

Mogućnosti energetskog unapređenja vertikalnog neprovidnog omotača u zavisnosti od stepena zaštite zgrade

Darija Gajić¹, Slobodan Peulić¹, Milica Malešević¹

¹Univerzitet u Banjoj Luci, Arhitektonsko-građevinsko-geodetski fakultet, Banja Luka, Republika Srpska, Bosna i Hercegovina
darija.gajic@aggf.unibl.org, slobodan.peulic@aggf.unibl.org, milica.malesevic@aggf.unibl.org

Sažetak—Iako zgrade pod zaštitom prema važećem Zakonu ne potpadaju pod energetsko certifikovanje postoje načini njihovog energetskog unapređenja kako bi se obezbijedio ugodan komfor njihovim korisnicima, a s tim stvorile i značajne uštede energije. Rad će se baviti analizom jednog višeporodičnog stambenog reprezentativnog uzorka u centralnom gradskom jezgru – činovničkog paviljona, koji je zaštićen od strane Republičkog zavoda za zaštitu kulturno-istorijskog i prirodnog nasljeđa RS, kao dio ambijentalne cjeline, a čijim unapređenjem omotača je moguća ušteda potrebne toplotnne energije oko 58%. Prateći parametre energetskih karakteristika unapređenog omotača, prikazane su moguće varijante tehničkog rješenja unaprijeđenja vertikalnog neprovidnog omotača (fasadnog zida), u skladu sa adekvatnim fizičkim karakteristikama savremenih materijala i uz poštovanje istorijskog integriteta zgrade.

Ključne riječi—savremeni materijali; unutrašnje toplotnno izolovanje; potrebna energija za grijanje; graditeljsko nasljeđe Banjaluke.

I. UVOD

Graditeljski fond Bosne i Hercegovine izgrađen do 1945. godine čini okosnicu centralnih urbanih struktura, što je evidentno i na primjeru grada Banjaluka. Pojedini objekti koji su izgrađeni u centralnoj zoni Banja Luke, a potiču iz perioda austrougarske vladavine (1878-1918) i Kraljevine SHS/Jugoslavije (1918-1941) danas su kategorisani ili kao Nacionalni spomenici BiH, ili se nalaze pod nižim stepenom zaštite, kao zaštićene ambijentalne cjeline. Činjenica je i da su pojedini objekti iz tog perioda često mijenjali svoju prvobitnu namjenu, ali nikada te adaptacije i sanacije nisu praćene mjerama i analizama energetske efikasnosti. U vezi s tim, procjenjuje se da one danas sa aspekta potrošnje energije nisu „nevidiljive“ (zanemarive), te nakon sprovednih naučno-istraživačkih projekata „Tipologija stambenih zgrada BiH“ [1] i „Tipologija javnih zgrada BiH“ [2] došlo se do saznanja da je neophodno 332925 MWh potrebne energije za grijanje, odnosno oko 5% od ukupne potrebne energije za sve zgrade na urbanizovanom prostoru Bosne i Hercegovine. Iako zgrade pod zaštitom prema važećem Zakonu [3] ne potpadaju pod energetsko certifikovanje, te samim tim ni u poduzimanje energetskih mjera obnove, postoje načini njihovog unapređenja kako bi se obezbijedio ugodan komfor njihovim korisnicima, a s tim stvorile i značajne uštede energije. Kako su za njihov opstanak neophodne kontinuirane obnove, u

prvom redu omotača, da bi se što duže očuvao njihov prvobitni izgled, neophodno je sagledati sve prepreke za njegovu obnovu, odnosno predložene mjere zaštite i tehnološko-ekonomski prihvatljive mogućnosti obnove. U radu se analizira jedan stambeni reprezentativni uzorak u centralnom gradskom jezgru, koji je zaštićen od strane Republičkog zavoda za zaštitu kulturno-istorijskog i prirodnog nasljeđa RS, kao dio ambijentalne cjeline, kako bi se ukazalo na moguća unaprijeđenja omotača sa jasnim proračunskim spoljnim urbanističko-arhitektonskim parametrima koji utiču na omotač, te arhitektonsko-konstruktivnim parametrima samog omotača kao i nivoa potrebne energije za grijanje. Istraživanje je ukazalo da je moguća ušteda potrebne toplotnne energije kod ovakvih tipova zgrada **za** oko 58%.

II. ZNAČAJ ČINOVNIČKIH PAVILJONA KAO NASLJEĐENE AMBIJENTALNE CJELINE

A. Činovnički paviljoni kao ambijentalna cjelina

Višedecenijska austrougarska uprava u Bosni i Hercegovini je, bez sumnje, pokrenula mnoge modernizacijske procese, koji su prvo obuhvatili infrastrukturne i graditeljske poduhvate, da bi ubrzo bili ostvareni pomaci i u ekonomskim, obrazovnim i kulturnim djelatnostima. Promjene koje su tada nastale u svim sferama života, značajno su uticale na transformaciju fizionomije i strukture bosanskohercegovačkih gradova. Banja Luka je u tom periodu doživjela značajne promjene, koje su se možda najviše odrazilile na urbanističku matricu grada, jer se tada zvanično prekida sa orijentalnim konceptom strukture grada podijeljenog na mahale i čarsije, te prvi put u svojoj istoriji Banja Luka dobija ortogonalnu uličnu mrežu i moderne široke saobraćajnice sa drvoređima, po uzoru na mnoge evropske gradove. U periodu od 1882-1885. godine 17 km banjalučkih saobraćajnica je dobilo drvorede koje su formirali već odrasla stabala kestena i lipe dopremljenih sa Kozare. Prilikom ovog poduhvata prioritet je dat Vrbas-aleji (danasa Aleja Sv. Save) u odnosu na glavnu tadašnju komunikaciju „Carski drum“. Vrbas-aleja je povezivala prvi objekat koji je austrougarska vlast izgradila u Banja Luci - zgradu Vojne komande - *Carsku kuću* (današnji Arhiv Republike Srpske) i nekadšnju vojnu kasarnu „Vrbas“, u kojoj je danas smješten Univerzitetski kampus. To je bila prva značajnija transverzala koja je presijecala Carski drum, a koja

će svoju graditeljsku ekspanziju doživjeti tek u doba Kraljevine Jugoslavije, „Sl. 1“.

Nakon perioda stagnacije graditeljskih aktivnosti, izazvane prvenstveno zbog teških ratnih i poslijeratnih godina [4], uslijediće period intenzivne gradnje centralnog dijela Banja Luke, jer u tom periodu grad postaje sjedište Vrbaske banovine. Kao novi upravni centar, Banja Luka dobija svoja prva reprezentativna administrativna sjedišta u kojima će svoju dužnost obavljati veliki broj novoprdošlih činovnika.



Sl.1. Nekadašnja *Vrbas-aleja*, danas Aleja Sv. Save (slika lijevo) i činovnički paviljoni u *Vrbas-aleji* (slika desno). Izvor: arhivska građa Arhiva Republike Srpske

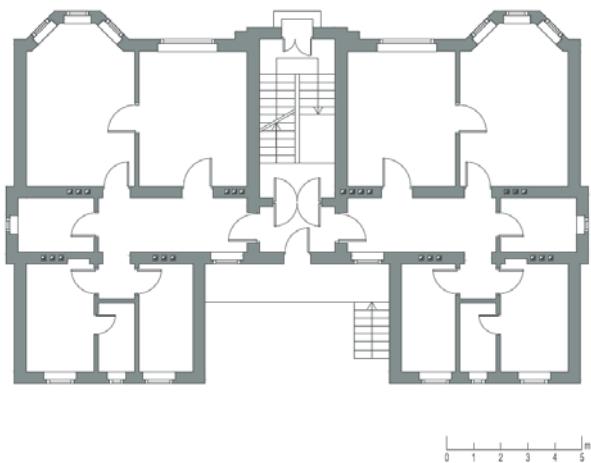
Naime, s obzirom da postojeći stambeni fond nije bio dovoljan da primi toliki broj činovnika koji su po dužnosti morali preseliti u Banja Luku sa svojim porodicama, bilo je neophodno hitno stambeno zbrinuti značajan broj novih stanovnika. Tako su 30-ih godina prošlog vijeka, u Banja Luci izgrađeni tzv. *činovnički paviljoni*, ukupno njih sedam, sa 52 stana dosta sličnih prostornih struktura. Šest od pomenutih sedam je izgrađeno u tadašnjoj *Vrbas-aleji*, sa uređenim pristupnim saobraćajnicama i dvoredom, te regulacijom zbog koje i danas čine prepoznatljiv ambijent, „Sl.1“. Sedmi, najreprezentativniji paviljon, izgrađen je uz *Carski drum* u neposrednoj blizini banovinske uprave i dvora i bio je namijenjen visokim službenicima Banovine.

Kompleks od šest višeporodičnih stambenih zgrada projektovao je Edgard Kobencl, mladi arhitekt banovinskog Tehničkog odjeljenja, 1928. godine, da bi objekti bili izvedeni do kraja 1930. godine. Građeni su u masivnom konstruktivnom sklopu, kao objekti sa podrumom, visokim prizemljem i dvije etaže, vrlo svedenih oblikovnih karakteristika, na kojima su umjesto dekorativne plastike primjenjeni jedino krunski vijenci kao određena vrsta fasadnog ornamenta. I pored tako jednostavne prostorne i oblikovne koncepcije, ovi objekti su u to vrijeme predstavljali snažan „modernizirajući“ otklon od dotadašnje prakse stambene izgradnje u Banja Luci. Zbog svoje značajne očuvanosti u izvornom stanju, te zbog posebnog ambijenta koji čini u urbanističkom smislu, ovaj ansambl je prilikom valorizacije od strane Republičkog zavoda za zaštitu kulturno-istorijskog i prirodnog nasljeđa Republike Srpske vrednovan kao zaštićena ambijentalna cjelina. Predložene su tehničke mjeri zaštite u vidu restauracije i sanacije u postojećim gabaritima, o čemu će više biti riječi u daljem tekstu ovog rada. S obzirom da su ovi objekti tokom vremena u većoj mjeri zadržali svoju stambenu namjenu (u manjoj mjeri su

određene stambene jedinice adaptirane u poslovne prostore), pitanje poboljšanja komfora stanovanja, svakako se dotiče i pitanja obnove spoljašnjeg omotača a koji će zadovoljiti i propisane tehničke mjeri zaštite.

B. Urbanističko-arhitektonske karakteristike činovničkih paviljona

Stambena slobodnostojeća zgrada je razuđene osnove, sa složenim kosim krovom. Spratnost joj je Po+P+2 (4 etaže). Karakteriše je masivni konstruktivni sistem, „Sl. 2“. Konstruktivni zidovi od pune opeke, debljine 45 cm, obostrano su omalerisani i zidovi imaju samo horizontalne armirano betonske serklaže. Međuspratne konstrukcije su izvedene kao armirano-betonske sitnorebraste tavanice, ali se javlja i puna armirano-betonska tavanica, na pozicijama iznad podrumskog prostora. U ovom periodu u omotaču nema topotne izolacije. Prozori i balkonska vrata su dvostruka drvena razmakačna krila sa običnim jednostrukim staklima. Zgrade imaju negrijane prostore stepeništa, tavana i podrumske prostore. Podrumski prostori su polukopani. Krov je kosi, viševodni, prati razuđenu osnovu sa drvenom klasičnom konstrukcijom sa pokrivačem od biber crijeva.



Sl.2. Osnova činovničkog paviljona. Izvor: [1].

Ovakva konstrukcija i materijalizacija omotača, u skladu sa periodom gradnje, tadašnjim materijalima i tehnologijom gradnje, na prirodan način je razrješavala današnje probleme vezane za topotno-fizičke karakteristike zgrade, što je u potpunosti preuzeila od austrougarskih graditelja. Svojom organizacijom prostora, odnosno topotnim zoniranjem (grijani i negrijani prostori) sprečavani su veći topotni gubici u krovu. Pojava dvostrukih razmakačnih krila koja imaju dva obična jednostruka stakla, takođe su umanjila topotne gubitke i infiltraciju vazduha kroz omotač, za razliku od prethodnih jednostrukih krila. Polukopani podrum je razrješavao probleme sa pojmom i zadržavanjem vlage, jer se preko otvora u podrumskim etažama moguće bilo vjetrenje i s tim isušivanje vlage. Debljinom zidova omogućavala se akumulacija topote u zimskom periodu i uticaj vode i vlage sa vanjske strane omotača vremenom bi se isušivao, dok bi vodena para iz unutrašnjih prostora slobodno prolazila kroz zid i odlazila u atmosferu – potpuna paropropusnost. Površina prozora u odnosu na fasadni zid i podne površine prostora, kao

i debljina zidova, dimenzionisani su tako da su sprečavali da se u ljetnom periodu pregrijava unutrašnji prostor. Danas, ovakva pojava konstrukcije i materijalizacije omotača nije racionalna za energetsku efikasnost i podrazumijeva toplotno i energetsko unapređenje.

III. POTREBNA TOPLOTNA ENERGIJA PRIJE I NAKON MJERA ZA UNAPREĐENJE OMOTAČA ČINOVNIČKOG PAVILJONA

A. Postojeće stanje – projektni parametri i termogrami

Činovnički paviljoni su projektovani na način da su grijani prostori samo oni namjenjeni stanovanju, dok su negrijani prostori: stepenišni, podrumski i tavanski. Ukupna neto grijana površina zgrade je $492,30 \text{ m}^2$. Ukupna bruto površina – površina prema spoljašnjim dimenzijama 542 m^2 . Projektna unutrašnja temperatura vazduha 20°C . Zgrada ima umjereno zaklonjen položaj u odnosu na dominantan sjeverozapadni vjetar i više od jednog fasadnog zida je izloženo vjetru. Konstruktivni sistem zgrade je masivni sa klasično zidanom gradnjom od pune opeke. Izloženi omotač dominantno posjeduje zid od pune opeke $d = 45 \text{ cm}$ obostrano omalterisani produžnim krečnim malterom $d = 3 \text{ cm}$, ukupne debljine 51 cm sa projektnom vrijednosti $U = 1.06 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Međuspratna konstrukcija prema negrijanom podrumu je AB ploča $d = 15 \text{ cm}$, odnosno svi slojevi odozgo na dole, redom: parket, daščani pod, potpatosnice u pijesku, armirano betonska ploča, produžni krečni malter, sa procjenjenom projektnom vrijednosti $U = 1.23 \text{ W/m}^2\text{K}$. Tavanica prema negrijanom tavanu je sitnorebrasta AB ploča $d = 35 \text{ cm}$ i slojevitost materijala odozgo na dole, redom: pijesak, blato sa pljevom, sitnorebrasta AB tavanica i malter na trški, ukazuje na $U = 1.22 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Prozori na zgradama su izvedeni kao dvostruko postavljena krila sa širokom kutijom koji imaju drvene okvire ostakljene jednostrukim staklom od 3 mm . Projektna vrijednost za takve prozore iznosila bi oko $U = 3.20 \text{ W/m}^2\text{K}$. Vremenom, zbog propadanja zaptivnog materijala između stakla i okvira, došlo je do povećanja toplotnih gubitaka kroz prozore, što je pokazao i termogram.

Termovizijsko snimanje zgrade ne može izmjeriti vrijednost U -koeficijenta, ali je značajno da se prema temperaturnom gradijentu uvide dominantni toplotni gubici na omotaču. Takođe, ako na projektnoj dokumentaciji nije jasna slojevitost omotača, ili su se vremenom desile izmjene na omotaču, preko infracrvenog snimka pregledom zgrade možemo sagledati promjene. Kod predmetnog činovničkog paviljona snimanje je izvršeno 10.03.2016. godine ujutro u periodu od 06:50 do 07:10 sati. Snimanje izvršeno pri slijedećim uslovima:

- unutrašnja temperatura vazduha u zgradama 20°C , relativna vlažnost vazduha 42%
- spoljašnja temperatura vazduha 6°C , relativna vlažnost vazduha 90% , parcijalni pritisak vodene pare 1010 Pa , brzina vjetra 2 m/s – sjevernog pravca. oblačno
- koeficijent emisivnosti $0,86$

Termogrami na „Sl. 3“ ukazuju da stambena zgrada zbog nepostojanja termoizolacije ima ravnomerne toplotne gubitke na cijelom omotaču, ali da su veći toplotni gubici na poziciji armirano betonskih horizontalnih serklaža i natprozornika. Vidno je da su najveći površinski toplotni gubici u poziciji svih otvora, a najveći kod balkonskih vrata na posljednjoj etaži, te kod međuspratne konstrukcije ispod tavanskog negrijanog prostora. Gradacija temperature od najniže na prizemlju do najviše na posljednjoj etaži može ukazivati i na neuravnoteženu unutrašnju temperaturu u stanovima.



Sl.3. Termogrami činovničkog paviljona. Izvor: dokumentacija naučno-istraživačkog projekta „Tipologija stambenih zgrada Bosne i Hercegovine“

B. Uporedna analiza potrebne toplotne energije prije i nakon unapređenja omotača

Analiza unapređenja omotača činovničkog paviljona vođena je Pravilnikom o minimalnim zahtjevima za energetske karakteristike zgrada u Republici Srpskoj. Pri tome su korišteni parametri prije i nakon mogućeg unapređenja koji se mogu sagledati u „TABELI I“. Toplotno zoniranje zgrade (grijani/negrijani prostori) su i prije i nakon mjera unapređenja omotača, tretirani kao u postojećem stanju.

Uporedna analiza prije i nakon unapređenja omotača prema minimalnim zahtjevima za dostizanjem U -koeficijenta elemenata omotača (dodavanjem toplotne izolacije), izmjenu g -koeficijenta na zastakljenjima prozora (zamjenom prozora) i poboljšanjem zaptivenosti omotača, a s tim i izmjena parametra infiltracije vazduha, ukazuju na 58% nižu potrebnu energiju za grijanje, odnosno sa 308.50 kWh/m^2 potrebna energija za grijanje bi iznosila 128.50 kWh/m^2 . S obzirom da je u pravilnicima propisano da bi zgrade nakon unapređenja morale dostići „C“ razred, što predstavlja zahtjev $\leq 60 \text{ kWh/m}^2$, može se zaključiti da za ovakve vrste zgrade ili nije adekvatno postavljena vrijednost dopuštene potrebne energije za grijanje ili nije dovoljno samo unaprijediti omotač. Iz tog razloga trebalo bi razmotriti i izmjenu toplotnih zona (zbog unapređenja omotača i razrješavanja tehničkih detalja), odnosno, razmotriti varijantu u kojoj se stepenišni prostor tretira kao grijani, čime se poboljšava faktor oblika zgrade, te se može očekivati niža energija potrebna za grijanje.

TABELA I. UPOREDNA ANALIZA PRIJE I NAKON UNAPREĐENJA OMOTAČA ČINOVNIČKOG PAVILJONA U BANJOJ LUCI

PERIOD	1930	
GRIJANA POVRŠINA	492,30 m ²	
BROJ SPRATOVA	Po+P+2	
GRIJANI VOLUMEN	1600 m ³	
Toplotni kapacitet	Wh/m ² a	72
Metabolička toplota	W/m ²	1.80 1.80
		PRIJE NAKON
U-koef. ZIDOVİ	W/m ² K	1.06 0.30
U-koef. PROZORI	W/m ² K	3.20 1.60
U-koef. KROV	W/m ² K	1.23 0.30
U-koef. POD	W/m ² K	1.22 0.30
g-koef.	-	0.75 0.61
A/V odnos- faktor oblika	-	0.59 0.59
Infiltracija/izmjena vazduha	h ⁻¹	0.90 0.50
		projektna projektna
Unutrašnja temperatura	°C	20.0 20.0
Doprinos od ventilacije	kWh/m ² a	0.00
Doprinos od korisnika	kWh/m ² a	4.58
Rasvjeta i razni uredaji/električna energija	kWh/m ² a	17.42
POTREBNA ENERGIJA ZA GRIJANJE	kWh/m ² a	308.50 128.50

IV. MOGUĆNOSTI ENERGETSKOG UNAPREĐENJA VERTIKALNOG NEPROVIDNOG OMOTAČA ČINOVNIČKOG PAVILJONA

A. Principi toplotnog izolovanja omotača u zavisnosti od stepena zaštite zgrade

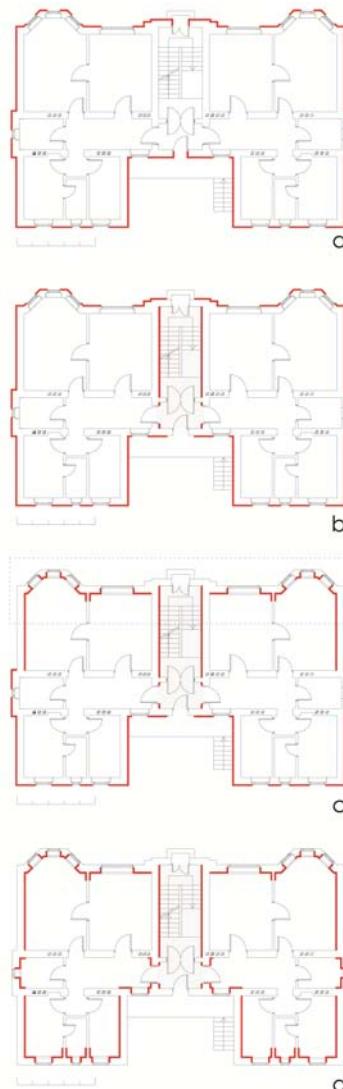
Primjena standardnih rješenja kontaktnih fasada sa spoljašnje strane vertikalnog omotača zgrade ponekad može biti otežana uslijed potrebe za energetskom obnovom zgrada pod zaštitom i potrebe da se sačuva njihov autohton i izgled. U ovim slučajevima primjena toplotne izolacije sa unutrašnje strane omotača se pokazuje kao neophodan sistem koji se mora pravilno isprojektovati i izvesti.

U zavisnosti od stepena zaštite zgrade, dijela zgrade ili ambijentalne cjeline moguće je definisati principi sanacije omotača i njegove energetske optimizacije. Pri definisanju ovih principa neophodno je sačuvati integritet omotača – njegovu strukturalnost, raspored primarnih masa, ritam otvora, elemente sekundarne i dekorativne plastike, te boju omotača. Tehničko-konstruktivni detalji moraju sprječiti potencijalnu pojavu kondenza, vlage i pljesni, orosavanje kontaktnih slojeva između toplotne izolacije i postojećeg zida i promjene na završnom sloju fasadnog omotača.

Rad analizira Činovnički paviljon u Banjaluci čije su tehničke mjere zaštite propisane od strane Republičkog zavoda, u vidu restauracije i sanacije u postojećim gabaritima, te se iz tog razloga predlažu potencijalne opcije energetskog unapređenja omotača u skladu sa predviđenim mjerama zaštite i toplotnim zoniranjem prostora unutar zgrade. Zgrada će biti analizirana kao da je pod punom zaštitom, djelimičnom zaštitom – samo glavno pročelje orjentisano ka ulici i da nije zaštićena. S tim u

vezi, definisana su četiri principa energetske optimizacije omotača i 4 zone postavljanja toplotne izolacije:

- a) sa spoljašnje strane fasadnih zidova (cijeli unutrašnji prostor zgrade se tretira kao grijani i da zgrada nije pod zaštitom)
- b) sa spoljašnje strane fasadnih zidova i na stepenišnom zidu između grijanog i negrijanog prostora stubišta (stepenišni prostor zgrade se tretira kao negrijani prostor i zgrada nije pod zaštitom)
- c) sa unutrašnje strane pročelja orjentisanog ka ulici, na stepenišnom zidu između grijanog i negrijanog prostora stubišta (stepenišni prostor zgrade se tretira kao negrijani prostor i sa spoljašnje strane ostalih fasadnih zidova (djelimična zaštita)
- d) sa unutrašnje strane svih fasadnih zidova i na prelazu između grijanog i na stepenišnom zidu između grijanog i negrijanog prostora stubišta (stepenišni prostor zgrade se tretira kao negrijani prostor a zgrada je pod punom zaštitom)



Sl.4. Uporedni prikaz potencijalnih mjesto postavljanja toplotne izolacije.
Izvor: Ilustracija autora.

Izazovi za postizanjem energetski efikasnih zgrada i unutrašnjeg topotnog komfora unutar kulturnih i istorijskih zgrada postaju izraženiji. Stambene zgrade pod zaštitom se uglavnom odlikuju masivnim konstruktivnim elementima i usitnjrenom organizacijom stambenog prostora zbog čega je primjena sistema topotne izolacije u unutrašnjosti predmet analize brojnih istraživanja koja za cilj imaju prijedlog potencijalnih rješenja za postizanje topotnog komfora uz minimalne prostorne izmjene u unutrašnjosti.

B. Fizičke karakteristike materijala za unutrašnje topotno izolovanje omotača

Materijali koji se postavljaju sa unutrašnje strane zidova „TABELA II”, direktno utiču na unutrašnji komfor, sigurnost i zdravlje korisnika, stoga bi trebali ispuniti sljedeće karakteristike:

a) nizak koeficijent topotne provodljivosti kako bi se omogućila primjena manjih debljina ovih slojeva uslijed potrebe za obezbjeđenjem maksimalne korisne površine prostora,

b) visoka vatrootpornost ili kombinacija sa zaštitnim premazima i/ili oblogama,

c) sposobnost za upravljanje difuzijom vodene pare – paropropusnost, paronepropusnost ili kapilarni aktivni izolacioni sistemi

TABELA II. KARAKTERISTIKE SAVREMENIH MATERIJALA ZA UNUTRAŠNJE IZOLOVANJE OMOTAČA ZGRADA. [5] [6] [7] [9]

Vrsta Izolacije	Koeficijent topotne provodljivosti	Faktor otpora difuzije vodene pare	Klasa vatrootporno sti	Forma proizvoda
Kalcijum-silikati	0,042 [7] - 0,070	2/20	A1-A2	ploče
Celijasto staklo	0,040-0,050	1/2	A1-B1	Ploče
Transparentne topotne izolacije	0,02-0,01	∞	B2-D	paneli
Vakuum izolacioni paneli	0,004-0,006	∞	B2-D	paneli
Kapilarno aktivne izolacije	0,031	27 [5]	B2 [5]	paneli

Prema „TABELA II” može se napraviti uporedna analiza topotnih karakteristika određenih materijala primjenjivih za unutrašnje izolovanje omotača. Uočljivo je da savremeni materijali poput transparentnih izolacija i vakuum izolacionih panela imaju vrlo niske koeficijente topotne provodljivosti i smatraju se praktično potpuno paronepropusnim materijalima, ali pripadaju najnižim klasama vatrootpornosti (B2-D) [6] zbog čega je neophodna zaštita u vidu drugih, teško gorivih obloga te neophodnom potkonstrukcijom za postavku ovih obloga. Za razliku od navedenih savremenih materijala, kalcijum silikatne ploče odlikuju viši koeficijenati topotne provodljivosti što rezultuje većim debljinama izolacije u unutrašnjosti, no kako pripadaju kategoriji teško gorivih

materijala (A1) [6] [7] ne zahtijevaju posebne zaštitne obloge s čime se debljina ukupnog sloja termičke zaštite izjednačava sa prethodnim tipom izolacija, te se proces postavke pojednostavljuje i ubrzava.

Jedan od osnovnih izazova pri unutrašnjem topotnom izolovanju je rješavanje problema pojave vlage u zidu, mogućnost akumulacije topote u zidu i postizanje otpornosti na dejstvo požara. Osim toga, relativna vlažnost vazduha u unutrašnjem prostoru zgrade (RH – relative humidity) i periodi isušivanja, takođe predstavljaju parametre od kojih zavisi tehničko rješenje i materijalizacija takvog načina izolovanja.

Paropropusne topotne izolacije najbrže reflektuju na RH faktor unutrašnjeg prostora (u poređenju sa paronepropusnim topotnim izolacijama) te da su one pogodne za vlažne prostore uz obavezne vremenske periode isušivanja zidova. [8] Neadekvatno rješeni topotni mostovi, pogrešna postavka i materijalizacija topotne izolacije, te pojava vodene pare u unutrašnjim prostorima zgrade, stvorice kondenzaciju na granici između topotne izolacije i postojećeg zida, koje će biti zarobljena, što će na kraju prouzrokovati pojавu pljesni u unutrašnjosti zidova. U zavisnosti od navedenih problema, danas postoje tri grupe savremenih materijala, koje zahtijevaju različite načine tehničkog rješavanja. Nekadašnje topotne izolacije su zahtijevale da se projektuju sa parnim branama na unutrašnjoj strani, prema grijanoj strani prostora. Danas, savremeni materijali na tri načina razrješavaju problem difuzije vodene pare, te se tako i grupišu. Prva grupa materijala su paropropusni (kalcijum-silikati i celijasto staklo), kod kojih se vodena para iz unutrašnjeg prostora akumulira u izolaciji, po principu akumulacije kod postojećih zidova, te zahtijevaju mogućnosti isušivanja tokom dozvoljenih propisanih perioda. Druga grupa materijala su topotno izolacioni materijali koji se ponašaju kao same parnebrane (transparentne topotne izolacije i vakuum izolacioni paneli), te ne dopuštaju prolaz i akumulaciju vodene pare. Treća grupa topotnih izolacija su kapilarno aktivne topotne izolacije, koje su otvorene difuziji vodene pare, propuštaju paru do postojećeg zida, ali uz pomoć kapilarne strukture imaju mogućnost isušivanja stvorene vlage. Ipak interakcija kapilarno aktivnih izolacionih sistema sa postojećim konstruktivnim elementima nije dovoljno istražena i generalna pravila za rješavanje dodirnih dijelova različitih komponenti ne postoje, kao ni smjernice za rješavanje topotnih mostova, zbog kompleksnih fizičkih procesa koji se dešavaju unutar konstrukcije. [9]

Zbog neistraženosti treće grupe materijala (kapilarno aktivni izolacioni sistemi) razmatreni su samo paropropusni materijali (kalcijum-silikatne topotne izolacije i celijasto staklo) i paronepropusni materijali (transparentne topotne izolacije i vakuum izolacioni paneli).

Sa aspekta otpornosti difuziji vodene pare, pomenuta dva tipa materijala, paropropusni i paronepropusni, se ponašaju različito. Vakuum izolacioni paneli i transparentne izolacije se ponašaju kao barijere, odnosno parnebrane čime dobro zaptivaju unutrašnji prostor dok drugi tip (kalcijum silikati) materijala omogućuje paropropusnost, ali i akumulaciju vodene pare u samom materijalu. Oba sistema se pokazuju kao

efikasni i ne dolazi do značajne pojave kondenza u kontaktu s postojećom konstrukcijom, ali sistemi poput kalcijum-silikatnih ploča pružaju prirodnu regulaciju relativne vlažnosti (RH faktor), čime se stvara ugodniji unutrašnji komfor.

Primjena toplotne izolacije sa unutrašnje strane omotača oduzima korisnu površinu unutrašnjeg prostora, što je naročito značajno kod stambenih zgrada, te inovativni materijali i proizvodi poput vakuum izolacionih panela (VIP) [6] postaju predmet istraživanja zbog njihovog velikog potencijala koji omogućuje značajne uštede u zatvorenom prostoru u poređenju sa ostalim materijalima (kalcijum-silikatima, čelijskim stakлом, pa i transparentnim izolacijama). Pojedina istraživanja dokazuju da primjena VIP materijala u debljini od 12 mm može dovesti do povećanja unutrašnje temperature za oko 1,4° i umanjiti vrijednost U-koeficijenta za 37%. [10]

V. ZAKLJUČAK

Smanjenje potrebne energije za grijanje kod stambenih zgrada iz perioda od austrougarske do 1945. godine, prateći zahtjeve za unapređenjem omotača zgrade prema važećem Pravilniku u Republici Srpskoj, moguće je do 60%. U Bosni i Hercegovini obnova zgrada na navedeni način smanjila bi ukupnu potrebnu energiju za grijanje takvih zgrada za 200000 MWh. Pošto su često zgrade iz tog perioda pod zaštitom, u radu su predstavljeni mogući načini unapređenja vertikalnog neprovidnog omotača, što u budućnosti doprinosi pojašnjavanju tehničkih mjeru kao odgovor na složene fizičke procese unutar konstruktivnih elemenata. Svi korisnici zgrada imaju pravo na ugodan toplotni komfor, što se kod postojećih zgrada obezbjeđuje energetskim unapređenjem omotača. Unapređenje omotača je moguće i kod zgrada pod zaštitom samo se mora obratiti pažnja na tehničke detalje i primjenjene materijale. Paronepropusni materijali primjenjeni na unutrašnjim zidovima zahtijevaju kontrolisano ventilisanje prostora, jer dovode do potpune zaprtenosti unutrašnjeg prostora, ali njihova pojava omogućila je da se značajno ne smanjuje unutrašnji prostor. Dok se kod paronepropusnih materijala difuzija vodene pare slobodno kreće unutar zida, ali zauzima 5 puta više prostora od prethodno navedenih (min. 10 cm paronepropusni materijali – kalcijum-silikat, u odnosu na max. 2 cm paronepropusnih materijala – Vakuum izolacioni paneli i sl.). Pored iznesenog doprinosa, ovaj rad je i podloga za buduća istraživanja koja će se baviti providnim elementima omotača zgrade, horizontalnim neprovidnim elementima, detaljima rješavanja termičkih mostova uslijed unutrašnjeg toplotnog izolovanja i daljim istraživanjem savremenih materijala namjenjenih unutrašnjem toplotnom izolovanju.

LITERATURA

- [1] Arnautović-Aksić D., Burazor M., Delalić N., Gajić D., Gvero P., Kadrić Dž., Kotur M., Salihović E., Todorović D. i Zagora N., „Tipologija stambenih zgrada Bosne i Hercegovine“, Sarajevo: Arhitektonski fakultet Univerziteta u Sarajevu, 2016.
- [2] M. Nišandžić, Tipologija javnih zgrada Bosne i Hercegovine, UNDP BIH (2017), pp. 29-31. [Na mreži]. Dostupno: https://issuu.com/unitednations_bih/docs/tipologija_javnih_zgrada_u_bosni [Poslednji pristup 13 9 2019].
- [3] Zakon o uređenju prostora i građenju Republike Srpske, Sl. gl. 40/13
- [4] Đ. Mikić., Banja Luka: kultura građanskog društva. Banjaluka: Institut za istoriju, 2004
- [5] Remmers, „Technical Data Sheet - iQ-Therm 30 / 50 / 80 - Capillary-active, rigid PUR foam panels for the construction of highly thermal insulating, diffusion-open, interior insulation with capillary transport of moisture,“ [Na mreži]. Dostupno: http://www.remmers.co.uk/fileadmin/doc/tm/TM1_0241_EN.pdf. [Poslednji pristup 16 9 2019].
- [6] M. Hegger, V. Auch-Schwell, M. Fuchs i T. Rosenkranz, Construction Materials Manual, Munich, Germany: Birkhäuser Edition Detail, 2006.
- [7] M. -. d. leaflet, „Multipor flat roof insulation,“ [Na mreži]. Dostupno: <https://www.multipor.com/multipor-flat-roof-insulation.php>. [Poslednji pristup 16 9 2019].
- [8] R. Walker i S. Pavia, „Thermal and moisture monitoring of an internally insulated historic brick wall,“ *Building and Environment* 133, 2018.
- [9] SHC TASK 47: renovation of nonresidential buildings towards sustainable standards; SUBTASK C: assessment of technical solution and operational management in case studies, Sandvika, Norway; Freiburg, Germany: Solar Heating and Cooling programme - International Energy Agency, 2015.
- [10] S. Fantucci, E. Fenoglio, G. Grossi, V. Serra, M. Perino, V. Marino i M. Dutto, „Development of an aerogel-based thermal coating for the energy retrofit and the prevention of condensation risk in existing buildings,“ *Science and Technology for the Built Environment*, 2019.

ABSTRACT

Although the protected buildings do not fall under energy certification of the current law, there are ways to upgrade them to provide comfort for their users, and thus create significant energy savings. The paper deals with the analysis of multi-family residential example in the central city area - the Officials pavilion, that is protected by the Republic Institute for the Protection of the Cultural, Historical and Natural Heritage of the RS, as part of the ambient whole, whose improvement of the envelope can save about 58% of the required heat energy. Following the parameters of the energy characteristics, possible variants of the technical solution for the improvement of the vertical non transparent envelope (facade wall) are presented, in accordance with the adequate physical characteristics of contemporary materials and with approach to keep the historical integrity of the building.

ENERGY RENEWAL POSSIBILITIES OF THE VERTICAL NON-TRANSPARENT BUILDING ENVELOPE ACCORDING TO THE LEVEL OF THE HERITAGE PROTECTION

Darija Gajić, Slobodan Peulić, Milica Malešević