnej atmosfére rozkladajú a reagujú s ostatnými chemickými látkami, ktoré sú v atmosfére prítomné. PAHs sú primárne generované v plynnej fáze a počas emisie dochádza k sorpcii na vznikajúce pevné častice. To platí najmä pre menej prchavé PAHs, kde táto konverzia prebieha v relatívne krátkom čase. Naopak prchavejšie PAHs ostávajú prevážne v plynnej fáze. Na povrchu pevných častíc prebiehajú významné reakcie ako je oxidácia alebo iné typy reakcií, pri ktorých vznikajú produkty s rôznou karcinogénnou aktivitou.

Faktory, ktoré ovplyvňujú distribúciu PAHs v atmosfére medzi plynnou a tuhú fázou, sú tlak pár PAHs, množstvo jemných častíc, teplota ovzdušia, koncentrácia PAHs a afinita jednotlivých PAHs k organickej matici tuhých častíc. Čo sa týka veľkosti častíc, niektoré publikácie uvádzajú, že až 75 % PAHs je viazaných na povrch častíc respirabilnej frakcie (<1μm). Po emisii do atmosféry, podliehajú PAHs celej rade atmosferických procesov, ako je ich distribúcia, transport, depozícia a degradácia. Množstvo a distribúcia PAHs v atmosfére ovplyvňuje nielen veľkosť emisie, ale aj stabilitu PAHs v atmosfére. (Kurfürst, 2008)

K vymiznutiu PAHs v atmosfére dochádza procesmi suchej a mokrej depozície, atmosferickým transportom a disperziou (spojenou s pohybom vzdušných mäs, turbulenciou a konvekciou), atmosferickou degradáciou alebo výmenou medzi plynnou a tuhú fázou posunom fázovej rovnováhy. (Masclat, 1986)

Doba trvania PAHs sorbovaných na povrchu tuhých častíc v atmosfére a transport do rôznych oblastí závisí na veľkosti častíc, meteorologických podmienkach a fyzike atmosféry.

Vysoko reaktívne PAHs sa v atmosfére ľahko rozkladajú reakciami s ozónom a ďalšími oxidantmi.

K degradácii dochádza v priebehu niekoľkých dní až šiestich týždňov u PAHs adsorbovaných na častice o priemere menšom než 1  $\mu\text{m}$  (pri absencii zrážok). Takto viazané častice typu sadzí submikronových rozmerov sa vyskytujú v mestskej atmosfére, tam pretrvávajú aj niekoľko týždňov a môžu byť transportované na veľké vzdialenosti. U PAHs adsorbovaných na väčšie častice trvá degradácia menej ako 1 deň až niekoľko dní. Väčšie častice emitované z mestských zdrojov sa stávajú súčasťou mestských splachov v dôsledku usadzovania sa na uliciach. Najvyššie koncentrácie PAHs sú v respirabilnej frakcii vzdušných aerosolov, čím sú nebezpečné pre organizmy žijúce vo voľnom ovzduší. (Holoubek, 1999)

PAHs pomerne ľahko podliehajú fotochemickým reakciám v atmosfére. (Ochrana ovzduší, 1/2011) Tieto reakcie sú v atmosfére ovplyvnené rôznymi faktormi ako napr. intenzita svetla, koncentrácia plyných polutantov ( $\text{O}_3$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_x$ ) a fyzikálno-chemické charakteristiky častíc alebo substrátov, na ktoré sú PAHs sorbované. V závislosti na týchto faktoroch môže atmosferická doba života časovo variovať od niekoľkých minút po niekoľko dní. Atmosferické PAHs sa od pôvodných zdrojov presúvajú na pomerne veľké vzdialenosti, aj keď vyššie koncentrácie PAHs pretrvávajú skôr v ovzduší mestských a priemyselných centier než vo vonkajších oblastiach. (Kamens, 1990)

Obsah polycyklických aromatických uhľovodíkov v plyne sa stanovuje pomocou plynovej chromatografie s hmotnostne selektívnou detekciou (GCH-MS) alebo vysokotlakovej kvapalinovej chromatografie (HPLC). (Harrop, 2002)

Po nasorbovaní PAHs zo vzorku na pevný nosič, sú PAHs následne extrahované – termicky, rozpúšťadlom. Ďalej prostredníctvom gelovej alebo stĺpcovej chromatografie je vzorok očistený od rušivých látok a na záver prebieha samotná analýza plynovou alebo kvapalinovou chromatografiou. (IRZ, 2013)

### 4.2.3 Benzo[a]pyrén

Benzo[a]pyrén (B[a]P) je hlavným predstaviteľom polycyklických aromatických derivátov. Základné chemické a fyzikálne vlastnosti znázorňuje tabuľka 1.

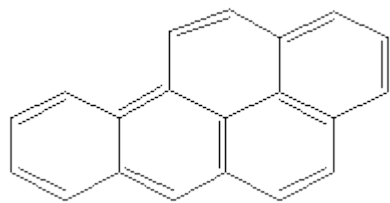
Benzo[a]pyrén vzniká nedokonalým spaľovaním fosilných palív v stacionárnych a mobilných zdrojoch a niektorými priemyselnými technológiami (výroba koksu či železa). Viac ako 60 % celkových emisií benzo[a]pyrénu tvoria stacionárne zdroje, predovšetkým domáce kúreniská (spaľovanie uhlia a dreva). Medzi mobilné zdroje patria vznetrové motory spaľujúce naftu. Mobilné zdroje sú druhým najvýznamnejším zdrojom emisií benzo[a]pyrénu (viac než 20 %). Prírodné zdroje benzo[a]pyrénu sa takmer nevyskytujú s výnimkou lesných požiarov. (ČHMÚ, 2012)

Sorpcia benzo[a]pyrénu a iných zlúčenín s 5 a viac aromatickými jadrami na tuhé častice, pretrvávajúce a transport v atmosfére podliehajú rovnakým zákonitostiam platným pre celú skupinu polycyklických aromatických uhlíkovodíkov.

Benzo[a]pyrén sa rovnako ako niektoré PAHs kumuluje v zložkách prostredia a živých organizmoch, je lipofilný a má radu toxických, mutagénnych či karcinogénnych vlastností. Ovplyvňuje endokrinné procesy, pôrodnú váhu a rast plodu. Taktiež pôsobí imunosupresívne. (Ochrana ovzduší, 5-6/2005)

Významným zdrojom benzo[a]pyrénu sú cigarety. Napr. jedna vyfajčená cigareta predstavuje nálož 25 ng benzo[a]pyrénu. (IRZ, 2013)

Tab. 1 Benzo[a]pyrén

Chemické a fyzikálne vlastnosti	
bod varu [°C]	495
hustota [kg.m <sup>-3</sup> ]	1351
rozpustnosť vo vode [mg.l <sup>-1</sup> ]	3
štruktúra molekuly	

(zdroj IRZ, 2013)

#### 4.2.4 Genotoxicita

PAHs a ich deriváty sú považované za dokázané alebo predpokladané ľudské karcinogény a teratogény. Znižujú hladiny imunoglobulínov IgG a IgA, spôsobujú teda imunokompromis. Vo vysokých koncentráciách (prevyšujúcich koncentráciu nielen vo vonkajšom ovzduší, ale aj v pracovnom prostredí) pôsobia dráždivo (podráždenie až popálenie kože, stenčenie a popraskanie pokožky pri opakovanej expozícii). PAHs patria medzi nepriamo pôsobiace genotoxické zlúčeniny, to znamená, že pri reakcii so živým organizmom vznikajú metabolity s karcinogénnym a mutagénnym účinkom. Elektrofilné metabolity kovalentne viazané na DNA predstavujú základ karcinogenného potenciálu PAHs. Pri posudzovaní karcinogenity je benzo[a]pyrén v praxi najviac používaným zástupcom PAHs. B[a]P podľa IARC 1987 patrí do skupiny preukázaných karcinogénov (skupina 1). (SZÚ, 2012)

Veľkosť prachových častíc v ovzduší má vplyv na ich genotoxický potenciál, ktorý je významne vyšší u jemných častíc s aerodynamickým priemerom do 1 µm než u častíc hrubších. Z povrchu častíc sa v pľúcach uvoľňujú genotoxické látky. Vysoko lipofilné karcinogény ako je B[a]P sa z cca 80 % deponujú v alveolárnej oblasti pľúc, odkiaľ prechádzajú do krvného obehu bez toho, aby boli metabolizované, zatiaľ čo zvyšných 20 % je deponovaných v oblasti dýchacích ciest a postupne sa adsorbujú a metabolizujú na DNA reaktívne látky. (Ochrana ovzduší, 5-6/2009)

#### 4.2.5 Stanice monitorujúce PAHs v Českej republike

V Českej republike sa nachádza 21 staníc monitorujúcich PAHs ako suma. Prehľad krajov a staníc, ktoré analyzujú hladiny PAHs v Českej republike predstavuje tab. 2. Väčšina staníc je pozad'ových, priemyslové sú tri (Ústí nad Labem – Pasteurova, Ostrava – Přívoz a Ostrava Radvanice ZÚ), dopravné sú taktiež tri (Hradec Králové – Sukovy sady, Hradec Králové – Brněnská, Karviná ZÚ). Najväčšie zastúpenie staníc má Moravskoslezský kraj. Takmer všetky stanice využívajú metódu plynovej chromatografie. (ČHMÚ, 2013)

Tab. 2 Monitorovacie stanice PAHs - suma

Kraj	Stanica
hlavní město Praha	Praha 10 - Šrobárova
	Praha 4 - Libuš
Plzeňský	Plzeň - Roudná
Ústecký	Teplice
	Ústí nad Labem - Pasteurova
	Ústí nad Labem - Kočkov
Královéhradecký	Hradec Králové - tř. SNP
	Hradec Králové - Sukovy sady
	Hradec Králové - Brněnská
Pardubický	Pardubice - Dukla
Vysočina	Žďár nad Sázavou
	Košetice
Jihomoravský	Brno - Masná
Zlínský	Valašské Meziříčí
Moravskoslezský	Frenštát pod Radhoštěm
	Heřmanovice
	Karviná - ZÚ
	Nový Jičín - Kojetín
	Ostrava - Přívoz
	Ostrava Radvanice OZO
	Ostrava Radvanice ZÚ

(vlastné spracovanie podľa ČHMÚ)

Staníc, ktoré v Českej republike merajú benzo[a]pyrén, je 39. Prehľad staníc ponúka tabuľka 3. Okrem benzo[a]pyrénu merajú stanice koncentrácie benzo[a]antracénu, chryzénu, benzo[b]fluoranténu, benzo[k]fuoranténu, benzo[j]fluoranténu, koronénu, pyrénu, fluorénu, antracénu, fenantrénu a iných. Pozad'ových staníc je 32. Priemyslové sú štyri (Ústí nad Labem – Pasteurova, Ostrava – Mariánske Hory, Ostrava – Přívoz a Ostrava Radvanice ZÚ), dopravné tri (Plzeň – Slovany, Hradec Králové – Sukovy sady, Karviná ZÚ).

Tab. 3 Monitorovacie stanice B[a]P a ostatné polycyklické aromatické uhl'ovodíky

Kraj	Stanica
hlavní město Praha	Praha 10 - Šrobárova
	Praha 4 - Libuš
Středočeský	Kladno - Švermov
	Brandýs nad Labem

Jihočeský	České Budějovice - Antala Staška
Plzeňský	Plzeň - Roudná
	Plzeň - Slovany
Karlovarský	Sokolov
Ústecký	Teplice
	Ústí nad Labem - Pasteurova
	Ústí nad Labem - Kočkov
	Most
Liberecký	Liberec - město
Královéhradecký	Hradec Králové - tř. SNP
	Hradec Králové - Sukovy sady
	Hradec Králové - Brněnská
Pardubický	Pardubice - Dukla
Vysočina	Košetice
	Jihlava
	Žďár nad Sázavou
Jihomoravský	Brno - Líšeň
	Brno - Masná
	Vyškov
	Kuchařovice
Olomoucký	Olomouc - Hejčín
	Přerov
Zlínský	Zlín
	Valašské Meziříčí
	Český Těšín
Moravskoslezský	Frenštát pod Radhoštěm
	Karviná - ZÚ
	Červená
	Ostrava Radvanice OZO
	Ostrava - Mariánské Hory
	Ostrava - Poruba
	Ostrava - Přívoz
	Ostrava Radvanice ZÚ
	Heřmanovice
	Nový Jičín - Kojetín

(vlastné spracovanie podľa ČHMÚ)

## 5 SLEDOVANÉ LOKALITY

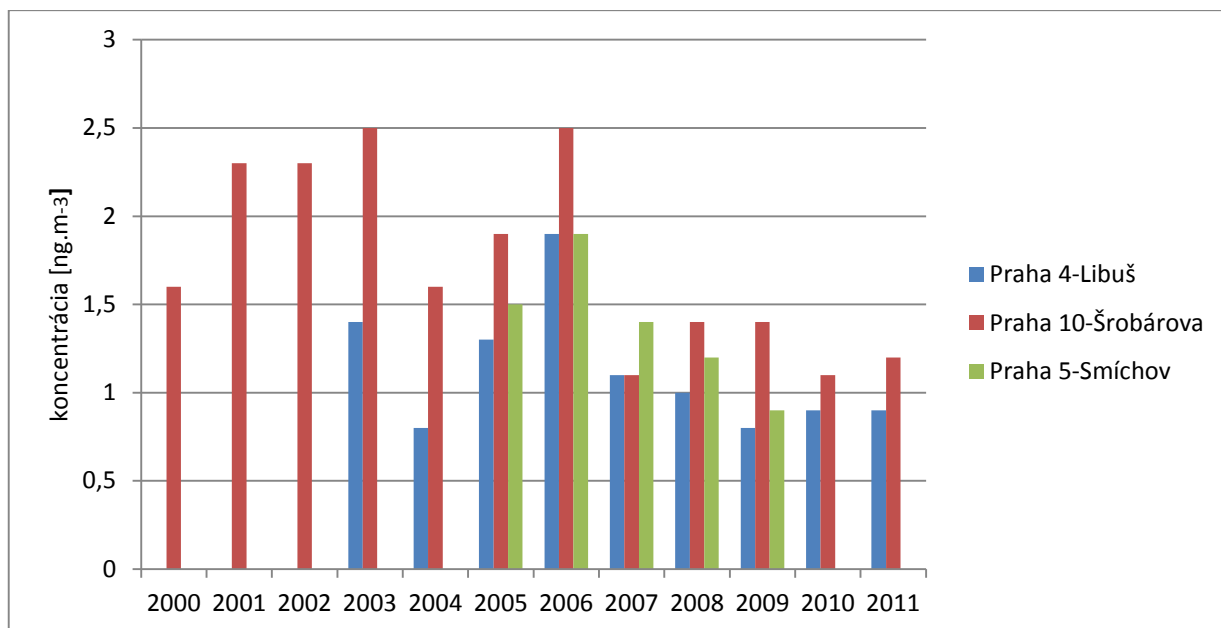
Od roku 2005 sa hodnotenie kvality ovzdušia sústreďuje najmä na tri hlavné aglomerácie – hlavné mesto Praha, Brno a Moravskoslezský kraj. Vyššia pozornosť je venovaná aj Ústeckému kraju, Pardubickému a Královéhradeckému. Posledné dáta spracované ČHMÚ sú z roku 2011.

### 5.1 Praha

Hlavné mesto Praha je oblasťou s veľkou koncentráciou obyvateľov, takže je znečisteniu ovzdušia vystavené veľké množstvo ľudí. Z hľadiska hodnotenia kvality ovzdušia sa Praha radí medzi aglomerácie. V aglomerácii Praha sú dlhodobo prekračované imisné limity pre suspendované častice, oxid dusičitý a cieľové limity pre benzo[a]pyrén a prízemný ozón. Príčinou prekročenia imisných a cieľových imisných limitov je zväčša výrazné dopravné zaťaženie, ďalej vykurovanie domácností, hlavne v oblastiach so zástavbou rodinných domov.

Koncentrácia benzo[a]pyrénu v roku 2011 prekročila cieľový imisný limit na jednej (Praha 10 – Šrobárova) z dvoch lokalít, na ktorých bola táto látka v roku 2011 v Prahe meraná. V medziročnom porovnaní s rokom 2010 nenastala významná zmena – v lokalite Praha 10 – Šrobárova priemerná ročná koncentrácia mierne stúpla, v lokalite Praha 4 – Libuš nedošlo k zmene. Od roku 2006 na oboch staniciach došlo k poklesu koncentrácií benzo[a]pyrénu, aj keď v lokalite Praha 10 – Šrobárova je cieľový imisný limit neustále prekračovaný. Od roku 2010 bola ukončené meranie PAHs v lokalite Praha 5 – Smíchov. Situácia v tejto lokalite mala taktiež od roku 2006 klesajúci charakter. Dlhodobejší chod koncentrácií benzo[a]pyrénu v lokalitách v aglomerácii Praha je znázornený na obr. 1.





Obr. 1 Priemerná ročná koncentrácia benzo[a]pyrénu, aglomerácia Praha, 2000-2011

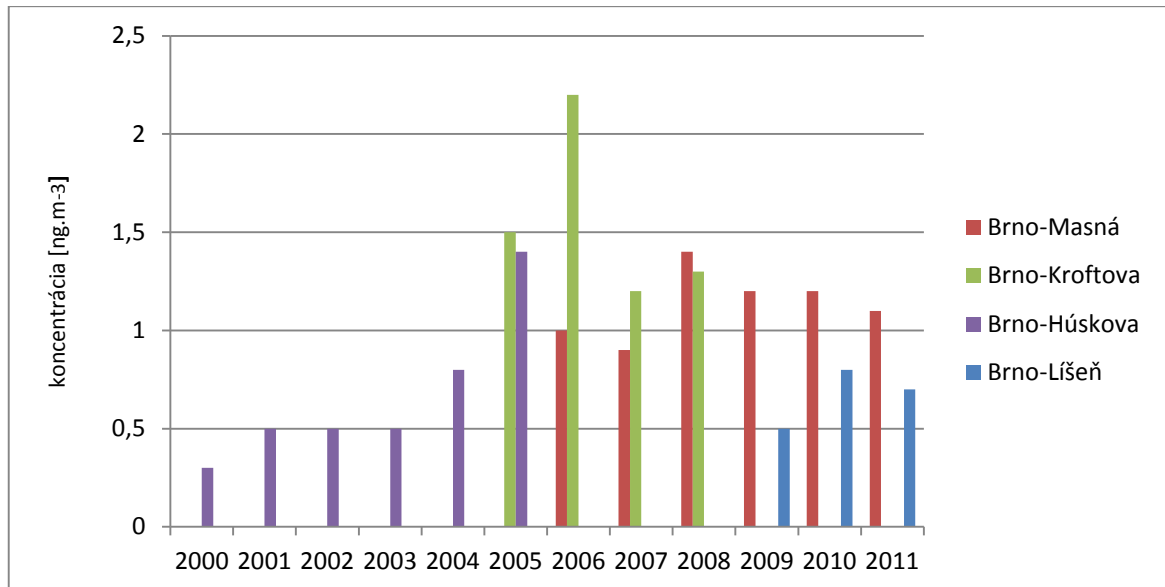
(vlastné spracovanie podľa ČHMÚ)

## 5.2 Brno

V Brne sú dlhodobo prekračované imisné aj cieľové imisné limity z hľadiska ľudského zdravia. Hlavným zdrojom škodlivín prekračujúcich imisné limity na území tejto aglomerácie je doprava. Z historického hľadiska leží Brno na križovatke ciest. V dnešnej modernej dobe sa na území Brna pretínajú významné dopravné tepny (diaľnica D1, D2, rýchlostná cesta R52 na Viedeň a R43 na Svitavy). Nevyriešený obchvat z diaľnice D1 smerom na Svitavy má za príčinu nadmerné množstvo tranzitnej dopravy centrom mesta Brna, ktorá zvyšuje už tak značné množstvo motorových vozidiel v Brne. Súčasným problémom je aj nedokončený veľký mestský okruh.

Agglomerácia Brno monitoruje koncentrácie PAHs v dvoch lokalitách – v centre mesta (Brno - Masná) a na okrajovom sídlisku (Brno – Líšeň). Lokalita Brno - Masná od roku 2008 každý rok prekročila hodnotu cieľového imisného limitu v dôsledku nadmerného dopravného zaťaženia v centre mesta, naproti tomu koncentrácie v lokalite Brno - Líšeň ju v meranom období nikdy neprekročili. Monitorovanie v lokalite Brno - Líšeň začalo až v roku 2009. Na druhú stranu zanikli dve stanice merajúce PAHs, a to Brno - Kroftova a Brno - Húskova. Na stanici Brno - Kroftova boli v období 2005 - 2008 vždy

prekročené cieľové imisné limity, v roku 2006 sa koncentrácie PAHs vyšplhali až na dvojnásobok. (ČHMÚ, 2012)



Obr. 2 Priemerná ročná koncentrácia benzo[a]pyrénu, aglomerácia Brno, 2000-2011

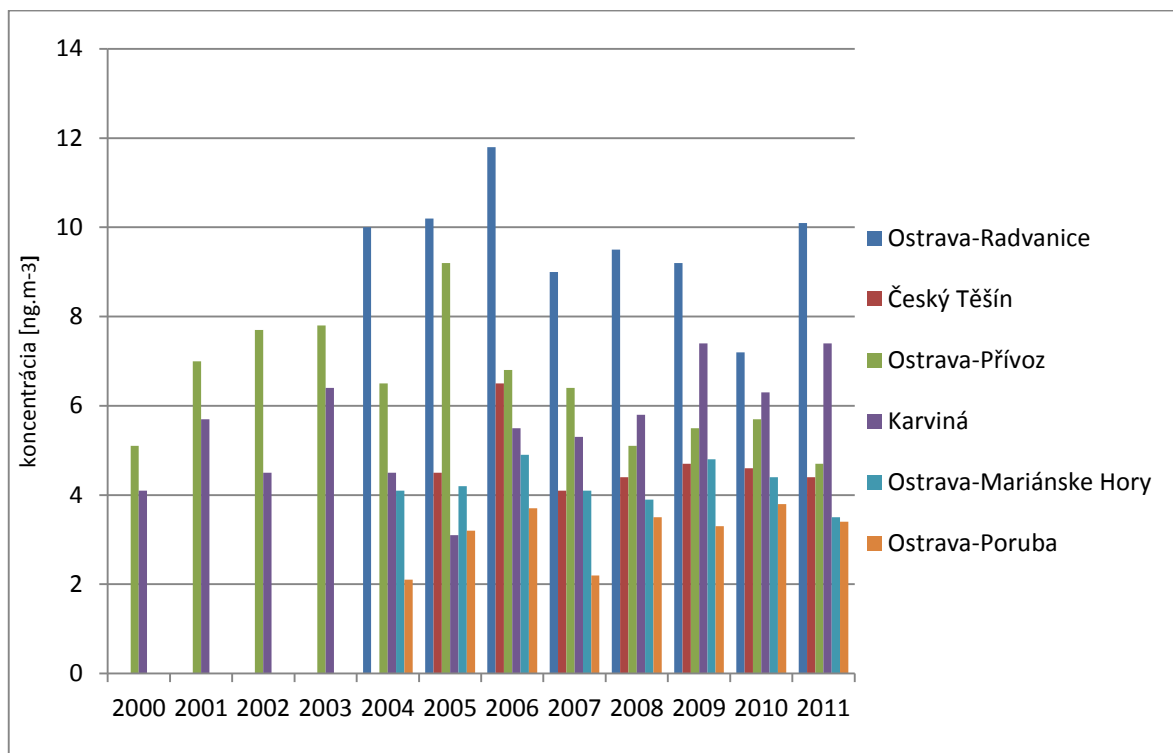
(vlastné spracovanie podľa ČHMÚ)

### 5.3 Moravskoslezský kraj

V aglomerácii Moravskoslezský kraj je vysoká hustota osídlenia a vysoká koncentrácia priemyslu. Najvyšší podiel majú zvlášť veľké a veľké zdroje znečisťovania nasledované malými a mobilnými zdrojmi. Významným zdrojom znečistenia je lokálne kúrenie a taktiež transhraničný prenos znečistenia medzi Českou republikou a Poľskou republikou.

Koncentrácia benzo[a]pyrénu sa v aglomerácii meria od roku 2000, v roku 2011 to bolo v šiestich lokalitách. V súčasnosti sa počet monitorovacích staníc zvýšil až na jedenásť. Každoročne je na všetkých meracích staniach prekročený cieľový imisný limit, v najviac znečistených lokalitách je to až desaťnásobne (Ostrava – Radvanice). V poradí druhou najviac postihnutou lokalitou je Karviná. V ostatných lokalitách sú namerané koncentrácie od roku 2005 približne stacionárne v intervale 2,5-6 ng.m<sup>-3</sup>.

Cieľová imisná hranica benzo[a]pyrénu pre ochranu zdravia bola hodnotená v dvoch lokalitách (Heřmanovice, Nový Jičín - Kojetín), kde prebiehalo meranie vzorkovačmi suspendovaných častíc PM<sub>10</sub> v ovzduší financované z rozpočtu Krajského úradu Moravskoslezského kraja. Limit v oboch lokalitách bol prekročený (ročná priemerná koncentrácia 1 ng.m<sup>-3</sup>). V Heřmanovicích bola v r. 2001 nameraná priemerná ročná hodnota 2,07 ng.m<sup>-3</sup>, teda dvojnásobok imisného limitu. V Novom Jičine - Kojetíně v ročnom priemere šlo o 1,65 ng.m<sup>-3</sup>. (ČHMÚ, 2012)

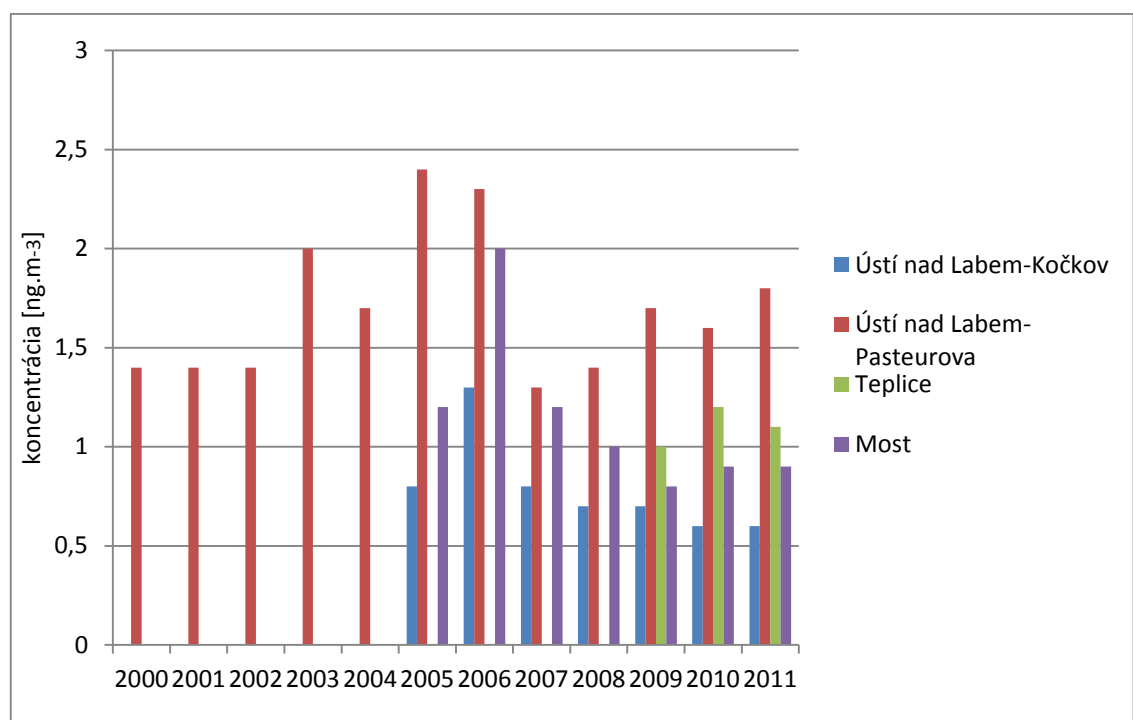


Obr. 3 Priemerná ročná koncentrácia B[a]P, aglomerácia Moravskoslezský kraj, 2000-2011 (vlastné spracovanie podľa ČHMÚ)

## 5.4 Zóna Ústecký kraj

Ústecký kraj je definovaný ako zóna. Ide o územie s hustým osídlením a v severnej časti kraja je sústredený priemysel. Naopak v južnej časti prevažuje poľnohospodárstvo a ľahký priemysel. V posledných rokoch sú prekračované imisné limity stanovené pre ochranu ľudského zdravia pre PM<sub>10</sub> a cieľové imisné limity pre benzo[a]pyrén.

Koncentrácie benzo[a]pyrénu boli hodnotené na štyroch staniciach (3x mestská a 1x predmestská). V lokalite Ústí nad Labem - Pasteurova je za posledné desaťročie neustále prekračovaný imisný limit s maximom v rokoch 2005 a 2006 (cca 2,4 ng.m<sup>-3</sup>). V súčasnosti je na tejto lokalite stúpajúci trend koncentrácie benzo[a]pyrénu. Druhá monitorovacia stanica Ústí nad Labem - Kočkov neprekročila v sledovanom období cieľové imisné limity, až na výnimku v roku 2006. V lokalite Most sa podarilo od roku 2006 znížiť koncentrácie PAHs. V lokalite Teplice prebieha meranie až od roku 2009. Hodnoty koncentrácií sa držia nad limitom. (ČHMÚ, 2012)



Obr. 4 Priemerná ročná koncentrácia B[a]P, zóna Ústecký kraj, 2000-2011

(vlastné spracovanie podľa ČHMÚ)

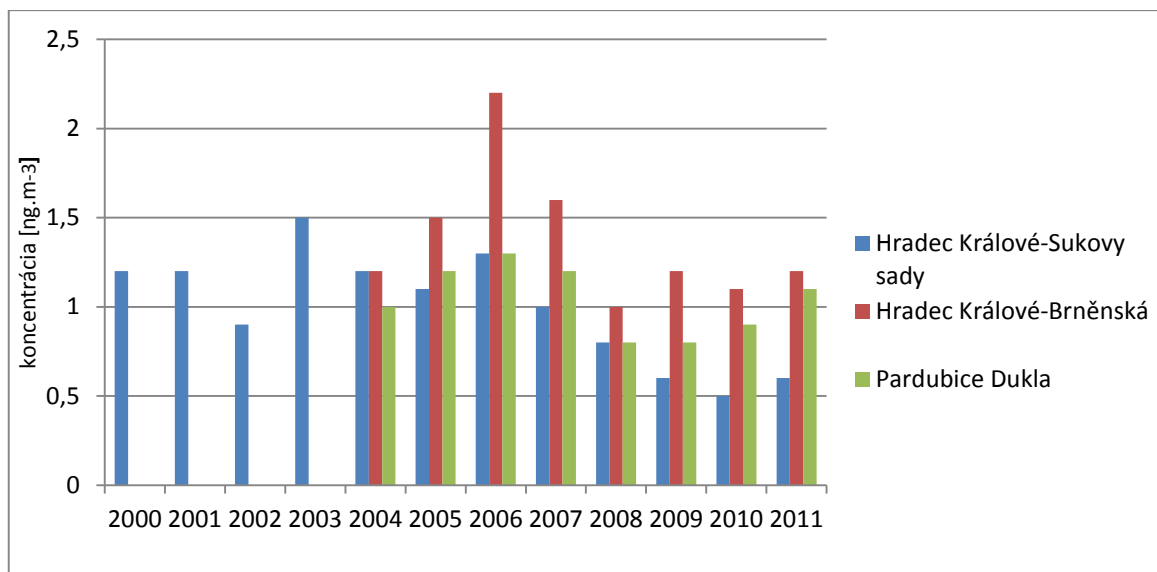
## 5.5 Zóna Královéhradecký kraj a zóna Pardubický kraj

Královéhradecký kraj je zóna s relatívne dobrou kvalitou ovzdušia. Je tam malé množstvo veľkých stacionárnych zdrojov emisií. Znečistenie tejto zóny je dané historicky z diaľkového prenosu emisií z veľkých zdrojov zo susedného Pardubického

kraja. Na zhoršovaní kvality ovzdušia sa vo väčšej miere začínajú podieľať stacionárne zdroje a stále rastúca cestná doprava.

Pardubický kraj sa vyznačuje rôznorodosťou z pohľadu produkcie emisií a následnej kvality ovzdušia. V Pardubickom okrese je koncentrovaný priemysel, energetika a doprava, preto predstavuje najviac rizikovú oblasť. Medzi významných znečisťovateľov patrí Elektrárň Chvaletice, a.s., Elektrárne Opatovice, a.s., a chemický priemysel (Synthesia, a.s., Paramo, a.s.). Tieto priemyslené zdroje majú vplyv aj na ovzdušie v susedných oblastiach. Najlepšie výsledky v kvalite ovzdušia má stredná a severná časť okresu Ústí nad Orlicí a južná časť okresu Chrudim. Neustále sa zvyšuje negatívny vplyv dopravy na kvalitu ovzdušia. Oblasti významne zaťažené dopravou, absencia dopravných obchvatov okolo veľkých miest, ďalej lokálne kúreniská a používanie nekvalitných palív sa významne podieľajú na miere znečistenia ovzdušia.

Koncentrácie benzo[a]pyrénu sú sledované na dopravných staniciach Hradec Králové - Brněnská, Hradec Králové - Sukovy sady a na mestskej pozadovej stanici Pardubice Dukla. Od roku 2004 je v stanici Hradec Králové - Brněnská cieľový imisný limit neustále prekročený, výnimku tvorí len rok 2008, kedy sa podarilo úroveň znečistenia udržať na hranici cieľového imisného limitu. Na stanici Hradec Králové - Sukovy sady je situácia priaznivejšia. Od roku 2007 miera znečistenia ovzdušia neprekračuje požadovanú hranicu. Koncentrácie B[a]P dosahujú len polovicu koncentrácií nameraných na stanici Hradec Králové - Brněnská. V roku 2011 došlo k prekročeniu limitu v stanici Pardubice Dukla po predchádzajúcom trojročnom období (2008 až 2010) podlimitných ročných koncentrácií benzo[a]pyrénu. Prevádzka lokálnych kúrenísk v zimnom období sa majoritnou mierou podieľa na zvýšených koncentráciách B[a]P a tým prekročení imisného limitu. (ČHMÚ, 2012)



Obr. 5 Priemerná ročná koncentrácia B[a]P, zóna Královéhradecký a Pardubický kraj, 2000-2011 (vlastné spracovanie podľa ČHMÚ)

## 6 DISKUSIA

Stav a vývoj znečistenia ovzdušia na území Českej republiky je komplexne vyhodnocovaný prostredníctvom Informačného systému kvality ovzdušia (ISKO). Jeho súčasťou je imisný informačný systém a ďalšie informačné agendy kvality ovzdušia, kam patrí inventarizácia emisií z veľkých zdrojov (REZZO 1), agenda kvality zrážkových vôd a emisná databáza stredných jednotlivo sledovaných zdrojov znečisťovania ovzdušia (REZZO 2). ISKO zhromažďuje a uchováva súhrnné údaje o stave kvality ovzdušia na území Českej republiky pre orgány štátnej správy v oblasti ochrany ovzdušia – MŽP ČR, odbor ochrany ovzdušia a Inšpekciu ochrany životného prostredia. Taktiež ovplyvňuje spôsob monitoringu imisií, lokalizáciu monitorovacích staníc, cieľom čoho je vytvoriť optimálne monitorovacie siete a sústavu zhromažďovania zistených informácií.

V snahe posúdiť a riadiť kvalitu ovzdušia bola Česká republika rozdelená na tri hlavné aglomerácie (Praha, Brno a Moravskoslezský kraj) a na 12 zón, kam patria ostatné kraje. Ministerstvo životného prostredia každý rok vyhlasuje oblasti, v ktorých bol prekročený aspoň jeden imisný limit, či imisný limit zvýšený o príslušnú medz. (Braniš, 2009)

Kvalita ovzdušia v Českej republike v sledovanom časovom období v jednotlivých lokalitách varíruje. Pre všetky bol však kritický rok 2006, kedy možno pripísať zvýšené koncentrácie benzo[a]pyrénu v ovzduší dlhej zime s veľmi nepriaznivými rozptylovými podmienkami, teplotnej inverzii a v náväznosti nato aj následnej antropogénnej činnosti (kúrenie, posypy na cestných komunikáciach, studené štarty áut). V posledných rokoch v aglomeráciach Praha a Brno sa situácia zlepšila, ale problémom môže byť podhodnotenie situácie z dôvodu nedostatočného monitorovania ovzdušia vo všetkých dopravne exponovaných lokalitách. Stav ovzdušia v Brne je výrazne ovplyvnený dopravou, príčinou môže byť fakt, že veľký mestský okruh nie je dokončený, a to vedie k nadmernému zaťaženiu centra mesta tranzitnou dopravou.

V Moravskoslezskom kraji je stav ovzdušia alarmujúci, najmä vďaka priemyslu, ktorý je tam situovaný. Vzhľadom k tomu nemožno do blízkej budúcnosti očakávať výrazné zlepšenie.

V Ústeckom kraji stav ovzdušia v podstate kopíruje celorepublikový trend. Výnimkou je rok 2009, kedy by sme strmý nárast koncentrácií B[a]P mohli pripísať výbuchu sopky Mt. Redoubt na Aljaške, čím sa zvýšila koncentrácia častíc transportovaných z miesta výbuchu, taktiež aj malému počtu zrážok.

Čo sa týka zmien hladín koncentrácií B[a]P v priebehu roku, vykazujú kolísavý charakter. V zimných mesiacoch sa pohybujú až okolo  $5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ , naopak v lete sú prakticky nulové. (ČHMÚ, 2012)

Vplyv na to majú meteorologické podmienky. Malé zdroje (lokálne kúreniská) sa využívajú len vo vykurovacej sezóne, spolu s dopravou sú najvýznamnejším zdrojom častíc, na ktoré sú viazané polycyklické aromatické uhľovodíky. Tieto malé zdroje počas chladnej časti roka plošne zdvihnú pozad'ové koncentrácie v celom kraji. V dopravných lokalitách sú v zimnom období zachytené vyššie koncentrácie v dôsledku častých studených štartov spojených so zvýšením emisií škodlivín



## 7 ZÁVER

Cieľom bakalárskej práce bolo zhodnotiť stupeň znečistenia ovzdušia polycyklickými aromatickými uhľovodíkmi na území Českej republiky. Bola zhodnotená imisná situácia v troch aglomeráciach – Praha, Brno a Moravskoslezský kraj a vo vybraných zónach – Ústecký, Královéhradecký a Pardubický kraj. Bol sledovaný stav priemerných ročných koncentrácií benzo[a]pyrénu za posledné desaťročie.

V aglomerácii Praha boli zistené od roku 2000 do 2006 prekročené cieľové imisné limity s píkmi v roku 2003 a 2006. Od roku 2006 dochádza k poklesu koncentrácií benzo[a]pyrénu pod cieľový imisný limit. Najvýznamnejším zdrojom znečistenia ovzdušia v aglomerácii Praha je doprava.

Taktiež v aglomerácii Brno boli koncentrácie B[a]P výrazne nadlimitné v roku 2006, v nasledujúcich rokoch dochádza k ich poklesu, aj keď na niektorých meracích staniciach v centre mesta je stav znečistenia ovzdušia naďalej alarmujúci. Do roku 2004 neboli cieľové imisné limity prekročené, ale v roku 2005 bola znečistením ovzdušia zasiahnutá najväčšia mestská plocha. Hlavný problém opäť predstavuje doprava. Nemaľý podiel predstavujú aj lokálne kúreniská.

Moravskoslezský kraj je z hľadiska znečistenia ovzdušia najviac zasiahnutou oblasťou. Za posledných desať rokov mnohonásobne prekračuje cieľové imisné limity bez tendencie k zlepšovaniu. Hlavnou príčinou je doprava, hütnický priemysel a priemyselné spracovanie palív. Najviac znečistenou lokalitou pre celú Českú republiku je Ostravsko-Karvinská oblasť. Vplyv lokálnych kúrenísk je taktiež markantný.

V Ústeckom kraji prebiehal od roku 2000 do 2004 monitoring stavu ovzdušia len na jednej stanici, kde boli cieľové imisné limity neustále prekračované. Od roku 2005 sa zvýšil počet meracích staníc. Obdobne ako vo vyššie zmieňovaných aglomeráciách aj tu dosiahli koncentrácie B[a]P svoje maximum v roku 2005 až 2006. V rokoch 2007 a 2008 boli lepšie rozptylové podmienky, čo sa odzrkadlilo v miernom zlepšení stavu ovzdušia. V roku 2009 opäť došlo k nárastu koncentrácií benzo[a]pyrénu.

Hlavným zdrojom znečistenia ovzdušia v Ústeckom kraji je priemysel, v menšej miere doprava.

Královéhradecký a Pardubický kraj sú monitorované až od roku 2004. Globálne sa hodnoty koncentrácie B[a]P držia pod cieľovým imisným limitom. Výnimku opäť predstavuje rok 2006, ktorý je kritický je pre všetky mnou sledované oblasti.

Cieľom programu ochrany ovzdušia je znižovanie emisií na krajskej a miestnej úrovni. Doporučené sú nasledujúce opatrenia – úspora energie a podpora jej obnoviteľných zdrojov, zámena palív pre vykurovanie domácností, znižovanie emisií prchavých organických látok z priemyselných prevádzok, zavádzanie správnej poľnohospodárskej praxe, znižovanie obsahu síry v pohonných hmotách, ekologizácia verejnej dopravy, finančná podpora náhrady spaľovacích zdrojov a aplikácia koncových čistiacich zariadení a naplnenia Národného programu zníženia emisií zo zvlášť veľkých spaľovacích zdrojov. (Braniš, 2009)

Kľúčovým pre Českú republiku je znižovanie primárnych emisií tuhých znečisťujúcich látok, emisií prekurzorov sekundárnych častíc a emisií prekurzorov ozónu. Systém programu znižovania emisií a zlepšovania kvality ovzdušia je potrebné podľa aktuálneho vývoja emisnej a imisnej situácie neustále revidovať.

## 8 SUMMARY

Bachelor thesis in the topic *Ambient air pollution in the Czech Republic by polycyclic aromatic hydrocarbons* is focused on evaluation of benzo[a]pyrene concentrations- the representative of polycyclic aromatic hydrocarbons in the atmosphere- in three agglomerations Praha, Brno, Moravian-Silesian region and some selected zones – region of Pardubice, Hradec Králové and Ústí nad Labem between years 2000–2011. Necessary datas were obtained from The Czech Hydrometeorological Institute, other information were acquired by literature resources study. In agglomeration Praha limits of imission were exceed from 2000 to 2006, with peaks in 2003 and 2006. Since 2006 there is a decreasing of the concentrations of benzo[a]pyrene under the limit of imission. The main cause of the air pollution is a traffic. In agglomeration Brno the concentrations of benzo[a]pyrene were extremely high in 2006, in following years there is a decreasing. The main cause of the air pollution here is a traffic and local heating. I found out that the worst status of the atmosphere was in Moravian-Silesian region, in the last decade the limits of imission were always multiply exceed. The cause is a traffic, a metallurgical industry and an industrial combustion of fuels. The mostly polluted locality in Czech republic is Ostrava-Karviná region. In Ústí nad Labem region the concentrations of benzo[a]pyrene reached their maximum level in 2005 and 2006. In 2009 there was a growth of the concentrations of benzo[a]pyrene again. The main source of the air pollution is an industry, less a traffic. In Hradec Králové and Pardubice region the concentrations of benzo[a]pyrene are still under the limit of imission.

## 9 ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY

### Literatúra:

BAEK, S. O., FIELD, R. A., GOLDSTONE, M. E., KIRK, P. W., LESTER, J. N., PERRY, R. (1991): *Water, Air, Soil Pollut.* 60, s. 279.

BRANIŠ, M., HŮNOVÁ, I. (2009): *Atmosféra a klima: Aktuální otázky znečištění ovzduší*. Praha: Karolinum, s. 338-340, 224-227.

FARA, M. (2004): Protokol o persistentních organických polutantech k Úmluvě CLRTAP. *Ochrana ovzduší*, 5-6/2004, s. 32-35.

HARROP, D.O. (2002): *Air Quality Assessment and Management: A Practical Guide*. London: Spon Press, Taylor & Francis Group, s. 117-120.

HOLOUBEK, I., BEDNÁŘ, J., FARA, M., FIALA, J., HOVORKA, J., HŮNOVÁ, I., KLÁN, P., KOMPRDA, J., LENÍČEK, J., SKYBOVÁ, M., VOKOUNOVÁ, Š., ZÁBORSKÝ, D. (2005) : *Troposférická chemie*. Masarykova univerzita Brno pro Tocoen, s. r. o., s. 91-95.

HOLOUBEK, I., HOLOUBKOVÁ, I., KOHOUTEK, J. (1999): *Perzistentní, bioakumulativní a toxické látky v prostředí. I. Polychlorované dibenzo-p-dioxiny a dibenzofurany*. TOCOEN, s. r. o., Brno, TOCOEN REPORT No. 164, s. 145.

KAMENS, R. M., GUO, J., GUO, Z., MCDOW, H. (1994): Size distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons and elemental carbon. *Jour. Atmos. Environ.*, 28, s. 563-572.

KURFÜRST, J., PECINOVÁ, A. (2008): *Kompendium ochrany kvality ovzduší*. Chrudim: Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r. o., s. 338-340.

LENÍČEK, J., KOVÁČ, M., SEKYRA, M., SYNEK, V., PLACHÁ, H., RICHTEROVÁ, D. (2011): Polycyklické aromatické uhlovodíky v městském ovzduší jako markery imisního zatížení ze stacionárních a mobilních zdrojů. *Ochrana ovzduší*, 1/2011, s. 7-13.

MASCLET, P., MOUVIER, G., NIKOLAOU, K. (1986): Relative decay index and sources of polycyclic aromatic hydrocarbons. *Atmos. Environ.* 20, s. 439-446.

ŠRÁM, R., BINKOVÁ, B., RÖSSNER, P. (2007): Využití biomarkerů pro hodnocení genotoxicity a karcinogenity chemických látek. *Ochrana ovzduší*, 5-6/2007, s. 24-28.

ŠVECOVÁ, V., TOPINKA, J., RÖSSNER, P., ŠRÁM, J. (2010): Monitorování expozice polycyklickým aromatickým uhlovodíkům a volatilním organickým látkám v Moravskoslezském kraji a Praze v zimě 2010. *Ochrana ovzduší*, 5-6/2010, s. 24-27.

TOPINKA, J., BINKOVÁ, B., SEVASTYANOVA, O., NOVÁKOVÁ, Z., ŠRÁM, R. (2005): Studium genotoxicity směsí polycyklických aromatických uhlovodíků a organických extraktů z částic v ovzduší v buněčných modelových systémech *In vitro*. *Ochrana ovzduší*, 5-6/2005, s. 14-19.

TOPINKA, J., HOVORKA, J., MILCOVÁ, A., SCHMUCZEROVÁ, J., KROUŽEK, J., ŠRÁM, J. (2009): Hodnocení genotoxicity prachových částic v ovzduší stanovením DNA aduktů v acelulárním systému s nativní DNA. *Ochrana ovzduší*, 5-6/2009, s. 9-14.

TYDLITÁT, V., KOTLÍK, B., JANOTA, J. (2009): Některé poznatky ze sledování polycyklických aromatických uhlovodíků v Pražské atmosféře. *Ochrana ovzduší*, 1/2009, s. 31-33.

### **Internetové zdroje:**

**ČHMÚ:** Český hydrometeorologický ústav. *Grafické ročenky 2000-2011*. [online]. 2012 [cit. 2013-05-03]. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/groc/gr11cz/obsah.html>

**ČHMÚ:** Český hydrometeorologický ústav. *Lokality měření imisí*. [online]. 2013 [cit. 2013-05-03]. Dostupné z: [http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/web\\_generator/locality/pollution\\_locality/index\\_CZ.html](http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/web_generator/locality/pollution_locality/index_CZ.html)

**ČHMÚ:** Český hydrometeorologický ústav. *Imisní limity, legislativa*. [online]. 2013 [cit. 2013-05-01]. Dostupné z: [http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/info/limity\\_CZ.html](http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/info/limity_CZ.html)

**ČHMÚ:** Český hydrometeorologický ústav. *Tabelární ročenky 2000-2011*. [online]. 2013 [cit. 2013-05-12]. Dostupné z: [http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/tab\\_roc/tab\\_roc\\_CZ.html](http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/tab_roc/tab_roc_CZ.html)

**IRZ:** Integrovaný registr znečišťování. *Polycyklické aromatické uhlovodíky PAU*. [online]. 2013 [cit. 2013-07-05]. Dostupné z: <http://www.irz.cz/node/86>

**MVČR:** Ministerstvo vnitra České republiky. *Zákon o ochraně ovzduší*. [online]. 2013 [cit. 2013-12-05]. Dostupné z: [http://aplikace.mvcr.cz/sbirkazakonu/SearchResult.aspx?q=201/2012&typeLaw=zakon&what=Cislo\\_zakona\\_smlouvy](http://aplikace.mvcr.cz/sbirkazakonu/SearchResult.aspx?q=201/2012&typeLaw=zakon&what=Cislo_zakona_smlouvy)

**MZP:** Ministerstvo životního prostředí. *Protokol o perzistentních organických látkách k úmluvě o dálkovém znečišťování ovzduší přesahujícím hranice států* [online]. 2013 [cit. 2013-05-07]. Dostupné z:  
[http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/informacni\\_brozury\\_chemicke\\_latky/\\$FILE/OZV-POPs-20120327.pdf](http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/informacni_brozury_chemicke_latky/$FILE/OZV-POPs-20120327.pdf)

**SZÚ:** Státní zdravotní ústav. *Odhad zdravotních rizik pro ČR pro rok 2011* [online]. 2012 [cit. 2013-05-02]. Dostupné z:  
[http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/ovzdusi/dokumenty\\_zdravi/rizika\\_CRi\\_2011.pdf](http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/ovzdusi/dokumenty_zdravi/rizika_CRi_2011.pdf)