

Meteorološki parametri u projektiranju toplinske zaštite zgrada

Ksenija Zaninović, Marjana Gajić-Čapka, Zvonko Žibrat, Vladimir Šimetin

Ključne riječi

klima,
zgrada,
toplinska zaštita,
meteorološki parametri,
oborina,
zračenje

Key words

climate, building,
thermal protection,
meteorological
parameters,
precipitation,
radiation

Mots clés

climat, bâtiment,
protection thermique,
paramètres
météorologiques,
précipitations,
rayonnement

Ключевые слова:

климат, здание,
тепловая защита,
метеорологические
параметры,
атмосферные осадки,
излучение

Schlüsselworte:

Klima, Gebäude,
Wärmeschutz,
meteorologische
Parameter,
Niederschlag,
Strahlung

K. Zaninović, M. Gajić-Čapka, Z. Žibrat, V. Šimetin

Pregledni rad

Meteorološki parametri u projektiranju toplinske zaštite zgrada

Analizirani su relevantni meteorološki parametri za 15 lokacija u Hrvatskoj za razdoblje 1961-1990. To su: srednje mjesečne, sezonske i godišnje temperature zraka, najniža i najviša srednja dnevna temperatura zraka s podacima o prekoračenju u danima, standardna vanjska temperatura zraka, globalno zračenje, difuzno zračenje, maksimalne dnevne količine oborina, srednje mjesečne, sezonske i godišnje količine oborina te vrijednosti relativne vlažnosti zraka i tlaka vodene pare.

K. Zaninović, M. Gajić-Čapka, Z. Žibrat, V. Šimetin

Subject review

Meteorological parameters in the design of thermal protection of buildings

Relevant meteorological parameters for 15 locations in Croatia are analyzed for the 1961 - 1990 period. These parameters are: mean monthly, seasonal and annual air temperatures, minimum and maximum average daily air temperature with overstepping values in days, standard outside air temperature, global radiation, diffuse radiation, maximum daily precipitation, mean monthly, seasonal and annual precipitation, relative humidity of air and water vapor pressure.

K. Zaninović, M. Gajić-Čapka, Z. Žibrat, V. Šimetin

Ouvrage de synthèse

Paramètres météorologiques dans l'étude de la protection thermique des bâtiments

L'article analyse les paramètres météorologiques de référence de 15 sites en Croatie pour la période 1961-1990. Ce sont: températures moyennes mensuelles, saisonnières et annuelles de l'air, température journalière moyenne maximale et minimale de l'air avec indications de dépassement journaliers, température extérieure normale de l'air, rayonnement global, rayonnement diffus, précipitations journalières maximales, précipitations mensuelles, saisonnières et annuelles moyennes et valeurs de l'humidité relative de l'air et de la pression de la vapeur d'eau

K. Занинович, М. Гаич-Чапка, З. Жибрат, В. Шиметин

Обзорная работа

Метеорологические параметры в проектировании тепловой защиты зданий

В работе анализированы релевантные параметры для 15 локалитетов в периоде 1961-1990 гг. Это следующие: среднемесячные, сезонные и годовые температуры воздуха, самая высокая и самая низкая средняя дневная температура воздуха с данными о превышении в днях, стандартная наружная температура воздуха, глобальное излучение, диффузное излучение, максимальные дневные количества атмосферных осадков, среднемесячные, сезонные и годовые количества осадков, а также значения относительной влажности воздуха и давления водного пара.

K. Zaninović, M. Gajić-Čapka, Z. Žibrat, V. Šimetin

Übersichtsarbeit

Meteorologische Parameter im Entwurf des Wärmeschutzes von Gebäuden

Analisiert wurden relevante meteorologische Parameter für 15 Örtlichkeiten in Kroatien für die Zeitspanne 1961.-1990. Das sind: mittlere monatliche, saisonmässige und jährliche Lufttemperaturen, tiefste und höchste mittlere tägliche Lufttemperatur mit Angaben der Überschreitung in Tagen, standardgemässe äussere Lufttemperatur, globale Strahlung, diffuse Strahlung, höchste tägliche Niederschlagsmengen, sowie Werte der relativen Luftfeuchtigkeit und des Wasserdampfdrucks.

Autori: Mr. sc. **Ksenija Zaninović**, dipl. ing. fiz.; dr. sc. **Marjana Gajić-Čapka**, dipl. ing. fiz.; **Zvonko Žibrat**, dipl. ing. fiz., Državni hidrometeorološki zavod, Zagreb; **Vladimir Šimetin**, dipl. ing. građ., Institut građevinarstva Hrvatske, Zagreb

1 Uvod

Ekonomska i energetska kriza koja je pogodila mnoge, pa i razvijene zemlje, upozorila je na potrebu za ekonomičnijim projektiranjem. Na konferenciji o klimi i arhitekturi koja je 1979. godine održana u SAD-u donesena je konvencija o primjeni klimatskih podataka u projektiranju radi uštede energije. Poznavanje klimatskih elemenata koji značajno utječu na energetske ravnoteže zgrada može pomoći pri odabiru vrste izolacije, projektiranju sustava grijanja, hlađenja i ventilacije te planiranja potrošnje toplinske energije.

Izrada meteoroloških podloga za potrebe norma u graditeljstvu, projektiranju energetski efikasne toplinske zaštite zgrada opsežan je posao i može se realizirati jedino u uskoj suradnji meteoroloških stručnjaka i projektanata korisnika. To je realizirano u okviru Programa energetske efikasnosti u zgradarstvu [1]. Meteorološki rezultati spomenutog programa prikazani su u ovome radu i u radu [2].

2 Norme u nekim europskim zemljama i u Hrvatskoj

Radi usklađivanja hrvatskih norma s normama u europskim zemljama, konzultirano je više meteoroloških službi i povratne su informacije dobivene iz Slovenije, Austrije, Njemačke i Belgije. U Sloveniji je situacija slična kao i u Hrvatskoj. Valjani su nedostadni propisi prema JUS-u. U tijeku je priprema za izradu novih norma koje moraju biti usklađene s europskim. U Njemačkoj i Austriji definicija zimskih standardnih vanjskih projektnih temperatura za proračun sustava grijanja je ista i takva je primijenjena u proračunima za Hrvatsku (ÖNORM M 7500 i DIN 4701). Za potrebe proračuna potrošnje toplinske energije definirani su stupanj-dani grijanja i dani hlađenja, i to u normama obiju zemalja za graničnu temperaturu grijanja od 12°C srednje vanjske temperature a za srednju sobnu temperaturu zraka usvojena je vrijednost od 20°C u Austriji (ÖNORM B 8135 i DIN V 4108-6). Ova vrijednost često varira u intervalu od 18°C do 20°C. Pri projektiranju zgrada posebnih namjena (kazališta, sportske dvorane, skladišta, tvornički pogoni i dr.) definiraju se različite vrijednosti temperatura unutrašnjeg prostora, ali i vanjskog zraka. Ako se npr. radi o kazalištu, tada se i vanjske temperature definiraju za razdoblje predstave (npr. večernji sati ili raspoloživ klimatski podatak u 21 sat).

Ulazni meteorološki podaci za proračun njemačkih i austrijskih normi su iz 20-godišnjeg razdoblja 1951.-1970. što je zastarjeli niz i planira se korekcija norma prema podacima iz najnovijega referentnoga klimatskog razdoblja 1961.-1990.

U Njemačkoj i Belgiji, pa i u Austriji, rabi se i test referentna godina (TRY) za proračune termičkog kapaciteta zgrada i dimenzioniranja sustava grijanja, hlađenja i pro-

vjetranja zraka. TRY se temelji na satnim vrijednostima meteoroloških parametara.

U hrvatskoj projektantskoj praksi valjane su norme prenijete iz JUS-a, za koje je utvrđeno da su zastarjele i zbog ulaznih meteoroloških podataka i zbog metoda određivanja relevantnih meteoroloških parametara. Posljednje izdanje iz 1987. godine sadrži u svakom prijašnjem izdanju ponavljano, staru kartu klimatskih zona i projektne temperature vanjskog zraka izračunavane iz meteoroloških podataka za razdoblje 1949.-1956. godine, a za najviše mjesta samo na osnovi 1954. godine, i to metodom koja se više ne rabi. Osim toga, danas se u Europi koriste racionalnijim metodama za određivanje vanjskih projektnih temperatura nego što je to u JUS-u. U uporabi su i drugi temperaturni parametri npr. dani grijanja i hlađenja te stupanj-dani grijanja i hlađenja. Uz temperaturu zraka rabe se i podaci o smjeru i brzini vjetra, tlaku vodene pare, količini naoblake itd. - sve u svrhu racionalnog iskorištavanja energije u zgradarstvu.

Program meteorološke podloge za izradu norma iz područja toplinske zaštite zgrada u okviru programa KUEN zgrada rezultat je dogovora sa suradnicima iz IGH, Zavoda za zgradarstvo i EI *Hrvoje Požar* i prvenstveno je usklađen s austrijskim i njemačkim normama.

3 Meteorološke veličine u normama

Meteorološke su veličine koje je potrebno primarno analizirati za primjenu u energetske efikasnom projektiranju zgrada:

- temperatura zraka,
- vlažnost zraka,
- oborina,
- strujanje zraka,
- Sunčevo zračenje.

Klimatski elementi, te izvedene i kombinirane veličine (npr. standardne vanjske projektne temperature, stupanj-dani grijanja ili hlađenja, ekstremne temperature zraka, tlak vodene pare, oborinski ekstremi), odabrani su prema preporukama Svjetske meteorološke organizacije, te hrvatskim i svjetskim znanjima i iskustvima na području primijenjene klimatologije (građevinske klimatologije), uz uvažavanje postojeće građevinske prakse, kako bi klimatski parametri u novim Hrvatskim normama za toplinsko opterećenje zgrada bili u skladu s novim Europskim normama koje su u izradi, o čemu postoje podaci u radovima [3, 4, 5, 6, 7, 8, 9]. Oni parametri strujanja zraka i Sunčeva zračenja koji su potrebni za program energetske efikasnosti u zgradarstvu, a obrađeni su u meteorološkim podlogama za nacionalne energetske programe [10 i 11], ne prikazuju se u ovome radu.

U ovome radu iznose se rezultati analize sljedećih meteoroloških veličina:

Temperaturni parametri

- Srednje mjesečne, sezonske i godišnje temperature zraka.
- Najniža srednja dnevna temperatura zraka koja je prekoračena u 1; 1,5; 2,5; 4; 6; 9; 13 i 20 dana.
- Najviša srednja dnevna temperatura zraka koja je prekoračena u 1; 1,5; 2,5; 4; 6; 9; 13 i 20 dana.
- Standardna vanjska temperatura zraka.

(Najniža srednja dvodnevna temperatura zraka koja je 10 puta u 20 godina dostignuta ili prekoračena.)

Sunčevo zračenje

- Globalno zračenje na horizontalnu i vertikalnu plohu i na plohu nagnutu pod 45° (mjesečne, sezonske i godišnje vrijednosti).
- Difuzno zračenje na horizontalnu plohu (mjesečne, sezonske i godišnje vrijednosti).

Oborine

- Srednje mjesečne, sezonske i godišnje količine oborine.
- Maksimalne dnevne količine oborina.

Vlažnost zraka

- Srednja mjesečna relativna vlažnost zraka.
- Srednji mjesečni tlak vodene pare.

4 Ulazni meteorološki podaci

Za potrebe stvaranja meteoroloških podloga za planiranje i projektiranje u građevinarstvu preporučljivo je kao bazu podataka uporabiti sve raspoložive podatke mjerenja iz redovne i dopunske meteorološke mreže postaja Državnoga hidrometeorološkog zavoda.

Prema vrsti i broju instrumenata koje posjeduju, odnosno odgovarajućem programu rada, meteorološke postaje su svrstane u nekoliko kategorija i prema stanju 31. 12. 1996. godine mreža meteoroloških postaja u Hrvatskoj ima:

- 38 glavnih meteoroloških postaja (GMP) od čega 2 postaje imaju kategoriju opservatorija: Zagreb-Grič te Zagreb-Maksimira na kojem se obavljaju i aerološka mjerenja,
- 92 klimatološke postaje (KLP),
- 299 kišomjernih postaja i 22 totalizatora,
- 36 postaja s heliografom (trajanje sisanja Sunca), od čega je 30 heliografa na GMP i 6 na KLP.

Ova mreža može biti osnova za klimatsko zoniranje Hrvatske prema parametrima relevantnim s gledišta energetske efikasnosti u zgradarstvu.

Preliminarni program meteorološke analize za norme u projektiranju energetske toplinske zaštite zgrada

obuhvaća 15 postaja (10 GMP i 5 KLP). Smještene su u različitim klimatskim zonama i mogu pružiti prvu sliku o prostornim razlikama promatranih meteoroloških parametara. Pri izboru lokacija posebno se vodilo računa o pokrivenosti područja obnove, kako bi se već u ovoj prvoj fazi dobili meteorološki projektni parametri relevantni za primjenu u projektiranju energetske toplinske zaštite zgrada za ovo područje dinamične izgradnje.

Za procjenu prosječnih karakteristika klime, odnosno u ovom slučaju odabranih specifičnih klimatskih parametara, prikladno je koristiti se 30-godišnjim razdobljem, jer je ispitivanje pokazalo da se stabilizacija kolebanja pojedinih elemenata postiže u tom razdoblju. Budući da je posljednja preporuka Svjetske meteorološke organizacije da se kao referentno razdoblje za prikaz prosječnih klimatskih prilika našeg vremena uzima razdoblje 1961.-1990., to se ono rabi i za ovu analizu.

5 Analiza meteoroloških projektnih parametara*5.1 Temperaturni parametri*

Jedan od osnovnih meteoroloških parametara koji se primjenjuje u takvim proračunima jest temperatura zraka, zbog neposredne ovisnosti ugodnosti u unutarnjem prostoru o vanjskim temperaturama. Pri tome nije dovoljno poznavati samo prosječne klimatske prilike izražene s pomoću vrijednosti na mjesečnoj ili sezonskoj skali, već i detaljnije iz razdioba vjerojatnosti različitih temperaturnih pragova, što je uzeto u analizi koja slijedi.

5.1.1 Mjesečne, sezonske i godišnje temperature zraka
Velika klimatska raznolikost Hrvatske očituje se već u godišnjem hodu srednjih mjesečnih temperatura zraka (tablica 1.). Najhladnija su područja Like i Gorskog ko

Tablica 1. Srednje sezonske i godišnje temperature zraka (°C), razdoblje 1961.-1990.

Mjesto	Zima	Prolj.	Ljeto	Jesen	God.
Osijek	0,4	11,3	20,3	11,1	10,8
Brest. Belje	0,3	11,1	20,0	10,9	10,6
Vukovar	0,9	11,7	20,5	11,7	11,2
Zagreb-Grič	1,9	11,8	20,4	11,8	11,5
Varaždin	0,2	10,3	19,0	10,1	9,9
Lipik	0,6	10,4	18,9	10,4	10,1
Topusko	0,6	10,5	19,2	10,7	10,3
Skrad	-0,2	7,8	16,8	9,2	8,4
Gospić	-0,7	8,2	17,1	8,9	8,4
Knin	4,4	12,1	21,5	13,4	12,8
Pula	6,0	12,3	22,1	14,6	13,7
Rijeka	6,0	12,4	21,7	14,4	13,6
Šibenik	7,3	13,8	23,4	16,1	15,1
Split	8,2	14,4	24,3	16,9	15,9
Hvar	9,4	14,5	23,8	17,6	16,3

tara, koje reprezentiraju postaje Gospić i Skrad, sa srednjom godišnjom temperaturom 8,4°C. Zbog efekta kraške doline (jača hlađenja zimi i veća zagrijavanja ljeti) Gospić ima nešto hladniju zimu i toplija ljeta od Skrada. U Skradu je pak razlika između jesenskih i proljetnih temperatura nešto veća nego u Gospiću. Budući da se u proljeće more sporije zagrijava od kopna, a u jesen se sporije hladi, karakteristika maritimnih klima je toplija jesen od proljeća. Stoga se može zaključiti da je maritimni utjecaj u Gorskom kotaru nešto izraženiji nego u Lici.

Srednje godišnje temperature zraka u kontinentalnom se dijelu Hrvatske kreću između 9,9°C (Varaždin) i 11,5°C (Zagreb-Grič). Najvišoj srednjoj godišnjoj temperaturi zraka na postaji Zagreb-Grič najviše pridonosi zimska temperatura zraka, koja je oko 1°C viša nego na ostalim nizinskim postajama. Može se pretpostaviti da ovdje dolazi do izražaja toplinski otok grada koji se pojavljuje zimi. Osim toga, postaja na Griču nalazi se na povišenoj lokaciji, u visini dimnjaka donjeg grada, i vrlo je vjerojatno da i to utječe na višu zimsku temperaturu. Na području grada Zagreba postoji i meteorološka postaja u Maksimiru, na kojoj srednja godišnja temperatura zraka iznosi 10,3°C, a srednja zimska temperatura zraka 0,6°C, što su 1,2°C niže temperature zraka nego na postaji Zagreb-Grič. Već je prema ovim podacima jasno da je temperaturni režim na postaji u Maksimiru sličniji onom u ostalim nizinskim dijelovima Hrvatske. O tome posebno treba voditi računa pri izgradnji novih naselja izvan gradskog središta, gdje će za analizu temperaturnih karakteristika biti potrebno uzimati u obzir podatke s ostalih postaja u Zagrebu, a to su Maksimir, Pleso i Botinec. S druge strane, temperaturni režim u središtu grada bit će

sličniji onom na Griču. Sudeći prema razlikama između srednjih proljetnih i jesenskih temperatura zraka, maritimni utjecaj na temperature zraka u čitavom kontinentalnom nizinskom dijelu Hrvatske vrlo je slab. Međutim, razlike između srednjih temperatura najtoplijeg (srpanj) i najhladnijeg mjeseca (siječanj) smanjuju se od istočnog dijela Hrvatske (oko 22°C) prema zapadu (20-21°C) i dalje prema gorskom dijelu Hrvatske (19-20°C), iz čega se može zaključiti da je maritimni utjecaj izraženiji u sjeverozapadnoj Hrvatskoj nego na njezinom istočnom dijelu.

U jadranskom zaleđu (Knin) srednja je godišnja temperatura zraka 13°C. Jesen je 1,3°C toplija od proljeća, što pokazuje relativno jak maritimni utjecaj.

Temperatura zraka najviša je na Jadranu, gdje su godišnje vrijednosti od 13,6°C u Rijeci do 16,3°C na Hvaru. Najveće su razlike zimi kada je najtopliji Hvar 3,4°C topliji od najhladnijih Rijeke i Pule. Jesen je otprilike 2-3°C toplija od proljeća, a razlike su najveće na Hvaru. Razlike između srednjih temperatura najhladnijeg i najtoplijeg mjeseca kreću se od 16-18°C.

5.1.2 Najniža srednja dnevna temperatura zraka

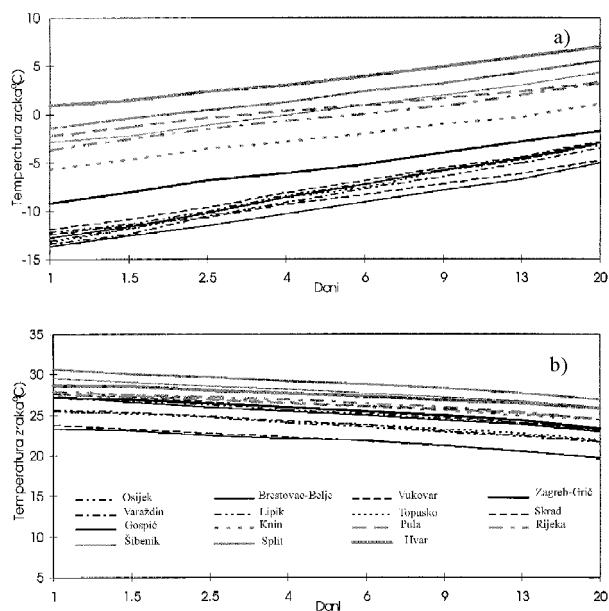
Poznavanje relevantnih temperaturnih parametara može pridonijeti pravilnom dimenzioniranju izolacije, grijanja i hlađenja u zgradama, što može znatno smanjiti troškove građenja i potrošnje energije. Pritom nije dovoljno samo poznavanje srednjih mjesečnih temperatura zraka, već su potrebne detaljnije analize temperature zraka. U tu su svrhu analizirane najniža i najviša srednja dnevna temperatura zraka koja je prekoračena u 1; 1,5; 2,5; 4; 6; 9; 13 i 20 dana.

Tablica 2. Najniža srednja dnevna temperatura zraka koja je prekoračena u **n** dana i najniža srednja dnevna temperatura zraka (MIN), razdoblje 1961.-1990.

Mjesto	Broj dana prekoračenja najniže temperature - <i>n</i>								
	1	1,5	2,5	4	6	9	13	20	MIN
Osiiek	-12,1	-11,3	-10,0	-8,4	-7,1	-5,7	-4,7	-3,0	-18,9
Brestovac-Belje	-12,8	-11,6	-10,2	-8,6	-7,2	-5,8	-4,6	-3,0	-17,6
Vukovar	-11,8	-10,8	-9,6	-8,1	-6,8	-5,5	-4,4	-2,8	-17,5
Zagreb-Grič	-9,2	-8,1	-6,8	-8,1	-5,2	-4,0	-2,9	-1,7	-11,8
Varaždin	-13,4	-12,3	-10,5	-9,1	-7,7	-6,4	-5,0	-3,5	-18,5
Lipik	-13,1	-11,7	-10,2	-8,6	-7,2	-5,8	-4,7	-3,1	-20,3
Topusko	-13,2	-11,8	-10,2	-8,6	-7,5	-5,8	-4,7	-3,0	-18,0
Skrad	-12,3	-11,4	-10,6	-9,3	-8,3	-7,1	-6,1	-4,7	-16,1
Gospić	-13,7	-12,5	-11,5	-10,3	-9,1	-7,9	-6,7	-5,0	-18,9
Knin	-5,7	-4,7	-3,6	-2,9	-2,0	-1,0	-0,3	1,0	-10,6
Pula	-2,2	-1,3	-0,4	0,3	0,9	1,6	2,3	3,3	-6,8
Rijeka	-3,7	-2,6	-1,5	-0,7	0,0	0,8	1,9	3,2	-8,6
Šibenik	-2,9	-2,2	-1,1	-0,1	0,9	1,9	3,0	4,3	-8,5
Split	-1,4	-0,4	0,4	1,2	2,3	3,2	4,3	5,5	-7,4
Hvar	0,9	1,4	2,3	3,0	3,9	4,9	5,9	6,9	-4,2

Najniža srednja dnevna temperatura zraka koja je prekoračena u 1; 1,5; 2,5; 4; 6; 9; 13 i 20 dana određena je empiričkim nizovima podataka u kojima su srednje dnevne temperature zraka za svaki dan u razdoblju 1961.-1990. poredane u rastućem nizu, ukupno 10957 podataka (za potpuni 30-godišnji niz). Najniža srednja dnevna temperatura koja je prekoračena u jednom danu određena je kao trideseti podatak tako uređenog niza. Nadalje, najniža srednja dnevna temperatura koja je prekoračena u 1,5 dana određena je kao 45. podatak niza, u 2,5 dana kao 75. podatak i tako redom do najniže srednje dnevne temperature u 20 dana kao 600. podatak niza. Naravno, za nizove s nedostajućim podacima, navedene su temperature izračunane za takve, kraće nizove. Tako je, npr., za niz koji je ukupno imao 28 godina, najniža srednja dnevna temperatura koja je prekoračena u jednome danu određena kao 28. podatak niza i tako redom. Dobiveni rezultati prikazani su u tablici 2., u kojoj su u koloni MIN navedene i najniže srednje dnevne temperature zraka zabilježene u analiziranom razdoblju.

U kontinentalnom su se dijelu Hrvatske najniže srednje dnevne temperature zraka kretale između -16°C i -20°C (najnižu srednju dnevnu temperaturu zraka imao je Lipik i ona je iznosila $-20,3^{\circ}\text{C}$). Na obali su najniže srednje dnevne temperature zraka $10-15^{\circ}\text{C}$ više nego u kontinentalnom dijelu Hrvatske i iznosile su od $-7,4^{\circ}\text{C}$ u Splitu do $-4,2^{\circ}\text{C}$ u Hvaru.



Slika 1. Najniža a) i najviša b) srednja dnevna temperatura zraka koja je prekoračena u n dana, razdoblje 1961.-1990.

Iz slike 1. vrlo se jasno vidi da se srednje dnevne temperature, koje su prekoračene u n dana u kontinentalnom dijelu Hrvatske, međusobno vrlo malo razlikuju i kreću se za prekoračenja u jednom danu između -12°C i -13°C

(tablica 2.). Srednje dnevne temperature prekoračene u više dana povećavaju se, ali ni za prekoračenja u 20 dana ne prelaze 0°C (iznose oko -3°C). Najhladniji su Gospić i Skrad, slijede Varaždin, Lipik i Topusko te gradovi u istočnoj Slavoniji. Najniže srednje dnevne temperature zraka prekoračene u n dana u Zagrebu više su za oko 3°C do 7°C nego u ostalim dijelovima Hrvatske za $n = 1$ dan i smanjuju se za višednevna prekoračenja, da bi za $n = 20$ one bile za 1°C do $1,5^{\circ}\text{C}$ više. To ponovno potvrđuje postojanje toplinskog otoka nad gradom zimi i pokazuje da je za detaljno poznavanje zagrebačke mikroklimе potrebno analizirati podatke ostalih postaja u gradu i eventualno provesti specijalna višednevna mjerenja po sezonama. Najniže srednje dnevne temperature zraka prekoračene u n dana u jadranskom su zaleđu i na obali više nego u unutrašnjosti, a razlike su veće za kraća razdoblja. Karakteristično je i da se oni međusobno više razlikuju od gradova u unutrašnjosti. Samo u Hvaru niti najniža srednja temperatura zraka koja je prekoračena u jednom danu ne pada ispod 0°C , dok su kod svih ostalih gradova na obali one niže od 0°C i kreću se od $-3,7^{\circ}\text{C}$ u Rijeci do $-1,4^{\circ}\text{C}$ u Splitu. Najniže srednje dnevne temperature na obali prelaze granicu od 0°C za prekoračenja u 6 dana, a za prekoračenja u 20 dana kreću se od $3,2^{\circ}\text{C}$ u Rijeci do $6,9^{\circ}\text{C}$ u Hvaru.

5.1.3 Najviša srednja dnevna temperatura zraka

Najviša srednja dnevna temperatura zraka koja je prekoračena u 1; 1,5; 2,5; 4; 6; 9; 13 i 20 dana određivana je analogno kao i najniža srednja dnevna temperatura zraka samo za padajući niz podataka.

Najviše srednje dnevne temperature zraka zabilježene u Hrvatskoj u razdoblju 1961.-1990. kretale su se od $25,7^{\circ}\text{C}$ u Gospiću, oko 28°C do 30°C u kontinentalnom dijelu Hrvatske, do vrijednosti između 29°C i 33°C na Jadranu.

Razlike između najviših srednjih dnevnih temperatura zraka prekoračenih u n dana u Hrvatskoj manje su nego one najnižih temperatura, a gradovi uz obalu i ljeti su topliji od onih u unutrašnjosti (tablica 3.). Najhladniji su Skrad i Gospić, s temperaturama oko $23-24^{\circ}\text{C}$ za jedno-dnevna prekoračenja, odnosno $19,8^{\circ}\text{C}$ za 20-dnevna. U nizinskom dijelu Hrvatske najviše su srednje dnevne temperature koje su prekoračene u jednom danu u istočnoj Slavoniji (Osijek, Brestovac-Belje i Vukovar) i u Zagrebu oko 27°C , a u Varaždinu, Lipiku i Topuskom oko 25°C . Otprilike za 2°C razlikuju se između ovih postaja i srednje dnevne temperature zraka i kod 20-dnevnih prekoračenja (od oko 22°C do 23°C). Napomenimo da podaci postaje u Vukovaru kod kraćih prekoračenja donekle odstupaju od susjednih lokacija. Međutim, relativno velik broj nedostajućih podataka u Vukovaru i spajanje podataka s dviju lokacija, jer je meteorološka postaja mijenjala položaj, mogu biti razlogom tih odstupanja, pa

Tablica 3. Najviša srednja dnevna temperatura zraka koja je prekoračena u **n** dana i najviša srednja dnevna temperatura zraka (MAKS), razdoblje 1961.-1990.

Mjesto	Broj dana prekoračenja najviše temperature - <i>n</i>								
	1	1,5	2,5	4	6	9	13	20	MAK
Osiijek	27,2	26,8	26,3	25,7	25,2	24,6	24,1	23,2	30,5
Brestovac-Belje	27,4	26,6	26,0	25,4	25,0	24,4	23,8	23,0	29,1
Vukovar	27,7	27,3	26,7	25,9	25,4	24,8	24,1	23,4	31,3
Zagreb-Grič	27,2	26,9	26,5	25,9	25,5	24,9	24,3	23,4	29,8
Varaždin	25,6	25,3	24,9	24,3	23,8	23,1	22,6	21,9	28,1
Lipik	25,7	25,4	24,8	24,1	23,6	23,0	22,5	21,7	28,0
Topusko	25,6	25,2	24,8	24,2	23,8	23,3	22,8	22,0	28,2
Skrad	23,8	23,4	22,9	22,3	21,9	21,3	20,6	19,8	27,2
Gospić	23,4	23,1	22,5	22,1	21,8	21,2	20,5	19,8	25,7
Knin	27,8	27,4	27,1	26,6	26,1	25,6	25,0	24,5	29,9
Pula	27,5	27,3	26,9	26,5	26,1	25,7	25,2	24,5	29,2
Rijeka	27,9	27,6	27,2	26,9	26,4	25,9	25,3	24,5	29,5
Šibenik	29,5	29,0	28,6	28,2	27,7	27,2	26,7	26,0	32,5
Split	30,6	30,1	29,7	29,2	28,8	28,3	27,7	26,9	33,2
Hvar	28,7	28,5	28,0	27,7	27,3	26,8	26,4	25,8	31,5

te podatke valja uzeti s oprezom. Vjerojatno je da će i u Vukovaru rezultati biti slični onima u Osijeku i Brestovac-Belju. Najviše su srednje dnevne temperature zraka koje su prekoračene u jednom danu na sjeverozapadnom dijelu obale između 27°C i 28°C, dok su južniji gradovi topliji, a najveće su vrijednosti ovog parametra zabilježene u Splitu (30,6°C). Slične razlike (oko 2°C) pojavljuju se i kod prekoračenja od više dana. Valja istaknuti da su u Hvaru ljetne temperaturne karakteristike, o čemu svjedoči i ovaj parametar, ugodnije nego na obali (Split), što je posljedica ohlađujućeg utjecaja mora.

5.1.4 Standardna vanjska projektna temperatura zraka

Standardna vanjska projektna temperatura zraka jest najniža srednja dvodnevna temperatura zraka koja je dostignuta ili prekoračena 10 puta u 20 godina. To znači

Tablica 4. Standardna vanjska projektna temperatura zraka

Osiijek	-13,3
Brestovac-Belje	-13,8
Vukovar	-12,3
Zagreb-Grič	-9,9
Varaždin	-13,8
Lipik	-13,6
Topusko	-13,7
Skrad	-13,1
Gospić	-14,2
Knin	-6,2
Pula	-2,7
Rijeka	-3,9
Šibenik	-3,9
Split	-1,7
Hvar	0,5

da se radi o najnižoj dvodnevnoj temperaturi zraka koja se javlja jednom u dvije godine. S obzirom na to da je analiziran 30-godišnji niz, kao standardna vanjska projektna temperatura određena je ona srednja dvodnevna temperatura koja se je pojavila 15 puta u trideset godina. Naravno, kod postaja koje nisu imale puni 30-godišnji niz, standardna vanjska projektna temperatura određivala se prema duljini niza (primjerice, ako je na raspolaganju bio samo niz od 28 godina, standardna vanjska temperatura određena je kao 14. podatak niza).

S izuzetkom Hvara, standardne vanjske projektne temperature zraka u čitavoj su Hrvatskoj negativne. Najnižu standardnu vanjsku projektnu temperaturu zraka ima Gospić (-14,2°C), zatim slijede gradovi u nizinskom kontinentalnom dijelu Hrvatske s temperaturama između -13°C i -14°C. Zbog manjkavih podataka iz Vukovara, može se pretpostaviti da je i u tom gradu standardna vanjska projektna temperatura zraka niža od -12,3°C, koliko je dao proračun iz raspoloživog niza. Zbog već spomenutog toplinskog otoka grada, standardna vanjska projektna temperatura na postaji na Griču iznosi -9,9°C i može se pretpostaviti da će ona u Maksimiru biti niža i slična onima u ostalim dijelovima nizinske Hrvatske, o čemu treba voditi računa pri gradnji novih dijelova grada udaljenih od središta. Najviše standardne vanjske projektne temperature imaju gradovi duž obale, a temperatura im raste idući od sjeverozapada prema jugoistoku. Ne iznenađuje da je u Puli standardna vanjska temperatura zraka viša nego u Rijeci i Šibeniku, jer njezin položaj isturen u more daje joj temperaturne klimatske karakteristike koje su donekle slične onima na otocima sjevernog Jadrana, pa jače nego kod spomenutih postaja dolazi do izražaja zagrijavajući utjecaj mora zimi.

5.2 Sunčevo zračenje

Sunčevo zračenje još je jedan od vrlo važnih meteoroloških parametara koji utječu na temperaturu unutrašnjeg prostora i kvalitetu stanovanja i o kojem treba voditi računa pri projektiranju u zgradarstvu. Naime, njegovo zračenja na vanjske zidove i krov zgrada može promijeniti temperaturu unutrašnjeg prostora i za 10-15°C.

Energija koju primamo od Sunca jest osnovna pokretačka snaga i za sve životne procese i za sve atmosferske procese koji određuju vrijeme i klimu Zemlje. Prolazeći kroz atmosferu, jedan dio Sunčeve energije gubi se interakcijom s molekulama plinova i ostalih čestica u atmosferi pa do Zemljine površine stiže samo određeni dio te energije koja je raspodijeljena u dva oblika zračenja: direktno zračenje (izravno od Sunca) i difuzno zračenje (raspršeno i dolazi iz svih smjerova neba).

U meteorologiji se ove dvije komponente zračenja zajedno definiraju kao ukupno dolazno prizemno zračenje ili globalno zračenje (u J ili W) koje prima površina (1cm^2 ili 1m^2) horizontalne plohe u određenom vremenskom razdoblju (sat, dan). Treba istaknuti da toplinski učinak globalnog zračenja uvelike ovisi o vrsti podloge na koju ono dolazi. Naravno, globalno zračenje naročito ovisi o dijelu dana, o vrsti i količini oblaka na dotičnoj lokaciji i o nagibu terena.

Za izračunavanje globalnog zračenja, za lokacije gdje nije bilo mjerenja, upotrijebili smo vezu globalnog zračenja i trajanja sijanja Sunca u obliku linearne jednadžbe [12]:

$$G = G_0 \left(a + b \frac{s}{S} \right) \quad (1)$$

gdje je:

- G - globalno zračenje na jediničnu horizontalnu plohu Zemljine površine,
- G_0 - ekstraterestičko zračenje na jediničnu horizontalnu plohu na vrhu atmosfere (izračunato u radu [13]),
- s - trajanje sijanja Sunca,
- S - moguće trajanje sijanja sunca (duljina trajanja dana, tj. vrijeme od izlaza do zalaza Sunca),
- a i b - koeficijenti korelacijske veze.

Iz korelacijske veze (1) u radu [14] prvi put su izračunani koeficijenti a i b za sve postaje u Hrvatskoj s mjerenjem globalnog zračenja i trajanja sijanja Sunca (6 postaja). Nakon toga su određeni iznosi tih koeficijenata za 136 postaja u Hrvatskoj s motrenjem naoblake, prema vezi naoblake i trajanja sijanja Sunca koja je izvedena u radu [15].

Podaci globalnog i difuznog zračenja za tražene lokacije u razdoblju 1961.-1980. godine izvedeni su s pomoću navedenih koeficijenata za područje Hrvatske koji su, za sada, jedini izvedeni iz mjerenih podataka.

U ovom radu analizira se globalno zračenje na horizontalnu plohu, na vertikalnu plohu i plohu nagnutu pod 45° prema jugu te difuzno zračenje na horizontalnu plohu.

5.2.1 Globalno zračenje

Kontinentalni dijelovi Hrvatske, sjeverni nizinski i središnji gorski krajevi, primaju manje količine globalnog zračenja od obalnog područja. Po količini primljenog zračenja kontinentalna se područja međusobno vrlo malo razlikuju (mali horizontalni gradijenti), dok su na Jadranu razlike veće (tablica 5. i 6.). Globalno se zračenje općenito povećava od sjevernog Jadrana prema južnom i od obale prema vanjskim otocima. Manje količine zračenja u Rijeci posljedica su relativno velike ciklonalne aktivnosti u Kvarnerskom zaljevu koja donosi veće količine naoblake, a time i manje Sunčeva zračenja.

U godišnjem hodu najmanje zračenje je zimi, najveće ljeti s maksimumom u srpnju, a u proljeće je veće nego u jesen.

Zbog različitog položaja Sunca tijekom godine, dozračene se količine energije na plohe pod različitim nagibima mogu znatno razlikovati. Naime, zimi, kada je Sunce bliže horizontu (prema jugu), ono jače obasjava vertikalne plohe okrenute prema jugu nego ljeti kada je Sunce više prema zenitu. Gledajući godinu u cjelini, plohe pod nagibom od 45° primaju otprilike 10% veće količine zračenja od horizontalnih ploha i čak oko 40% veće količine od vertikalnih ploha. Međutim, zimi su razlike između količina zračenja koje padnu na vertikalne plohe i na plohe pod 45° okrenute prema jugu male, ali su 50-80% veće od onih na horizontalnu plohu. Naprotiv, ljeti se količine globalnog zračenja koje padnu na horizontalnu plohu i plohu nagnutu pod kutom od 45° u smjeru juga međusobno malo razlikuju (nešto su veće one na horizontalnu plohu), ali je zato ozračenost vertikalnih ploha okrenutih prema jugu gotovo dvostruko manja. Situacija je slična i u proljeće, ali su razlike manje nego ljeti, dok je jesen sličnija zimi.

5.2.2 Difuzno zračenje

Uspoređujući srednje godišnje vrijednosti difuznog i globalnog zračenja na horizontalnu plohu, može se uočiti da difuzno zračenje čini na Jadranu oko 40% a u kontinentalnom dijelu oko 50% globalnog zračenja. Slično je i u proljeće i jesen, ljeti je nešto manje, a zimi oko 50% globalnog zračenja na Jadranu odnosno 70% u kontinentalnom dijelu otpada na difuzno zračenje (tablica 6.). Za razliku od globalnog zračenja, godišnje razlike između

Tablica 5. Globalno zračenje (kWh/m²) na horizontalnu plohu i na plohu pod kutem 45°, razdoblje 1961.-1980.

Mjesto	Globalno zračenje – horizontalna ploha					Globalno zračenje ploha pod kutem 45°				
	Zima	Prolj.	Ljeto	Jesen	God.	Zima	Prolj.	Ljeto	Jesen	God.
Osiiek	1,32	4,36	5,61	2,51	3,45	2,20	4,55	5,05	3,92	3,81
Brestovac-Belje	1,64	4,21	5,48	2,49	3,36	2,12	4,39	4,97	3,38	3,71
Vukovar	1,29	4,23	5,60	2,58	3,42	2,12	4,41	5,07	3,52	3,78
Zagreb-Grič	1,11	4,16	5,62	2,46	3,34	1,76	4,32	5,07	3,30	3,61
Varaždin	1,27	4,18	5,44	2,50	3,35	2,14	4,37	4,93	3,43	3,72
Lipik	1,30	4,23	5,39	2,47	3,35	2,17	4,38	4,88	3,32	3,69
Topusko	1,21	4,34	5,77	2,51	3,48	1,96	4,49	5,18	3,39	3,76
Skrad	1,30	4,26	5,75	2,68	3,36	2,20	4,44	5,21	3,69	3,88
Gospić	1,24	4,25	5,91	2,53	3,48	1,93	4,36	5,33	3,37	3,75
Knin	1,72	4,78	6,25	3,02	3,94	3,03	4,99	5,58	4,94	4,64
Pula	1,59	4,91	6,31	2,89	3,92	2,80	5,15	5,67	4,06	4,42
Rijeka	1,53	4,46	5,89	2,71	3,65	2,71	4,61	5,31	3,79	4,11
Šibenik	1,88	5,12	6,57	3,30	4,22	3,38	5,37	5,86	4,72	4,83
Split	1,94	4,93	6,62	3,29	4,19	3,49	5,22	6,05	4,87	4,86
Hvar	1,95	5,13	6,89	3,36	4,33	3,51	5,34	6,07	4,77	4,93

Tablica 6. Globalno zračenje (kWh/m²) na vertikalnu plohu i difuzno zračenje (kWh/m²) na horizontalnu plohu, razdoblje 1961.-1980.

Mjesto	Globalno zračenje – vertikalna ploha					Difuzno zračenje – horizontalna ploha				
	Zima	Prolj.	Ljeto	Jesen	God.	Zima	Prolj.	Ljeto	Jesen	God.
Osiiek	2,08	2,96	2,76	2,82	2,65	0,89	2,28	2,61	1,31	1,77
Brestovac-Belje	1,99	2,86	2,73	2,75	2,58	0,88	2,27	2,61	1,30	1,76
Vukovar	2,00	2,85	2,77	2,88	2,62	0,87	2,25	2,58	1,30	1,75
Zagreb-Grič	1,61	2,78	2,78	2,68	2,46	0,77	2,26	2,68	1,30	1,76
Varaždin	2,03	2,85	2,75	2,84	2,62	0,83	2,17	2,56	1,27	1,71
Lipik	2,04	2,85	2,88	2,72	2,62	0,86	2,20	2,56	1,28	1,73
Topusko	1,80	2,88	2,82	2,78	2,57	0,85	2,27	2,66	1,28	1,76
Skrad	2,02	2,89	2,81	3,02	2,69	0,85	2,25	2,72	1,39	1,80
Gospić	1,80	2,78	2,86	2,72	2,54	0,85	2,26	2,66	1,32	1,77
Knin	2,88	3,17	2,96	3,53	3,13	0,89	2,21	2,38	1,26	1,69
Pula	2,65	3,28	3,04	3,36	3,08	0,85	2,23	2,39	1,23	1,67
Rijeka	2,60	2,97	2,88	3,14	2,90	0,91	2,26	2,65	1,31	1,78
Šibenik	3,24	3,39	3,08	3,94	3,41	0,92	2,19	2,36	1,30	1,69
Split	3,33	3,20	3,04	3,88	3,36	0,94	2,21	2,42	1,34	1,73
Hvar	3,33	3,34	3,13	3,92	3,43	0,95	2,22	2,37	1,32	1,72

kontinentalne i primorske Hrvatske vrlo su male, a neke osobitosti mogu se uočiti po sezonama. Tako je primjerice ljeti u kontinentalnom dijelu Hrvatske difuzno zračenje veće nego na Jadranu, što je prvenstveno posljedica meteoroloških uvjeta. Naime, u kontinentalnom dijelu zemlje ljeti je naoblaka veća nego na Jadranu zbog češćih prodora hladnog zraka, primarno u lipnju kada i difuzno zračenje ima maksimum.

5.3 Oborine

Oborinski režim pripada najvarijabilnijim klimatskim karakteristikama i prostorno i vremenski. Tijekom godine različite vrste atmosferskih poremećaja s različitim staza donose oborine na područje Hrvatske. Kako su frontalne ili ciklonalne oborine ili pak oborine zbog

lokalnih nestabilnosti vezane uz različita strujanja zraka i po smjeru i po intenzitetu, potpuniju informaciju o djelovanju oborina na zgrade daju oborinske ruže vjetrova ili podaci o oborinama nošenim vjetrom. Ovi podaci pomažu pri izboru materijala za zaštitu fasada i krovova od vlaženja uz istovremenu adekvatnu toplinsku zaštitu.

Naime, kada su zidovi napravljeni od poroznih materijala, dio oborina može biti apsorbiran, a dio može prodirati u pukotine i spojeve i čak u unutrašnjost i uzrokovati vlagu. No, ono što je važno istaknuti za potrebe ovog rada jest da apsorpcija vode ne uništava samo krovove i ne šteti samo zidovima pri smrzavanju, već također povećava termičku vodljivost zidova i time dovodi do snižavanja unutarnje temperature.

Tablica 7. Srednje sezonske i godišnje količine oborine (mm) i maksimalne dnevne količine oborine (mm), razdoblje 1961.-1990.

Mjesto	Količine oborine [mm]					Maksimalne dnevne količine oborine [mm]				
	Zima	Prolj.	Ljeto	Jesen	God.	Zima	Prolj.	Ljeto	Jesen	God.
Osiiek	138,7	157,1	211,3	143,4	650,5	35,6	50,6	101,2	45,5	101,2
Brestovac-Belje	121,8	152,7	201,5	131,5	607,4	30,4	49,5	71,0	45,5	71,0
Vukovar	128,7	148,1	206,2	135,0	618,0	41,0	52,0	113,5	55,0	113,5
Zagreb-Grič	161,9	205,7	279,7	235,5	882,8	40,3	49,1	95,8	81,6	95,8
Varaždin	148,3	208,9	288,2	233,7	879,1	41,8	70,3	131,3	63,8	131,3
Lipik	178,5	223,2	283,2	202,4	887,3	46,2	68,4	67,4	66,3	68,4
Topusko	231,6	271,4	302,9	295,7	1101,7	53,0	88,2	73,0	78,2	88,2
Skrad	373,6	424,4	415,7	507,4	1721,1	100,2	77,9	100,0	110,0	110,0
Gospić	356,9	319,3	259,0	433,6	1368,8	109,3	77,8	120,9	103,4	120,9
Knin	276,3	261,0	207,0	328,9	1073,2	100,0	92,2	67,1	136,7	136,7
Pula	225,4	184,8	185,3	256,7	852,2	74,5	66,1	99,8	97,5	99,8
Rijeka	394,8	347,9	310,5	508,4	1561,6	101,5	95,5	204,5	210,3	210,3
Šibenik	225,6	180,6	135,5	266,4	808,1	63,4	55,2	62,2	142,8	142,8
Split	250,9	197,4	129,3	247,7	825,3	70,2	60,0	131,6	100,0	131,6
Hvar	234,7	165,5	105,8	224,4	730,4	112,8	86,2	122,5	108,3	122,5

Oborinske ruže vjetrova mogu se odrediti prema istodobnim podacima o smjeru i brzini vjetra i količini oborina registriranim na meteorološkim postajama. Oborine nošene vjetrom na vertikalnu površinu određuju se proračunom, budući da se u Hrvatskoj ne mjeri, a u nekim se zemljama eksperimentalno mjeri samo na nekoliko mjesta.

Slijede rezultati analize mjesečnih, sezonskih, godišnjih i maksimalnih dnevnih količina oborina za odabrane lokacije, koji daju prvu informaciju o oborinama koje padnu na horizontalnu površinu.

5.3.1 Mjesečne, sezonske i godišnje količine oborina

Raspodjela količina oborina tijekom godine, predočena godišnjim hodom mjesečnih količina, mijenja se na području Hrvatske postupno, a ne nepravilno i skokovito. To osobito vrijedi za ekstreme: kasnojesenski i ljetni maksimum te srpanjski, kasnozimski i jesenski minimum. Svaki od njih očituje se u srednjim vrijednostima na većem području. Na području Hrvatske postoje dva osnovna oborinska režima: maritimni i kontinentalni. Granice između njih određuju se na razne načine. Jedan način temelji se na količini oborina u određenim dijelovima godine, a drugi na položaju ekstrema u godišnjem hodu oborina. Prema položaju dvostrukog maksimuma oborina granica prolazi malo sjevernije od Velike Kapele i Plješevice.

Prema podacima promatranog 30-godišnjeg razdoblja 1961.-1990. i promatranih 15 postaja (tablica 7.) u kontinentalnom nizinskom području sjeverno od Save i na području sjevernih obronaka Dinarida prevladava godišnji hod oborina s dvostrukim maksimumom: primarnim u lipnju i sekundarnim u studenom, dok je minimum uglavnom u veljači ili siječnju. Na jadranskim otocima,

duž obale, u neposrednom zaleđu te u Lici i Gorskom kotaru ističu se maritimne karakteristike oborinskog režima: maksimum oborina u studenom ili prosincu i minimum u srpnju.

Najveće godišnje količine oborina prima gorska Hrvatska (Skrad 1721 mm) i Kvarner (Rijeka 1562 mm). Prema južnom Jadranu količina oborina se smanjuje (Split 825 mm), posebice na otocima (Hvar 730 mm). No, obalno područje prima samo oko 10% manje godišnje količine oborina od sjeverozapadnih krajeva (Varaždin 879 mm) i zapadne Slavonije (Lipik 887 mm). Najmanje oborina padne u istočnoj Slavoniji (Brestovac-Belje 607 mm).

5.3.2 Maksimalne dnevne količine oborina

Maksimalne dnevne količine oborina znače najveće količine koje su pale tijekom jednog dana odnosno u 24 sata od 7 sati jednog dana do 7 sati drugog dana kada se obavlja mjerenje. Ove količine predstavljaju oborine koje su pale u svega nekoliko sati ili još kraće vrijeme.

U promatranom razdoblju 1961.-1990. najveće godišnje maksimalne dnevne količine oborina izmjerene su na jadranskoj obali (npr. Rijeka 210,3 mm u rujnu 1976.), dok su najmanje pale u nizinskom dijelu Hrvatske (Lipik 68,4 mm) (tablica 7.).

Prema dosadašnjim istraživanjima na gušćoj mreži postaja i u duljem razdoblju od promatranog, najveće godišnje maksimalne dnevne količine oborine na prostoru Hrvatske javljaju se u kontinentalnom dijelu sjeverno od Save najčešće ljeti (lipanj, srpanj, kolovoz), u prijelaznom području prema gorskoj Hrvatskoj uglavnom u kolovozu i studenom, a u područjima s maritimnom klimom (jadranska obala i otoci) i onima pod njezinim jakim ut-

ječajem (Gorski kotar, Lika, Dalmatinska zagora) najintenzivnije dnevne oborine mogu se najčešće očekivati u jesen (rujan, listopad, studeni) ili u prvom dijelu zime [16].

5.4 Vlažnost zraka

Vodena para, čiji sadržaj u zraku zovemo vlagom, dolazi u zrak isparavanjem vode sa zemljine površine (s vodenih površina i biljnog pokrova). Količina vodene pare u zraku ovisi o temperaturi zraka. Svakoju temperaturi zraka odgovara maksimalno moguća količina vodene pare. Ako je pri određenoj temperaturi zrak zasićen vodenom parom, ona se kondenzira pa se stvaraju vodene kapljice ili ledeni kristali (oborine, magla, rosa, mraz). Vлага u zraku direktno utječe na živi i neživi svijet, pa je stoga uključena i u projektiranja u zgradarstvu, posebno u rješavanju inženjerskih pitanja, kao što su projektiranja grijanja, hlađenja i kondicioniranja zraka te potrošnja energije.

5.4.1 Relativna vlažnost zraka

Jedna od najpoznatijih i najprihvaćenijih mjera vlage u zraku jest relativna vlažnost koja pokazuje stupanj zasićenosti zraka vodenom parom. Godišnji hodovi srednjih mjesečnih vrijednosti relativne vlažnosti određeni prema mjerenjima u klimatološkim terminima (7, 14 i 21 sat) na 15 promatranih postaja pokazuju za područje Hrvatske sljedeće (tablica 8.):

U nizinskom i gorskom dijelu Hrvatske godišnji hod kontinentalnog je tipa s maksimumom zimi, i to u prosincu (80-90%) i minimumom u proljeće, većinom u travnju (61-73%), a relativno niske vrijednosti zadržavaju se do sredine ljeta. Ta su područja relativno bogata vlagom tijekom cijele godine. Prosječne mjesečne vri-

jednosti čak su i u najtoplijim ljetnim mjesecima iznad 70% na svim promatranim postajama osim na zagrebačkoj postaji u gradu, gdje su tijekom cijele godine vrijednosti niže nego na ostalim lokacijama u unutrašnjosti. U nizinskim je područjima godišnji raspon najveći (13-19%).

Na obalnom području i u njegovu neposrednom zaleđu prisutan je godišnji hod relativne vlažnosti s maksimumom krajem jeseni u studenom (Pula 76%, Šibenik 63%) i minimumom sredinom ljeta u srpnju (Pula 64%, Split 49%), s malim godišnjim rasponom (9-15%) i najnižim srednjim mjesečnim vrijednostima tijekom godine u Hrvatskoj. Pri tome zapadna obala Istre ima nešto više vrijednosti, a što se vidi već iz podataka za Pulu.

5.4.2 Tlak vodene pare

Tlak vodene pare obično služi kao apsolutna mjera za vlagu u zraku. Što je više vodene pare primiješano ostalim sastavnim dijelovima zraka, to je veći njezin tlak. Godišnji hod tlaka vodene pare sličan je hodu temperature. Između ta dva elementa postoji uzročna veza, pa tamo gdje mogućnost isparavanja nije ograničena nedostatkom vode porast temperature znači uglavnom i povećanje tlaka vodene pare. Zbog blizine mora priobalna mjesta imaju nešto više vlage u zraku nego kopnena unutrašnjost, osim ako se ne radi o specifičnim mikrolokacijama (doline rijeka, parkovi i sl.). U cijeloj Hrvatskoj najmanji je tlak vodene pare zimi u siječnju, a najveći ljeti u srpnju ili kolovozu.

6 Zaključak

Uvažavanjem meteoroloških podataka pri projektiranju u zgradarstvu postiže se racionalno iskorištavanje energije i materijala u zgradama u određenim klimatskim

Tablica 8. Srednja sezonska i godišnja relativna vlažnost zraka (%) i tlak vodene pare (hPa), razdoblje 1961.-1990.

Mjesto	Relativna vlažnost [%]					Tlak vodene pare [hPa]				
	Zima	Prolj.	Ljeto	Jesen	God.	Zima	Prolj.	Ljeto	Jesen	God.
Ostiek	88	75	73	82	80	5,9	10,3	17,5	11,3	11,2
Brestovac-Belje	87	73	72	81	78	4,8	8,4	14,3	9,3	9,2
Vukovar	87	72	71	79	77	5,0	8,4	14,5	9,4	9,3
Zagreb-Grič	77	63	67	76	71	5,7	9,0	16,0	11,0	10,4
Varaždin	83	71	73	81	77	5,5	9,2	16,3	10,7	10,5
Lipik	84	75	76	83	79	4,7	8,1	14,0	9,2	9,0
Topusko	91	85	84	90	88	5,3	9,5	16,2	10,6	10,4
Skrad	85	76	76	83	80	5,6	8,4	14,8	10,2	9,8
Gospić	85	74	73	82	79	5,4	8,3	14,2	9,8	9,4
Knin	69	64	61	70	66	6,2	9,2	15,5	11,0	10,5
Pula	75	72	67	74	72	7,1	10,3	17,4	12,5	11,8
Rijeka	64	62	59	66	63	6,5	9,4	15,7	11,4	10,7
Šibenik	60	58	53	61	58	6,7	9,5	15,3	11,7	10,8
Split	61	59	52	61	58	7,1	10,2	16,1	12,3	11,4
Hvar	67	67	62	67	65	8,4	11,4	18,6	14,2	13,2

uvjetima, te kvalitetnije stanovanje i rad u zatvorenim prostorima. Time se iskorištavaju sve prednosti klime i na vrijeme osigurava zaštita od njezinih nepovoljnih utjecaja.

Obradom relevantnih klimatskih elemenata te izvedenih i kombiniranih veličina dobivaju se pouzdani podaci o njihovoj prostorno-vremenskoj razdiobi, trajanju razdoblja s određenim karakteristikama, vjerojatnosti pojavljivanja i ekstremnim vrijednostima. Već ova analiza daje obilje rezultata koji mogu uvelike koristiti projektantima.

Velika raznolikost klimatskih uvjeta u Hrvatskoj, koja je uočena i ovom analizom, ne dopušta još da se na temelju ovih rezultata naprave kartografski prikazi pojedinih elemenata i prema njima odrede klimatske zone prema

potrebama projektanata. Za to je potrebno uz do sada obrađene lokacije analizirati i podatke sa svih raspoloživih meteoroloških postaja prema programu i iz ovog rada. Uz veličine analizirane u ovom radu i stupanj-dana grijanja i broja dana grijanja koji su tema zasebnog rada, program sljedećih istraživanja može se nadopuniti analizom parametara koji ovdje nisu obuhvaćeni, a koji se također trebaju uzeti u obzir pri projektiranju u zgradarstvu. To se prije svega odnosi na neke parametre zračenja (različite orijentacije i nagibi ozračenih ploha), mutnoću zraka te oborinske ruže vjetrova.

Realizacijom takvog programa Hrvatska bi konačno dobila klimatske norme koje se odnose na toplinu u građevinarstvu prema meteorološkim parametrima relevantnim za recentnu klimu i usklađene s Europskim normama.

IZVORI

- [1] KUEN zgrada, Program energetske efikasnosti u zgradarstvu, *Prethodni rezultati i buduće aktivnosti*. Energetski institut "Hrvoje Požar", Zagreb, 1998., 154 str.
- [2] Cvitan, L.: *Broj dana grijanja i stupanj-dan grijanja u Hrvatskoj*, Građevinar, (u tisku). 2001.
- [3] Building Climatology: *Proceedings of the Symposium on Urban Climates and Building Climatology*, WHO and WMO, Technical Note No. 109, 1970., pp 260.
- [4] DHMZ, 1989: *Test referentna godina za Zagreb* (nepublicirano).
- [5] DHMZ, 1992: *Studija temperaturnih parametara nizinskog dijela Hrvatske*, (nepublicirano).
- [6] DHMZ, 1992: *Meteorološka podloga za potrebe prostornog planiranja općine Rijeka*, (nepublicirano).
- [7] Gajić-Čapka, M.: *Naselja i stanovanje, u Meteorologija za korisnike*, Školska knjiga, Zagreb, 1996. 66.-73.
- [8] Kobysheva, N. V.: *Guidance Material on the Calculation of Climatic Parameters used for Building Purposes*, WMO, Technical Note No. 187, 1992., pp 210.
- [9] Page, J. K.: *Application of Building Climatology to the Problems of Housing and Building of Human Settlements*, WMO, Technical Note No. 150, 1976. pp 64.
- [10] ENWIND, Program korištenja energije vjetra. *Prethodni rezultati i buduće aktivnosti*. Energetski institut "Hrvoje Požar", Zagreb, 1998.
- [11] SUNEN, Program korištenja energije Sunca. *Prethodni rezultati i buduće aktivnosti*. Energetski institut "Hrvoje Požar", Zagreb, 1998., 244 str.
- [12] Angström, A., 1924: Solar and Terrestrial Radiation, *Quart. J. Roy. Met. Soc.*, 50, 121-125.
- [13] Penzar, I.: *Proračun Sunčeva zračenja na gornjoj atmosferi u pojasi Jugoslavije*, Srpska akademija nauka, Zbornik radova s naučnog skupa - Život i delo Milutina Milankovića, Beograd, 1982., 107.-118.
- [14] Žibrat, Z.; Gajić-Čapka, M.: *Globalno zračenje na području SR Hrvatske*, *Rasprave* 21, Zagreb, 1986. 47.-58.
- [15] Poje, D.; Žibrat, Z.; Gajić-Čapka, M.: *Osnovne karakteristike naoblake i insolacije na području SR Hrvatske*, *Rasprave* 19, Zagreb, 1984., 49.-75.
- [16] Gajić-Čapka, M.; Čapka, B.: *Procjene maksimalnih dnevnih količina oborine*. *Hrvatske vode*, 5, 20, 1997. 231.-244.