

6. SUGESTIJE I PRIJEDLOZI U VEZI MREŽE I ORGANIZACIJE MJERENJA ZAGADJENOSTI ZRAKA U ZAGREBU

Kao što je prikazano u prethodnim poglavljima, centar Zagreba, po nivou zagadjenosti zraka, zacijelo spada među veoma ugrožene gradove u Evropi. Iako su specijalna mjerenja nekih elemenata u ovom projektu provedena samo u određenim situacijama i na ograničenom broju mjesta, ipak i do sada postignuti rezultati mjerenja pokazuju da su dostignuti nivoi koncentracije daleko iznad dozvoljenih normativa, pa je neophodno da se odrede i definiraju takvi pokazatelji, koji će omogućiti realizaciju nove organizacije mjerenja i kontrole, te poduzimanje određenih mjera.

Obzirom na činjenicu da je Zagreb, po svome rasporedu industrijskih i urbanih cjelina, te kemiji i klimatologiji gradske atmosfere, specifično područje, to ćemo najprije izložiti glavne ciljeve i faktore koji bi trebali biti osnova novog sistema organizacije mjerenja i upravljanja zagadjenošću zraka u Zagrebu. Pri tome smo se dijelom oslonili na sugestije i iskustva koja su iznesena u inozemnoj stručnoj literaturi /*Coin 1968, Bryan 1968, Morgan 1971, Bezuglaja 1971, Rossano 1968*/.

6.1. CILJEVI

Mreža stanica za nadzor nad zagadjenošću zraka u gradu Zagrebu treba dati takve podatke

a) da bi se prosudilo udovoljava li postojeći nivo zagadjenosti standardima za kvalitetu gradskog zraka na otvorenom prostoru;

b) da se ustanovi je li na području grada postignuto poboljšanje ili pogoršanje kvalitete okolnog zraka, a posebno dolazi li u perifernim područjima do pogoršanja kvalitete zraka zbog stalnih ili novih izvora zagadjenosti zraka;

c) da se ustanovi nivo prirodne zagadjenosti zraka u okolišu grada, koji nije zahvaćen stalnim izvorima zagadivanja, kako bi se utvrdili trendovi općeg nivoa prirodne zagadjenosti zraka, koji nisu uvjetovani promjenama emisije u gradu;

d) da bi se mogla aktivirati specijalna operativna kontrolna služba, koja bi na vrijeme spriječila nastajanje po zdravlje i okolinu veoma opasnih stanja zagadjenosti zraka;

e) da bi se dobili osnovni podaci za primjenu evaluacije efekata zagađenosti zraka, za planiranje novih gradskih područja i lokacija industrijskih objekata, kao i položaja prometnica, te za dugoročnu strategiju akcije za smanjenje zagađenosti;

f) za razvoj i evaluacije numeričkih i statističkih modela za prognozu nivoa zagađenosti zraka u pojedinim dijelovima grada.

6.2 FAKTORI

Osnovni faktori u planiranju novog sistema za mjerenje, za evaluaciju, strategiju i operativnu službu zagađenosti zraka u Zagrebu su slijedeći:

a) *granice područja* treba odrediti tako da mreža stanica može ustanoviti efekte i nivo zagađenosti zraka ne samo unutar užeg, već i šireg gradskog područja, imajući u vidu i prostore perspektivnog razvoja grada kao i utvrđivanje općeg nivoa prirodne zagađenosti zraka;

b) *meteorološki faktori* od osobitog su značenja u planiranju daljnjeg razvoja mreže mjernih i monitornih stanica. Pritom treba uvažiti i specifične osobine područja u pogledu sezonskih i dnevnih nivoa zagađenosti zraka;

c) *topografski faktori* utječu prvenstveno na režim strujanja zraka, odnosno uspostavljanje posebno nepovoljnih uvjeta stabiliteta zraka (stvaranje jezera hladnog zraka u dolinama i kotlinama, uspostavljanje lokalne cirkulacije);

d) *demografski faktori* određeni su gustoćom stanovništva i industrije te prometa u pojedinim dijelovima grada, kao i njihovom veličinom u perspektivnom razvoju grada; određeni su nadalje i namjenom pojedinih zona u širem i užem području grada;

e) *mreža stanica za mjerenje zagađenosti* treba udovoljavati osnovnim ciljevima naprijed izloženim, no njeva je veličina određena u praksi visinom troškova održavanja, analize i evaluacije podataka. Osnovni problem u uspostavljanju nove, ili proširenju postojeće mreže stanica, je u odluci o tome s kakvim periodom uzorkovanja treba računati, te s kojim stupnjem pouzdanja se žele dobiti podaci o zagađenosti zraka.

Obzirom na to da u Zagrebu već postoje 10-godišnji podaci mjerenja zagađenosti zraka, moguće je odrediti potrebne elemente proširene mreže stanica. Prema inozemnim iskustvima, da bi se dobio stupanj zagađenosti sa SO₂ s 95% pouzdanosti, bile bi potrebne oko 3 stanice na 2 km.

Da bi se mogla uspostaviti stalna služba za akcije operativnog karaktera potrebno je, uz osnovnu mrežu, uspostaviti i nekoliko monitor stanica, za kontinuirano mjerenje polutanata. Osnovna mreža treba biti locirana na reprezentativnim mjestima, da bi otkrila utjecaj izvora zagađenosti ili njenih grupa. Osnovna mreža stanica i monitori nemaju, međutim, svrhe da doprinose lociranju novih izvora, a niti da posluže za praćenje nivoa zagađenosti u neposrednoj blizini ili unutar kruga industrijskih objekata.

6.3 SISTEM ZA PRAĆENJE ZAGADJENOSTI ZRAKA

Sistem za praćenje zagađenosti zraka sastoji se u pravilu iz:

- a) mreže stanica,
- b) laboratorija za kemijsku analizu dobivenih uzoraka
- c) analize dobivenih podataka i poduzimanja mjera.

6.3.1 Planiranje mreže stanica

Planiranje mreže stanica obuhvaća:

- a) broj i tip potrebnih stanica
- b) lokaciju stanica
- c) učestalost uzimanja uzorka
- d) trajanje svakog uzorka

Na osnovi zahtjeva od a) do d) određuje se i veličina laboratorija, kao i organizacija za dijagnozu i poduzimanje mjera. Osim mreže stanica, služba za kontrolu zagađenosti zraka trebala bi imati i pokretni laboratorij za uzimanje uzoraka na terenu, u blizini većih izvora zagađivanja, kao i za slučajeve svih nepredvidjenih pojava povećane zagađenosti zraka u nekom području grada. Takav laboratorij bi trebao imati mogućnost provodjenja analize na licu mjesta.

Prethodna mjerenja trebala bi otkriti koji su osnovni polutanti u urbanoj i suburbanjoj sredini, te da se prema tome odredi koji će se plinoviti polutanti, te čestice, mjeriti.

a) *Lokacija stanica* je od kritične važnosti za dobivanje reprezentativnih podataka. Lokacija treba biti takva da stanica može otkriti najviši nivo zagađenosti u datom području. S druge strane, od bitnog je značenja da na stanicu ne utječe neposredna okolina, te da sve stanice budu po mogućnosti na istoj visini nad tлом, na istoj udaljenosti od zgrade kao i većih izvora zagađivanja. Prema inozemnim autorima, poželjno je da otvori za uzimanje zraka

budu na visini 3-4 m nad tlom. Niži ulazni otvori naglašavaju efekt ulične prašine, automobilskog prometa itd., i time naglašavaju *slučajne* poraste. Daljnji zahtjev je da ulazni otvor uređaja ne bude u zavjetrini visokih zgrada, odnosno da ne bude na udaljenosti manjoj od dvije visine susjednih zgrada. Ukoliko se želi da neka stanica služi za praćenje šireg područja, tada niti jedan pojedinačni izvor ne bi trebao doprinijeti više od 5% ukupno mjerenoj polutanta na području.

b) *Učestalost uzimanja uzoraka, trajanje uzorka*

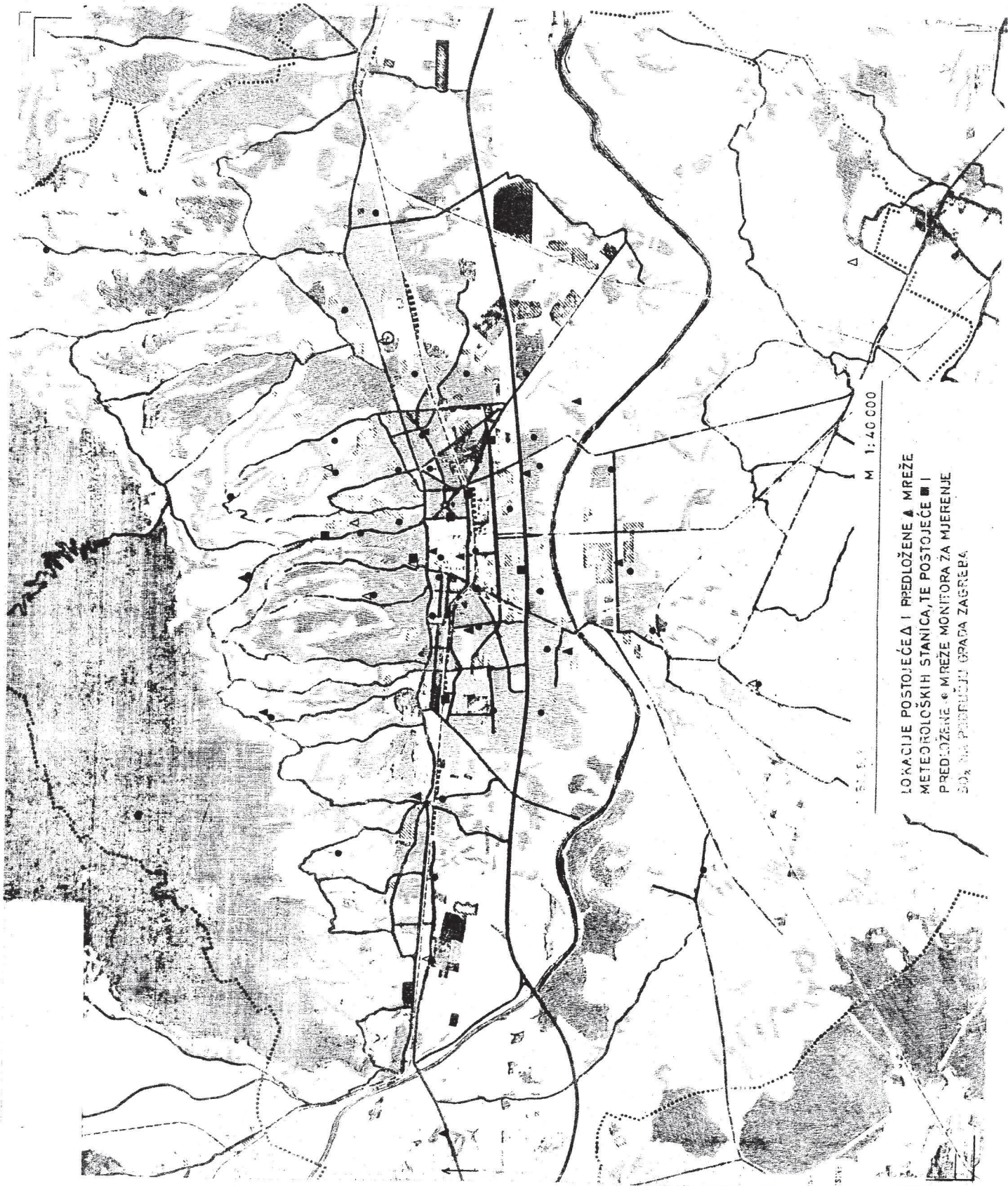
Broj uzoraka, koji je potreban da bi se postigao željeni stupanj točnosti, uveliko zavisi o razdoblju uzimanja uzorka. Općenito je prihvaćeno da, za postizanje opće slike razdiobe određenih polutanata nad gradskim područjem, zadovoljavaju 24-satni uzorci. Za službu praćenja i otkrivanja nenadanih promjena zagađenosti u urbanim sredinama potrebni su, u najmanju ruku, satni uzorci, odnosno uređaj za otkrivanje postizanja dozvoljenog nivoa zagađenosti, o čemu će biti kasnije riječi.

6.3.2 *Nova mreža meteoroloških stanica na području grada Zagreba*

Danas na širem području grada Zagreba rade slijedeće stanice:

- a) meteorološko-aerološki opservatorij Zagreb-Maksimir,
- b) meteorološki opservatorij Zagreb-Grič,
- c) glavna meteorološko-aerodromska stanica Zagreb-Pleso,
- d) klimatološke stanice (bez registriranih instrumenata i bez uređaja za mjerenje brzine vjetra):
 1. Zagreb-Rim
 2. Zagreb-Podsused
 3. Botinec
 4. Zagreb-Farm. botanički vrt - Alagovićeve ul.
 5. Zagreb-Jelenovac (stanica poduzeća "Geotehnika")
- e) kišomjerna stanica Zagreb-Bunska ulica

Analize meteoroloških elemenata za proteklo razdoblje pokazale su da ova mreža, ni u kojem slučaju, nije dovoljna za praćenje vremena i utvrđivanje klimatskih osobina na području grada Zagreba, prvenstveno u uskom središtu grada i nekim njegovim rubnim područjima. To su, uostalom, pokazala i provedena meteorološka mjerenja na području grada, koja su nedvojbeno otkrila niz specifičnosti lokalnog karaktera, a koje se postojećom mrežom nisu mogle ustanoviti.



M 1:40 000

LOKACIJE POSTOJEĆE I PREDLOŽENE ▲ MREŽE
METEOROLŠKIH STANICA, TE POSTOJEĆE ■ I
PREDLOŽENE ● MREŽE MONITORA ZA MJERENJE
SO₂ NA PODRUČJU GRADA ZAGREBA.

Na osnovi dosadašnjih saznanja, predlaže se uspostavljanje slijedeće mreže meteoroloških stanica na širem području grada, koje bi trebao financirati grad Zagreb. Poredak stanica ujedno je i prijedlog za redoslijed uspostavljanja, obzirom na njihovu važnost (sl. 6/1).

Klimatološke stanice

1. Škola - Varšavska ulica
2. Jarun
3. Škola - Siget
4. Žitnjak - toplana
5. Botanički vrt PM Fakulteta
6. Pantovčak - Hercegovačka ulica, škola
7. Vrapče
8. Mikulići
9. Bunska ulica
10. Kušlanova ulica - Gimnazija
11. Škola Selska cesta
12. Jordanovac - škola
13. Botanički vrt - Mlinovi
14. Kašina
15. Bestovje
16. Sesvete

Prvih pet stanica smatramo prioritarnima, tako da bi ih trebalo što prije uspostaviti, a trebale bi biti opskrbljene i registriranim instrumentima za temperaturu i vlagu. Na postojećoj klimatološkoj stanici u Farmaceutskom botaničkom vrtu u Alegovićevoj ulici trebalo bi uvesti i mjerenje smjera i jačine vjetra, dok bi kišomjerna stanica u Bunskoj ulici trebala postati kompletna klimatološka stanica. Stanice u Bestovju, Botincu i Žitnjaku trebalo bi opremiti anemografima.

6.3.3 Mreža za mjerenje zagađenosti zraka u Zagrebu

Mjerenje zagađenosti zraka trebalo bi, uz postojeću mrežu stanica, obuhvatiti daleko gušću mrežu u užem centru, kao i niz novih stanica u novim naseljima grada i općinama koje, zbog svog specifičnog položaja i klimatskih prilika, trebaju biti pokrivena mrežom za praćenje zagađenosti zraka.

6.3.3.1 Stanice za mjerenje SO₂ i dima

Ove stanice trebale bi biti opremljene uređajima za automatsko uzimanje uzoraka *svaki dan*, (period mjerenja 0-24 sata) kroz trajanje od po *tjedan* dana. Uzorci bi se uzimali početkom svakog tjedna i odnosili automobilom do centralnog laboratorija za analizu uzoraka.

Sada na širem području grada u organizaciji IMI-a postoje slijedeće stanice za mjerenje zagađenosti zraka dimom i SO₂:

1. Institut za medicinska istraživanja - IMI,
2. Demetrova ulica
3. Traumatološka bolnica
4. Tržnica - Branimirova ulica
5. Tvornica "Chromos"
6. Filozofski fakultet - Ulica Djure Salaja
7. DNZ - Črnomerec - Ulica L. Ribara
8. Sv. Nedelja
9. Ruđeš
10. Remetinec
11. Samobor

Sve ove stanice trebale bi uvesti kontinuirana mjerenja automatskim uređajima, kojima bi se dobivali dnevni uzorci i na nedjelje i državne praznike.

Tijekom 1973 godine Republički hidrometeorološki zavod uspostavio je slijedeće stanice za mjerenje SO₂:

1. Opservatorij Zagreb-Grič (mjerenje svakih 6^h)
2. Opservatorij Zagreb-Maksimir
3. Podsused

Predlaže se uspostavljanje mreže stanica na slijedećim punktovima (redoslijed stanica odgovara ujedno njihovom prioritetu), (vidi sl. 6/1).

1. Škola - Varšavska ulica
2. DNZ - "Centar", Mihanovićeve ul. 3
3. Kvaternikov trg - kupalište
4. Škola - Siget
5. Škola - Volovčica
6. Bunska ulica
7. Voltino naselje
8. "Srednjaci"
9. Zaprudje
10. Bolnica "Šalata"
11. Britanski trg
12. Dubrava - Retkovec
13. DNZ - "Kruge"
14. Podsused - Klim. stanica
15. Škola - Selska cesta
16. Škola - Harambašićeva ulica
17. Tehnički muzej - Savska cesta
18. Škola - Pantovčak, Hercegovačka ul.
19. Mikulići
20. Remetinec
21. Škola Nar. zdravlja "A. Štampar", Rockefellerova ul.
22. Bukovačka cesta
23. Gračani
24. Remete
25. Kozari Bok

26. Botinec
27. Cvjetno naselje
28. Željeznička kolonija - Maksimir
29. Bolnica - Zajčeva ul.
30. Prečko
31. Čučerje
32. Pleso
33. Vrapče
34. Folnegovićevo naselje
35. Dubrava - centar
36. Lučko
37. Stenjevec
38. Borčec
39. Škola Jordanovac

Koncipiranom mrežom stanica Zagreb bi imao, u središtu grada, gustoću od 15 stanica po km^2 , odnosno na čitavom području Zagreba, zahvaćenom urbanističkim planom grada, gustoću od 0.09 stanica po 1 km^2 (uključene i površine Sljemena).

Mjesta s *monitorima* za kontinuiranu registraciju SO_2 i dima, te uređjajima za alarm kod prelaska određenih nivoa zagađenosti zraka, trebala bi biti u:

1. Traumatološka bolnica - Draškovićeve ul. ili (alternativa) Hidrometeorološki zavod - Grič 3.

Najvjerojatnije bi bila potrebna oba monitora, radi obavještanja o situacijama kad se opasno povećana zagađenost zadržava u donjim, odnosno gornjim dijelovima grada.

2. Kvaternikov trg - kupalište
3. Meteorološki opservatorij Zagreb-Maksimir

Svi ovi punktovi bili bi povezani telefonskom linijom sa centralnim mjestom organa za kontrolu zagađenosti zraka u gradu Zagrebu.

Uredjaji za registraciju SO_2 i dima morali bi omogućiti dobivanje barem srednjih satnih vrijednosti tih polutanata.

6.3.3.2 Stanice za mjerenje drugih polutanata

Uz sumporni dioksid i dim, na izabranim mjestima u gradu Zagrebu trebalo bi mjeriti i nivo zagađenosti slijedećim polutantima:

1. ugljičnim monoksidom CO ,
2. dušičnim oksidima NO_x ,
3. hidrokarbonatima,
4. krutim česticama.

Obzirom na činjenicu da prva tri polutanta prvenstveno potječu od automobilskih vozila, preporuča se uspostavljanje kontrolnih punktova na

1. početku Frankopanske ulice
2. križanju Branimirove i Držićeve ulice

Broj dosad izvršenih mjerenja spomenutih polutanata je veoma ograničen, pa za sada nismo u mogućnosti reći je li predloženi broj stanica dovoljan i jesu li predložene lokacije optimalne.

U svakom slučaju, bilo bi potrebno da se kompleksna mjerenja polutanata i meteoroloških elemenata na području grada Zagreba, kako su provodjena u proljeće 1972. godine, nastave i u ostalim godišnjim dobima, tako da se za svako mjerno mjesto dobije podatak za sva četiri godišnja doba, a uz ponavljanje mjerenja u proljeće. Mjerenja SO₂ i dima trebalo bi organizirati barem na prvih 5 predloženih mjesta, neovisno o tome hoće li se provoditi kompleksna mjerenja polutanata i meteoroloških elemenata na važnijim raskršćima u središtu grada. Na manjem broju mjernih mjesta mjerenja bi trebalo provoditi i tokom noći.

6.4 OBRADA I ANALIZA PODATAKA

Svi uzorci sa mjernih mjesta prenosili bi se svakog tjedna u *centralni laboratorij*, gdje bi se dobiveni rezultati kemijskih analiza upisivali u šifrirane izvještaje, što bi omogućilo kompjutorsku obradu u Elektronskom centru Skupštine grada. Obzirom na to da bi ova služba morala biti krajnje operativna, predlažemo da se, za čitavo područje grada Zagreba, izdaje jedinstveni bilten svakog mjeseca. Kao što je to već uobičajeno u zapadnim zemljama (posebno podesno u Belgiji), bilten bi bio štampan u Elektronskom centru do 10-15. u mjesecu, a sadržavao bi, osim in extenso podataka za svako mjerno mjesto, i osnovne meteorološke podatke određenog broja stanica, te osnovne informacije o stanju najdonjih slojeva atmosfere za svaki pojedini dan proteklog mjeseca.

Podatke o zagadjenosti zraka trebalo bi redovito kritički kontrolirati u jednom centralnom mjestu.

Na osnovi mjesečnih biltena o zagadjenosti zraka i meteorološkim podacima u Zagrebu, Centralni organ za borbu protiv zagadjenosti zraka u Zagrebu pri Skupštini grada, donosio bi preporuke i sugestije za mjere za borbu protiv zagadjenosti zraka, odnosno davao naloge za određena dopunska ispitivanja u blizini novih izvora zagadjenosti, ili u onim situacijama kad su podaci određenog mjernog mjesta pokazali osjetno povećanje nivoa zagadjenosti. Kao što je već istaknuto, ovaj bi organ telefonskim putem bio povezan sa stalnim monitorima zagadjenosti zraka u Zagrebu, te bi u situacijama približavanja ili prekoračenja dopuštenih nivoa koncentracije polutanata, i na temelju izvještaja prognostičke službe Republičkog hidrometeorološkog zavoda, davao upozorenja javnosti, posebno medicinskim ustanovama. On bi poduzimao neposredne mjere za

hitno smanjenje zagađenosti zraka u najugroženijim područjima. Kao što to pokazuju iskustva razvijenih zemalja, neke od takvih mjera bile bi prelaženje velikih ložišta na upotrebu niskosumpornih goriva, ograničenje prometa i dr.

6.5 IZVORI ZAGADJENOSTI ZRAKA U ZAGREBU

Osnovni preduvjet za ostvarenje ciljeva borbe za čistoću zraka predstavlja *identifikacija izvora* zagađenosti zraka. Na području grada Zagreba pokušali smo službenim putem ustanoviti te izvore, no nismo uspjeli, pa možemo pretpostaviti da ni kod nadležnih organa ne postoje detaljni podaci o izvorima emisije raznih polutanata. Smatramo stoga nužnim da se utvrde izvori zagađivanja prema slijedećoj klasifikaciji:

I. Izgaranje goriva za dobivanje topline i energije upotrebom ugljena, drva, loživih ulja i plina za potrebe

- a) električnih centrala
- b) stambenih zgrada, hotela i ustanova
- c) lake i teške industrije

II. Transport

uključuje izgaranje goriva za potrebe svih vrsta transporta

- a) za motorna vozila
- b) za željeznička vozila
- c) za avione

III. Industrija i trgovina

uključuje razne vrste tehnoloških operacija i procesa, kao što su to:

- a) proizvodnja (mehanogradnja, kemijska proizvodnja, itd.)
- b) poljoprivredne operacije - prskanje, zaprašivanje herbicidima i insekticidima i dr.
- c) posebne aktivnosti: čišćenje, bojenje, spaljivanje otpadaka i dr.

Za svaki od utvrdjenih izvora bilo bi potrebno ustanoviti:

- a) tip procesa koji izaziva emisiju polutanata
- b) broj, lokaciju i visinu izvora emisije
- c) karakter i stupanj emisije

Na području grada Zagreba trebalo bi, osim industrijskih, ustanoviti i sve druge izvore emisije polutanata, posebno kućnih i blokovskih ložišta. Na temelju ustanovljene emisije i pregleda ložišta, mogle bi se odrediti mjere i

dinamika njihova izvršenja u svrhu poboljšanja postojećeg stanja. Utvrđivanje izvora emisije trebalo bi posebno obuhvatiti izvore slijedećih polutanata:

sumpornog dioksida
dušičnih oksida
ugljičnog monoksida
organskih para
krutih čestica i dima.

Kao što je to uobičajeno u razvijenim zemljama, postupak inventarizacije izvora emisije polutanata zahtijevao bi upotrebu kompjutera, koji bi za svaki izvor emisije imao posebnu karticu s naznakom svih potrebnih podataka. Potrebne informacije o veličini industrijskog objekta, planu emisije, upotrebi raznih vrsta goriva, spaljivanju otpadaka, vrsti i veličini emisije svakog pojedinog dimnjaka i drugo, dobile bi se bilo anketiranjem bilo mjerenjem na licu mjesta. Informacije bi sadržavale i sve podatke o uređajima za pročišćavanje otpadnih plinova itd.

Na osnovi podataka o faktorima emisije mogla bi se izraditi detaljna karta gradskog područja za svaki od najvažnijih polutanata, već prema dobu dana odnosno sezone i godine, koja bi se vremenom poboljšavala i dopunjavala.

7. DALJNJE AKCIJE

Na temelju izradjenog inventara izvora emisije u gradu Zagrebu, te detaljnih studija meteoroloških parametara, trebalo bi pristupiti pripremama za realizaciju primjene numeričkih i statističkih modela difuzije polutanata u gradu Zagrebu. Ovi bi modeli trebali uvažiti ne samo mnogostruke i raznovrsne izvore emisije, već i topografske i meteorološke faktore, kako bi se na temelju poznatih veličina, koje uvjetuju emisiju, moglo u datom trenutku prognozirati buduće stanje nivoa koncentracije najvažnijih polutanata na području grada. Primjena ovih modela mogla bi u doglednoj budućnosti imati i operativan karakter, a mogla bi i odgovarati na pitanja u kojoj će mjeri porast prometnih vozila, izgradnja još neizgradjenih površina u gradu ili podizanje nekog industrijskog objekta, utjecati na nivo zagađenosti zraka u Zagrebu.