

NAMĚŘENÉ HODNOTY POLUTANTŮ A MUTAGENITA OVZDUŠÍ V OSTRAVĚ

J. Kůsová, H. Miturová, J. Burdová, H. Tomášková

Zdravotní ústav se sídlem v Ostravě, Partyzán. nám. 7, 702 00 Ostrava

Ostravsko patří k oblastem s nejvíce znečištěným ovzduším v rámci ČR i celé Evropy. Znečištěné ovzduší, kterému je běžná populace vystavena, obsahuje velmi komplikovanou směs plynů a částic, na nichž jsou kondenzovány látky organické i anorganické (složky měřené i při měření neidentifikované). V reálném ovzduší tedy jednotlivé chemické látky nepůsobí odděleně - na tomto principu je vesměs založeno hodnocení odhadu jejich vlivu na zdraví člověka, nýbrž v tzv. komplexní směsi. Výsledný biologický účinek na živý organismus je komplikován jak chemismem jednotlivých složek komplexní směsi vně organismu, tak i biologickými možnostmi živého organismu reagovat na všechny složky směsi najednou. Obzvláště pro riziko, které s sebou nesou látky genotoxické (schopné reagovat s DNA organismu, především mutageny, karcinogeny), je nezbytné brát v úvahu složitost vývoje biologických důsledků působení reálných komplexních směsí. Navíc, o genotoxickém efektu směsí karcinogenů a mutagenů nemáme zatím dostatek spolehlivých informací. Z literatury je známo, že binární kombinace benzo/a/pyrenu a genotoxických aromatických uhlovodíků dává v bakteriálních testech na mutagenitu odpověď, která je nižší, než kdyby byl účinek aditivní. Kombinace benzo/a/pyrenu a 4-aminobifenyly, kombinace quercetinu a acetylaminofluorenu mají účinek vyšší nežli očekávaný aditivní efekt⁽⁶⁾. Při spolupůsobení benzo/a/pyrenu s arsenem se zvyšuje frekvence mutací (= v DNA fixovaných „chyb“) osmkrát oproti efektu samotného polyaromátu⁽⁴⁾. Expozice nemutagenímu prachu oxidů železa významně zvyšuje u experimentálních zvířat poškození DNA benzo/a/pyrenem, je-li benzo/a/pyren sorbován na těchto pracho-

vých částicích⁽³⁾. S ohledem na zmíněná fakta se jeví jako významnější stanovení výsledného biologického účinku reálné směsi (nejčastěji používaným testem pro identifikaci mutagenních faktorů chemické povahy je bakteriální test reverzních mutací - Amesův test^(5,2)) nežli pouhé provádění komplikovaných chemických analýz za účelem srovnání úrovně znečištění s legislativním limitem⁽¹⁾. Nehledě k výčtu chemických škodlivin, pro které jsou imisní limity stanoveny.

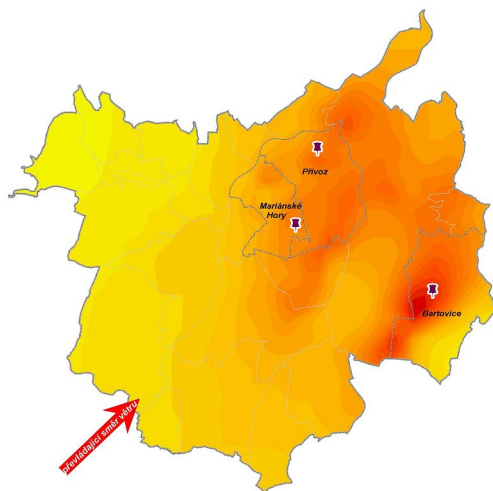
Z těchto důvodů byly v návaznosti na odběry ovzduší města Ostravy (tři odběrová místa v letech 2004 až 2006) paralelně se zjišťováním úrovně znečištění vybranými látkami sledovány i mutagenní potenciály komplexní směsi látek, obsažené v partikulární části vzorku ovzduší (prachové částice z filtrů).

2. Materiál a metody

2.1. Odběrová místa a odběry

V uvedených letech byla pravidelně monitorována tři odběrová místa v Ostravě (Přívoz, Mariánské Hory a Bartovice), která se nacházejí v průmyslových částech města a která jsou v různé míře ovlivněna jak průmyslovou produkcí (koksovny, chemický závod, hutní závody), tak zplodinami z dopravy i lokálních topenišť.

Odběr vzorků (24hodinové odběry každý šestý den) se uskutečňovaly HV samplery na křemenné filtry. Filtry byly použity ke zjištění úrovně znečištění vybranými polycyklickými aromatickými uhlovodíky a kovy. Z plynné fáze byly detekovány hladiny volatilních látek. Poměrná část filtrů byla použita pro stanovení mutagenity v Amesově testu.



Obr. 1 Mapa města Ostravy s vyznačenými odběrovými místy a převládajícím směrem větru.

2.2. Sledované škodliviny a jejich chemické analýzy

Z hlediska genotoxicity mají mezi látkami vázanými na prachové částice nejvyšší význam polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU) a kovy. S ohledem na výše zmíněné údaje o účinku komplexní směsi látek nelze vyloučit, že na výsledném genotoxickém efektu se podílejí i látky další (např. volatilní látky), jelikož v důsledku atmosférické fotooxidace se mohou tvořit produkty, schopné za určitých podmínek kondenzovat a vázat se na tuhý aerosol. Byla tedy sledována: úroveň znečištění vybranými polycyklickými aromatickými uhlovodíky PAU (benzo/a/pyren = B/a/P, benzo/a/anthracen, chrysen, benzo/b/fluoranthen, benzo/k/fluoranthen, dibenzo/a,h/anthracen, benzo/g,h,i/perylene, indeno/1,2,3/pyren) - HPLC s fluorescenčním detektorem; úroveň znečištění kovy (As, Cr, Ni, Cd) - RTG spektrometrie sekundárních emisí; a volatilními látkami (benzen, toluen, styren, trichlorethen = TriClEthen) - plynová chromatografie s FID detektorem. Mezinárodní agentura pro výzkum rakoviny (IARC) WHO řadí většinu z těchto látek do skupiny 1 –

prokázané, nebo 2A – pravděpodobné lidské karcinogeny.

2.3. Detekce mutagenity vzorků ovzduší

Poolované vzorky zevního ovzduší (vždy za každý kalendářní měsíc roku, tj. 12 pro každý rok a každé odběrové místo) byly testovány pomocí plotnového (plate incorporation) Amesova testu s využitím bakteriálního kmene TA 98 v alternativě bez použití a s přidáním jaterní postmitochondriální frakce laboratorního potkana, obsahující metabolický systém savců pro cizorodé látky. Výsledkem hodnocení je mutagenní potenciál vzorku - MPP (směrnice přímky závislosti dávka-efekt v Amesově testu). Tyto byly generovány pomocí počítačového programu Genetox manager v. 2.21.

2.4. Statistické hodnocení

Srovnání jednotlivých odběrových míst v jednotlivých letech pro jednotlivé faktory bylo provedeno analýzou rozptylu (ANOVA) a Bonferroniho testem na hladině významnosti 5 %. Závislost mezi mutagenními potenciály vzorků ovzduší a úrovní znečišťujících látek byla analyzována korelační a regresní analýzou.

3. Výsledky a diskuse

3.1. Srovnání úrovně znečištění jednotlivých odběrových míst ve sledovaném období

Srovnání ročních aritmetických průměrů vybraných škodlivin v jednotlivých letech pro jednotlivá odběrová místa, jejich eventuální srovnání s limitem (míněno s imisními limity vyhlášenými pro ochranu zdraví lidí, eventuálně cílovými imisními limity podle N.V. 59/2006 Sb.) jsou graficky uvedena v obr. 2.

Vyplývá z nich, že pro B/a/P jsou limitní hodnoty ve sledovaném období překračovány na všech odběrových místech. Nadlimitní znečištění benzenem bylo zaznamenáno v letech 2005 a 2006 v Přívoze a po celé sledované období bylo potvrzeno nadlimitní znečištění Mar.Hor a Bartovic arsenem.

Celkově je možno na základě ročních průměrných hodnot říci, že nejvyšší hodnoty znečištění benzo/a/pyrenem (a všemi měřenými PAU) byly zjišťovány v Bartovicích, nejvyšší znečištění benzenem v Přívoze a kovy v Mar. Horách a Bartovicích.

Mutagenní potenciály ovzduší jsou vyšší pro tzv. nepřímé mutageny (alternativa testu s metabolickou aktivací). Signifikantně se od sebe odběrová místa v těchto ukazatelích v každém sledovaném roce zvláště neliší. Lepší výsledek (nižší mutagenní potenciály vzorků) v r. 2004 je pravděpodobně nejvíce ovlivněn příznivějšími rozptylovými podmínkami.

3.2. Korelace mezi mutagenitou ovzduší a hladinami škodlivin

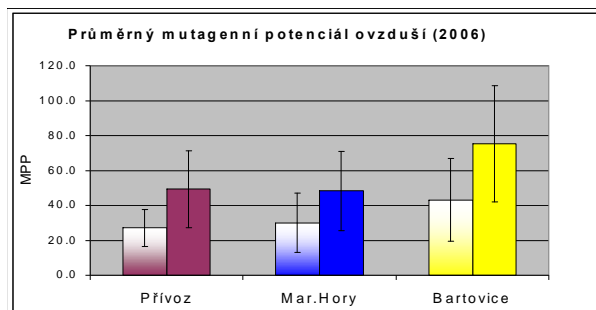
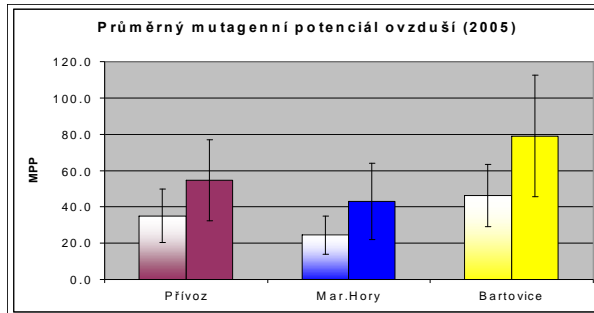
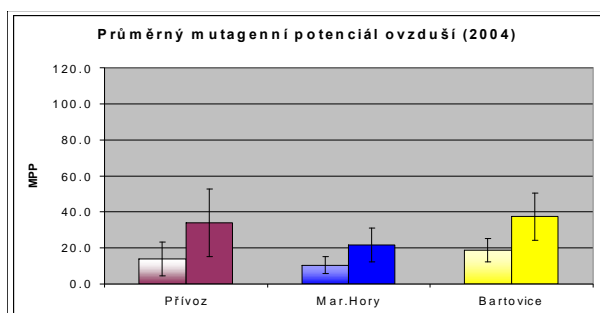
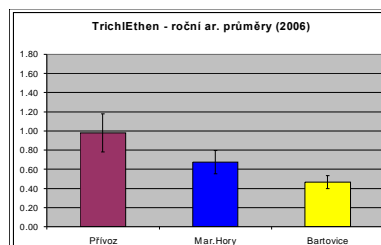
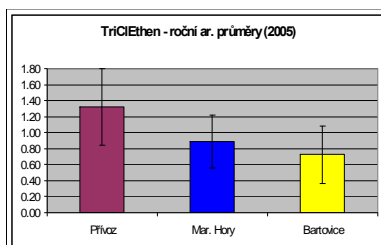
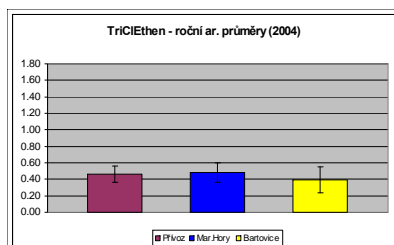
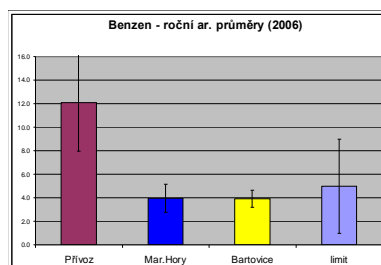
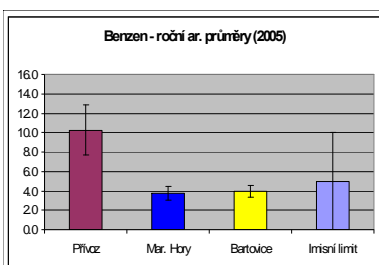
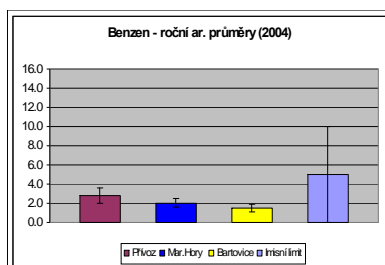
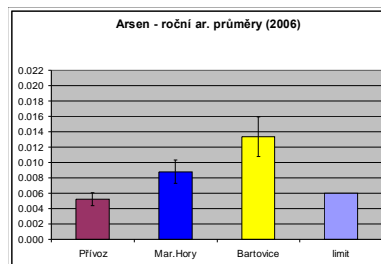
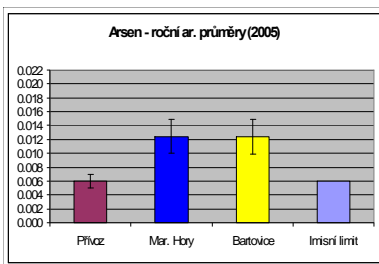
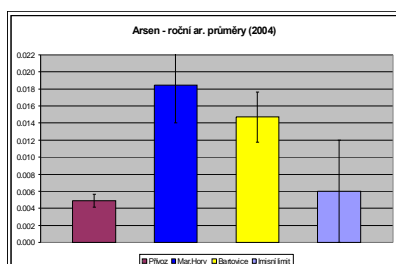
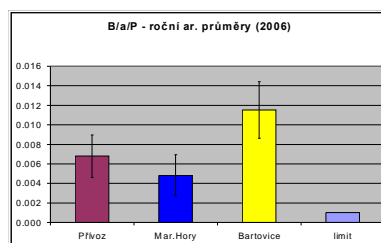
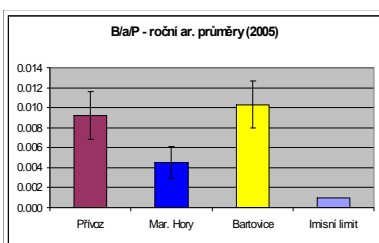
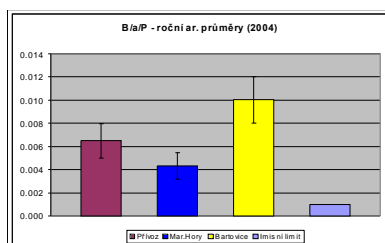
Korelační a regresní analýzou byl hodnocen rozsáhlý soubor dat, v němž jsou paralelně k dispozici údaje o koncentracích vybraných škodlivin v ovzduší a biologickém (mutagenním) efektu komplexní směsi pro jednotlivá odběrová místa v delším časovém úseku (jeden kalendářní rok).

Na jednotlivých odběrových místech odděleně byly prokázány nejrůznější korelace mezi sledovaným biologickým efektem a výskytem prachových částic, mezi biologickým efektem a výskytem benzo/a/pyrenu a všech měřených PAU (nejvyšší korelační koeficienty nezjišťovány v Bartovicích, i když signifikantně nejvíce znečištěny), mezi biologickým efektem a hladinou arsenu (především na místě s nejnižším znečištěním kovy – v Přívoze), mezi biologickým efektem a hladinou benzenu (slabé korelace v Mar. Horách a Bartovicích, nikoli v nejvíce znečištěném Přívoze), mezi biologickým efektem a hladinou trichloethenu (nikoli na místě s největšími náměry trichlorethenu).

Pro interpretaci předešlého odstavce uveden obr. 3.

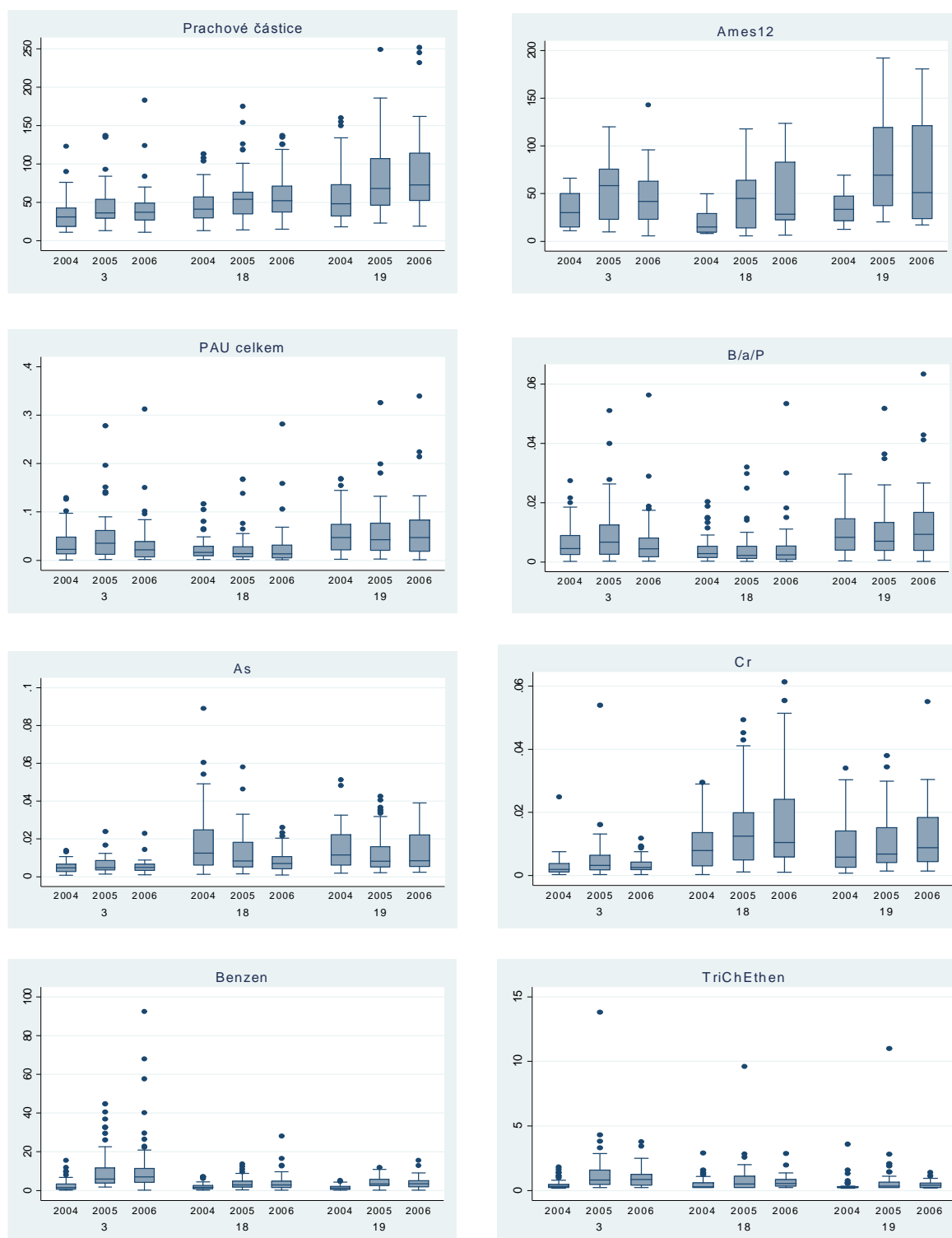
4. Závěr

Výsledky studie potvrzují, že na biologickém (mutagenním) efektu komplexní směsi látek, vyskytujících se v ovzduší Ostravy, se podílejí různé polutanty v různé míře. Sledovaný výsledný biologický účinek není vždy nejvíce ovlivněn úrovní škodliviny, která je hodnocena podle legislativy jako nadlimitní. Přesto za nejvýznamnější z hlediska mutagenní aktivity pro ovzduší města Ostravy je třeba považovat polycyklické aromatické uhlovodíky.



Obr. 2: Grafy aritmetických průměrů pro jednotlivé škodliviny, roky a odběrová místa a pro průměrné mutagenní potenciály ovzduší (dvě barvy – alternativa testu bez metabolické aktivace, jedna barva – alternativa testu s přidáním savčích jaterních enzymů).

Poznámka: rok 2004 byl co se týče frekvence inverzních epizod příznivější ve srovnání s následujícími dvěma roky.



Obr. 3: Trendy pro roční sledované hodnoty (uvedeny mediány jako míra centrální tendence) pro jednotlivé škodliviny, pro mutagenní efekt ovzduší (Ames 12 = mutagenní potenciály

ovzduší v alternativě testu s metabolickou aktivací) a pro jednotlivá odběrová místa (3=Přívoz, 18=Mar. Hory, 19=Bartovice).

Literatura:

1. Albertini, R. J. et al.: IPCS guidelines for the monitoring of genotoxic effects of carcinogens in human. *Mutation Research*, 463, 2000, s. 111-172.
2. Claxon, L.D., Matthews, P.P., Warren, S.H.: The genotoxicity of ambient outdoor air, a review: *Salmonella* mutagenicity. *Mutation Research*, 567, 2004, s. 347 - 400
3. Garry, S., Nessler, F., Aliouat, E., Haguenoer, J-M., Marzin, D.: Hematite (Fe₂O₃) enhances benzo[a]pyrene genotoxicity in endotracheally treated rat, as determined by Comet Assay. *Mutation Research*, 538, 2003, s. 19-29.
4. Maier, A., Schumann, B. L., Chany, X., Talaska, G., Puga, A.: Arsenic co-exposure potentiates benzo/a/pyrene genotoxicity. *Mutation Research*, 517, 2002, s. 101-111.
5. Maron D.M., Ames B.N.: Revised methods for the *Salmonella* mutagenicity test. *Mutation Research* 113, 1983, 173-215
6. White, P. A.: The genotoxicity of priority polycyclic aromatic hydrocarbons in complex mixtures. *Mutation Research*, 515, 2002, s. 85-98.