

ŠIRJENJE ONESNAŽENEGA ZRAKA V MESTU ALI INDUSTRIJSKEM KRAJU

(Proučevanje lokalne zračne cirkulacije s pomočjo
dima iz tovarniških in drugih dimnikov)

Darko Radinja*

1. UVOD

1.1. V industrijskih in drugih večjih krajih, kjer je zrak čedalje bolj onesnažen, je za njegovo širjenje zelo pomembno, kakšni so lokalni vetrovi in kakšno je v teh krajih kroženje zraka vobče. Ta vpogled nam pripomore k razumevanju razprostranjenosti onesnaženega zraka in intenzivnosti onesnaženega okolja sploh.

1.2. Gibanje zračnih gmot določamo na različne načine. Za naš namen smo izbrali razmeroma enostavno in posredno metodo, ki pa zato ni nič manj uspešna in nazorna. Gre za ugotavljanje zračne dinamike po dimnih plinih, ki uhajajo iz tovarniških in drugih dimnikov. Po tej metodi opazujemo:

- dim v različnih delih mesta ter tako dobimo vpogled v gibanje zračnih gmot nad njim in v bližnji okolici;

- pri tem opazujemo dim, ki se dviga iz različno visokih dimnikov, kar nam kaže gibanje zraka v različnih zračnih plasteh;

- obenem opazujemo dim iz različnih stavb (stanovanjskih, poslovnih, industrijskih), ker dobimo s tem vpogled v kroženje zraka ne samo pozimi, ko je kurilna sezona, temveč preko vsega leta. Saj vemo, da se iz stanovanjskih dimnikov kadi povečini le pozimi, iz tovarniških pa vse leto.

2. POTEK DELA

2.1. Teritorialna razporeditev dimnikov

Dimnike, ki jih bomo opazovali, izberemo tako, da so na opazovanem območju razporejeni čim enakomerneje. Izberemo jih v središču in na obrobju mesta. Določimo jih tudi glede na bližnje sosodstvo (višje oziroma nižje stavbe, odprt ali zaprt svet, zazidana ali nezazidana okolica ipd.) pa tudi glede na širšo okolico, zlasti glede na relief (prisojna in osojna lega, različna nadmorska višina), vodne razmere (ob reki in stran od nje) in vegetacijo (bližina gozda, parka, kmetijskih tal ipd.). Odločilna je torej drobna in širša lega izbranega kraja. Pri tem si pomagamo z ogledom in topografsko karto. Če kraj leži v dnu doline, upoštevamo zlasti stržen doline in njene robne dele, vznožja pobočij in pobočja sama, odprte in vetrovne kraje oziroma zaprte in zatišne.

Na široko lahko izbiramo le kraje oziroma dimnike stanovanjskih hiš, ki so vsepovsod, medtem ko je pri tovarniških in drugih visokih dimnikih drugače, ker so le ponekod in jih praviloma vse upoštevamo.

2.1.2. Izbira dimnikov je zelo pomembna, ker želimo značilnosti zračne cirkulacije ugotavljati po ne prevelikem številu opazovališč. Pri njihovi izbiri zato upoštevamo tudi splošne zakonitosti zračne cirkulacije med mestom in okolico. Toplejši mestni zrak se dviga v višino, na njegovo mesto pa pri tleh doteka relativno hladnejši iz okolice, v višinah pa odteka zrak v

* dr., Oddelek za geografijo Filozofske fakultete, Aškerčeva 12, Ljubljana

nasprotno smer. Ko pa je mestni zrak hladnejši, je kroženje obratno. Pri vetrovnem ozračju je izmenjava zraka odvisna od prevladujoče smeri vetrov. Onesnaženi zrak se zato pri različnih vremenskih razmerah širi v različne smeri in tudi različno daleč.

2.1.3. Točke, kjer bomo opazovali dim, na karti označimo z ustreznim znakom, npr. z različno obarvanimi krogi (črno - nizki dimniki, rumeno - srednje visoki, rdeče - visoki dimniki). Hkrati sestavimo seznam opazovanih dimnikov z ustreznimi podatki (višina in vrsta dimnika, oznaka najbližje okolice).

2.2. Izbira dimnikov po višini

Dimnikov ne izberemo le glede na njihovo razporeditev po posameznih delih mesta, temveč upoštevamo tudi njihovo višino, kar je za ugotavljanje gibanja različno visokih zračnih plasti zelo pomembno. Zato bomo opazovali dimnike pritličnih hiš, večnadstropnih stavb, stolpnic in tovarniških obratov. Po višini jih razvrščamo v tri skupine: nizki dimniki (do 15 m), srednje visoki (15 - 50 m), visoki (nad 50 m). Njihovo višino skušamo čim natančneje določiti ter podatke vpišemo v razpredelnico. Pri nizkih dimnikih izberemo tiste, ki so višji od strešnega slemena in niso v zavetju višjih stavb v neposredni bližini, kar zavira razvoj dimnega stebra.

2.3. Izbira dimnikov glede na njihovo obratovanje

Industrijski in njim sorodni dimniki omogočajo opazovanje dima preko vsega leta, stanovanjski pa praviloma le v kurilni sezoni. Pri izbiranju dimnikov upoštevamo zato tudi ta vidik. Pomembni so eni in drugi. Prvi zato, ker omogočajo stalno opazovanje, drugi sicer le zimsko, vendar je takrat zrak najbolj onesnažen in lahko pozimi opazovalno mrežo zgostimo. Poleg tega kažejo prve razmere v višjih plasteh, drugi v nižjih in se med seboj lepo dopolnjujejo. Slednjič so eni in drugi pomembni tudi zato, ker k onesnaževanju največ pripomorejo. Dimni plini iz stanovanjskih hiš

ponekod ozračje celo bolj onesnažujejo kot industrijski.

2.4. Pri izbiri dimniške opazovalne mreže moramo torej hkrati upoštevati lego, višino in vrsto dimnikov.

3. OPAZOVANJE DIMNIH PLINOV

3.1. Pri opazovanju dima ugotavljamo hkrati tri stvari: obliko, smer in gostoto dima.

Obliko dima označujemo s številkami 1-10 (risba 1), ki jih vpisujemo v tabelo 1. Za ugotavljanje vetrovnih razmer je oblika dimnih plinov zelo pomembna. Po obliki dimnega stebra (stožca, zastave) namreč sklepamo, ali je ozračje mirno ali vetrovno. Pri slednjem pa lahko ugotovljamo, kakšno je gibanje zraka (smer, jakost in stanovitnost vetra itd.).

3.1.1. V glavnem razlikujemo po obliki tri skupine dimnih plinov. Oblike 1-4 se razvijajo v mirnem ozračju, oblike 6-10 pa v vetrovnem, medtem ko oblika 5 označuje dvojno sestavo zračnih plasti: spodaj mirne, zgoraj vetrovne. Pri tej obliki določamo tudi višino navpičnega dela dima. Če se iz dimnika ne kadi oziroma dima ni videti, označimo pojav z (0).

3.1.2. Prve štiri oblike dima (1-4) se sicer razvijajo v brezvetrju, kažejo pa na njegove notranje razlike. Za mirno in homogeno ozračje je namreč značilen navpičen, enakomerno širok dim. Če pa je mirno ozračje nehomogeno in so posamezne plasti različno temperirane in goste, ima dim obliko 2 ali 3. Oblika 4 pa nastopa takrat, ko se dimni plini prebijajo skozi meglo (inverzno plast) in se iznad nje dvigajo kot stožec ali kupola, kar lahko ugotovimo, da se dimni plini ne prebijajo skozi megleno plast. Višino meglene jezera (zgoranje ploskve) vselej skrbno izmerimo in zapišemo v tabelo.

3.1.3. Oblike tretje skupine (6-10) kažejo na različno močan veter, kar ugotavljamo po odklonu dima od navpične smeri; šibek veter -

majhen odklon (manj kot 30°), srednje močan veter - povprečen odklon ($30^\circ - 60^\circ$), močan veter - velik odklon (nad 60°). Pri šibkem vetru je dim skoraj navpičen, pri močnem vodoraven. Obliki 9 in 10 kažeta na spreminjanje zračnega tlaka, ki dim tišči k tlom. Obe sta lahko še izrazitejši kot na sliki, ko je zlasti spodnja stran dimne zastave bolj strma in manj pravilna. Odklon dima ugotavljamo s pomočjo naklonomera do 10° natančno, pri manj natančnem merjenju pa ga razvrstimo na tri stopnje, ki jih označimo s črkami male abecede; a - majhen, b - srednje velik in c - velik odklon (risba 2).

3.1.4. Če ima dim nenavadno obliko, ki je ne moremo uvrstiti med prikazanih deset oblik, jo označimo s številko 11 ter jo posebej narišemo. Take oblike so navadno posledica vrtničastega in hitro spreminjajočega se vetra, zato se naglo spreminja tudi oblika dima. Navadno govorimo o opletajočem dimu.

3.2. Smer dimnega stebra

Zaradi vetra se dim bolj ali manj odkloni od navpičnice. Po smeri odklona ugotavljamo smer vetra, kar je za vpogled v lokalno kroženje zraka bistvenega pomena. Pri tem ne smemo prezreti, da se glede na veter odklanja dim v nasprotno, odvetrno stran (razlika 180°). Proti jugu odklonjen dim je torej posledica severnega vetra, v severozahodno smer nagnjen dim pa posledica jugovzhodnega vetra itd. Vselej označujemo smer vetra in ne smer dimne zastave (risba 3).

3.2.1. Smer vetra označujemo le po osmih glavnih straneh neba (S, SV, V, JV, J, JZ, Z, SZ). Vsaka od teh smeri obsega dejansko kot 45° oziroma po $22,5^\circ$, na vsako stran od izhodišča smeri. Z oznako V označujemo smerjo $67,5^\circ$ in $112,5^\circ$ (risba 4). Smer vetra določamo s kompasom. Pri natančnem merjenju določamo smer do 10° natančno. Ko se smeri vetra pri tleh in v višini ne ujemajo, nam različno usmerjene dimne zastave iz različno visokih dimnikov nazorno kažejo sestavljeno

kroženje zraka nad mestom in okolico kot celoto.

Določanje smeri si olajšamo s pomočjo markantnih objektov v okolici opazovališč, ki jim že vnaprej izmerimo smer, kar nam kasneje služi za orientacijo.

3.3. Gostota ali intenzivnost dima

Po gostoti in barvni intenzivnosti dima sklepamo na stopnjo onesnaževanja zraka. Gostoto dima označujemo s črkami velike abecede (risba 1):

A - zelo gost dim (obarvanost je odvisna od sestave dimnjih plinov) intenzivne barve, ki je navadno zelo jasno omejen.

B - srednje gosti dim (zmerno obarvan in manj jasnega obrisa),

C - redek, neizrazit dim (navadno blede barve, slabo viden), ki se v zraku hitro izgublja.

3.4. Označevanje dima s simboli

Dim označujemo po obliki, smeri in gostoti s skupno oznako, npr. 6 - B - A - JZ, kar pomeni odklonjeno obliko dima (6), srednje gostote (B), od navpične smeri malo odklonjen (a), kar je posledica šibkega JZ vetra.

3.5. Čas meritev

Dim opazujemo praviloma trikrat dnevno: zjutraj (med 7. in 8. uro), opoldan (med 13. in 14. uro) ter zvečer (med 18. in 19. uro) oziroma uro pred mrakom. Čas opazovanja označimo do 15 minut natančno, če odstopa za več kot 15 minut od označenega na tabeli. Če ne moremo opazovati trikrat dnevno, opustimo večerno merjenje, kajti jutranje in opoldanske meritve so pomembnejše. Če imamo priložnost, opazujemo dim tudi v drugem času (dopoldan, popoldan), kar je pomembno zlasti ob posebnih vremenskih razmerah.

3.6. Druga opazovanja

Poleg dima oziroma vetra opazujemo še druge vremenske pojave, zlasti oblačnost in padavine, po možnosti tudi temperaturo in zračni tlak. Vse podatke sproti vpisujemo v tabelo 2. Ko opazovanje dima povežemo z

vremenom, se nam odpira vpogled v zakonitosti širjenja onesnaženega zraka. Zato je koristno, da si beležimo tudi širše vremenske razmere po objavljenih vremenskih napovedih.

4. POTEK OPAZOVANJA

4.1. Opazovanja naj bodo sistematična in ustrezno dolga. Potekajo naj redno vse leto. Če daljših opazovanj ne zmoremo, se omejimo na krajši čas, npr. na zimski, ko je onesnaževanje zraka največje.

4.2. Lahko pa opazujemo dimne pline le v značilnih vremenskih razmerah, npr. ob mirnem in jasnem vremenu ali ob mirnem in oblačnem vremenu, ob vremenu z različno smerjo vetra, ob megli in temperaturni inverziji ipd., skratka ob različnih tipih vremena.

5. ORGANIZACIJA POSVETOVANJA

5.1. Najbolj se obnese skupinsko opazovanje, ko pri raziskavah sodeluje več opazovalcev, ki stanujejo v različnih delih mesta in vsak opazuje dim v svojem okolišu.

5.2. Uspešna je še drugačna delitev dela. Prva skupina opazuje dimne pline, druga vreme, tretja zbira podatke o virih onesnaževanja, četrta od časa do časa izpelje anketiranje prebivalcev v izbranih okoliših, peta fotografira značilne oblike dima itd.

5.3. Raziskava je lahko različno zahtevna. Pri enostavni zadošča krajši čas in le grobo opazovanje dima oziroma vetra v osmih smereh ter v treh naklonskih stopinjah (a, b, c) in brez določevanja gostote dima. Tudi časovno opazovanje ni tesno vezano za 7. in 13. uro, temveč lahko koleba za približno eno uro. Od vremenskih opazovanj pa zadoščajo le podatki o padavinah in oblačnosti.

Pri višji, zahtevnejši stopnji raziskave pa je natančnost opazovanja in meritev večja. takemu raziskovanju so navodila predvsem namenjena.

6. OBDELAVA PODATKOV

6.1. Vse podatke sproti zapisujemo v obe tabeli. Na koncu vsakega meseca jih analiziramo (ugotovimo značilnosti in prevladujoče poteze zračne cirkulacije itd.) ter ugotovitev opišemo (tekst). Hkrati prikažemo izsledke tudi grafično (risba, diagrami, karte). Na osnovi ugotovitev in izkušenj opazovanja dopolnjujemo.

6.2. Ob posebnih vremenskih razmerah, ko se npr. onesnaženost zraka okrepi, lahko lastna opazovanja dopolnimo še z anketiranjem ljudi in s podatki tistih tovarn, ki so glavni onesnaževalci zraka (vrsta kuriva, tehnološki postopki proizvodnje, količina in sestava dimnih plinov, njihova koncentracija, temperatura, čistilne naprave itd.).

6.3. Značilne oblike dima fotografiramo (ali vsaj narišemo), kar pri zaključnem poročilu ne služi le za ponazoritev, temveč tudi kot dokazno gradivo.

6.4. Po zbranih in terminsko obdelanih podatkih (po mesecih in letnih časih) ugotavljamo prevladujoče oblike dimnih plinov in smeri vetrov ter po medsebojnih zvezah ugotavljamo sozavisnosti med posameznimi vremenskimi pojavi ter razvojne in druge zakonitosti onesnaževanja ozračja. Tako spoznamo, kam se zaradi prevladujočih vetrov in značilnosti lokalnega kroženja zraka pri posameznih tipih vremena širi onesnažen zrak in kateri deli mesta so onesnaževanju bolj izpostavljeni kot drugi. Na tej osnovi lahko izdelamo pregledno razčlenitev mesta.

6.5. Bistveno je nadalje to, da širjenje onesnaženega zraka povežemo še z drugimi potezami mesta (načini njihovega ogrevanja, razporeditev in vrste industrije, širjenje mesta, sestava različnih mestnih delov itd.). Na ta način se nam izoblikuje širša geografska podoba mesta v luči onesnaževanja.

7. PRIPOMOČKI ZA OPAZOVANJE

7.1. Poleg lestvice za ugotavljanje različnih oblik dima in ustreznih tabel potrebujemo še kompas in naklonomer oziroma kotomer (izdelamo si ga lahko sami) ter topografsko karto v merilu 1 : 25 000 oziroma 1 : 5 000 (zadošča prekopiran izsek ustreznega lista). Koristna sta še toplomer za merjenje zračne temperature in barometer za merjenje zračnega tlaka. Fotografski aparat je sicer zelo dobrodošel, ni pa nujen. Za poglobljanje znanja si izposodimo najnujnejšo literaturo.

8. VIRI IN LITERATURA

1. Če je v kraju meteorološka postaja, njeni podatki lahko zelo koristno dopolnijo naša opazovanja. Uporabni so tudi podatki meteorološke postaje v bližini, če je ni v kraju.

2. Še ugodneje je, če v kraju redno ali obdobjno merijo onesnaženost zraka. Enc in druge podatke dobimo navadno na Hidrometeorološkem zavodu v Ljubljani.

3. Poglobljanje v problematiko, ki se nanaša na lokalno zračno cirkulacijo in na onesnaževanja zraka, omogoča ustrezna literatura, ki si jo lahko izposodimo na Oddelku za geografijo Filozofske fakultete v Ljubljani. Tam dobi- te tudi druge nasvete v zvezi z raziskavo.

Petkovšek, Z., Kaj pa vreme? Mladinska knjiga, Ljubljana 1976.

Petkovšek, Z., in sodelavci, Raziskovanje

onesnaženega zraka v Sloveniji, Navodila za naravoslovne krožke, Ljubljana 1977.

Petkovšek, Z., Zrak (poglavje str. 33-47) v knjižnici Slovenija - Naše okolje, Ljubljana 1976.

Petkovšek, Z., Transport onesnaženega zraka v atmosferi od virov do ljudi, Naše okolje, 3-4, Ljubljana 1970.

Petkovšek, Z., Širjenje onesnaženega zraka v kotlinah, Zaščita atmosfere, leto 2, šte. 7., Sarajevo 1974.

Rakovec, J., Z. Petkovšek, Približno določanje višine nizkih in srednje visokih dimnikov v Sloveniji, Razprave DMS, XVIII, Ljubljana 1975.

Paradiž, B. s sodelavci, Širjenje onesnaževanja iz posameznih različnih virov in izdelava metodike za določitev uporabnosti raznih enačb za efektivno višino dimnikov in širjenje onesnaženja v specifičnih klimatskih razmerah Slovenije, HMZ SRS, Ljubljana 1970.

Paradiž, B., Ugotovitve o onesnaženosti zraka v Zasavju, vzrokih in posledicah, HMZ, Ljubljana 1972.

Rakovec, J., Vertikalni profili vetra v prizemni turbulentni plasti, Razprave Dms, XIV, Ljubljana 1972.

Geografija, Leksikoni Cankarjeve založbe, Ljubljana 1977. Okolje, leksikoni Cankarjeve založbe, Ljubljana 1982.

Še drugi članki v revijah Proteus, Naše okolje (Ljubljana) in Zaščita atmosfere (Sarajevo).