

PRIMENA NEOLEPENIZMA U KLIMATSKIM USLOVIMA SA ČESTOM MAGLOM

APPLICATION OF NEOLEPENISM IN CLIMATIC CONDITIONS WITH FREQUENT FOG

Nenad MILORADOVIĆ*
JKP „Beogradske elektrane“; Beograd, Srbija

<https://doi.org/10.24094/kgkh.020.51.1.53>

Neolepenizam predstavlja novu vrstu energetski efikasne arhitekture koja bi mogla da odgovori na izazove održivog razvoja, pre svega kao pasivno sredstvo zaštite u borbi sa uticajem globalnog zagrevanja i klimatskih promena. Autor je pozitivna iskustva arhitekture Lepenskog Vira (Srbija) unapredio i optimizovao i načinio model male porodične kuće neolepenizma sa ravnim krovom, kojeg je prezentovao na 50. međunarodnom kongresu i izložbi o KGH u Beogradu 2019. godine. Prilikom izlaganja modela u diskusiji na izložbi postavljeno je pitanje: „Da li se ova arhitektura može primeniti u klimatskim uslovima sa čestom pojavom jutarnje magle?“

Koristeći meteorološke baze podataka programa Meteonorm i tipične meteorološke godine za Ljubljanu (Slovenija), kao i već ranije sačinjen program u Ekselu koji je bio primenjivan u proračunima za ovu arhitekturu neolepenizma, autor u radu prezentuje dobijene rezultate za Ljubljanu, gradu koji se nalazi u kotlini i gde su česte pojave jutarnje magle. U meteorološkim podacima pojava česte jutarnje magle se manifestuje kroz smanjen intenzitet direktnog Sunčevog zračenja u jutarnjim satima. U radu su izvedeni zaključci koji se tiču optimalne orijentacije objekata neolepenizma za ovakvu vrstu klime u zavisnosti od energetske klase objekta.

Dobijeni rezultati na nivou cele godine ukazuju da je za potrebe grejanja istočna orijentacija je neznatno bolja od južne za objekte B energetske klase, dok za slabije izolovane objekte neznatnu prednost ima južna orijentacija. Za područje Ljubljane orijentacija objekta neolepenizma nema značajniju ulogu za potrebe grejanja, ali ipak autor smatra da treba zadržati prvobitno pretpostavljenu istočnu orijentaciju kao optimalnu, zbog potreba hlađenja tokom letnje sezone. Ipak, presudnu ulogu u uštedi energije i ostvarivanju termičkog komfora, osim dobre termoizolacije, ima i kompaktnost oblika arhitekture neolepenizma.

Ključne reči: neolepenizam; energetska efikasnost; Ljubljana; magla; simulacija;

Neolepenism is a new type of energy efficient architecture that could respond to the challenges of sustainable development, primarily as a passive means of protection in the fight against the effects of global warming and climate change. The author improved and optimized the positive experiences of the architecture of Lepenski Vir (Serbia) and made a model of a small family house of neolepenism with a flat roof, which he presented at the 50th International Congress and Exhibition on HVAC in Belgrade in 2019. During the presentation of the model, in the discussion at the exhibition, the question was asked: "Can this architecture be applied in climatic conditions with frequent occurrence of morning fog?"

Using the meteorological databases of the Meteonorm program and the typical meteorological years for Ljubljana (Slovenia), as well as the previously developed program in Excel that was used in calculations for this architecture of neolepenism, the author presents the results for Ljubljana, a city located in the valley and where morning fogs are common. In meteorological data, the appearance of frequent morning fog is manifested through a reduced intensity of direct solar radiation in the morning. The paper presents conclusions concerning the optimal orientation of neolepenism buildings for this type of climate depending on the energy class of the building.

The obtained results at the level of the whole year indicate that for the needs of heating, the eastern orientation is slightly better than the southern one for the buildings of energy class B, while for the less isolated buildings, the southern orientation has a slight advantage. For the area of Ljubljana, the orientation of the neolepenism building does not play a significant role for heating needs, but still the author believes that the originally assumed eastern orientation should be kept as optimal, due to the need for cooling during the summer season. However, in addition to good thermal insulation, the compactness of the form of neolepenism architecture also plays a crucial role in saving energy and achieving thermal comfort.

Key words: neolepenism; energy efficiency; Ljubljana; fog; simulation

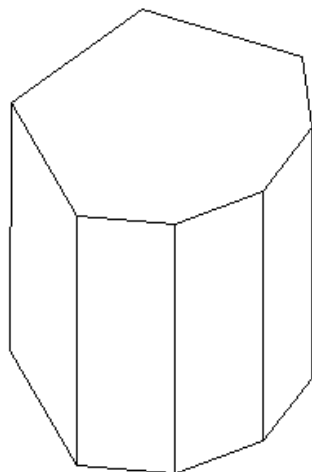
1 Uvod

Neolepenizam predstavlja novu vrstu energetski efikasne arhitekture koja bi mogla da odgovori na izazove održivog razvoja, pre svega kao pasivno sredstvo zaštite u borbi sa uticajem globalnog zagrevanja, klimatskih promena i emisije štetnih gasova. Autor je pozitivna iskustva arhitekture Lepenskog Vira, o čemu je već ranije pisao, unapredio i

* Autor: nesoni2@mts.rs

optimizovao i načinio model male porodične kuće neolepenizma sa ravnim krovom, kojeg je prezentovao na 50. međunarodnom kongresu i izložbi o KGH u Beogradu 2019. godine. Ispostavilo se da „u ostacima arhitekture kulture Lepenskog Vira (uključujući i lokalitet Padinu – Gospodin Vir), koja je nastala pre oko 8.000 godina, su vidljive i prepoznatljive mere za povećanje energetske efikasnosti u zgradarstvu, a koje su primenjene tokom osmišljavanja i građenja kuća i naselja na pomenutim lokacijama (...) Za razumevanje svrhe arhitekture kulture Lepenskog Vira veoma je važna uloga Sunca i Sunčevog zračenja na lokalitetima (...) Ostaci arhitekture na Lepenskom Viru i Padini – Gospodin Vir predstavljaju ostatke energetski efikasne arhitekture, a njihova se staništa s pravom mogu nazvati bioklimatskim“ [1, 2].

Oblik građevinskog objekta arhitekture neolepenizma je registrovan kao industrijski dizajn u Zavodu za intelektualnu svojinu Republike Srbije, preko kojeg je dobijena i međunarodna autorska zaštita u WIPO – World Intellectual Property Organization (Slika 1). Forma ima definisanu osnovu, visinu, orijentaciju i varijante. To je izrazito matematička arhitektura. Zasnovana je na adaptaciji objekta u prirodno okruženje, koje obuhvata geografsko, meteorološko, astronomsko i biljno okruženje i uzima u obzir uticaj Sunčevog zračenja.



Slika 1 – Autorov međunarodno zaštićen oblik građevinskog objekta sa ravnim krovom u WIPO [2]

Prilikom izlaganja modela u diskusiji na izložbi postavljeno je pitanje: „Da li se ova arhitektura može primeniti u klimatskim uslovima sa čestom pojavom jutarnje magle?“ Takođe, nameće se i sledeće pitanje: „Kakva bi u tom slučaju bila adekvatna optimalna orijentacija objekta arhitekture neolepenizma?“

2 Korišćena simulacija u proračunima

Optimalna orijentacija objekta zavisi od više faktora koji imaju uticaj na termičko ponašanje objekta. To su faktori koji imaju različite vrednosti po azimutu i oni se grubo mogu podeliti na meteorološke, astronomske i geografske. U meteorološke faktore ubrajaju se spoljna temperatura (iako je spoljna temperatura objekta u datom trenutku uglavom ista sa svih strana objekta, u ovom slučaju imamo promene spoljne temperature tokom dana, pa su zbog toga različiti toplotni gubici za grejanje i toplotna opterećenja za hlađenje različiti po pravcima), intenzitet Sunčevog zračenja (koje je promenljivo kako tokom dana, tako i tokom godine) i brzina i pravac vetrova. Astronomski faktori su položaji izlaska i zalaska Sunca, dok u geografske faktore ubrajamo konfiguraciju terena koja utiče na izgled linije horizonta i prisustvo okolnih objekata. U prezentovanim proračunima je pretpostavljen ravan teren.

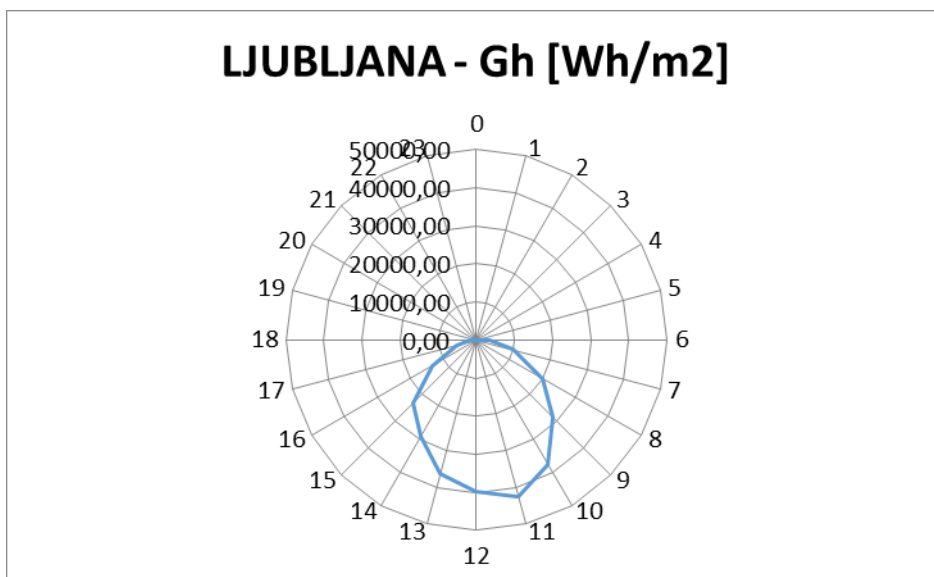
Prisustvo česte jutarnje magle ogleda se u meteorološkim podacima u smanjenju intenziteta Sunčevog zračenja u tim satima. U radu je kao primer korišćena tipična meteorološka godina TMY2 za Ljubljano (Slovenija) iz programa METEONORM [6]. Ljubljana se nalazi u kotlini i gde su česte pojave jutarnje magle, te se može pretpostaviti da se izvedeni zaključci mogu generalizovati za slične lokacije.

U simulaciji za proračune [3, 4] korišćen je program MAJKOSOFT EKSEL koji je široko dostupan na tržištu i ima pogoćnost predstavljanja podataka u radar-dijagramima. Proračuni obuhvataju celu godinu sa 8.760 časova. Pomenuti radar-dijagrami su značajni za ilustraciju analize optimalne orijentacije objekta. Od meteoroloških baza podataka može se koristiti METEONORM.

3 Rezultati simulacije

3.1 Sunčevo zračenje

Smanjenje intenziteta jutarnjeg Sunčevog zračenja u podacima za Ljubljano ogleda se u asimetričnosti krive koja predstavlja globalno Sunčevo zračenje na horizontalnu površinu tokom cele godine (vidi Sliku 2). Zbog toga što tipična meteorološka godina sadrži i podatke za direktno i difuzno Sunčevo zračenje, iz literature [6] mogu se izračunati koliki je intenzitet Sunčevog zračenja na istočni, jugoistočni ili južni zid – kao što je rađeno u simulaciji, ili na proizvoljno orijentisani zid. Za Ljubljano najviše Sunčevog zračenja ima oko 11h.



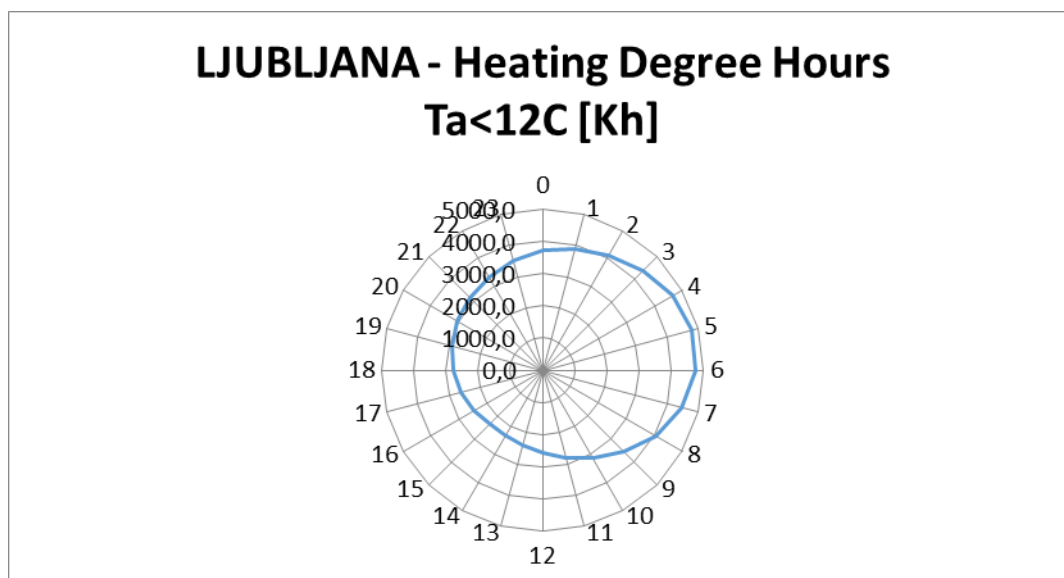
Slika 2 – Intenzitet globalnog Sunčevog zračenja po satima preko cele godine za Ljubljano iz programa METEONORM

3.2 Spoljne temperature i toplotni gubici i opterećenja

Toplotno opterećenje zgrade nije isto po pravcima zbog promena spoljne temperature tokom dana. Iz meteorologije i iskustva znamo da dnevni tok temperature ima svoje zakonitosti, te da su tokom dana najniže spoljne temperature pred zorom, a najviše oko 14-15 h. To znači i da su potrebe za grejanjem, odnosno hlađenjem različite tokom dana što značajno utiče na orijentaciju zgrade ukoliko se želi iskoristiti besplatan priliv Sunčeve energije tokom zime ili zaštita od Sunca tokom leta.

Ukoliko želimo da kao energent koristimo Sunčevu energiju kao obnovljivi izvor energije moramo da prilikom orijentacije zgrade izvršimo usklađivanje ili harmonizaciju proizvodnje i potrošnje energije za potrebe zagrevanja ili hlađenja objekta. To znači da Sunčevu energiju koristimo za zagrevanje objekta onda kada je to najpotrebnije. Sunčeva energija se može koristiti direktnim zahvatom kroz prozore objekta i u određenoj meri može da izvrši supstituciju fosilnih goriva ili nekog drugog energenta koji nije besplatan.

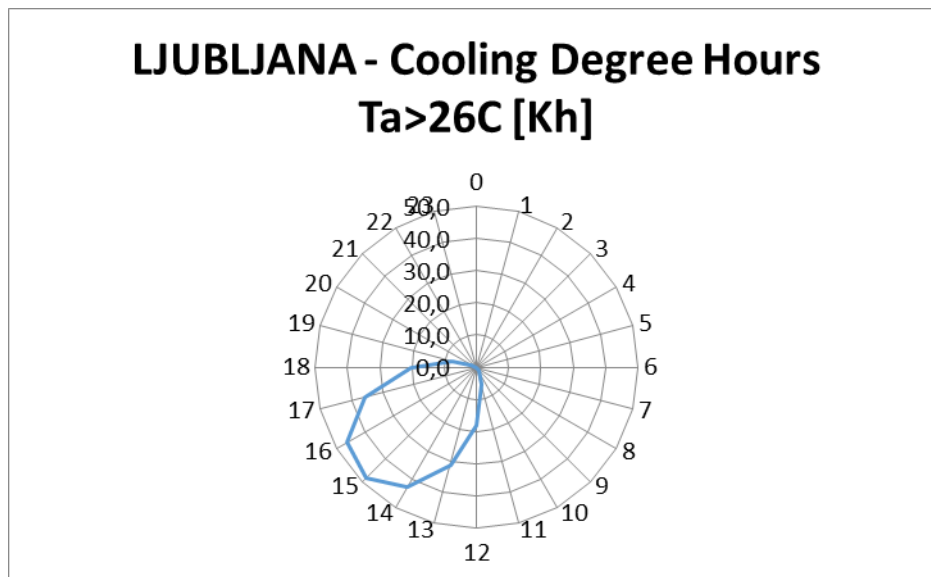
Na sledećim slikama 3 i 4 prikazani su toplotni gubici zimi i toplotno opterećenje leti po satima tokom dana na nivou cele godine za Ljubljano (Slovenija).



Slika 3 – Toplotni gubici za grejanje po satima preko cele godine za Ljubljano iz programa METEONORM

Oni su izraženi u stepen-satima [Kh] (Kelvin ili Celzijus stepen-satima). Korišćenjem tipične meteorološke godine za Ljubljano izračunata je temperaturna razlika između unutrašnje i spoljne temperature za svaki sat tokom dana i izvršeno sumiranje na nivou cele godine. Za potrebe grejanja pretpostavljeno je da aktivne sisteme grejanja koristimo ukoliko je spoljna temperatura niža od 12°C, a za potrebe hlađenja ukoliko je spoljna temperatura viša od 26°C. Dobljeni podaci predstavljeni su u radar-dijagramu, gde apscisu predstavlja vreme od 0 do 23 h, dok su vrednosti toplotnog opterećenja dati u [Kh]. Kod grejanja za Ljubljano najveće potrebe su rano ujutru, oko 5-6 h.

Za hlađenje tokom leta Sunčevo zračenje predstavlja nepotreban dobitak. U Ljubljani se spoljna temperatura preko 26°C ostvaruje u periodima između 12-18h, dok u letnjim mesecima postoje jutarnji periodi kada je spoljna temperatura niža od 12°C, te uporedo sa letnjim hlađenjem u popodnevni satima postoje povremeno i potrebe za jutarnjim zagrevanjem. Što se tiče letnjeg hlađenja najpovoljnija je istočno-severoistočna orijentacija objekta koja omogućuje maksimalno eliminisanje uticaja nepotrebnog uticaja Sunčevog zračenja u popodnevni satima, a ujedno ta orijentacija omogućuje priliv jutarnjeg Sunčevog zračenja, koje zbog pojave česte magle može biti umanjeno. Ono se može koristiti za povremeno zagrevanje ujutru tokom leta. Treba napomenuti da tokom letnjih i prolećnih meseca azimuti jutarnjeg izlaska Sunca su pomereni od istoka prema severu.



Slika 4 – Toplotni opterećenje za hlađenje po satima preko cele godine za Ljubljanu iz programa METEONORM

3.3 Energetske klase zgrada i optimalna orijentacija

Stepen izolovanosti objekta veoma je bitan za potrebe grejanja i primenu Sunčeve energije pasivnim zahvatom. Za to je merodavan koeficijent prolaza toplote U [W/m²K], a zgrade mogu biti bolje ili lošije izolovane. U proračunima su kao ilustracija uzete energetske klase zgrada u Srbiji iz Pravilnika o energetskej efikasnosti u Srbiji [5].

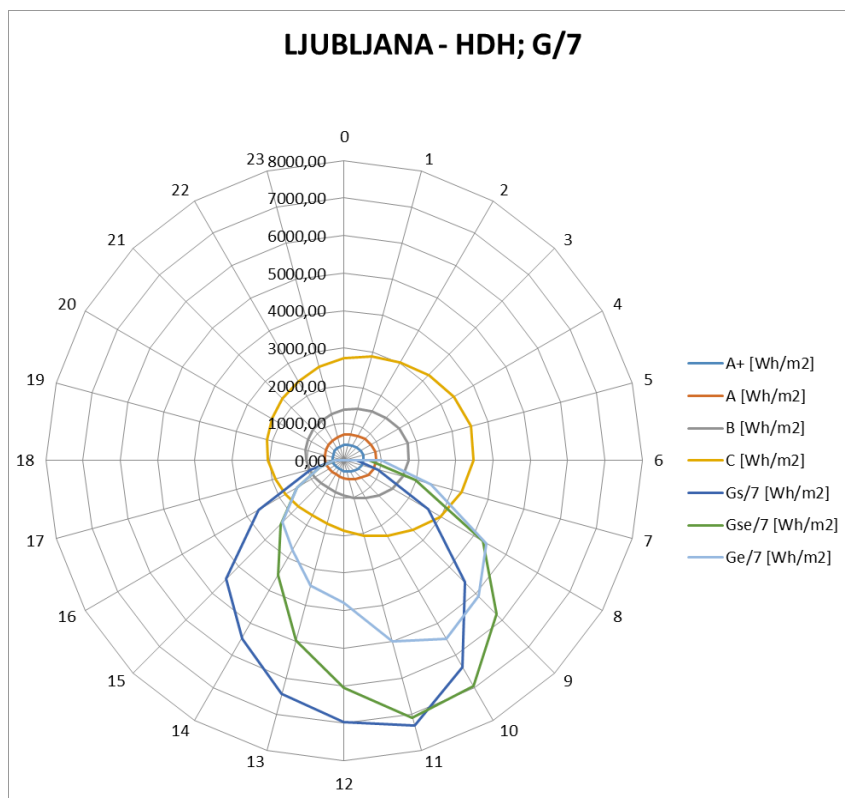
Tabela 1 – Energetske klase zgrada za korišćenu simulaciju [5]

Energetske klase zgrada	Q_{god} [Wh/m ² god]
A+	9000
A	15000
B	30000
C	60000

Na Slici 5 prikazana je dostupnost Sunčeve energije za Ljubljanu na istočni, južni i jugoistočni zid i toplotnih gubitaka Q_{god} [Wh/m²god] u zavisnosti od različitih pretpostavljenih vrednosti za koeficijenta prolaza toplote U odnosno pretpostavljenih energetskej klasa zgrada. Različitim bojama označeni su energetske klase zgrada i udeo dostupne Sunčeve energije koja dopire kroz prozore.

Iz radar-dijagrama se ne može jasno zaključiti koja je orijentacija zgrade bolja. Zbog toga su rezultati simulacije prikazani tabelarno u Tabeli 2. Tek iz te Tabele možemo zaključiti da je južna orijentacija bolja za slabije izolovan objekt (energetska klasa C), dok su istočna i jugoistočna neznatno povoljnije za bolje izolovane objekte (energetske klase B i A – pasivna kuća). Tada se veći deo Sunčeve energije može iskoristiti za pasivan solarni zahvat. Pošto je kod primene Sunčeve energije veoma bitno usklađivanje njene dostupnosti i potreba za energijom, nužno je da toplotni gubici Q_g budu u što većoj meri nadomešteni Sunčevim zračenjem.

Ipak, pošto su razlike u potrošnji energije za grejanje minimalne, dolazimo do zaključka da za područje Ljubljane orijentacija objekta neolepenizma nema značajniju ulogu za potrebe grejanja. Takođe, autor smatra da treba zadržati prvobitno pretpostavljenu istočnu (severoistočnu) orijentaciju kao optimalnu, zbog potreba hlađenja tokom letnje sezone, ukoliko već orijentacija nije toliko bitna za potrebe grejanja. Treba napomenuti da svi proračuni i dobijene vrednosti predstavljaju sume na godišnjem nivou. Na taj način se potrebe za grejanjem manifestuju ne samo tokom grejne sezone, već i u prelaznim mesecima, a povremeno čak i u letnjim mesecima (noću ili ujutro). To je zbog uslova što je pretpostavljeno da aktivne sisteme grejanja koristimo ukoliko je spoljna temperatura niža od 12°C



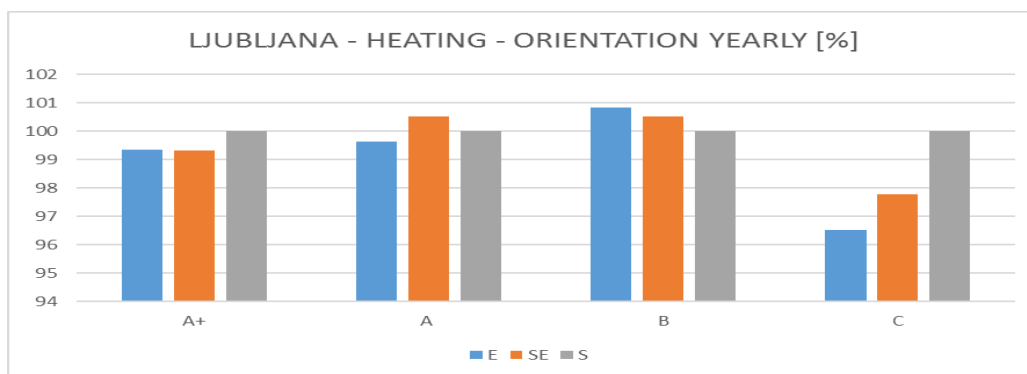
Slika 5 – Vrednosti korisne jačine Sunčevog zračenja po satima za Ljubljano tokom cele godine (G/7 [Wh/m²]) za istočni, južni i jugoistočni zid i toplotni gubici grejanja za Ljubljano u zavisnosti od energetske klase zgrade

Tabela 2 – Rezultati simulacije – udeo dozračene Sunčeve energije kroz prozore u potrebama za grejanje tokom cele godine za Ljubljano u zavisnosti od energetske klase zgrade i primenjene orijentacije

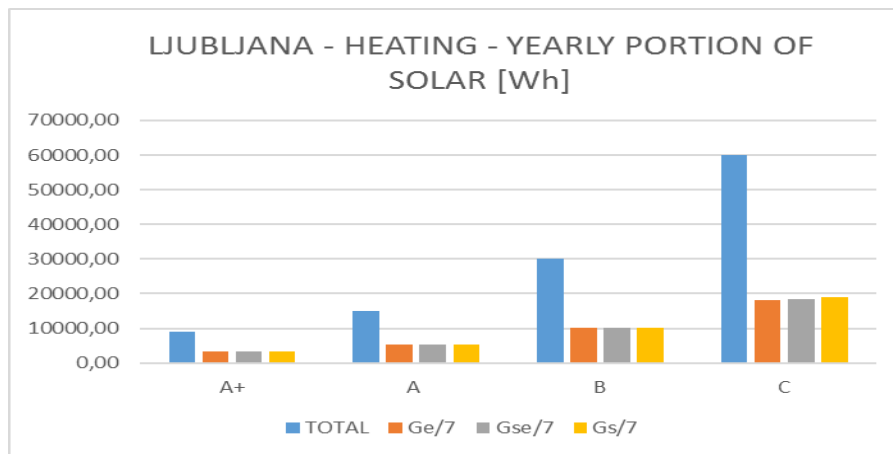
	[Wh/m ² god]	East E		SouthEast SE			South S			
		[Wh/m ² god]	%	%	[Wh/m ² god]	%	%	[Wh/m ² god]	%	%
A+	9011,08	3263,47	99,35	36,22	3262,55	99,33	36,21	3284,69	100,00	36,45
A	15018,50	5306,53	99,64	35,33	5354,30	100,53	35,65	5325,95	100,00	35,46
B	30037,00	10248,57	100,83	34,12	10216,82	100,52	34,01	10164,12	100,00	33,84
C	60074,00	18215,27	96,53	30,32	18448,58	97,77	30,71	18869,55	100,00	31,41

Prema Tabeli 2 južna orijentacija za Ljubljano je povoljnija za oko 3% od istočne i jugoistočne za energetska klasu C. Za bolje izolovane objekte razlike su unutar 1%, te se ne može sa sigurnošću tvrditi koja je orijentacija najbolja. Zbog toga se izvodi zaključak da za Ljubljano (generalno za klimatske lokacije sa čestom jutarnjom maglom) za potrebe grejanja uticaj Sunčeve energije na orijentaciju zgrade je zanemarljiv. Kod već izgrađenih starijih građevinskih objekata koji imaju slabiju termičku izolaciju južna orijentacija ostaje kao nešto povoljnija.

Tabelu 2 možemo grafički predstaviti Slikama 6 i 7 kako bi uverili u prethodno rečeno.



Slika 6 – Međusobno poređenje različitih orijentacija po vrednosti korisne jačine Sunčevog zračenja



Slika 7 – Udeo dozračene Sunčeve energije kroz prozore u ukupnim potrebama za grejanje po orijentacijama

4 Zaključak

U radu su prikazani originalni rezultati simulacije vezane izbor optimalne orijentacije objekta arhitekture neolepenizma. Odabrana je tipična meteorološka godina za Ljubljanu (Slovenija) iz baze podataka programa METEONORM. Autor smatra da ova lokacija može predstavljati primer za klimatske lokacije sa čestom pojavom jutarnje magle.

Koristeći meteorološke baze podataka programa Meteororm i tipične meteorološke godine TMY2 za Ljubljanu (Slovenija), kao i već ranije sačinjen program u Ekselu koji je bio primenjivan u proračunima za ovu arhitekturu neolepenizma, autor u radu prezentuje dobijene rezultate za Ljubljanu, gradu koji se nalazi u kotlini i gde su česte pojave jutarnje magle. U meteorološkim podacima pojava česte jutarnje magle se manifestuje kroz smanjen intenzitet direktnog Sunčevog zračenja u jutarnjim satima. U radu su izvedeni zaključci koji se tiču optimalne orijentacije objekata neolepenizma za ovakvu vrstu klime u zavisnosti od energetske klase objekta.

Dobijeni rezultati na nivou cele godine ukazuju da je za potrebe grejanja istočna orijentacija je neznatno bolja od južne za objekte B energetske klase, dok za slabije izolovane objekte neznatnu prednost ima južna orijentacija. Za područje Ljubljane orijentacija objekta neolepenizma nema značajniju ulogu za potrebe grejanja.

Za potrebe grejanja prema Tabeli 2 južna orijentacija za Ljubljanu je povoljnija za oko 3% od istočne i jugoistočne za energetsku klasu C. Za bolje izolovane objekte razlike su unutar 1%, te se ne može sa sigurnošću tvrditi koja je orijentacija najbolja. Zbog toga se izvodi zaključak da za Ljubljanu (generalno za klimatske lokacije sa čestom jutarnjom maglom) za potrebe grejanja uticaj Sunčeve energije na orijentaciju zgrade je zanemarljiv. Autor ipak smatra da treba zadržati prvobitno pretpostavljenu istočnu orijentaciju kao optimalnu, zbog potreba hlađenja tokom letnje sezone. Međutim, presudnu ulogu u uštedi energije i ostvarivanju termičkog komfora, osim dobre termoizolacije, ima i kompaktnost oblika arhitekture neolepenizma. U tom slučaju je uticaj orijentacije objekta od sekundarnog značaja.

5 References

- [1] Miloradović, N., Lepenski Vir – the prehistoric energy efficient architecture, *REHVA Journal*, Vol. 5, 2016, pp. 55-59.
- [2] Miloradović, N., Neolepenism as a type of energy efficient architecture, *Proceedings 50th Congress and Exhibition KGH*, SMEITS, Belgrade, Serbia, 2019.
- [3] Miloradović, N., O optimalnoj orijentaciji zgrade, *Proceedings 48. Kongres KGH*, SMEITS, Beograd, Srbija, 2016.
- [4] Twidal, J.W., Weir, A.D, *Renewable energy resources*, E.&F.N. Spon., London, 1986, (Russian edition, Твайделл, Дж., Уэйр, А., *Возобновляемые источники энергии*, Энергоатомиздат, Москва, 1990).
- [5] ***, *Правилник о енергетској ефикасности зграда*, Министарство грађевинарства, саобраћаја и инфраструктуре Републике Србије, Службени гласник РС 61/2011.
- [6] ***, *Typical Meteorological Years Data Bases, TMY 2*, Meteororm, TRNSYS 16, Simulation Studio, 2006.