

## KONCENTRACIJE I PROFILI POLICIKLIČKIH AROMATSKIH UGLJIKOVODIKA U ZENICI U OVISNOSTI O GODIŠNjem DOBU

A. Šišović

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, Hrvatska

Primljeno 4. X. 1991.

Mjereno je 12 policikličkih aromatskih ugljikovodika u uzorcima lebdećih čestica uzorkovanim u središnjem dijelu Zenice svaki treći ili četvrti dan tijekom cijele godine. Koncentracije su posebno visoke zimi, kada su uz stalnu industrijsku emisiju prisutne i emisije iz kućnih ložišta, a zbog klimatskih i orografskih uvjeta češće dolazi do temperaturne inverzije. Profili, tj. omjeri policikličkih aromatskih ugljikovodika prema benzo-a-pirenu ne variraju mnogo u ovisnosti o godišnjem dobu osim fluorantena i pirena. Srednje godišnje vrijednosti mjerenih policikličkih aromatskih ugljikovodika su više (omjer zimskih i ljetnih koncentracija niži) u odnosu na područja gdje ne postoji stalan izvor njihovih emisija.

*Ključne riječi:* analiza uzoraka lebdećih čestica, benzo-a-piren, fluoranten, industrijski zagađivači, klimatski utjecaji, koncentracije policikličkih aromatskih ugljikovodika u zraku, onečišćenje atmosfere, piren.

Policiklički aromatski ugljikovodici (PAU) spadaju u skupinu organskih spojeva s tri ili više benzenskih prstena. Nastaju pri nepotpunom izgaranju fosilnih i drugih organskih materijala. Studije mnogih autora upućuju na to da se 70 do 90% PAU u prirodi nalazi vezano na čestice manjeg promjera, tj. one koje ulaze u respiratorni trakt (1-3). Koncentracije PAU kreću se od 0,01 do 0,5 ng m<sup>-3</sup> u čistim do nekoliko desetaka ng m<sup>-3</sup> u onečišćenim područjima (4). Koncentracija PAU ovisi o načinu proizvodnje energije, gustoći prometa, industrijskoj emisiji, a varira s godišnjim dobom i meteorološkim uvjetima (5, 6). U zraku je identificirano više od 100 različitih PAU, međutim, obično se mjeri njih do 20, a najčešće benzo-a-piren (BaP) koji je jedan od PAU s najbolje dokumentiranim kancerogenim djelovanjem (7).

Određivanje koncentracije PAU u Zenici od posebnog je značenja, jer se na području grada uz kućna ložišta i promet nalazi i velik industrijski izvor emisije PAU. Osim toga Zenica se nalazi u kotlini okruženoj brdima i do 1000 m visine, pa su unutar kotline slaba zračna strujanja. Najveći onečišćivač je željezara koja osim velikih količina SO<sub>2</sub> ispušta u atmosferu i niz drugih onečišćenja, mnoga od njih u obliku čestica ili vezanih na čestice. Izvori PAU u prvom su redu koksara i čeličane. Najnepovoljnije razdoblje je zima kada rade i kućna ložišta, a češće dolazi do temperaturnih inverzija, pa se štetne tvari gomilaju

u prizemnom sloju atmosfere. Ljeti se očekuju niže koncentracije PAU, jer nema emisija iz kućnih ložišta, a osim toga dolazi i do termalne i fotokemijske razgradnje ovih spojeva. S obzirom na prisutnost jakog industrijskog izvora u Zenici su analizirane koncentracije PAU tijekom cijele godine, kako bi se ocijenio utjecaj trajnog izvora na razine, godišnji tok i profile PAU.

## EKSPERIMENTALNI DIO

Da bi se dobio uvid u kretanje koncentracija PAU tijekom cijele godine, analizirani su uzorci lebdećih čestica sakupljeni svakog trećeg ili četvrtog dana od 15. VII. 1988. do 9. VII. 1989. godine. Analizirano je ukupno 100 uzoraka lebdećih čestica sakupljenih u MZ Centar:

### *Uzorkovanje i određivanje koncentracije lebdećih čestica*

Uzorci lebdećih čestica sakupljeni su tijekom 24 sata na filtre od staklenih vlakana pomoću uređaja za prosisavanje velikih volumena zraka. Prije i nakon uzorkovanja filter papir je kondicioniran na konstantnu vlažnost i vagan, kako bi se odredila masa lebdećih čestica. Sakupljanje uzoraka i određivanje koncentracija lebdećih čestica obavljao je Institut »Hasan Brkić« u Zenici. Nakon toga filter umotan u Al-foliju stavljen je u hladnjak na  $-18^{\circ}\text{C}$  do analize PAU.

### *Analiza uzoraka lebdećih čestica na PAU*

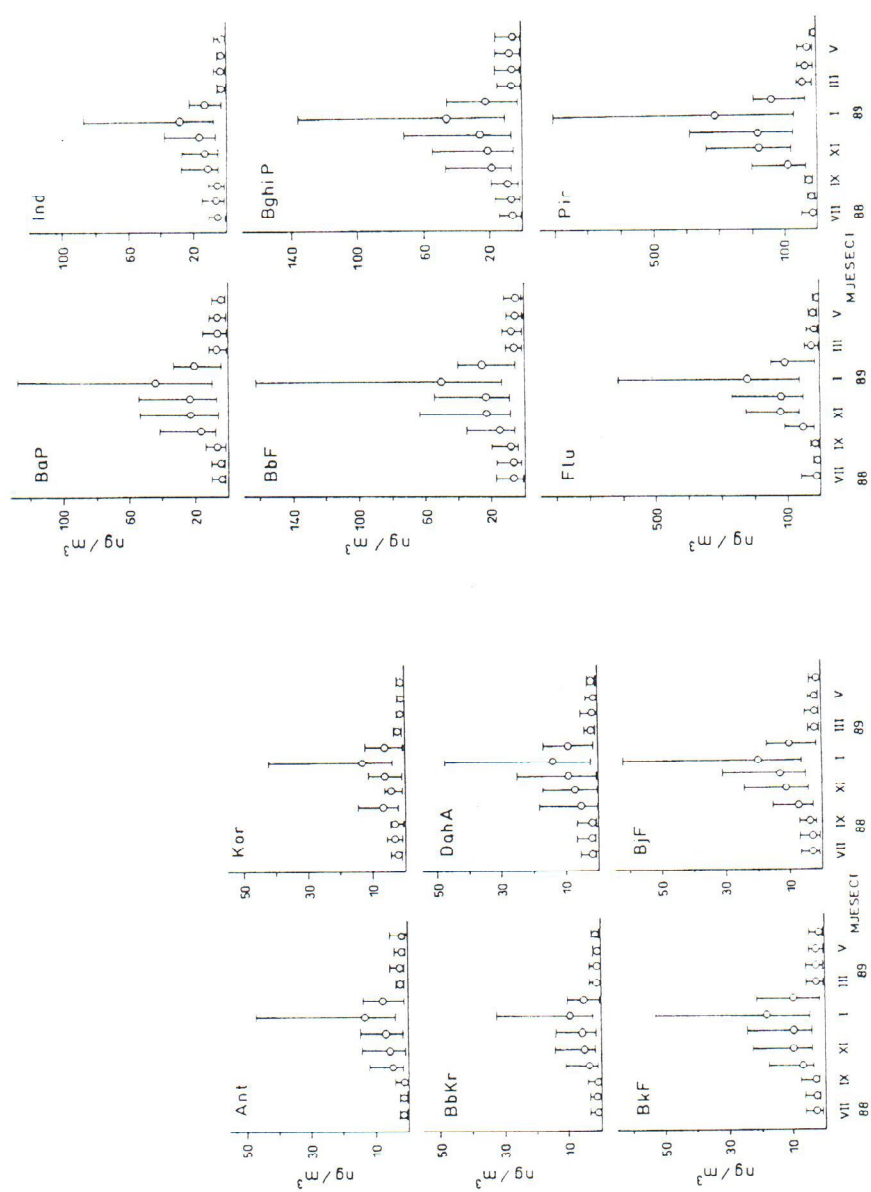
Uzorci lebdećih čestica ekstrahirani su s cikloheksanom u Soxhletovu aparatu u trajanju od 8 do 10 sati (8, 9). Nakon ekstrakcije uzorci su uparavani na manji volumen (5 ml). Dio uzorka (1 ml) propušan je kroz kolonu od silikagela (deaktiviranog s 10%  $\text{H}_2\text{O}$ ) da bi se uklonile primjese koje bi mogle smetati daljnjoj analizi. Kolona se ispiri s 30 ml cikloheksana. Pročišćeni ekstrakt ispari se do suha i otapa u acetonitrilu. Nakon toga se uzorak analizira na visokoučinskom tekućinskom kromatografu (HPLC) s fluorescentnim detektorom. Kao mobilna faza služi smjesa acetonitrila i vode (80:20) koja putuje brzinom od  $1,2\text{ ml min}^{-1}$  (10).

Mjereni su ovi PAU: fluoranten (Flu), benzo-a-piren (BaP), benzo-b-fluoranten (BbF), benzo-k-fluoranten (BkF), dibenzo-ah-antracen (DahA), benzo-b-krizen (BbK<sub>r</sub>), benzo-ghi-perilen (BghiP), antantren (Ant), koronen (Kor), piren (Pir), benzo-j-fluoranten (BjF) i indeno-1,2,3-cd-piren (Ind).

## REZULTATI I RASPRAVA

### *Razine i sezonske varijacije PAU*

Analiza uzoraka PAU dugotrajna je i skupa i zato nisu analizirani svi uzorci lebdećih čestica sakupljeni tijekom godine na tome mjernom mjestu, već samo uzorci svakog trećeg ili četvrtog dana. Analizom rezultata neprekidnih 9-godišnjih mjerenja lebdećih čestica u Philadelphii utvrđeno je da pogreška procjene srednje godišnje vrijednosti – ako se ne analiziraju uzorci svakog, već svakog trećeg ili četvrtog dana – iznosi oko 2% (11), što je zanemarivo. Veća je vjerojatnost da skupom nepotpunih podataka neće biti obuhvaćena najveća vrijednost (12).



Slika 1. Godišnji hod srednjih mjesečnih vrijednosti masenih koncentracija mjerenih policikličkih aromatskih ugljikovodika

Tablica 1.  
Srednje vrijednosti i rasponi masenih koncentracija lebedećih čestica (LČ) ( $\mu\text{g m}^{-3}$ ) i policikličkih aromatskih ugljikovodika (PAU) ( $\mu\text{g m}^{-3}$ ) za cijelu godinu, kao i za najtoplije zimske i ljetne mjesece i njihov omjeri

Komponenta	Godišnja vrijednost			Zima (XI-III) mjesec			Ljeto (VI-IX) mjesec		
	n	$\bar{X}$	raspon	n	$\bar{X}$	raspon	n	$\bar{X}$	raspon
LČ	100	207,2	20,3-1338,5	33	320,8	109,6-1338,5	33	121,4	20,3-363,3
Flu	100	59,4	1,7- 616,7	33	140,2	16,6- 616,7	33	9,1	1,7- 46,8
BbF	100	16,1	1,3- 163,3	33	30,5	6,0- 163,3	33	6,2	1,3- 20,1
BkF	100	6,1	0,5- 53,5	33	15,2	1,8- 53,5	33	2,3	0,5- 7,3
BaP	100	13,5	0,9- 128,2	33	27,4	3,3- 128,2	33	3,2	0,9- 12,8
DahA	100	4,6	0,1- 47,4	33	9,6	0,6- 47,4	33	1,6	0,1- 6,1
BbKr	100	3,2	0,2- 32,5	33	6,6	0,6- 32,5	33	1,0	0,2- 3,9
BghiP	100	15,3	0,9- 133,4	33	29,3	3,4- 133,4	33	6,2	0,9- 17,7
Ant	100	3,7	0,2- 46,8	33	8,2	0,7- 46,8	33	1,2	0,2- 4,8
Kor	61	4,0	0,2- 42,0	25	7,2	0,2- 42,0	26	1,9	0,2- 5,4
Fir	100	88,8	2,3- 802,1	33	200,8	33,6- 802,1	33	13,2	2,3- 39,7
BjF	100	6,7	0,3- 62,0	33	13,3	2,4- 62,0	33	2,5	0,3- 6,6
Ind	100	8,8	0,4- 84,1	33	17,4	2,0- 84,1	33	3,8	0,4- 13,2

n - broj uzoraka

Slika 1. Godišnji hod srednjih mjesečnih vrijednosti masenih koncentracija mjerenih policikličkih aromatskih ugljikovodika

Godišnji hod srednjih mjesečnih vrijednosti masenih koncentracija mjerenih PAU zorno je prikazan na slici 1. Iz slike se vidi da su koncentracije PAU najniže u ljetnim mjesecima (srpanj i kolovoz) kada je srednja vrijednost masene koncentracije za BaP bila oko 4 ng m<sup>-3</sup>. U proljetnim mjesecima koncentracija BaP je bila nešto veća i iznosila je 5-6 ng m<sup>-3</sup>. Ovako niske koncentracije u proljeće vjerojatno su posljedica blagih vremenskih prilika, tako da je bilo znatno manje emisija iz kućnih ložišta, ali i manje tišina, a ne može se potpuno isključiti ni pojava fotokemijske i termalne razgradnje PAU. Značajno veće koncentracije PAU izmjerene su u jesenskim mjesecima ( $\bar{X}$  za BaP > od 10 ng m<sup>-3</sup>), a najveće su koncentracije u zimskim mjesecima. Najviše koncentracije PAU izmjerene su 22. I. 1989. kada je masena koncentracija BaP iznosila 128 ng m<sup>-3</sup>, što je utjecalo na srednju mjesečnu vrijednost za siječanj (BaP=43,8 ng m<sup>-3</sup>), dok je centralna vrijednost bila niža (BaP=30,4 ng m<sup>-3</sup>). Ovako visoke koncentracije zimi javljaju se pri prije opisanim vremenskim uvjetima uzrokovanim orografijom, dok se relativno niže koncentracije zimi pojavljuju pri vjetrovitom vremenu ili zbog ispiranja čestica oborinama (kiša, snijeg).

Srednje vrijednosti i rasponi masenih koncentracija lebdećih čestica i mjerenih PAU za cijelu godinu, kao i za najtipičnije zimske (studenj, prosinac, siječanj, veljača) i ljetne (lipanj, srpanj, kolovoz, rujanj) mjeseca te njihovi omjeri prikazani su na tablici 1. Koncentracija lebdećih čestica u zimskim mjesecima 2,6 puta je veća od one u ljetnim. Najveća razlika između koncentracije PAU zimi i one ljeti dobivena je za Flu i Pir. Koncentracija u zimskim mjesecima je 15 puta veća od one u ljetnim. Ovako velike razlike u koncentracijama ovih spojeva objašnjavaju rezultati *Westerholma i suradnika* (13) koji su utvrdili da se pri temperaturi od 30 °C oko 70% Flu i 50% Pir nalazi u plinovitoj fazi, tj. prolaze kroz filter. *Yamasaki i suradnici* (14) tvrde da se i do 95% Flu i Pir kod 30 °C nalazi u plinovitoj fazi. Koncentracija BaP je 8,5 puta veća zimi od one ljeti, dok su koncentracije ostalih PAU od 4 do 6 puta veće zimi, što se ne može pripisati samo prestanku rada kućnih ložišta nego i reaktivnosti ovih spojeva ljeti, kada dolazi do njihove fotokemijske, termalne ili kemijske razgradnje (15, 16).

Rezultati korelacijske analize omjera najkarakterističnijih PAU i lebdećih čestica u ovisnosti o hladnom i toplom dijelu godine prikazani su na tablici 2. Zapažena je vrlo velika povezanost PAU i lebdećih čestica u hladnom dijelu godine, dok je u toplom dijelu godine ova povezanost manja ili uopće ne postoji.

Tablica 2.

Korelacije policikličkih aromatskih ugljikovodika (PAU) s lebdećim česticama u ljetnim i zimskim mjesecima

PAU	Ljeto (VI-IX) mjesec		Zima (XI-II) mjesec	
	n	r	n	r
Flu	29	0,1507	33	0,8806
BbF	29	0,2779	33	0,8858
BkF	29	0,3011	33	0,8487
BaP	29	0,3194	33	0,8717
BghiP	29	0,3386	33	0,8043
Ant	29	0,4680	33	0,8505
Kor	24	0,2503	23	0,7540
Pir	29	0,1893	33	0,8219

$\bar{n}$  - broj uzoraka

r - koeficijent korelacije

Teško je uspoređivati koncentracije PAU izmjerene u različitim mjestima, budući da se vrlo često radi o različitim metodama i vremenu uzorkovanja, ekstrakcije i analize uzoraka, različitim broju analiziranih uzoraka i određivanja PAU i o drugim specifičnim razlikama. Ipak su se pokušale usporediti koncentracije PAU u Zenici s koncentracijama u nekim drugim gradovima (tablica 3). Iz tablice se vidi da su zimi koncentracije PAU u Zenici znatno više nego u drugim gradovima. Iznimku čine antantren i koronen u Berlinu. Ljeti se prosječne koncentracije PAU izmjerene u Zenici nisu bitno razlikovale od onih izmjerenih u Berlinu, osim što su u Berlinu koncentracije Ant i Kor bile više.

Tablica 3.

Srednje vrijednosti masenih koncentracija policikličkih aromatskih ugljikovodika (PAU) ( $\text{ng m}^{-3}$ ) u ljetnom i zimskom razdoblju u Zenici u usporedbi s koncentracijama PAU u nekim drugim gradovima Europe

Ljeto									
Grad	Flu	BbF	BkF	BaP	BghiP	Ant	Kor	Pir	
Ze	9,1	6,2	2,3	3,2	6,2	1,2	1,9	13,2	
Be	10,0	6,6	2,1	3,7	6,2	1,9	4,7	13,0	
Zg	0,8	1,3	0,4	0,5	1,8	0,3	1,7	0,5	
F/M	0,3	-	-	0,2	0,2	-	0,1	0,4	
Zima									
Ze	140,1	30,4	12,0	27,4	29,3	8,3	7,3	200,8	
Be	55,0	20,0	6,2	14,0	16,0	15,0	13,0	62,0	
Zg	33,8	12,8	4,8	10,3	9,3	9,3	3,6	32,9	
F/M	5,5	-	-	5,9	5,1	-	1,9	6,2	

Ze - Zenica; Be - Berlin; Zg - Zagreb; F/M - Frankfurt/M

Rezultati mjerenja PAU u ostalim gradovima s kojima smo uspoređivali podatke iz Zenice bili su niži za sve PAU (17, 18). Analiza omjera zimskih i ljetnih koncentracija PAU u uspoređivanim gradovima (tablica 4) pokazuje da je, uz iznimku Berlina, za većinu PAU omjer nekoliko puta manji u Zenici, što upućuje na prisutnost značajnog izvora aktivnog tijekom cijele godine. Vrlo niski omjeri između zimskih i ljetnih koncentracija PAU u Berlinu mogu se djelomično pripisati klimatskim razlikama, ali je očito da PAU potječu od prometa koji je jak tijekom cijele godine i/li na širem području Berlina postoje trajni izvori emisija.

Tablica 4.

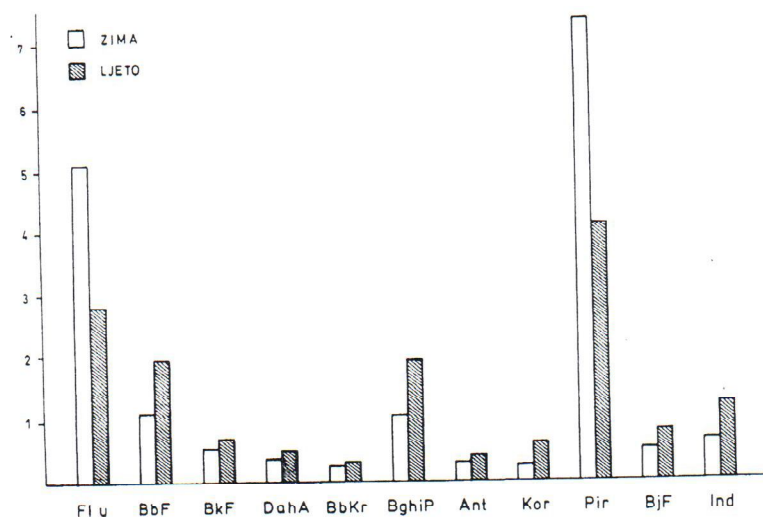
Omjer između zimskih i ljetnih srednjih vrijednosti masenih koncentracija policikličkih aromatskih ugljikovodika (PAU) u uspoređivanim gradovima

Grad	Flu	BbF	BkF	BaP	BghiP	Ant	Kor	Pir
Ze	15,4	4,8	6,5	8,4	4,7	6,7	3,7	15,2
Be	5,5	3,0	2,9	3,8	2,6	7,9	2,8	4,8
Zg	42,5	9,2	12,5	20,0	5,0	30,0	2,4	66,0
F/M	18,3	-	-	10,2	25,5	-	19,0	15,5

Ze - Zenica; Be - Berlin; Zg - Zagreb; F/M - Frankfurt/M

### Profili PAU

Omjeri PAU prema jednom od njih, a najčešće je to BaP, zovu se profili. Oni obično služe da bi se utvrdilo da li PAU na različitim lokacijama potječu iz sličnog ili istog izvora emisija. Budući da ljeti nisu aktivna kućna ložišta, pokušalo se odrediti da li profili ovise o godišnjem dobu. Napravljena je analiza za ljetni i zimski period (slika 2). Omjeri Flu i Pir prema BaP u hladnom periodu dvostruko su veći od onih u toplom, dok se za neke



Slika 2. Profili policikličkih aromatskih ugljikovodika u odnosu prema benzo-a-pirenu u ovisnosti o godišnjem dobu

Tablica 5.

Profili policikličkih aromatskih ugljikovodika u odnosu prema benzo-a-pirenu u Zenici u usporedbi s drugim gradovima

Ljeto							
Grad	Flu	BbF	BkF	BghiP	Ant	Kor	Pir
Ze	2,8	1,9	0,7	1,9	0,4	0,6	4,1
Be	2,7	1,8	0,6	1,7	0,5	1,3	3,5
Zg	1,6	2,6	0,8	3,6	0,6	3,4	1,0
F/M	0,6	-	-	0,4	-	0,2	0,8
Zima							
Grad	Flu	BbF	BkF	BghiP	Ant	Kor	Pir
Ze	5,2	1,1	0,6	1,1	0,3	0,3	7,4
Be	3,9	1,4	0,4	1,1	1,1	0,9	4,4
Zg	3,4	1,2	0,5	0,9	0,9	0,4	3,3
F/M	9,3	-	-	0,9	-	-	1,1

Ze - Zenica Be - Berlin Zg - Zagreb F/M - Frankfurt/M

PAU (BbF, BghiP, Kor i Ind) primjećuje lagano povećanje ovoga ljeti, a to je u skladu s nalazima *Bröstroma i suradnika* (16) koji su pronašli da je BaP jedan od najreaktivnijih PAU. U usporedbi s drugim gradovima profili PAU (tablica 5) zimi su nešto viši u Zenici za Flu i Pir, a niži za Ant i Kor. Ljeti su profili PAU u Zenici vrlo slični onima u Berlinu osim što je za Kor u Zenici omjer znatno niži.

#### Ocjena mogućeg zdravstvenog učinka izmjerenih koncentracija

Dokazano je da mnogi PAU imaju kancerogeno djelovanje. Ipak kada se govori o onečišćenju atmosfere s PAU najčešće se uspoređuju koncentracije jednog od njih. Obično je to BaP, zato što je on najčešće određivani PAU i njegovo je djelovanje najviše istraživano. Srednja vrijednost masene koncentracije za BaP od 100 mjerenih uzoraka lebdećih čestica tijekom cijele godine u Zenici iznosi 13,5 ng m<sup>-3</sup>. Granična vrijednost, koju je kao privremenu smjernicu predložila Savezna agencija za okoliš Njemačke, jest 10 ng m<sup>-3</sup>, u Nizozemskoj je ta vrijednost 5 ng m<sup>-3</sup>, dok je u Sovjetskom Savezu 1 ng m<sup>-3</sup> (6, 18, 19). Za tvari koje imaju kancerogeno djelovanje ne postoje granične vrijednosti, nego treba težiti da njihove koncentracije u zraku budu što bliže nuli. Za ovakve se spojeve na osnovi procjene zaključuje o riziku dodatne incidencije raka, a za BaP kao pokazatelj izloženosti PAU procjenjuje se da za 9 od 100.000 ljudi, koji su izloženi 1 ng m<sup>-3</sup> BaP tijekom cijelog života (4), postoji vjerojatnost oboljenja od raka pluća.

#### ZAKLJUČAK

Koncentracije svih mjerenih PAU u Zenici višestruko su veće zimi od onih ljeti, iako postoji stalan izvor emisije PAU tijekom cijele godine. Najveće razlike dobivene su za Flu i Pir, što je objašnjeno njihovom hlapljivošću. Profili PAU ne variraju mnogo u ovisnosti o godišnjem dobu osim za Flu i Pir. U usporedbi s dostupnim podacima o razinama PAU u drugim gradovima Europe vidljivo je da su koncentracije svih mjerenih PAU, osim Ant i Kor, u Zenici više i zimi i ljeti (osim u Berlinu ljeti).

Razlike i sličnosti profila PAU/BaP odražuju ranije spomenute karakteristike u razinama i sezonskim odnosima koncentracija PAU.

Iz svega je vidljivo da su koncentracije PAU u Zenici relativno visoke, posebno u zimskim mjesecima. Stoga bi se sanacijom industrijskog izvora i poboljšanjem kvalitete goriva i njegovog izgaranja u kućnim ložištima trebale smanjiti emisije ovih za zdravlje vrlo štetnih tvari.

#### LITERATURA

1. De Wiest F. Any factors influencing the dispersion and the transport of heavy hydrocarbons associated with airborne particles. *Atmos Environ* 1978;12:1705-11.
2. Broddin G, Van Vaeck L, Van Cauwenberghe K. On the size distribution of polycyclic aromatic hydrocarbon containing from a coke oven emission source. *Atmos Environ* 1977;11:1061-4.
3. Pierce RC, Katz M. Dependency of polynuclear aromatic hydrocarbon content on size distribution of atmospheric aerosols. *Environ Sci Technol* 1975;9:347-53.
4. Air Quality Guidelines for Europe, Copenhagen. WHO No 23, 1987.
5. Greenberg A, et al. Polycyclic aromatic hydrocarbons in New Jersey: Comparison of winter and summer concentrations over a two-year period. *Atmos Environ* 1985;19:1325-39.



6. Thrane KE. Ambient air concentrations of polycyclic aromatic hydrocarbons, fluoride, suspended particles and particulate carbon in areas near aluminum production plants. *Atmos Environ* 1987;21:617-28.
7. Lee LM, Novotny VM, Bartle DK. Analytical chemistry of polycyclic aromatic compounds. Academic Press INC New York, 1981.
8. Dong M, Locke DC, Ferrand E. High pressure liquid chromatographic method for routine analysis of major parent polycyclic aromatic hydrocarbons in suspended particulate matter. *Anal Chem* 1976;48:368-72.
9. Von Funcke W, et al. Analyse von polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen auf Immissionsstauben aus dem Ruhrgebiet und einer landlichen Kleinstadt. *Staub-Reinhalt Luft* 1982;42:192-7.
10. Fechner D, Steifert B. Bestimmung von polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen in Staubbiederschlagen durch Hochleistungs-Flussigkeits-Chromatographie mit Mehrwellenlangendetektion. *Fresenius Z Anal Chem* 1978;292:193-8.
11. Niels GJ, Akland GG. Procedures for handling aerometric data. *J Air Poll Control Assoc* 1973;23:180-4.
12. Analysing and interpreting air monitoring data. WHO Offset Publication No 51, Geneva 1980.
13. Westerholm R, Stenberg U, Alsberg T. Some aspects of the distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) between particles and gas phase from diluted gasoline exhausts generated with the use of a dilution tunnel and its validity from measurement in ambient air. *Atmos Environ* 1988;22:1005-10.
14. Yamasaki H, Kuwata K, Miyamoto H. Effects of ambient temperature on aspects of airborne polycyclic aromatic hydrocarbons. *Environ Sci Technol* 1982;16:189-94.
15. Butler ID, Crossley P. Reactivity of polycyclic aromatic hydrocarbons adsorbed on soot particles. *Atmos Environ* 1981;15:91-4.
16. Bröstrom E, Grennfelt P, Lindskog A. The effect of nitrogen dioxide and ozone on the decomposition of particle - associated polycyclic aromatic hydrocarbons during sampling from the atmosphere. *Atmos Environ* 1983;17:601-5.
17. Von Pflock H, Georgii HW, Muller J. Teilchengebundene polycyclische aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAH) in belasteten und unbelasteten Gebieten. *Staub-Reinhalt Luft* 1983;43:230-4.
18. Von Lahman E, Seifert B, Zhao L, Bake D. Immissionen von polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen in Berlin (West). *Staub-Reinhalt Luft* 1984;44:149-57.
19. Duković J, Azapačić A, Pašalić H, Vlajić M. Sadržaj polinuklearnih aromatskih ugljikovodika u vazduhu Tuzle i Lukavca. *Zašt atm* 1987;15:15-9.

### Summary

#### CONCENTRATIONS AND PROFILES OF POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBONS IN ZENICA BY SEASON

Twelve polycyclic aromatic hydrocarbons were measured in samples of airborne particles collected in the town of Zenica in the Republic of Bosnia and Herzegovina every third or fourth day throughout the year. The concentrations were especially high in winter when in addition to permanent industrial emissions those from individual heating systems were also present and when owing to climatic and orographical circumstances temperature inversions occurred more frequently. The profiles of polycyclic aromatic hydrocarbons i.e. their ratios to benzo-a-pyrene did not demonstrate great seasonal variations with the exception of fluoranthene and pyrene. The mean annual concentrations (winter to summer concentration ratios) were higher than in the areas where there was no permanent source of emissions.

*Institute for Medical Research and Occupational Health University of Zagreb, Zagreb, Croatia*

*Key words:* analysis of airborne particles, benzo-a-pyrene, fluoranthene, industrial emissions, climatic influence, airborne concentrations of polycyclic aromatic hydrocarbons, atmospheric pollution, pyrene.