

Uticaj vegetacionih modularnih elemenata za zidove omotača na energetski bilans zgrade

Prof.dr Budimir Sudimac¹, doc.dr Branko Slavković², prof.dr Radojko Obradović¹

¹Univerzitet u Beogradu, Arhitektonski fakultet, Beograd, Srbija

²Državni Univerzitet u Novom Pazaru, Novi Pazar, Srbija

sudimac@arh.bg.ac.rs, bsavkovic@np.ac.rs, robradovic@hotmail.com

Cilj ovog istraživanja je optimizacija fasadnog omotača, arhitektonskog objekta, integracijom vegetacionih modularnih elemenata. U radu se istražuju potencijali vegetacionih zidova u smanjenja utroška energije potrebne za hlađenje objekta u letnjem periodu. Istraživanje je obuhvatilo analizu energetskih specifičnosti vegetacionih zidova i njihovu programsku integraciju u urbanim gradskim ambijentima. Korišćenje elemenata vegetacionih zidova u arhitekturi otvorilo je nove projektantske mogućnosti i stvorilo izazove za projektante sa ciljem povećanja energetske efikasnosti objekata. U radu se vegetacioni zidovi tretiraju kao elementi zaštite arhitektonskih objekata od toplotnog pregrevanja. Analize su pokazale da vegetacija smanjuje kontaktnu temperaturu površina strukturalnih zidova objekta, dok isparavanje obezbeđuje pasivno hlađenje. Cilj istraživanja je da se ispituju metode i tehnike, kojima se obezbeđuje široka primena vegetacionih zidova u arhitekturi postojećih i novih objekata kroz ispitivanja i pronalaženja preporuka za unapređenjem termičkih karakteristika fasadnih omotača objekta.

Ključne riječi—vegetacija; modularni sistem; temperatura; energetske performanse;

I. UVOD

Korišćenje elemenata vegetacionih zidova u arhitekturi otvorilo je nove projektantske mogućnosti i stvorilo izazove za projektante sa ciljem povećanja energetske efikasnosti objekata. U radu se analiziraju arhitektonski fasadni elementi koji doprinose smanjenju ekstremnih uticaja na komfor boravka ljudi u našim klimatskim uslovima. Vegetacioni zidovi su predstavljeni kao deo procesa ukupne energetske optimizacije arhitektonskog objekta. Pojava zelenila na fasadama nije nov koncept u realizaciji fasadnih omotača. Integracija vegetacije može da bude održiv pristup za fasade novih i postojećih objekata. Vertikalno ozelenjeni zidovi istovremeno doprinose i poboljšanju energetskih karakteristika objekata, biodiverziteta, oblikovnih vrednosti i u velikoj meri omogućavaju smanjenje vazdušnog zagađenja [1,2]. S obzirom da se kroz omotač zgrade odvija interakcija između spoljašnje sredine i unutrašnjeg prostora, on predstavlja ključan element u rešavanju zavisnosti između ostvarivanja uslova komfora u objektu, spoljašnjeg izgleda objekta i energetskog bilansa objekta. Istraživanje je zasnovano na potrebama urbanog čoveka ostvarivanja mogućnosti aktivnog korišćenja vegetacije u procesu smanjenja potrošnje energije. Ozelenjavanje i očuvanje urbanog prostora postalo je važno pitanje u razmatranju uslova za projektovanje arhitektonskih objekata i redefinisane odnosa između

tehnologije, energije i oblikovanja. Povod za ovo istraživanje pronađen je u činjenicama neophodnosti rešavanja problema održivosti sistema i uspostavljanje novih modela "Sl.1", za rešavanje energetskih, oblikovnih i tehnoloških problema savremenih objekata, uključujući probleme zagađenja životne sredine.

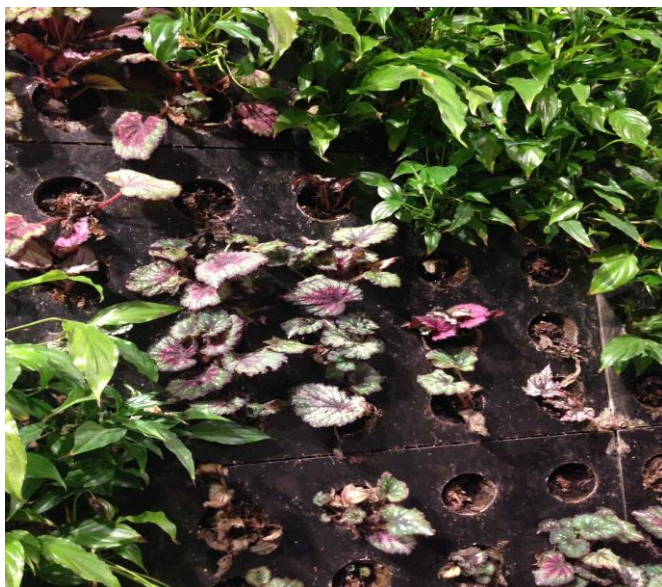


Sl. 1. Modularni panel formiran uz pomoć različitih biljnih vrsta

METODOLOGIJA

Vegetacioni zidovi predstavljaju deo rastućeg koncepta novog kreativnog izraza fasadnog omotača u cilju prevazilaženja svega onog što donose globalne klimatske promene i osiromašenje prirodnih resursa, a u cilju pronalaženja održivih rešenja za postizanje energetske efikasnosti. Omotači arhitektonskih objekata današnjice teže dinamičnosti i interaktivnim odnosom sa okruženjem uz maksimalno iskorišćenje tehnoloških potencijala "Sl.2". Mehanizmi kojima vegetacioni zidovi mogu da se koriste kao sistemi pasivne ušteda energije su različiti: senka proizvedena od vegetacije, izolaciono svojstvo vegetacije nosećeg fasadnog elementa, evaporativno hlađenje. Arhitektonski objekti budućnosti moraju da pronađu način iskorišćenja prirodnih uslova okruženja za rešavanje zahtevima udobnosti korisnika. Vegetacioni zidovi na ovaj način ostvaruju novi oblik energetskog bilansa objekta, doprinoseći razvoju novih tehnologija [3]. Vegetativni zidovi koji u svom sklopu imaju

ozelenjene površine prekrivene biljnim omotačem imaju važnu ulogu prilikom ujednačavanja mikroklimatskih parametara u odnosu na lokalno okruženje kao i smanjenje prolaza toplote kroz fasadni omotač u letnjem periodu.



Sl. 2. Primer vegetacionog zida primenom modularnog sistema

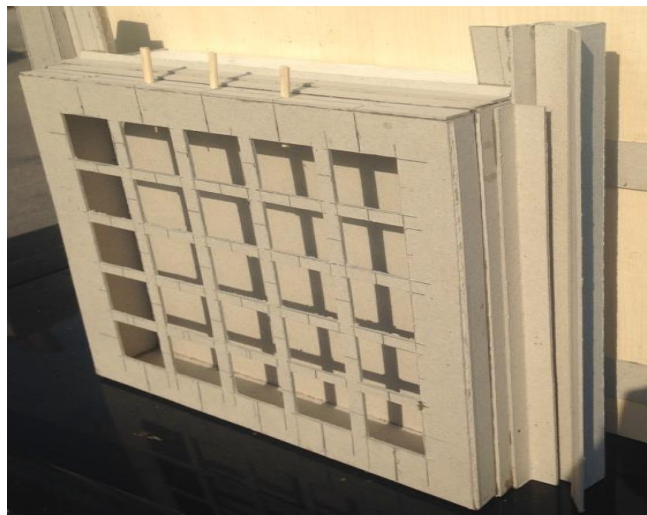
Lisna površina biljnog omotača ima ulogu apsorbera sunčevog zračenja i svojom emisivnošću toplotnog zračenja ponaša se kao element zaštite fasadnog omotača od toplotnog pregrevanja. Evapotranspiracija, kao složena osobina biljnog sveta je proces koji obezbeđuje isparavanje vode iz zemljanog zasada (evaporacija) i isparavanje vode iz lisnih pora do kojih voda stiže iz korenovog sistema i traheja (transpiracija) [4].



Sl. 3. Prikaz formirane konstrukcije vegetacionog zida primenom izabranih modularnih modela M1,M2, M3

Modularni sistem vegetacionih zidova "Sl.3", podrazumeva primenu kontrolisanih sistema sadnje i održavanja biljnih vrsta u panelima koji sadrže zemlju ili neku drugu artikulacionu supstancu rastućeg medija za biljke kao i autonomnog sistema

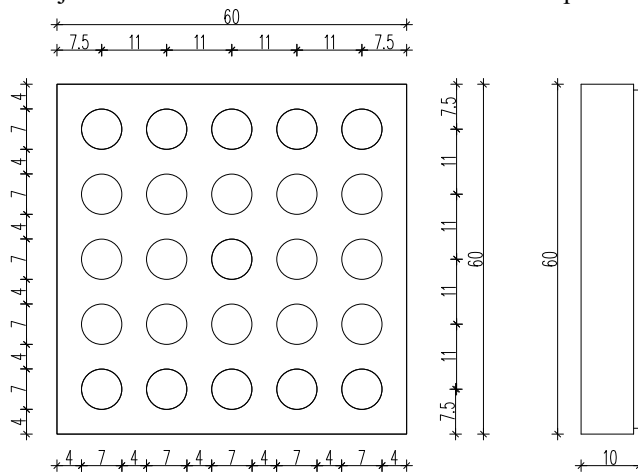
za održavanje. Vegetacioni zidovi "Sl.4" ne akumuliraju toplotu kao zidovi napravljeni od konvencionalnih materijala. Istraživanja su pokazala da vegetacioni mogu smanjiti toplotne gubitke u zimskom periodu, a samim tim i potrebnu energiju za zagrevanje zgrada. Analize pokazuju da vegetacioni zidovi smanjuju toplotno pregrevanje zidova u letnjem periodu i na taj način smanjuju količinu ukupne energije potrebne za hlađenje objekta.



Sl. 4. Prikaz makete modela M1

II. PRAKTIČNI MODELI

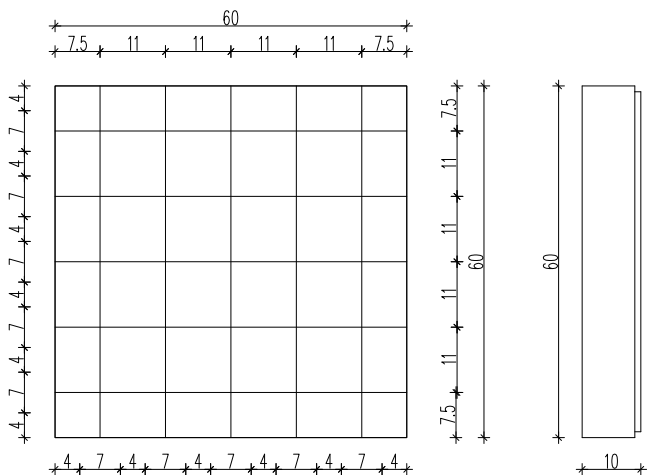
Praktična merenja na modelu vegetacionog zida vršena su svakodnevno u različitim tačkama, spoljašnjoj kontaktnoj površini fasadnog omotača bez i sa vegetacijom, na kontaktnim površinama modela M1, M2, M3 "Sl.5,6,7" i u unutrašnjosti prostorije na kojoj je apliciran vegetacioni zid. S obzirom na vremenski period kada su vršena merenja, vegetacioni zid je ozelenjen maksimalnim vrednostima lisne površine.



Sl. 5. Prakticni model M1

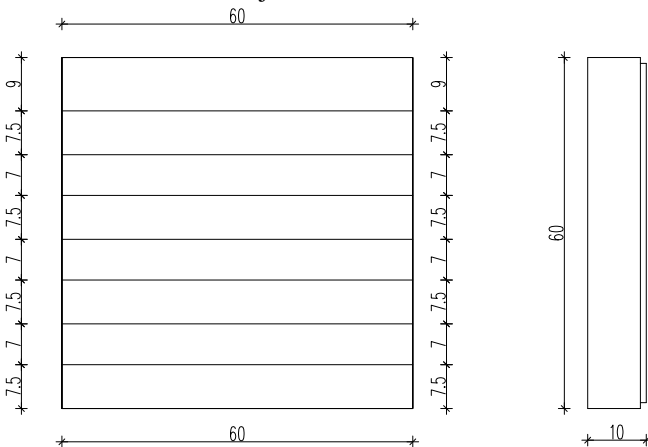
Uočava se da kontaktna temperaturna razlika najveća u mernom vremenu 14:00 časova, kada je iskazana i najviša spoljašnja temperatura vazduha. Temperaturne razlike postoji i u odnosu na modele M1, M2, M3. U cilju praktičnog

razumevanja i utvrđivanja određenih performansi izabranih modela, njihovih karakteristika i pretpostavljenih potencijala rad na izradi praktičnih modela i njihovo ispitivanje obuhvatalo je sledeće:



Sl. 6. Prakticni model M2

Formulisane geometrije i veličine izabranih modularnih modela, konstruisanje i izrada modela sa definisanjem potrebnih konstruktivnih elemenata i materijalizacije modela, eksperimentalno formiranje sklopa vegetacionog zida, prikupljanje i analiza klimatskih podataka za vremenske intervale u kojima je vršeno praktično merenje na modelu vegetacionog zida, raktično merenje kontaktnih temperaturnih vrednosti postojećeg fasadnog zida, konstruktivnih elemenata vegetacionog zida i unutrašnje temperature fasadnog omotača, sa i bez aplikacije vegetacije, analiza i tumačenje izmerenih podataka i vrednosti dobijenih rezultata.



Sl. 7. Prakticni model M3

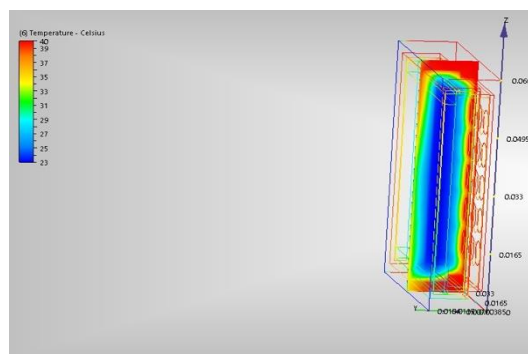
Sami kriterijumi postavljanja vegetacionog zida koji se analizira definisani su u odnosu na postojeći fasadni omotač, čiji je sklop identičan sklopu referentnog modela i njegove orjentacije u prostoru. Za pojedinačnu analizu modela M1 "Sl.8", M2, M3 pretpostavljeni su sledeći zajednički parametri: Sva tri modela tretirana su u istim vremenskim periodima i prema istim orjentacijama sveta, spoljna temperatura uzeta je kao srednja temperaturna vrednost za period u kom je

vegetacioni zid bio izložen sunčevom zračenju, poljne temperaturne vrednosti za sva merna vremena data su u prilogu, apsolutne temperature zadatih elemenata date su kao srednje vrednosti, stepen ozelenjavanja modela je približno isti, automatsko zalivanje modela vršeno je dva puta dnevno u istim vremenskim periodima, svi modeli su napravljeni od vodootporne šper ploče [5,6].



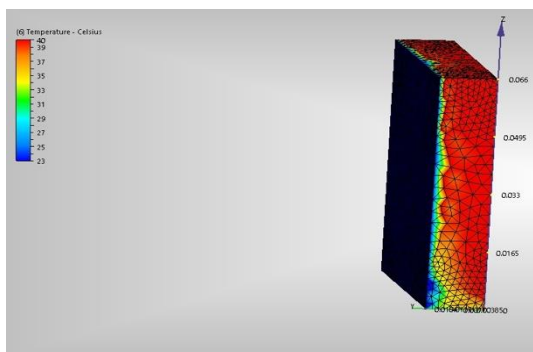
Sl. 8. Prikaz modela M1

Pored merenja kontaktne temperature zadatih elemenata eksperimentalnog modela kontaktnim i bezkontaktnim termometrima, svaki od modela, a i ceo vegetacioni zid sniman je termografskom kamerom proizvođača FLIR e 40.



Sl. 9. Prikaz termičke simulacije modela M1

Za potrebe eksperimentalnog istraživanja definisana su tri praktična modularna modela za formiranja vegetacionog zida. Praktični modeli su defimisani kao modeli M1, M2, M3. Model M1 "Sl.9"; Modularni sistem sa perforiranim kutijama. Prvi modularni modela za analizu predstavlja kutijasti model sa kružnom perforacijom čeonog dela elementa. Sam model je dimenzija 60x60 cm. Izrađen od vodootpornog špera debljine 1cm. Ovakav model je idealan za sadnju vegetacije sa malim korenom. Debljina kutije je 10 cm u okviru koje se nalazi staklena vuna debljine 8 cm. Ritam kružnih otvora za sađenje biljnog rasada je simetričan. Težina elementa pre zasađivanja biljaka je 9,618 kg., a težina zasađenog elementa 21,043 kg.



Sl. 10. Prikaz termičke simulacije modela M2

Za formiranje vegetacionog sklopa u ovom modelu predviđeno je za sadnju ukupno 25 biljaka različitih biljnih vrsta.

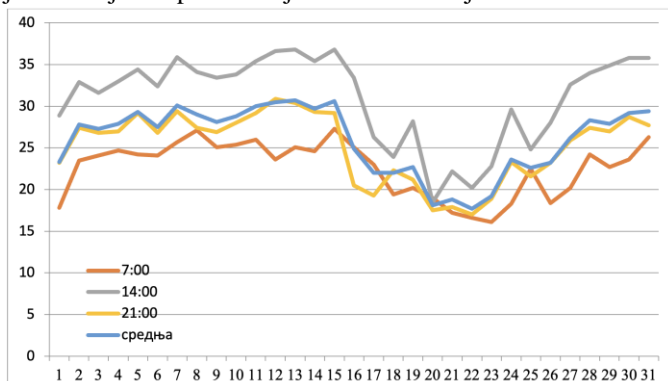


TABELA I. GRAFIČKI PRIKAZ UPOREDNIH VREDNOSTI IZMERENIH TEMPERATURA VAZDUHA

Oučeni nedostatak ovog modela je otežano sađenje biljaka u položaju kada se model nalazi u već formiranom zidu. Model M2. "Sl.10", Modularni sistem sa platnenom podlogom. Drugi modularni modela za analizu predstavlja kutijasti model sa platnenom podlogom čeonog dela elementa. Model je dimenzija 60x60 cm.

Osnovni korpus modela izrađen od vodootpornog špera debljine 1cm. a platnena podloga od troslojnog tapetarskog filca. Ovakav model je idealan za sadnju vegetacije sa većim korenom. Debljina kutije je 10 cm u okviru koje se nalazi staklena vuna debljine 8 cm. Težina elementa pre zasađivanja biljaka je 9,310 kg., a težina zasađenog elementa 20,540 kg. Za sadnju u ovom modelu predviđeno je ukupno 18 biljaka. Model M2 obezbeđuje lako održavanje, omogućena je reciklaža.

MODEL M1									
orientacija	Tev	Tez	Tiz	Tey	Tzs	Tzy	Tv	Tzm	Tmy
jug	25.5	24.0	23.2	24.15	22.03	19.17	24.5	26.7	20.85
istok	28.3	26.5	25.7	26.8	24.7	21.96	24.9	20.2	22.89
zapad	28.8	27.1	26.2	27.28	25.35	22.58	26.6	20.8	23.29
sever	29.4	27.5	26.8	27.84	25.95	22.97	26.2	24.8	23.78

TABELA II. TABELARNI PRIKAZ IZMERENIH TEMPERATURA PREMA ZADATIM KRITERIJUMIMA ZA MODEM M1

MODEL M2									
orientacija	Tev	Tez	Tiz	Tey	Tzs	Tzy	Tv	Tzm	Tmy
jug	25.5	24.0	23.2	20.33	22.02	19.17	24.3	26.5	20.63
istok	28.3	25.9	25.7	22.56	24.06	21.31	24.4	19.8	22.8
zapad	28.8	26.5	26.2	22.96	24.71	21.93	25.9	20.3	23.29
sever	29.4	26.9	26.8	23.43	25.11	22.32	25.7	24.3	23.78

TABELA III. TABELARNI PRIKAZ IZMERENIH TEMPERATURA PREMA ZADATIM KRITERIJUMIMA ZA MODEM M2

Model M3. Modularni sistem sa objedinjenim sadnim elementom. Treći modularni modela za analizu predstavlja kutijasti model sa objedinjenim sadnim elementom. Model je dimenzija 60x60 cm. Sadnja biljaka u ovakvim elementima je najslabija sadnji u saksijama.

MODEL M3									
orientacija	Tev	Tez	Tiz	Tey	Tzs	Tzy	Tv	Tzm	Tmy
jug	25.5	23.5	23.2	23.63	21.47	18.61	24.4	26.6	19.8
istok	28.3	25.9	25.7	26.22	24.08	21.31	24.3	19.7	21.97
zapad	28.8	26.6	26.2	26.68	24.82	22.04	26.2	20.5	22.36
sever	29.4	27.0	26.8	27.24	25.72	22.43	25.5	24.1	22.83

TABELA IV. TABELARNI PRIKAZ IZMERENIH TEMPERATURA PREMA ZADATIM KRITERIJUMIMA ZA MODEM M3

Biljke se sade u redovima po potrebi sadnje i u zavisnosti od veličine biljke. Težina elementa pre zasađivanja biljaka je 9,164 kg., a težina zasađenog elementa 20,743 kg. Za sadnju u ovom modelu predviđeno je ukupno 22 biljake [7,8,9]. Ovaj model za razliku od modela M1 omogućava sađenje biljaka u položaju u kom se model nalazi u već formiranom zidu.

	Model M1				Model M2				Model M3			
	jug	istok	zapad	sever	jug	istok	zapad	sever	jug	istok	zapad	sever
Tev	25.50	28.30	28.80	29.40	25.50	28.30	28.80	29.40	25.50	28.30	28.80	29.40
Tez	24.00	26.50	27.10	27.50	24.00	25.90	26.50	26.90	23.50	25.90	26.60	27.00
Tiz	22.03	24.70	25.35	25.95	22.02	24.06	24.71	25.11	21.47	24.08	24.82	25.72
Raz.	1.97	1.80	1.75	1.55	1.98	1.84	1.79	1.79	2.03	1.82	1.78	1.28
%	8.33	6.63	6.46	5.64	8.25	6.99	6.75	6.65	8.64	7.05	6.69	4.74

TABELA V. TABELARNI PRIKAZ IZMERENIH TEMPERATURA PREMA ZADATIM KRITERIJUMIMA ZA MODEM M3

Prikupljanje podatka vršeno je osam nedelja svakodnevno, tri puta dnevno. Merenja su vršena u 7:00, 14:00, i 21:00 časova.

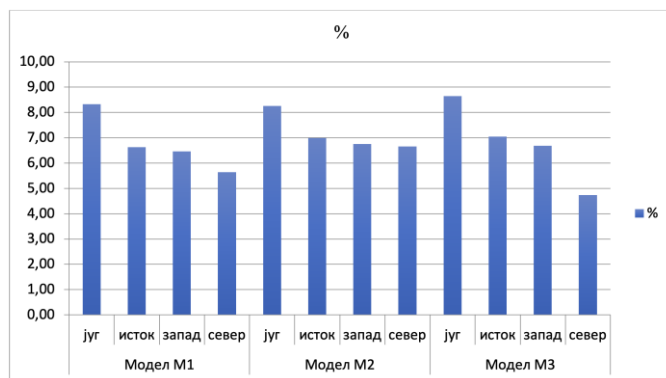


TABELA VI. GRAFIČKI PRIKAZ PROCENTUALNOG SMANJENJA KONTAKTNE TEMPERATURE FASADNOG ZIDA SA VEGETACIJOM U ODNOSU NA ZID BEZ VEGETACIJA

Temperatura vazduha za period jul, avgust u vreme vršenja eksperimenta uzeta je iz Meteorološkog godišnjaka 1.

”Tab.1” Najviša izmerena temperatura u ovom periodu 37°C izmerena 23.07. u 14:00 časova, a da je najniža izmerena temperatura 16.1°C izmerena 23.8.2 u 7:00 časova.

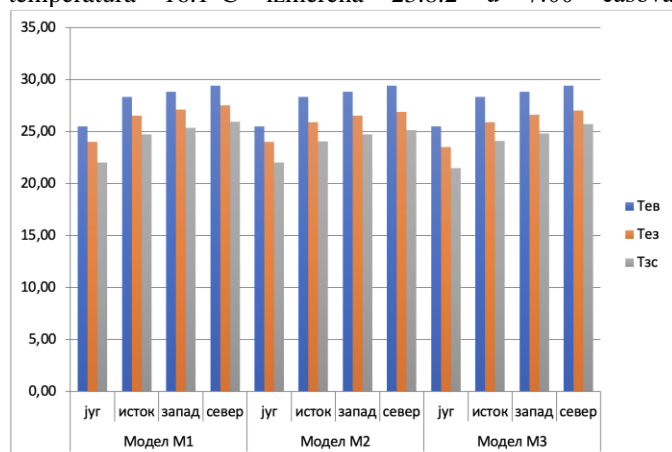


TABELA VII. GRAFIČKI PRIKAZ PROCENTUALNOG SMANJENJA KONTAKTNE TEMPERATURE FASADNOG ZIDA SA VEGETACIJOM U ODNOSU NA ZID BEZ VEGETACIJA

Uočava se da je najviša prosečno temperatura vazduha u julu iznosila 32.2 °C zabeležena 22.07., a najniža 18.8 °C izmerena 31.07., dok je najviša prosečna dnevna temperatura u avgustu iznosila 30.6 °C zabeležena 15.8., a najniža 18.1 °C izmerena 20.8.god. Srednja prosečna temperatura izmerena u julu mesecu iznosila je 26.76 °C , a u mesecu avgustu 26.10 °C.

Analizirajući dobijene rezultate uočljivo je da postoji temperaturna razlika delova fasadnog omotača koji je tretiran vegetacijom u odnosu na delove gde to ne postoji. Temperaturna razlika u markiranim površinama iznosi 10.7 °C. Model M1. Model M1 ”Tab.2” predstavlja model sa perforiranim kutijama. Tokom južne orijentacije srednja spoljašnja temperatura iznosila je 25.5°C . Izmerena temperatura spoljašnjeg zida u delu bez vegetacije iznosila je 24.0°C, a u delu gde je zid bio obložen vegetacijom kontaktna temperatura zida iznosila je 22.03 °C. Može se uočiti da je kontaktna temperatura fasadnog zida niža u odnosu na deo fasadnog zida koji nije tretiran zelenilom za 1.7°C ili 8.33%. Kada se posmatra istočna orijentacija srednja temperatura vazduha iznosila je 28.3°C, a izmerena kontaktna temperatura fasade bez vegetacije 26.5°C , a kontaktna temperatura zida iza vegetacije izmerena je 24.7°C. Postoj razlika u temperaturi u iznosu od 1.8°C ili 6.63%. Zapadna orijentacija vegetacionog zida tretirana je pri srednjoj vazdušnoj temperaturi od 28.8°C, izmerena kontaktna temperatura je 27.1°C za fasadni zid bez vegetacije i 25.35°C za zid sa vegetacijom. Razlika u temperaturi je 1.75°C ili 5.64%. Tokom severne orijentacije srednja vrednost temperature vazduha je 29.4°C, izmerena kontaktna temperatura 27.5°C na zidu bez vegetacije i 26.8°C na zidu sa vegetacijom. Razlika u temperaturi iznosi 0.7°C ili 5.64%.

Model M2. Model M2 ”Tab.3” predstavlja model sa platnom podlogom. Tokom južne orijentacije srednja spoljašnja temperatura iznosila je 25.5°C. Izmerena temperatura spoljašnjeg zida u delu bez vegetacije iznosila je 24.0°C, a u delu gde je zid bio obložen vegetacijom kontaktna temperatura

zida iznosila je 22.02 °C. Može se uočiti da je kontaktna temperatura fasadnog zida niža u odnosu na deo fasadnog zida koji nije tretiran zelenilom za 1.98°C ili 8.25%. Kada se posmatra istočna orijentacija srednja temperatura vazduha iznosila je 28.3°C, a izmerena kontaktna temperatura fasade bez vegetacije 26.5°C , a kontaktna temperatura zida iza vegetacije izmerena je 24.7°C. Postoj razlika u temperaturi u iznosu od 1.8°C ili 6.63%. Zapadna orijentacija vegetacionog zida tretirana je pri srednjoj vazdušnoj temperaturi od 28.8°C, izmerena kontaktna temperatura je 26.5°C za fasadni zid bez vegetacije i 24.71°C za zid sa vegetacijom. Razlika u temperaturi je 1.79°C ili 6.75%. Tokom severne orijentacije srednja vrednost temperature vazduha je 29.4°C, izmerena kontaktna temperatura 26.9°C na zidu bez vegetacije i 25.11°C na zidu sa vegetacijom. Razlika u temperaturi iznosi 1.79°C ili 6.65%. Model M3. Model M3 ”Tab.4” predstavlja model sa objedinjenim sadnim elementom. Tokom južne orijentacije srednja spoljašnja temperatura iznosila je 25.5°C . Izmerena temperatura spoljašnjeg zida u delu bez vegetacije iznosila je 23.5°C, a u delu gde je zid bio obložen vegetacijom kontaktna temperatura zida iznosila je 21.47 °C. Može se uočiti da je kontaktna temperatura fasadnog zida niža u odnosu na deo fasadnog zida koji nije tretiran zelenilom za 2.03°C ili 8.64%. Kada se posmatra istočna orijentacija srednja temperatura vazduha iznosila je 28.3°C, a izmerena kontaktna temperatura fasade bez vegetacije 25.9°C , a kontaktna temperatura zida iza vegetacije izmerena je 24.08°C. Postoj razlika u temperaturi u iznosu od 1.82°C ili 7.05%. Zapadna orijentacija vegetacionog zida tretirana je sa srednjom vazdušnom temperaturom od 28.8°C, izmerena kontaktna temperatura je 26.6°C za fasadni zid bez vegetacije i 24.82°C za zid sa vegetacijom. Razlika u temperaturi je 1.78°C ili 6.69%. Tokom severne orijentacije srednja vrednost temperature vazduha je 29.4°C, izmerena kontaktna temperatura 27.0°C na zidu bez vegetacije i 25.72°C na zidu sa vegetacijom. Razlika u temperaturi iznosi 1.28°C ili 4.74%. Komparativnom analizom ”Tab.5” može se uočiti da: Vegetacioni zidovi utiču na smanjenje kontaktne temperature fasadnog omotača [10,11,12]. na koji su aplicirani; Postoje razlike u temperaturi kontaktnih površina fasadnog omotača u odnosu na vrstu modula koji je postavljen; Postignuti rezultati su ujednačeni po pitanju ostvarenih temperaturnih razlika u odnosu na modele; Pojedinačno posmatrajući Model M1 ostvario je u % najpovoljnije rezultate; Svi modeli ostvaruju veću temperaturnu razliku kada su aplicirani na južnu i istočnu stranu objekta. Praktična istraživanja pokazala su da primena vegetacionih zidova u arhitektonskim objektima u našim klimatskim uslovima obezbeđuju smanjenje potrebne energije u pogledu energije koja je potrebna za hlađenje [13,14,15,16]. u letnjem periodu u rasponu od 6 - 12%. ”Tab.6,7”

III. ZAKLJUČAK

Ovo istraživanje je pokazalo da je moguće formiranje vegetacionih zidova u našim klimatskim uslovima. Za njihovo formiranje moraju da se ispune određeni uslovi koji su preduslov za oblikovno vrednovanje ovakvih struktura.



Sl. 11. Eksperimentalni model vegetacionog zida

Razvoj tehnologije vegetacionih zidova omogućice oblikovnu razlicitost vegetativnih zidova. Analizama je dokazano da vegetacija poboljšava energetske performanse objekata u našim klimatskim uslovima. Vegetacioni zidovi su sigurni alati za poboljšanje komfora ljudi u objektima u kojima i na kojima se nalaze vegetacioni zidovi. Za pravilno definisanje novih modela vegetacionih zidova koji bi imali energetske potencijale za naše klimatske uslove neophodno je pravilno definisanje parametara komfora, poštujući propisane termičke karakteristike fasadnih omotača [17]. Praktični rezultati ovog istraživanja ogledaju se u svoobuhvatnom sagledavanju različitih aspekata formiranja vegetacionog zida u našim klimatskim uslovima. Rad na praktičnom modelu omogućio je uvid u različite aspekte formiranja vegetacionih zidova. Monitoring praktičnog modela kao i merenja koja su na njemu vršena pokazala su da vegetacioni zidovi imaju energetske potencijale za naše klimatske uslove.

LITERATURA

- [1] Brown RD, Gillespie TJ.: Microclimatic landscape design: creating thermal comfort and energy efficiency. New York: J. Wiley & Sons;1995,xl, p.193.
- [2] Dunnett N, Kingsbury N.: Planting green roofs and living walls. Portland, Or: Timber Press; 2008, VII, p.328.
- [3] Eumorfopoulou, E.A, K.J. Kontoleon.; Experimental approach to the contribution of plant covered walls to the thermal behaviour of building envelopes, Building and Environment 44 (2009) 1024–1038
- [4] Ђокић, В.: Утицај климатских промена на планирање и пројектовање, Универзитет у Београду – Архитектонски факултет Београд, Београд 2014.
- [5] Fjeld, T., Bonnevie, C.: The effect of plants and artificial day-light on the well-being and health of office workers, school children, and health care personnel, in International Horticultural Exhibition Floriade 2002. 2002.
- [6] Kaplan, S.: The restorative benefits of nature: Toward an integrative framework. Journal of Environmental Psychology, 1995. 15(3): p. 169-182.
- [7] Kumar R., Kaushik S.C.: Performance evaluation of green roof and shading for thermal protection of buildings. Building and Environment, Volume 40, Issue 11, November 2005, Pages 1505 – 1511.
- [8] Köhler, M.: Green Facades a view back and some visions. Urban Ecosystems 2008. 11(4): 423-436.
- [9] Lam M, Ip K, Miller A.: Experimental modelling of deciduous climbing plants as shading devices. In: Sustainable buildings 2002 – third international conference on sustainable buildings. Oslo, Norway: EcoBuild; 2002.
- [10] Mayer, H. and P. Hppe.: Thermal comfort of man in different urban environments. Theoretical and Applied Climatology, 1987. (1): p. 43-49.
- [11] Медвед, С.: Грађевинска физика, Универзитет у Новом Пазару, Нови Пазар 2014.
- [12] Miller A, Shaw K, Lam M.: Vegetation on building facades: “Bioshader”. Case Study Report; 2007.
- [13] Papadakis, G., Tsamis, P. & Kyritsis, S., :An experimental investigation of the effect of shading with plants for solar control of buildings. Energy and Buildings, 33, 2001. pp. 831-836.
- [14] Parker JH.: The use of shrubs in energy conservation in plantings. Landscape Journal 1987;6:132–9.
- [15] Saelens,D.,Blocken, B., Roels,S., Hens,H.: Optimization of the energy performance of multiple-skin facades, in: Ninth International IBPSA Conference, Montreal, Canada, August 15–18, 2005.
- [16] Salisbury FB, Ross CW.: Plant physiology. 4th ed. Wadsworth Publishing Company; 1992.
- [17] Santamouris M., Pavlou C., Doukas P., Mihilakakou G., Synnefa A., Hatzibiros A., Patargias P.: Investigating and analysing the energy and environmental performance of an experimental green roof system installed in a nursery school building in Athens, Greece. Energy, Volume 32, Issue 9, September 2007, Pages 1781 – 1788.

ABSTRACT

The target of this investigation is optimization of the facade covering of architectural structure, by integration of the vegetation modular elements. The study investigates the potential vegetation walls in the summer period. The Investigation encloses the analyses of energetic specificities of the vegetation walls and its programmed interactions in the urban town ambient. Usage of the elements of the vegetation walls in the architecture has opened new design possibilities and created new challenges for the designers in an aim to increase the energetic efficiencies of the structures. The study treats the vegetation walls as protective elements of architectural structures from overheating. The analyses had shown that the vegetation decreases the surface contact temperature of the structure walls, while the respiration provides a passive cooling. The purpose of the study is to investigate the methods and techniques that enable a wide application of the vegetation walls in the field of architecture of the existing and new structures through examination and findings of recommendations for improvement of the thermal characteristics of the facade coverings of the structures.

Effects of modular vegetation walls for building energy balance

Prof.dr Budimir Sudimac, doc.dr Branko Slavković, prof.dr Radojko Obradović