

Izvorni znanstveni rad
UDK 614.72:661.51(497.13)

RAZINE MASENIH KONCENTRACIJA AMONIJAKA U ZRAKU ZAGREBA

M. GENTILIZZA, V. VADIĆ i J. KUKULJ

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Zagreb

(Priljeno 12. V 1983)

Prikazane su srednje mjesečne, te godišnje masene koncentracije amonijaka u zraku na mjernoj stanici u sjevernom dijelu Zagreba tijekom 12 godina. Tijekom razdoblja mjerenja (1969—1980) vrijednosti srednjih godišnjih masenih koncentracija amonijaka kretale su se od 12 do 22 $\mu\text{g m}^{-3}$, a srednjih dnevnih od 0 do 138 $\mu\text{g m}^{-3}$.

Nađena je statistički značajna razlika u vrijednostima masenih koncentracija amonijaka između ljetnog i zimskog razdoblja, s višim vrijednostima tijekom ljeta. Utvrđeno je da su razine masenih koncentracija amonijaka u zraku u sjevernom dijelu Zagreba sličnih vrijednosti kao i u ostalim gradovima Evrope i u SAD-u.

Za razliku od mnogih atmosferskih onečišćenja, primjerice sumpordioksida, dima, lebdećih čestica, metala itd., u literaturi ima malo podataka o razinama masenih koncentracija amonijaka u zraku. Razlog tome su vjerojatno relativno niske masene koncentracije amonijaka, čak i u gradskoj atmosferi, pa se zato ne očekuje djelovanje amonijaka na zdravlje.

Iako velik dio amonijaka u zraku potječe od različitih bioloških procesa, ipak je potrebno naglasiti važnost amonijaka koji potječe od industrijskih emisija. Amonijak se upotrebljava u proizvodnji sintetske gume, plastike, ljepila, eksploziva, u proizvodnji umjetnih gnojiva itd. Također se kao izvor amonijaka ne smije isključiti ni sagorijevanje goriva u ložištima, zatim koksare, rafinerije, metalurgija i kanalizacija.

Zbog svoje važne uloge u ciklusu dušika u prirodi, amonijak je do sada više smatran kao »hrana« negoli kao opasnost. Zbog toga većina zemalja nije provodila rutinska mjerenja amonijaka, odnosno kontrolu masene koncentracije amonijaka na širem planu.

Tek 1975. godine na sastanku radne grupe za zaštitu okoline u SAD-u utvrđeno je da se i amonijak može smatrati onečišćenjem atmosfere (1).

Na jednoj stanici u Zagrebu amonijak se kontinuirano mjeri od 1969. godine, pa su u ovom radu analizirani rezultati mjerenja tijekom dvanaest godina sa svrhom da se utvrde razine masenih koncentracija amonijaka i eventualne zakonitosti u sezonskim varijacijama.

UZORCI I METODA

U rijetko naseljenom području na sjeveru Zagreba u ulici Moše Pijade sakupljali su se i analizirali uzorci amonijaka tijekom dvanaest godina, tj. od 1969. do 1980. godine.

Uzorci amonijaka sakupljali su se u razrijeđenoj otopini sumporne kiseline (0,1 cm³ konc. sumporne kiseline u 1000 cm³ redestilirane vode) iz oko 2 m³ zraka.

Masena koncentracija amonijaka određivana je spektrofotometrijskom metodom pomoću Nesslerova reagensa (2) na spektrofotometru Unicam SP—600 pri valnoj duljini od 440 nm. Standardna krivulja pripremljena je pomoću otopine amonijklorida (5 μg cm⁻³ NH₃).

REZULTATI

Na slici 1. prikazano je kretanje srednjih mjesečnih masenih koncentracija amonijaka u zraku u sjevernom dijelu Zagreba tijekom 6-godišnjeg razdoblja mjerenja (1969—1974), a na slici 2. za razdoblje mjerenja 1975—1980.

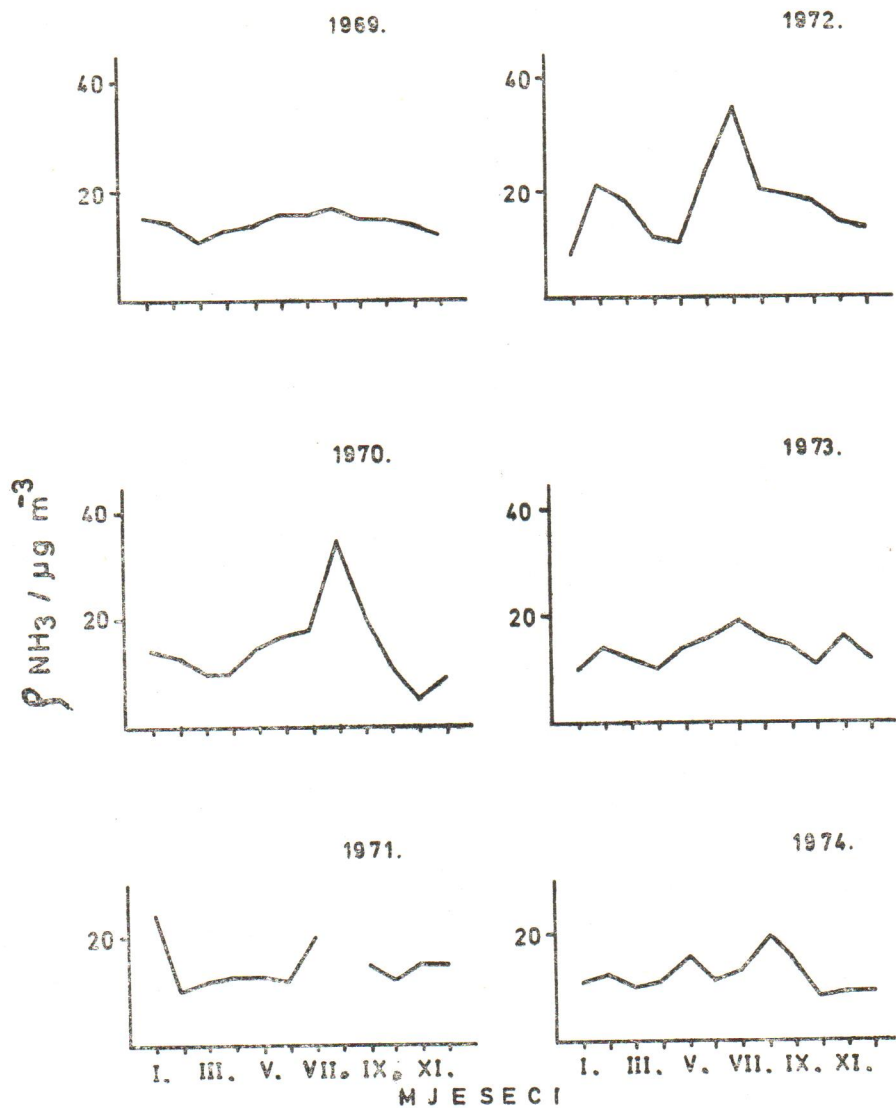
Na tablici 1. prikazane su vrijednosti godišnjih masenih koncentracija amonijaka u zraku u sjevernom dijelu Zagreba za razdoblje od 1969. do 1980. godine. Također je prikazan i raspon koncentracija tijekom godina mjerenja.

Na slici 3. prikazan je trend trogodišnjeg kliznog pomaka masenih koncentracija amonijaka u zraku u sjevernom dijelu Zagreba.

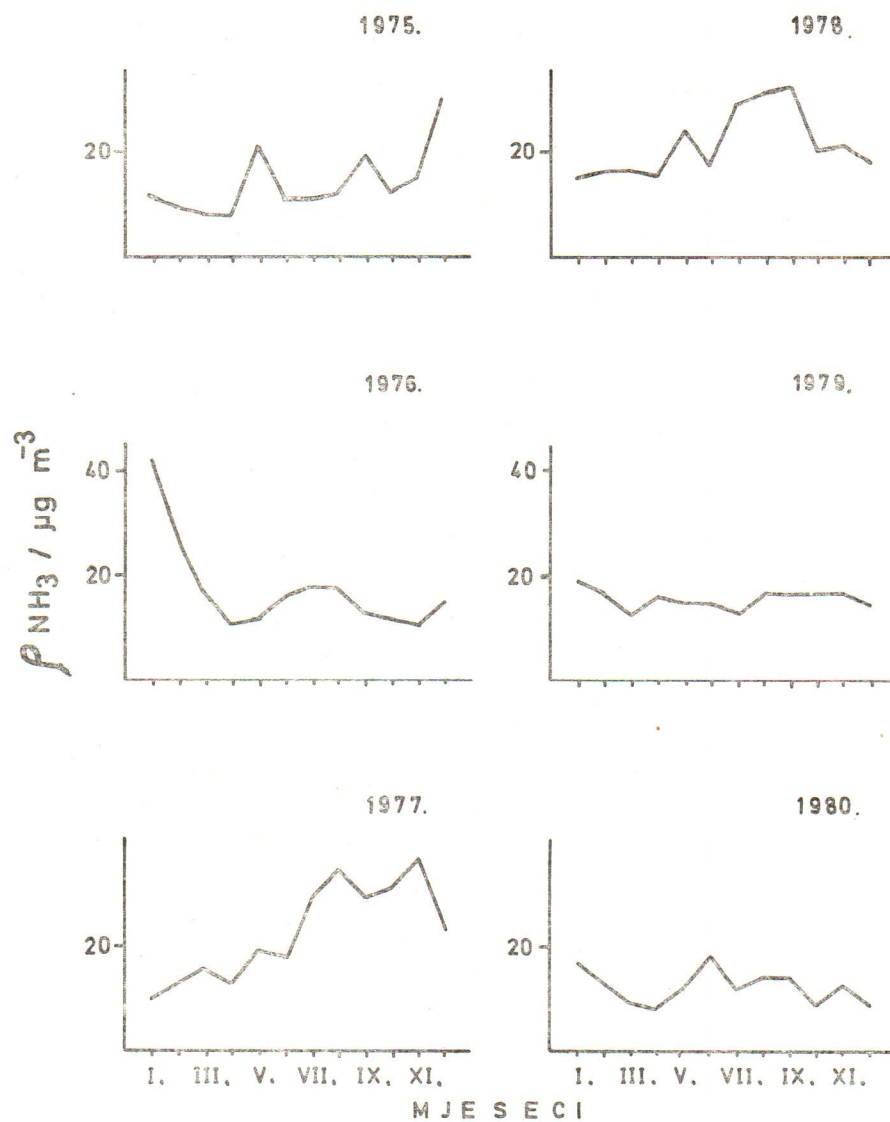
Aritmetičke sredine i raspon masenih koncentracija amonijaka u zraku u sjevernom dijelu Zagreba tijekom ljetnog i zimskog razdoblja za dvanaestogodišnje razdoblje mjerenja (1969—1980) prikazane su na tablici 2. U literaturi, koja se odnosi na područje onečišćenja zraka, uobičajeno je da se za ljetno razdoblje uzimaju mjeseci svibanj—rujan, a za zimsko razdoblje studeni—ožujak.

DISKUSIJA

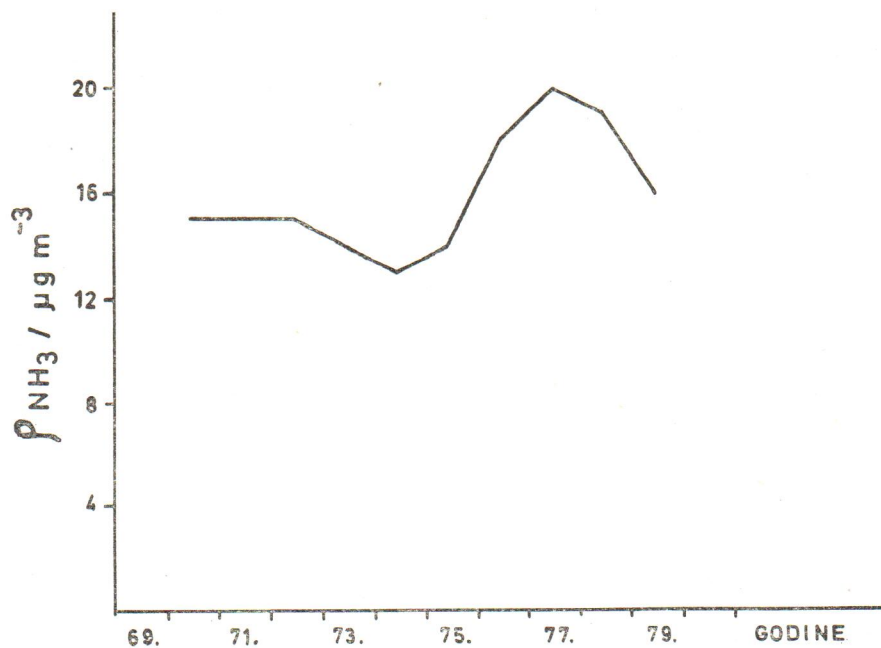
Vrijednosti srednjih mjesečnih masenih koncentracija amonijaka tijekom razdoblja mjerenja (1969—1980) (slike 1. i 2) najčešće su se kretale između 10 do 20 μg m⁻³, osim tijekom 1977. i 1978. godine, kada su



Sl. 1. Kretanje srednjih mjesečnih masenih koncentracija NH_3 u zraku u sjevernom dijelu Zagreba (1969—1974. g)



Sl. 2. Kretanje srednjih mjesečnih masenih koncentracija NH_3 u zraku u sjevernom dijelu Zagreba (1975—1980. g)



Sl. 3. Trend trogodišnjeg kliznog prosjeka masenih koncentracija amonijaka u zraku u sjevernom dijelu Zagreba

Tablica 1.
 Godišnje masene koncentracije amonijaka u zraku u sjevernom dijelu Zagreba

Godina	N	$\rho_{\text{NH}_3} / \mu\text{g m}^{-3}$	\bar{X} raspon
1969.	342	15	1— 50
1970.	346	15	0— 61
1971.	298	14	3— 68
1972.	323	17	0— 76
1973.	341	14	2— 60
1974.	346	12	1— 54
1975.	340	14	3— 59
1976.	340	17	2—138
1977.	332	22	2— 65
1978.	308	21	2— 57
1979.	337	15	1— 47
1980.	339	12	1— 43

ρ — masena koncentracija
 \bar{X} — aritmetička sredina

Tablica 2.
Aritmetičke sredine i raspon masenih koncentracija amonijaka u zraku u sjevernom dijelu Zagreba tijekom ljetnog i zimskog razdoblja

Godina	Ljetno razdoblje			Zimsko razdoblje			P($\bar{X} = \bar{Y}$)
	N	$\frac{\rho\text{NH}_3}{\bar{X}}/\mu\text{g m}^{-3}$	Raspon	N	$\frac{\rho\text{NH}_3}{\bar{Y}}/\mu\text{g m}^{-3}$	Raspon	
1969.	143	16	7—46	140	13	2—50	< 0,01
1970.	146	21	1—61	140	10	0—29	≪ 0,01
1971.	98	15	3—32	140	15	3—68	> 0,05
1972.	129	22	3—76	143	15	0—43	< 0,01
1973.	147	16	6—35	138	13	4—60	< 0,01
1974.	141	15	2—54	144	10	1—22	≪ 0,01
1975.	112	15	4—53	144	15	3—59	≫ 0,05
1976.	147	15	3—48	132	23	2—138	< 0,01
1977.	133	26	5—58	138	20	2—65	< 0,01
1978.	118	27	8—54	133	17	6—57	≪ 0,01
1979.	146	14	1—40	134	16	5—47	> 0,05
1980.	138	14	3—43	143	12	1—39	> 0,05

ρ — masena koncentracija

\bar{X}, \bar{Y} — aritmetička sredina

P — razina značajnosti

vrijednosti srednjih mjesečnih masenih koncentracija bile tijekom nekoliko mjeseci i preko $30 \mu\text{g m}^{-3}$. Najveća vrijednost srednjih mjesečnih masenih koncentracija zabilježena je u siječnju 1976. godine i iznosila je $42 \mu\text{g m}^{-3}$. Također se ističu i relativno visoke vrijednosti srednjih mjesečnih masenih koncentracija tijekom ljetnih mjeseci, primjerice u kolovozu 1970. godine $35 \mu\text{g m}^{-3}$ i u srpnju 1972. godine također $35 \mu\text{g m}^{-3}$.

Vrijednosti godišnjih masenih koncentracija amonijaka u zraku u sjevernom dijelu Zagreba u razdoblju od 1969. do 1980. godine uglavnom su ispod $20 \mu\text{g m}^{-3}$ (tablica 1). Najveća godišnja masena koncentracija od $22 \mu\text{g m}^{-3}$ zabilježena je 1977. godine, s rasponom pojedinačnih vrijednosti od 2 do $65 \mu\text{g m}^{-3}$, a najmanja godišnja masena koncentracija od $12 \mu\text{g m}^{-3}$ dobivena je 1974. godine s rasponom pojedinačnih vrijednosti od 1 do $54 \mu\text{g m}^{-3}$ i 1980. godine, s rasponom od 1 do $43 \mu\text{g m}^{-3}$.

Da bi se ublažili skokovi iz godine u godinu, izračunat je trogodišnji klizni pomak masenih koncentracija amonijaka (slika 3). Iz slike je vidljivo da su prvih godina mjerenja vrijednosti masenih koncentracija amonijaka bile prilično ujednačene, onda je 1974. godine vidljiv nagli trend porasta masenih koncentracija amonijaka, a od 1977. godine zabilježen je trend smanjenja masenih koncentracija amonijaka.

Da bi se utvrdilo da li postoji statistički značajna razlika između ljetnog i zimskog razdoblja, izračunata je značajnost razlike aritmetičkih sredina pomoću Studentova t-testa.

Kako se vidi iz tablice 2, samo tijekom četiri godine (1971, 1975, 1979. i 1980) ne postoji statistički značajna razlika između ljetnog i zimskog razdoblja. Primjerice, 1975. godine aritmetička sredina masene koncentracije amonijaka tijekom ljetnog razdoblja iznosila je $15 \mu\text{g m}^{-3}$, s rasponom koncentracija od 4 do $53 \mu\text{g m}^{-3}$, a tijekom zimskog razdoblja bila je također $15 \mu\text{g m}^{-3}$ s rasponom od 3 do $59 \mu\text{g m}^{-3}$. Tijekom ostalih godina utvrđena je statistički značajna razlika između ljetnog i zimskog razdoblja, i to osim 1976. godine redovito su više masene koncentracije amonijaka zabilježene u ljetnom razdoblju negoli u zimskom.

Najveća pojedinačna vrijednost tijekom razdoblja mjerenja zabilježena je 1976. godine u zimskom razdoblju i iznosila je $138 \mu\text{g m}^{-3}$. Budući da ova vrijednost jako odstupa od ostalih vrijednosti tijekom 12-godišnjeg mjernog razdoblja, najvjerojatnije je bila uvjetovana nekim slučajnim lokalnim izvorom.

Do danas ne postoje propisane granične masene koncentracije amonijaka, pa se za gore navedene razine masenih koncentracija amonijaka ne može dati higijenska ocjena. No, radi usporedbe, navodimo vrijednosti koje se nalaze u literaturi za pojedina područja. Primjerice, za gradsku atmosferu u Njemačkoj (Frankfurt) navodi se vrijednost masenih koncentracija amonijaka od $20 \mu\text{g m}^{-3}$. Ističu se maksimalne vrijednosti u zimi zbog povećanih procesa izgaranja, posebice uslijed kućnog loženja. Razine u seoskim područjima su $5\text{--}8 \mu\text{g m}^{-3}$ (1). U Zapadnom Berlinu utvrđene su prosječne vrijednosti amonijaka od $17,6 \mu\text{g m}^{-3}$ s maksimalnom vrijednosti od $97 \mu\text{g m}^{-3}$ tijekom zimskog razdoblja (1).

U SAD-u su utvrđene prosječne vrijednosti od $25 \mu\text{g m}^{-3}$ s rasponom od 4 do $60 \mu\text{g m}^{-3}$ (1).

Više od 99,5% atmosferskog amonijaka nastaje prirodnim biološkim putem. Osobito je pri tom važna bakterijska aktivnost koja podliježe sezonskim promjenama, odnosno temperaturno je ovisna, pa je tijekom ljeta jače izražena negoli tijekom zime (1).

ZAKLJUČAK

Na osnovi iznesenih rezultata može se zaključiti da su razine masenih koncentracija amonijaka u zraku u sjevernom dijelu Zagreba sličnih vrijednosti kao u navedenim gradovima Evrope i u SAD-u.

Utvrđene su više vrijednosti masenih koncentracija amonijaka tijekom ljetnog razdoblja u odnosu na zimsko razdoblje i te su razlike statistički značajne, što znači da je tijekom dvanaest godina mjerenja na mjernoj stanici u Zagrebu vjerojatno bio prisutan više amonijak biološkog podrijetla.

Koliko je nama poznato još nisu objavljeni podaci kontinuiranog praćenja masenih koncentracija amonijaka u zraku Zagreba.

S obzirom na to da se u literaturi navode eventualni učinci amonijum iona u kombinaciji sa sulfat ionima na promjene plućnih funkcija na osnovi radova *in vitro* (3, 4), utvrđene razine masenih koncentracija amonijaka u zraku Zagreba jedno su saznanje više na području kemije onečišćenja zraka Zagreba, koje upozoravaju da u borbu za kvalitetniji zrak treba uključiti i mjere za smanjenje masenih koncentracija amonijaka u zraku.

Literatura

1. *Committee on Medical and Biologic Effects of Environmental Pollutants, Subcommittee on Ammonia: Ammonia*, University Park Press, Baltimore 1979.
2. *Magill, P. L., Holden, F. R., Ackley, Ch.: Air Pollution Handbook*, McGraw-Hill Book Company, Inc. New York, Toronto, London, 1956.
3. *Amdur, M. O., Corn, M.: Am. Ind. Hyg. Assoc. J.*, 24 (1963) 326.
4. *Charles, J. M., Menzel, D. B.: Arch. Environ. Health*, 30 (1975) 314.

Summary

MASS CONCENTRATIONS OF AMMONIA IN THE AIR IN ZAGREB

The mean monthly and yearly mass concentrations of ammonia in the air collected at a measuring site in the northern part of Zagreb over 12 years (1969—1980) are presented. In the measured period the mean yearly concentrations ranged from 12 to 22 $\mu\text{g m}^{-3}$ and the mean daily values from 0 to 138 $\mu\text{g m}^{-3}$.

The difference in the values of ammonia mass concentrations between the summer and the winter period was statistically significant, the summer values being higher. The measured ammonia concentrations in the air in Zagreb were found to be comparable to those reported for other cities in Europe and the United States.

Institute for Medical Research and Occupational Health, Zagreb

*Received for publication
May 12, 1983*