

UTJECAJ ONEČIŠĆENJA ZRAKA U PODRUČJU
S TVORNICOM CEMENTA NA VENTILACIJSKU
FUNKCIJU PLUĆA ŠKOLSKE DJECE

O. HRUSTIĆ, M. GENTILIZZA i M. ŠARIĆ

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Zagreb

(Primljeno 17. VII 1982)

U tri skupine dječaka i djevojčica jedne osnovne škole koji žive u tri područja na različitim udaljenostima od izvora onečišćenja zraka (tvornica cementa) ispitana je ventilacijska funkcija pluća.

Ispitivanje je provedeno u dva navrata tokom ožujka 1980. i 1981. godine na istoj djeci. Izmjereni su forsirani ekspiratorni volumeni u 0,75 sekundi i u prvoj sekundi. Ovaj potonji je izražen u postotku od normalnih vrijednosti. Paralelno s mjerenjem ventilacijske funkcije izmjerene su i koncentracije lebdećih čestica i sulfata u zraku u položaju ispitane osnovne škole.

Rezultati su pokazali da su srednje vrijednosti ispitanih forsiranih ekspiratornih volumena bile povezane sa stupnjem onečišćenja atmosfere lebdećim česticama i sulfatima.

Ispitivanje utjecaja onečišćenja zraka na plućnu funkciju vrlo je prikladno provoditi na djeci iz više razloga. Naime, njihov respiratorni sistem je osjetljiviji na okolinske štetnosti nego u odraslih, djeca su prirodno nepušačka i neprofesionalna skupina i s obzirom na mobilnost stanovanja najveći dio svog života provode u istoj sredini, te zbog toga nisu podložna utjecaju različitih vrsta i stupnjeva onečišćenja. Zbog toga su djeca prikladnija za ovakva ispitivanja od odraslih, ali na žalost spirometrijska testiranja su ograničena na djecu koja mogu surađivati, što znači na školski uzrast.

CILJ RADA

Cilj ovog istraživanja je bio da se ispita da li onečišćenje zraka lebdećim česticama i sulfatima utječe na vrijednosti forsiranog ekspiratornog volumena u 0,75 sekundi i forsiranog ekspiratornog volumena u prvoj sekundi izraženog u postotku od normalnih vrijednosti (1) u školske djece.

UZORAK I METODA RADA

Tokom ožujka 1980. i 1981. godine izmjereni su jedanput tjedno (četiri mjerenja) forsirani ekspiratorni volumeni kod 43 dječaka i 34 djevojčice iz osnovne škole »Matija Gubec« u Susedgradu. Prve godine mjerenja oni su bili učenici drugih razreda, a sljedeće trećih razreda. Testovi su izmjereni suhim spirometrom tipa »Pulmonor«, a u dodatku je izmjerena svakom učeniku stojeća visina jedanput u ožujku prve i druge godine.

Sumarne rezultate četiriju mjerenja forsiranih ekspiratornih volumena iz svakog mjeseca ožujka prikazali smo po zonama stanovanja ispitanih učenika u odnosu na udaljenost od izvora onečišćenja atmosfere, što je u ovom istraživanju bila tvornica cementa. Prva zona je bilo područje udaljeno od tvornice do 1 000 m, druga zona 1 000—1 500 m, a treća zona 1 500—3 500 m.

Pomoću t-testa ispitana je značajnost razlika između aritmetičkih sredina malih nezavisnih uzoraka.

Paralelno s mjerenjem ventilacijske funkcije izvršena su i mjerenja onečišćenja zraka, ali samo u položaju ispitane osnovne škole koja je s obzirom na podjelu po zonama stanovanja bila locirana u drugoj zoni. Uzorci lebdećih čestica sakupljeni su tokom 24 sata na membranskim filtrima pomoću pumpe za proisavanje velikih volumena zraka (oko 200 m³ zraka u 24 sata). Masena koncentracija lebdećih čestica određivana je gravimetrijski. Masena koncentracija u vodi topljivih sulfata u uzorcima lebdećih čestica određivana je titracijom s barij-perkloratom u prisutnosti thorin indikatora pomoću EEL titratora (2, 3), nakon ekstrakcije dijela uzorka vodom u Soxhletovu aparatu i separacije kationa pomoću ionske izmjene (4).

REZULTATI

a) Ventilacijska funkcija pluća

Na tablici 1. prikazana je dob, stojeća visina, FEV_{0,75} i FEV₁0% ispitanih skupina dječaka i djevojčica u ožujku 1980. godine kada su oni bili učenici drugih razreda. Što se tiče dobi skupine su usporedive izuzev dječake iz druge zone koji su nešto stariji i u odnosu na dječake iz treće zone; razlika je statistički značajna. Što se tiče visine nešto niži su dječaci iz treće zone, ali razlike nisu bile statistički značajne. Vrijednosti FEV_{0,75} kod dječaka najniže su u prvoj zoni, više u trećoj, a najviše u drugoj zoni, ali razlike nisu bile statistički značajne. Kod djevojčica najniži FEV_{0,75} ima skupina iz prve zone, viši iz druge, a najviši iz treće zone, ali razlike ni ovdje nisu bile statistički značajne. Vrijednosti FEV₁0% i kod dječaka i kod djevojčica su najniže u skupinama iz prve zone, više u drugoj, a najviše u trećoj zoni, ali razlike nisu bile statistički značajne.

Tablica 1.

Srednja dob, stojeća visina, FEV_{0,75} i FEV₁% ispitanih učenika tokom ožujka 1980. godine

	Dječaci N = 43						Djevojčice N = 34					
	I. zona N = 22		II. zona N = 10		III. zona N = 11		I. zona N = 17		II. zona N = 9		III. zona N = 8	
	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD
Dob (god.)	8,6	0,5	8,7	0,6	8,2	0,4	8,5	0,5	8,3	0,5	8,3	0,5
Visina (cm)	132,4	5,0	132,0	5,1	129,7	3,4	130,2	4,9	131,3	6,2	132,6	6,3
FEV _{0,75} (ccm)	1 608	201	1 715	273	1 650	238	1 502	219	1 510	214	1 642	180
FEV ₁ %	98,7	12,4	104,3	11,4	106,2	12,1	93,1	8,5	95,0	4,7	98,6	9,9

Dječaci: Dob II—III p < 0,05

Ostale razlike nisu statistički značajne.

I. zona — do 1 000 m udaljena od tvornice cementa

II. zona — 1 000 do 1 500 m udaljena od tvornice cementa

III. zona — 1 500 do 3 500 m udaljena od tvornice cementa

Tablica 2.

Srednja dob, stojeća visina, FEV_{0,75} i FEV₁% ispitanih učenika tokom ožujka 1981. godine

	Dječaci N = 43						Djevojčice N = 34					
	I. zona N = 22		II. zona N = 10		III. zona N = 11		I. zona N = 17		II. zona N = 9		III. zona N = 8	
	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD
Visina (cm)	137,9	5,2	136,7	4,9	135,2	3,9	134,6	5,2	137,2	6,5	138,4	6,8
FEV _{0,75} (ccm)	1 869	222	1 861	223	1 856	189	1 712	175	1 800	181	1 827	184
FEV ₁ %	98,6	8,8	101,6	7,3	102,5	15,1	96,2	8,0	96,5	7,4	96,4	8,9

Razlike među zonama nisu statistički značajne.

Na tablici 2. prikazana je stojeća visina, FEV_{0,75} i FEV_{1,0%} ispitanih skupina dječaka i djevojčica u ožujku 1981. godine kada su ispitanici bili učenici trećih razreda, što znači da su bili stariji za godinu dana. Što se tiče visine dječaka najviši su bili iz prve zone, a najniži iz treće zone, dok je kod djevojčica obrnuto, ali razlike ni kod jednih niti kod drugih nisu bile statistički značajne. Vrijednosti FEV_{0,75} kod dječaka bile su gotovo sasvim podjednake, dok su kod djevojčica najniže bile u prvoj zoni, više u drugoj, a najviše u trećoj zoni, ali razlike nisu bile statistički značajne. Što se tiče FEV_{1,0%} najniže vrijednosti kod dječaka ima prva zona, više druga, a najviše treća zona, ali razlike nisu bile statistički značajne. Kod djevojčica su vrijednosti FEV_{1,0%} bile gotovo sasvim jednake u sve tri zone.

b) *Onečišćenje zraka*

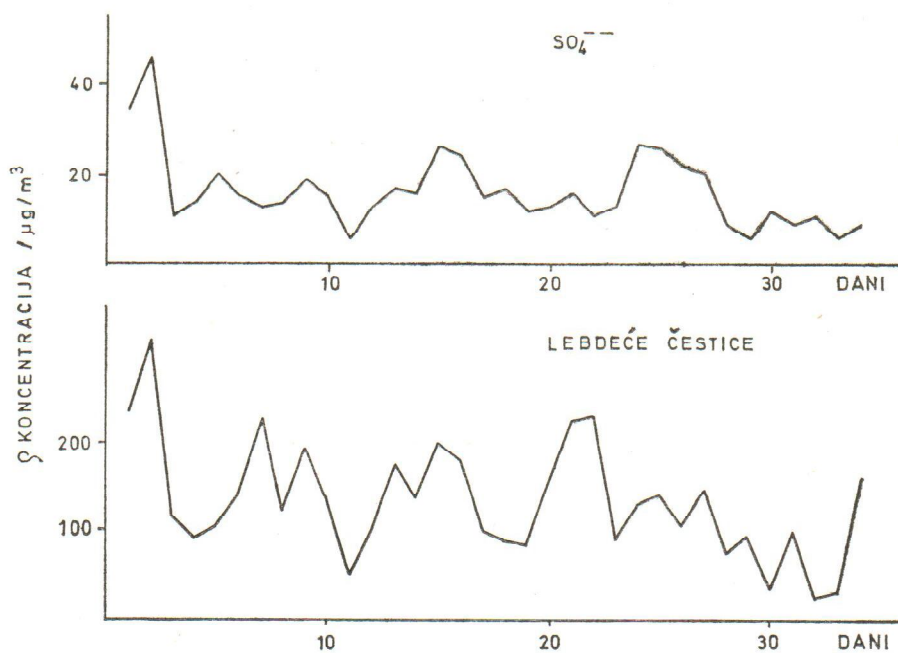
Na tablici 3. prikazane su aritmetičke sredine i rasponi masenih koncentracija lebdećih čestica i sulfata u zraku tokom naših preliminarnih ispitivanja (lipanj 1977. — svibanj 1978), na mjernom mjestu oko 1 km udaljenom od tvornice cementa, koja radi još od 1908. godine. Dobiveni rezultati pokazuju da su tokom cijelog mjernog razdoblja bile prisutne visoke razine masenih koncentracija lebdećih čestica i sulfata u zraku.

Na slikama 1. i 2. prikazano je kretanje dnevnih masenih koncentracija lebdećih čestica i SO₄²⁻ u zraku izmjerenih tokom ožujka 1980. i 1981. godine, a na tablici 4. aritmetičke sredine i rasponi masenih kon-

Tablica 3.

Aritmetičke sredine i rasponi masenih koncentracija lebdećih čestica i sulfata u zraku na području s tvornicom cementa tokom jednogodišnjeg razdoblja 1977/78.

Mjeseci	masena koncentracija / $\mu\text{g}/\text{m}^3$			
	sulfati		lebdeće čestice	
	\bar{x}	raspon	\bar{x}	raspon
Lipanj	16	8—25	161	81—225
Srpanj	10	5—15	140	74—207
Kolovoz	15	1—31	184	72—278
Rujan	20	12—53	228	59—637
Listopad	25	16—41	259	111—433
Studeni	19	3—89	201	73—416
Prosinac	22	1—62	201	58—359
Siječanj	24	6—45	193	103—412
Veljača	23	14—41	205	46—422
Ožujak	11	5—22	172	55—263
Travanj	13	8—22	168	92—259
Svibanj	12	5—18	173	90—338



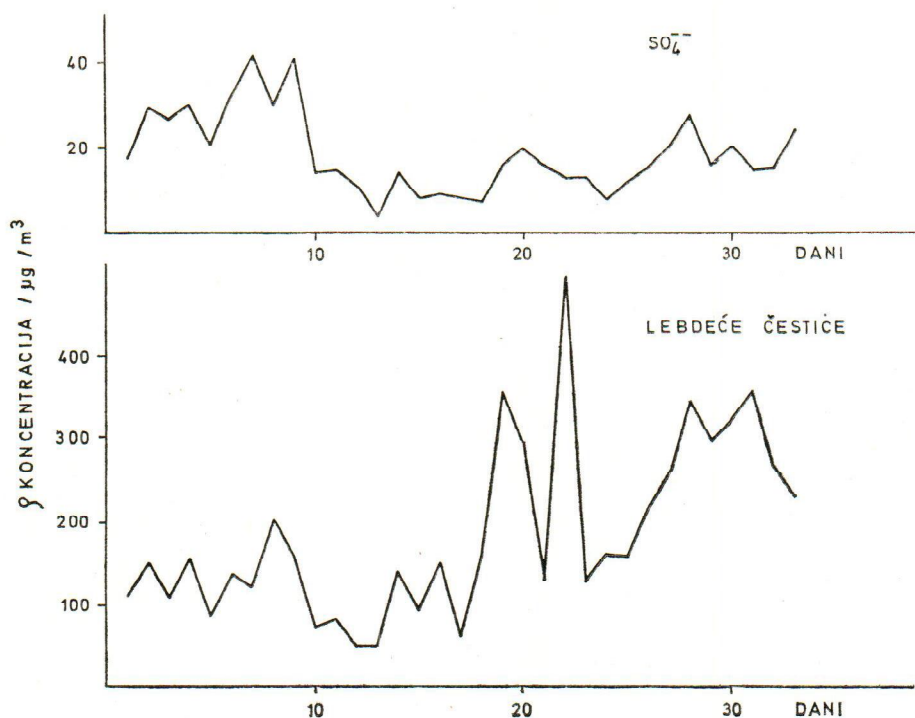
Sl. 1. Dnevne masene koncentracije lebdećih čestica i SO_4^{--} u zraku na području s tvornicom cementa tokom ožujka 1980. godine

centracija lebdećih čestica i SO_4^{--} u zraku također za cijelo mjerno razdoblje. Vidi se da su vrijednosti izmjerenih dnevnih masenih koncentracija lebdećih čestica u 1981. godini veće od onih u 1980. godini. Dok je aritmetička sredina cijelog mjernog razdoblja u 1980. godini iznosila $133 \mu\text{g}/\text{m}^3$ s rasponom od 24 do $313 \mu\text{g}/\text{m}^3$, u 1981. godini bila je $189 \mu\text{g}/\text{m}^3$ s rasponom od 51 do $496 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Iz prikazanih podataka vidljivo je da je vrlo često masena koncentracija lebdećih čestica bila iznad $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Za lebdeće čestice se smatra da su 24-satne koncentracije veće od $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nepoželjne. Što se sulfata tiče njihove masene koncentracije su tokom oba razdoblja mjerenja prilično visoke s maksimalnim koncentracijama od $46 \mu\text{g}/\text{m}^3$ u 1980. i $42 \mu\text{g}/\text{m}^3$ u 1981. godini.

RASPRAVA

Poznato je da su u zraku u okolici tvornice cementa osim visokih masenih koncentracija ukupnih lebdećih čestica prisutne i relativno visoke masene koncentracije sulfata. Naša preliminarna ispitivanja razina ma-



Sl. 2. Dnevne masene koncentracije lebdećih čestica i SO_4^{--} u zraku na području s tvornicom cementa tokom ožujka 1981. godine

Tablica 4.

Aritmetičke sredine i rasponi masenih koncentracija lebdećih čestica i sulfata u zraku na području s tvornicom cementa tokom ožujka 1980. i 1981.

Mjesec i god.	masena koncentracija / $\mu\text{g}/\text{m}^3$			
	SO_4^{--}		Lebdeće čestice	
	\bar{x}	raspon	\bar{x}	raspon
Ožujak 1980.	16	6—46	133	24—313
Ožujak 1981.	18	4—42	189	51—496

senih koncentracija lebdećih čestica i sulfata u razdoblju od lipnja 1977. do svibnja 1978. godine na istraživanom području su nam to i potvrdila. Na tablici 3. vidi se kako maksimalne vrijednosti sulfata prate maksimalne vrijednosti lebdećih čestica. Primjerice, u studenom 1977. istog dana izmjerena je maksimalna vrijednost lebdećih čestica od $416 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i sulfata od $89 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Prema ispitivanjima u okviru CHES studije (5) izgleda da je učestalost respiratornih simptoma u korelaciji s koncentracijom sulfata u lebdećim česticama. Imajući sve to u vidu, upravo smo za ovo naše ispitivanje i odabrali okolicu jedne tvornice cementa.

Rezultati istraživanja pokazuju da su djeca koja stanuju bliže tvornici cementa imala nešto niže vrijednosti $\text{FEV}_{0,75}$ i $\text{FEV}_1\%$, što upućuje na to da je stupanj onečišćenja zraka lebdećim česticama mogao imati nepovoljan učinak na funkcionalnu sposobnost respiratornog sistema. Međutim, s obzirom na relativno visok sadržaj sulfata u lebdećim česticama u okolini tvornice cementa moguće je i djelovanje sulfata u istom smislu.

Dosadašnja istraživanja o utjecaju cementne prašine na ventilacijsku funkciju pluća odnose se uglavnom na profesionalnu ekspoziciju i upućuju na to da je cementna prašina jedan od uzroka opstruktivnih smetnji ventilacije (6, 7). O utjecaju ambijentalne ekspozicije onečišćenju zraka cementnom prašinom na ventilacijsku funkciju pluća, pogotovo djece, nalazimo manje podataka. Jedno nedavno objavljeno istraživanje (8) upućuje na to da ambijentalna izloženost onečišćenjima iz tvornice cementa utječe na vrijednost ventilacijskih funkcija pluća i učestalost akutnih respiratornih bolesti školske djece. Za istraživanje utjecaja onečišćenja zraka na respiratorni sistem jedan epidemiološki model primijenjen na školskoj djeci pokazao se vrlo prikladnim (9, 10). U okviru jednog ispitivanja pomoću tog modela (11) ustanovljena je ovisnost između veličine ventilacijskih funkcija pluća i incidencije akutnih bolesti respiratornog trakta i stupnja onečišćenja zraka sumpornim dioksidom i dimom. Ferris (12) je našao da se plućne funkcije (MEP, FVK i FEV_1) u učenika prvih i drugih razreda osnovnih škola nisu značajno razlikovale s obzirom na nivoe onečišćenja zraka sumpornim dioksidom i prašinom, ali su djeca koja su stanovala u zoni gdje je onečišćenje zraka prašinom bilo najveće imala tendenciju najnižih vrijednosti ispitanih plućnih funkcija. Toyama (13) je istraživanjem na školskoj djeci dobi 10 do 11 godina našao da su djeca koja su živjela i pohađala školu u području jako onečišćenom prašinom i SO_2 imala niži MEP od djece koja su živjela i išla u školu u relativno »čistom« području gdje su koncentracije prašine bile dosta niže. Ovo naše istraživanje pokazuje da su vrijednosti ispitanih forsiranih ekspiratornih volumena u školske djece vjerojatno bile u korelaciji sa stupnjem onečišćenja zraka lebdećim česticama i sulfatima. Iako nisu mjerena onečišćenja zraka lebdećim česti-

cama i sulfatima u sve tri zone stanovanja ispitanih učenika već samo u drugoj, može se pretpostaviti da je prva zona bila najviše onečišćena, a treća najmanje.

S obzirom na područje gdje je ovo istraživanje provedeno, pretpostavljamo da se neki drugi faktori koji su mogli bitnije utjecati na dobivene vrijednosti forsiranih ekspiratornih volumena ispitanih skupina školske djece (prisutnost nekog/nekih drugih onečišćivača atmosfere, socijalni status obitelji, fizička aktivnost djece i sl.) nisu razlikovali. Dobivene razlike u plućnim volumenima mogle bi biti i rezultat kumulativnog prethodnog višegodišnjeg razdoblja djelovanja cementne prašine.

ZAKLJUČAK

Rezultati provedenog istraživanja upućuju na to da je onečišćenje zraka lebdećim česticama i sulfatima emitiranim iz tvornice cementa moglo utjecati na dobivene vrijednosti forsiranih ekspiratornih volumena u ispitane školske djece po područjima stanovanja.

Literatura

1. Bjure, J.: Acta paediatr. scand., 52 (1963) 232.
2. Methods of measuring air pollution, OECD, Paris, 1964.
3. Fritz, J. S., Yamamura, S. S.: Anal. chem., 27 (1955) 1461.
4. Dubois, L., Baker, C. J., Teichman, T., Zdrojewski, A., Monkman, J.: Mikrochimica acta (Wien), 1969, 269.
5. U. S. environmental protection agency: Health consequences of sulphur oxides. A report from CHESS 1970—71, Research Triangle Park, N. C. 1974.
6. Šarić, M.: Arh. hig. rada, 14 (1963) 327.
7. Kalačić, I.: Arch. environ. health, 26 (1973) 84.
8. Tomić, T., Šarić, M.: Arh. hig. rada toksikol., 33 (1982) 3.
9. Hrutić, O.: Proučavanje utjecaja atmosferskog onečišćenja na respiratorni sistem na školskoj djeci kao modelu. Disertacija, Zagreb, 1979.
10. Hrutić, O., Šarić, M.: Arh. hig. rada toksikol., 31 (1980) 149.
11. Šarić, M., Fugaš, M., Hrutić, O., Gentilizza, M.: Arch. environ. health, 36 (1981) 101.
12. Ferris, B.: Am. rev. resp. dis., 102 (1970) 591.
13. Toyama, T.: Arch. environ. health, 8 (1964) 153.

Summary

THE EFFECT OF AIR POLLUTION IN AN AREA WITH A CEMENT PLANT ON VENTILATORY LUNG FUNCTION IN SCHOOL CHILDREN

Ventilatory lung function was examined in three groups of boys and girls from an elementary school living in three areas at different distances from a source of atmospheric pollution (a cement plant). The investigation was carried out in March 1980 and again in March 1981 in the same children. The measurements included forced expiratory volumes in 0.75 and 1.0 second. The latter volume was expressed as a percentage of the normal values. Concurrently with ventilatory measurements the concentrations of airborne particles and sulphates were determined in the air near the location of the elementary school.

The results showed the mean values of the measured forced expiratory volumes to be associated with the degree of atmospheric pollution with airborne particles and sulphates.

*Institute for Medical Research and
Occupational Health, Zagreb*

*Received for publication
July 17, 1982*