

INSOLACIJA U URBANIM PODRUČJIMA

Josip Juras i Ivan Penzar
Geofizički zavod Prirodoslovno-matematičkog
fakulteta
Zagreb, Jugoslavija

1. UVOD

Dobro je poznata činjenica da su Sunčev zračenje i trajanje insolacije u urbanim sredinama obično manji nego u susjednim ruralnim područjima - zbog razlika u mutnoći atmosfere. Opsežna bibliografija o ovoj temi može se naći u radu Oke (1979). U našoj literaturi ovaj se problem razmatra u radovima Penzar (1969), Vukov (1972), Gamsler *et al.* (1974) i Stanojević *et al.* (1983).

Postojanje stanovite povezanosti insolacije s turbiditetom atmosfere omogućava približno procjenu promjene u optičkim osobinama zraka gradskih područja na osnovi promjena trajanja insolacije. Međutim, usporedba trajanja insolacije iz različitih razdoblja, kao i iz područja s različitim stupnjem urbanizacije, dosta je složena. Utjecaj onečišćenja gradskog zraka tek je jedan od faktora koji utječe na iznos insolacije. Topoklimatski faktori (na primjer povećana čestina radijacionih magli) mogu značajno smanjiti trajanje insolacije u seoskim sredinama u usporedbi s gradskim područjima. Registracije insolacije pomoću heliografa vrlo su osjetljive na stupanj zamućenosti atmosfere. Pri inače vedrom vremenu, registracija započinje tek kada dozračena Sunčeva energija prijedje stanoviti prag. Za Campbell-Stokesov heliograf taj prag u prosjeku iznosi oko 210 W/m^2 i znatno je veći od vrijednosti koja se prema preporuci SMO uzima kao donja granica koja definira sijanje Sunca, a iznosi 120 W/m^2 za direktno Sunčev zračenje, mjereno pirheliometrom.

Najmanja visina Sunca pri kojoj je uopće moguća registracija heliografa ovisit će u velikoj mjeri o stupnju turbiditeta atmosfere (Helmes and Jaenicke, 1984).

Zbog toga onečišćenje zraka u urbanim i industrijskim područjima prvenstveno utječe na insolaciju u jutarnjim i kasnim poslijepodnevnim satima, a relativno u maloj mjeri na ukupni iznos insolacije. Zbog vrlo velike međugodišnje promjenljivosti insolacije, kao posljedice promjena u tipovima makrocirkulacije, vrlo je teško procijeniti utjecaj koji pri tome ima promjena turbiditeta gradskog zraka.

2. VREMENSKE PROMJENE TRAJANJA SIJANJA

SUNCA U ZAGREBU

Mjerenja insolacije na observatoriju Zagreb - Grič započela su 1888. godine heliografom tipa Jordan i s neznatnim prekidima obavljaju se do danas. Ovi podaci poslužili su za analizu eventualnog utjecaja promjena veličine grada i njegove atmosfere na iznos insolacije.

Razmatrani su podaci iz tri razdoblja. Prvo razdoblje (u daljnjem tekstu označeno s I) obuhvaća razdoblje od 1888. do 1926. (bez 1905. i 1922.). Podaci o insolaciji iz ovog razdoblja detaljno su obradjeni u radu Goldberga (1933). Drugo razdoblje (II) obuhvaća razdoblje 1931-60., dok treće razdoblje (III) obuhvaća posljednjih šest godina mjerenja (od 1981. do 1986.).

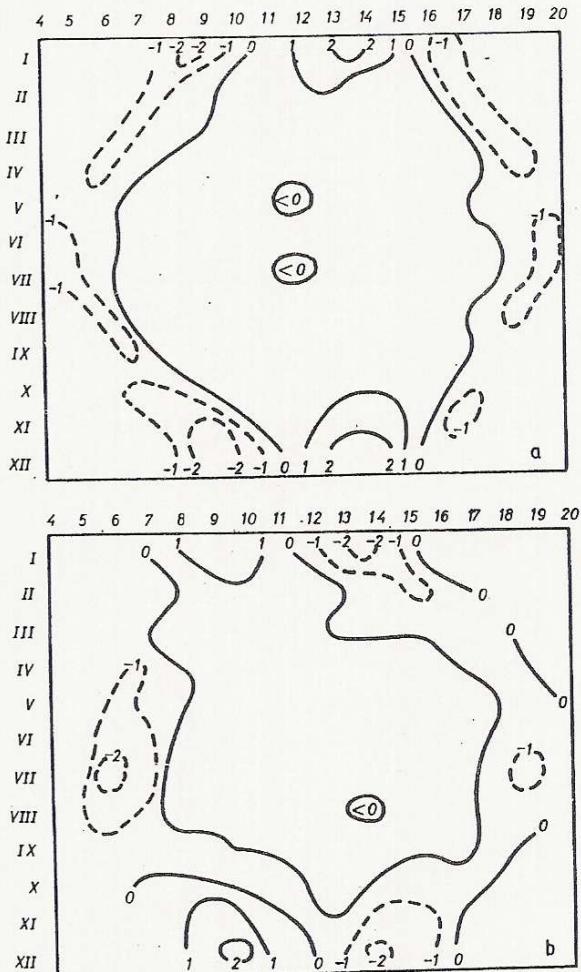
U radu Penzar (1977) ukazano je na značajno smanjenje iznosa insolacije u II razdoblju u odnosu na I razdoblje. Smanjenje je posebno uočljivo u zimskim mjesecima i u satima neposredno nakon izlaza, odnosno prije zalaza Sunca. Opći trend smanjenja ukupne insolacije prvenstveno je posljedica povećanja srednje godišnje naoblake za 0.4 desetine, što je dovelo do odgovarajućeg smanjenja godišnjeg trajanja sijanja Sunca od oko 4%. U pojedinim mjesecima (srpanj i rujan) u kojim se srednja mjeseca naoblaka nije u ova dva razdoblja, mijenjala, insolacija pokazuje čak neznatan porast od jednog sata (što predstavlja zanemarivi relativni porast od 1%). Međutim, i u ova dva mjeseca primjećuje se značajno smanjenje trajanja insolacije u jutarnjim i kasnim poslijepodnevnim satima. Ova smanjenja insolacije mogu se dovesti u vezu s povećanjem veličine grada, odnosno povećanja zamućenosti gradske atmosfere.

Da bi se pri ispitivanju promjena u insolaciji donekle eliminirao utjecaj naoblake, umjesto promjena apsolutnih satnih iznosa insolacije, razmatrane su razlike relativnih satnih vrijednosti insolacije koje su definirane izrazom

$$d_i = \left(\frac{s_i}{S} \right)_2 - \left(\frac{s_i}{S} \right)_1$$

gdje s_i označava srednje mjesечно trajanje insolacije u određenom satu, a S srednju mjesечnu insolaciju. Razlike relativnih satnih vrijednosti insolacije između razdoblja II i I te između razdoblja III i II prikazane su na sl. 1. Ove razlike pokazuju za koliko se postotaka izmijenio udio insolacije u intervalu određenog sata u ukupnom mjesечnom iznosu. Zbroj ovih razlika za svaki pojedini mjesec jednak je nuli.

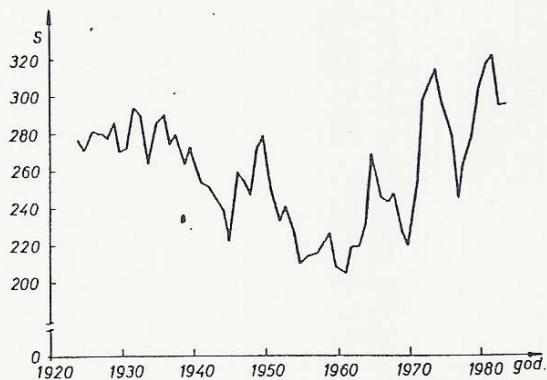
Znatnija kolebanja relativnih satnih insolacija javljaju se pri malim visinama Sunca. U zimskim mjesecima ona su prisutna u gotovo svim satima, dok su u ostalom dijelu godine vezana isključivo na razdoblje neposredno nakon izlaza, odnosno prije zalaza Sunca.



Sl. 1. Razlike relativnih satnih vrijednosti u solacije (%) prema podacima heliografa tipa Jordan na Opervatoriju Zagreb-Grič izmedju razdoblja :
a) II (1931-60) i I (1888-1926)
b) III (1981-1986) i II

U razdoblju II (1931-60), u odnosu na razdoblje I (1888-1926), u svim mjesecima došlo je do značajnog smanjenja udjela insolacije pri niskim visinama Sunca u ukupnom iznosu insolacije. Ta je pojava naročito izražena u zimskim mjesecima kada je koncentracija aerosola antropogenog porijekla (iz kućnih ložišta i industrijskih postrojenja) obično najveća.

Razlike izmedju relativnih satnih vrijednosti insolacije u posljednjih šest godina (1981-86) i onih iz razdoblja II (sl. 1.b) pokazuju da se u većem dijelu godine nastavlja trend smanjenja udjela insolaci-



Sl. 2. Vremenske promjene izgladjenih vrijednosti insolacije (petogodišnji srednjaci) u zimskim mjesecima (od XI do II mjeseca) prema podacima za Zagreb - Grič.

cije pri niskim visinama Sunca.

Medutim, u zimskim mjesecima primjećuje se osjetan porast udjela jutarnje insolacije. Ovaj porast ukazuje na tendenciju povratka na dnevnu razdoblju insolacije kakva je bila početkom ovog stoljeća. Na osnovi ovih podataka bilo bi medutim još prerno zaključiti da je došlo do nekog trajnjeg poboljšanja prozračnosti gradske atmosfere u zimskim mjesecima. Posljednjih nekoliko godina odlikuju se naime izuzetno sunčanim zimama, što je posljedica prvenstveno prevladavanja takvih makrovremenih stanja koje prati vrednina i pojačano prirodno provjetravanje grada. Izuzetno visoke vrijednosti trajanja sijanja Sunca u zimskim mjesecima tijekom posljednjih godina mogu se uočiti na sl. 2. Vidljivo je da je trend smanjenja ukupne insolacije od 30-ih do početka 60-ih godina zamijenjen posljednjih godina trendom porasta insolacije. U odnosu na najnižu vrijednost iz razdoblja 1959-63, insolacija je u zimskim mjesecima razdoblja 1980-84 bila veća za skoro 60 %. Vrlo velika međugodišnja promjenljivost insolacije koja prati ovaj trend porasta nameće pomisao da se utjecaj grada može očitovati i u uvećanju prirodne međugodišnje promjenjenosti insolacije.

3. ZAKLJUČAK

Podaci o insolaciji mogu poslužiti kao jedan od indikatora prozračnosti pri praćenju promjena kvalitete zraka u gradskim sredinama. Mjerena o insolaciji postoje za veliki broj mjesto i za relativno duga razdoblja te je pomoću njih moguće dobiti približnu sliku o promjenama turbiditeta gradske atmosfere. Takve procjene su pogotovo korisne za ranija razdoblja – kada direktnih mjerena onečišćenja zraka nije bilo, kao i za mesta gdje takvih mjerena još ni danas nema. Podaci o insolaciji mogu biti od posebne koristi pri ocjeni reprezentativnosti kraćih nizova direktnih mjerena koncentracije aerosola antropogenog porijekla u gradskom zraku. Zbog velike međugodišnje promjenljivosti, kako relativnih tako i apsolutnih iznosa insolacije može se predpostaviti da je i turbiditet gradske atmosfere podvrgnut takodjer značajnim sinhronim

promjenama. Zbog toga direktna mjerena koncentracije antropogenih aerosola iz kraćih vremenskih razdoblja (kakvim uglavnom danas raspoložemo) mogu biti sasvim nereprezentativna za dostignuti stupanj onečišćenja atmosfere ako se odnose na razdoblje u kojem su prevladavali atipični vremenski uvjeti.

LITERATURA :

- Gamser, F., K., Vujčić-Gamser i M. Stojković, 1974
Uticaj aerozagadjenja na direktno sunčevo zračenje. Zbornik referata sa savjetovanja "Metode i metodologija ispitivanja zagađenosti vazduha", Beograd, 229-246.
- Goldberg, J., 1933: Trajanje insolacije u Zagrebu na osnovi 36-godišnjih registracija. Rad Jug. Akad., Knj. 246., 119-160.
- Helmes, L. and R. Jaenicke, 1984: Experimental verification of the determination of atmospheric turbidity from sunshine recorders, Jour. Clim. Appl. Meteor., 23, 1350-1353.

- Oke, T.R., 1979: Review of urban climatology, 1973-1976. WMO Tech. Note No. 169, Geneva, 100 pp.
- Penzar, I., 1969 : Zagreb - grad sa sve manje sunca. Priroda, 56, 267-270.
- _____, 1977: Trajanje insolacije, Prilog poznavanju klime grada Zagreba (Pogl. 3.), Radovi Geofizičkog zavoda Ser. III, br. 18, Zagreb, 61-77.

Stanojević, Č., M. Popović i M. Mendjan, 1983 :
Prilog poznavanju optičke klime grada Beograda. Savetovanje o atmosferskim i rečnim elementarnim nepogodama.
RHMZ Srbije, Beograd, 409-423.

Vukov, J., 1972 : Trajanje insolacije u Hrvatskoj. Geografski glasnik, 33-34, 177-196.

DURATION OF SUNSHINE IN URBAN AREAS

Josip Jurac and Ivan Penzar
Geophysical Institute of Faculty of Science
Zagreb, Yugoslavia

On the basis of data of the Observatory Zagreb-Grič for the period from 1888 till now, the possible influence of the city growth on the duration of sunshine is considered. Increased turbidity of the urban atmosphere is primarily reflected in the decreased duration of sunshine during the low solar altitudes. Under the influence of natural factors the duration of sunshine shows considerable interannual variability.

Because of that it is very difficult to establish possible influence of the pollution of urban atmosphere on the duration of sunshine on the basis of short time series.

ИНСОЛЯЦИЯ В ГОРОДЕ

Иосип Јурад и Иван Пензар
Геофизички Институт факултета Естеств. Математ. Наук
Загреб, Југославија

Исходя из данных полученных в Обсерватории Загреб-Грич, за период с 1888 года по настоящее время - провели анализ возможного воздействия развития города на продолжительность солнечного сияния.

Повышение мутности воздуха городской атмосферой результировало, в первую очередь, понижением инсоляции при низких уровнях солнца. Продолжительность солнечного сияния значительно меняется из года в год, вследствие воздействия природных факторов. Поэтому, очень сложно определение возможного воздействия загрязнения городской атмосферы на изменение продолжительности солнечного сияния - если использовать короткие временные серии.