

**POLYCYKlickÉ AROMATICKÉ UHL'OVODÍKY
V ŽIVOTNOM PROSTREDÍ
RIZIKÁ OHROZENIA ZDRAVIA POPULÁCIE**

doc. MUDr. Katarína Slotová, PhD.

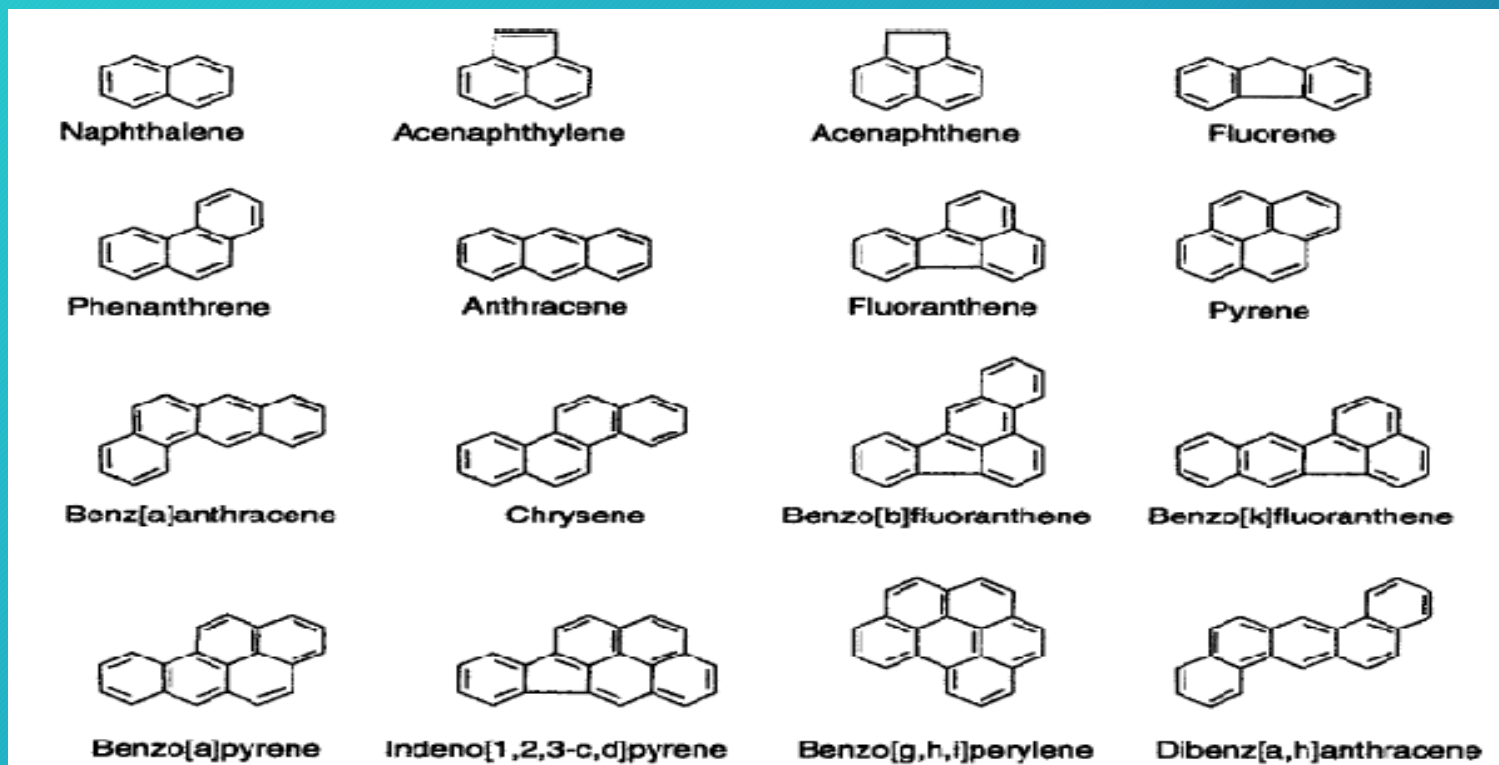
Spoločný konzultačný deň NRC

Regionálny úrad verejného zdravotníctva so sídlom v Banskej Bystrici

6.11.2019

POLYCYKLIČKÉ AROMATICKÉ UHL'OVODÍKY

- Sú širokou skupinou chemických látok (100 rôznych), ktoré sú tvorené 2 a viac kondenzovanými aromatickými jadrami



POLYCYKLIČKÉ AROMATICKÉ UHL'OVODÍKY

- **Vznikajú predovšetkým nedokonalým spaľovaním, ktorým sa zároveň spolu s aerosólovými časticami uvoľňujú do ovzdušia**
- **Vyskytujú sa nielen v ovzduší, ale vo všetkých zložkách životného prostredia.**
- **Geochemicky stabilné látky, ktoré sa kumulujú v pôde a sedimentoch, v ktorých majú najdlhšiu dobu pretrvávania.**
- **Radia sa medzi perzistentné organické látky.**

ZDROJE PAU

- Takmer výhradne **spalovacie procesy**
- Prírodné zdroje:
 - lesné a stepné požiare, ktoré vd'aka diaľkovému transportu môžu mať vplyv aj na mestské ovzdušie,
 - biosyntézou terestrickými rastlinami, riasami a MIO., ale ich podiel je minimálny oproti emisiám zo spalovania

ZDROJE PAU

Antropogénne zdroje:

- Nedokonalé spaľovanie benzínu, nafty, uhlia, dreva, oleja, alebo plynu, odpadkov alebo iných organických látok
- Jedlo zhorené pri opekaní, vypráňaní, pečení, udení
- Niektoré PAU sú vyrábané – využitie v medicíne, pri výrobe farbív, plastov a pesticídov.

ZDROJE PAU

- **PAU sú významným problémom i v budovách a vnútornom prostredí**
- **Na ich výskyte sa podieľa:**
 - až z 80 % tabakový dym,
 - spaľovanie vonných sviečok, zvlášť tých s odpudzujúcim efektom proti komárom .

Sú to síce zanedbateľné zdroje z hľadiska celkovej produkcie PAU, ale môžu byť významné z hľadiska ľudského zdravia

MESTSKÝ AEROSOL

- Atmosférický aerosól: tuhé, kvapalné alebo zmesové častice suspendované v atmosfére
- Jedná sa o častice o priemeroch od 1 nm do 100 μm .
- Vzhľadom k veľkostnému rozsahu cez 5 rádov sa častice značne líšia svojim fyzikálno-chemickým chovaním v atmosfére.
- Častice blížiac sa svojou veľkosťou molekulám vzduchu s priemerom 0,37 nm sa chovajú ako plyn a pohybujú sa prevažne Brownovým pohybom.
- Pre častice aerosólu veľkosti nad 1 μm sú určujúcimi silami najmä gravitácia a zotrvačnosť

MESTSKÝ AEROSOL

Z hľadiska veľkostnej distribúcie aerosólu je pre mestské ovzdušie typické trimodálne rozloženie - tri veľkostné kategórie častíc:

1. **nukleačný mod 20 nm** (zhruba 5 - 100 nm) - tvorí častice vznikajúce predovšetkým vysokoteplotnými procesmi a fotochemickými reakciami v atmosfére.
2. **akumulačný mod 300 nm** (100 nm - 2 μm) - zdrojom sú emisie dieselových motorov, cigaretový dym, dymy, smog, olejový dym, alebo emisie pár kovov,
zotrývajú v atmosfére dni až týždne a preto sú v atmosfére najpočetnejšie a tvoria najväčšiu časť povrchu atmosférického aerosólu.

MESTSKÝ AEROSOL

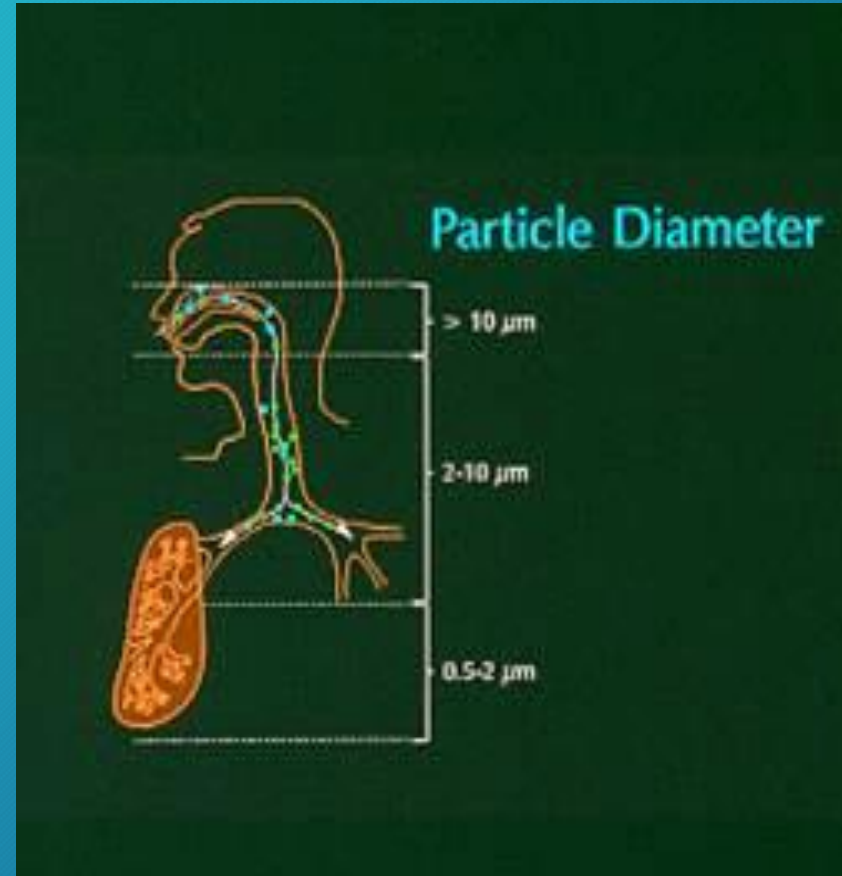
3. **Hrubý aerosol** - častice veľkosti cca 10 μm (2 μm a väčšie).
- Do ovzdušia sa dostáva **mechanickými silami**, napr. resuspenziou a činnosťou vetra. Takto sa ľahko uvoľňujú do ovzdušia prachové častice, ktoré sú väčšie ako 0,6 μm .
 - Hrubý aerosól tiež tvorí **prach z polí, z komunikácií, emisie spaľovacích procesov, peľ a spóry húb**.
 - Doba zotrvania hrubých častíc v ovzduší je od hodín až po dni.

MESTSKÝ AEROSOL

- Veľkosť aerosólových častíc je kľúčový parameter z hľadiska pôsobenia na zdravie človeka .
- Najnebezpečnejšie sú častice s aerodynamickým priemerom menším než 1 μm - PM1 a ultrajemné častice - UFP (WHO 2007), ktoré prenikajú vlásočnicami z pľúcnych alveol priamo do krvi .
- Väčšie častice (do 10 μm) sa označujú ako thorakálne a spravidla sa zachycujú za hrtanom a nie sú až tak zdraviu škodlivé ako častice menšie ako 2,5 μm (Kelly a Fussel 2012).

Veľkosť prachových častíc

- Prachové častice ($2,5-10\ \mu\text{m}$) sa ukladajú v horných dýchacích cestách
- Jemné častice ($< 2,5\ \mu\text{m}$) sa ukladajú v pľúcnych bronchioloch a alveolách



MESTSKÝ AEROSOL

- Polycyklické aromatické uhľovodíky sa viažu na aerosólové častice všetkých veľkostí, pričom dominujú najmä vo frakciách **PM_{2,5}** (Wu 2006, Sheu et al. 1997).
- Najväčšími nositeľmi karcinogénnych PAU sú častice veľkostnej frakcie **0,5 - 1 μm** (Topinka et al 2013).
- Zo zdravotných dôvodov je preto pre sledovanie dôležité zamerat' sa aj na tie najjemnejšie frakcie, predovšetkým na **PM₁** s veľkosťou pod 1 μm

ZDROJE ZNEČISTENIA MESTSKÉHO OVZDUŠIA

- Mestský aerosól má veľmi komplikované chemické zloženie.
- Je zmesou z mnohých rozličných zdrojov, ktoré môžu byť ťažko identifikovateľné.
- **Hlavnými antropogénnymi zdrojmi znečistenia mestského ovzdušia býva doprava, lokálne kúreniská a priemysel.**
- Podiel týchto zdrojov sa na znečistení mení s časom, má denný chod a líši sa aj v závislosti na ročnom období.
- Veľký vplyv zohráva počasie - rozptylové podmienky, samočistiaca schopnosť atmosféry, teplota - najvyššie koncentrácie namerané pri teplote nižšej ako -15 st.C
- Ďalej morfológia a diaľkový transport.

ZDROJE ZNEČISTENIA MESTSKÉHO OVZDUŠIA - DOPRAVA

- Spaľovacími procesmi najmä **dieselových motorov** sa uvoľňujú
 - aerosólové častice s vysokým zastúpením organického uhlíku,
 - polycyklické aromatické uhľovodíky, hopany, sterany a ďalšie organické látky (Watson et al. 2008).
- Emisie týchto látok sa prejavia predovšetkým pri studených štartoch, kedy dochádza k nedokonalému spaľovaniu a to najmä v zimných mesiacoch (Herrington et al. 2012).

ZDROJE ZNEČISTENIA MESTSKÉHO OVZDUŠIA - DOPRAVA

Vzhľadom k postupnému prechodu

- k elektromobilite,
- ušľachtilejším palivám,
- optimalizáciou spaľovania motorov,
- vývoju katalyzátorov a pod.

bude nadobúdať na význame znečistenie spôsobené oterom pneumatík, oterom komunikácií, brzdových doštičiek či koróziou.

Do ovzdušia sa tak uvoľňujú aerosóly obsahujúce tiež kovy (železo, bárium, zinok, meď a olovo) a následnou resuspenziou sa spolu s cestným prachom, ktorý môže obsahovať i PAU, dostávajú do dýchacej zóny obyvateľstva (Viana et al. 2008, Lorenzi et al. 2011).

ZDROJE ZNEČISTENIA MESTSKÉHO OVZDUŠIA - LOKÁLNE KÚRENISKÁ

- Lokálne kúreniská sú často dominantným zdrojom znečistenia obcí, ale významne môžu prispieť k znečisteniu i vo veľkých mestách, predovšetkým vo vilových zástavbách a v oblastiach s rodinnými a staršími bytovými domami.
- Tento typ znečistenia sa týka predovšetkým zimných mesiacov - vykurovanie a zároveň často sa vyskytujúce inverzné situácie so zlými rozptylovými podmienkami.
- Nedokonalé spaľovanie uhlia v lokálnych kúreniskách - emisie aerosólu, oxidu siričitého, oxidu uhoľnatého, oxidov dusíku, ale i PAU.

CESTY EXPOZÍCIE

INHALÁCIA

Do organizmu pronikajú PAU predovšetkým dýchacími cestami z vonkajšieho a vnútorného ovzdušia

- Odhaduje sa, že z dôvodu expozície jemným aerosólovým časticiam PM_{2,5} (bez ohľadu na chemické zloženie) celosvetovo každoročne predčasne zomrie 0,8 miliónov ľudí (Cohen et al. 2005).
- Pritom toxicitu jemných častíc majú z veľkej časti na svedomí práve polycyklické aromatické uhľovodíky, u ktorých bola ako u jedných z prvých atmosférických polutantov dokázaná karcinogenita (Kim et al., 2013).

CESTY EXPOZÍCIE

Ďalšie cesty expozície:

- Žutie nikotínových žuvačiek
- Pitie kontaminovanej vody
- Pitie kontaminovaného kravského mlieka
- Kojením novorodencov matkami žijúcimi blízko nebezpečných skládok odpadu
- Konzumácia grilovaných, opekaných na ražni, údených, vyprážených potravín

ZDRAVOTNÉ RIZIKÁ PAU

- PAU globálne predstavujú značné riziko ohrozenia zdravia obyvateľstva, pretože u mnohých z nich bola dokázaná
karcinogenita
mutagenita
teratogenita.

ZDRAVOTNÉ RIZIKÁ PAU

- Medzi najsilnejšie karcinogény patrí:
benzo(a)pyren, benzo(a)antracen a dibenzo(a,h)antracen
- Americká Agentúra pro ochranu životného prostredia (US EPA) definovala 16 prioritných PAU, u ktorých bola potvrdená karcinogenita, mutagenita, teratogenita, alebo boli označené za látky potencionálne vykazujúce tieto vlastnosti.
- Sú to: naftalen, acenaftylen, acenaftalen, fluoren, fenantren, antracen, fluoranten, pyren, benzo(a)antracen, chrysen, benzo(b)fluoranten, benzo(k)fluoranten, benzo(a)pyren, dibenzo(a,h)antracen, benzo(g,h,i)perylene a ideno(1,2,3-cd)pyren (Khadar et al. 2010).

ZDRAVOTNÉ RIZIKÁ PAU

Zároveň medzinárodná agentúra pre výskum rakoviny **IARC** vyčlenila **8 karcinogénnych PAU (k-PAU)**, ktorými sú:

- benzo(a)antracén,
- chrysen,
- benzo(b)fluoranten,
- benzo(k)fluoranten,
- benzo(a)pyren,
- dibenzo(a,h)antracén,
- benzo(g,h,i)perylene
- ideno(1,2,3cd)pyren

ZDRAVOTNÉ RIZIKÁ PAU

- Obecně pro PAU platí, že s **rastúcou molekulárnou hmotnosťou rastie i karcinogenita**, ktorá je najvyššia u PAU s piatimi aromatickými kruhmi.
- S **rastúcou molekulárnou hmotnosťou naopak klesá akútna toxicita** (Holoubek 1996)

ZDRAVOTNÉ RIZIKÁ PAU

- Najviac preskúmaným PAU je **benzo(a)pyren**, u ktorého bol popísaný mechanizmus vzniku rakovinotvorného bujnenia.
- Benzo(a)pyren je spolu s ďalšími k-PAU **sekundárnym karcinogénom**, čo znamená, že sa stane rizikovým až pri snahe organizmu o jeho metabolické vylúčenie.
- V prvej fáze detoxikačného cyklu je **metabolizovaný v pečenej bunkách cytochrómami P450**, ktorých funkciou je premena **lipofilných látok na látky hydrofilné**, ktoré sú schopné exkrécie z organizmu.
- **Namiesto alkoholov**, ktoré túto podmienku splňujú, často vznikajú **epoxidy, arenoxidy, či voľné radikály**, ktoré sú **vysoko reaktívne a môžu vytvárať adukty s DNA, celulárnymi proteínmi či peroxidovať membránové lipidy**

ZDRAVOTNÉ RIZIKÁ PAU

- Z týchto dôvodov boli stanovené **zdravotné limity WHO** pro benzo(a)pyren a sumu karcinogénnych PAU - **1 ng.m⁻³** (WHO 2007).
- Bolo potvrdené , že pri väčšej koncentrácii ako je táto hodnota, dochádza u populácie k poškodzovaniu genetického materiálu - DNA (Šrám 2011).

ZDRAVOTNÉ RIZIKÁ PAU

- Do organizmu prenikajú PAU predovšetkým **dýchacími cestami** z vonkajšieho, alebo vnútorného ovzdušia.
- **Miera expozície PAU a efektivita ich prieniku** do organizmu závisí predovšetkým na **veľkosti aerosólových častíc**, na ktorých sú PAU viazané (Hinds 1999).
- **Najnebezpečnejšie - submikronové častice PM₁**, ktoré ľahko prenikajú pľúcnyimi alveolami a vlásoknicami až do krvi.
- **Veľkostná frakcia 0,5 - 1 μm** je hlavným nositeľom karcinogénnych PAU (k-PAU),
- **Jemnejšie frakcia 0,17 - 0,5 μm** je najefektívnejším nositeľom PAU s najsilnejším genotoxickým efektom (Topinka et al. 2013).

ZDRAVOTNÉ RIZIKÁ PAU

- Expozícia karcinogénnym PAU je v mestách spravidla dlhodobá a vedie k poškodzovaniu organizmu, kedy dochádza nielen k akútnym a chronickým prejavom, ale i k medzigeneračnému prenosu poškodeného genetického materiálu (Šrám 2007).
- Zvlášť náchylná je pritom detská populácie (Dostál et al. 2011).

ZDRAVOTNÉ RIZIKÁ PAU

Ďalšie možné riziká ohrozenia zdravia:

- Niektoré PAU môžu podporovať vznik astmy, bronchitídy a iných respiračných problémov
- Môžu negatívne ovplyvňovať vývoj plodu, vrátane vplyvu na rast
- Môžu redukovať plodnosť, zasahovať do hormonálnej činnosti tela

ĎAKUJEM ZA POZORNOST