

Unapređenje poda na tlu postojeće zgrade u Banjoj Luci savremenim toplotno izolacionim materijalom

Darija Gajic¹, Biljana Antunovic¹, Diana Stupar¹

¹Univerzitet u Banjoj Luci, Arhitektonsko-građevinsko-geodetski fakultet, Banja Luka, Republika Srpska
darija.gajic@aggf.unibl.org, biljana.antunovic@aggf.unibl.org, diana.stupar@aggf.unibl.org

Sažetak — U radu su analizirana mjerena vršena u decembru 2015. godine, a proračunom toplotnih karakteristika omotača predložene su mogućnosti njihovog energetskog unapređenja u skladu sa Pravilnikom o minimalnim zahtjevima za energetske karakteristike zgrada Republike Srpske, koji je na snazi od 2016. godine. Poseban osvrт je dat na prikaz tehničkih detalja unapređenja poda na tlu primjenjujući savremene toplotne izolacione materijale materijale EPS, XPS i VIP.

Ključne riječi—EPS, XPS, VIP, tehnički detalji omotača, energetske karakteristike zgrada

I. UVOD

Obnova postojećih javnih zgrada sa aspekta energetske optimizacije zasniva se na strategijama i konceptima održivog razvoja, ako već isti nisu spovedeni kroz zakonske propise. Donošenju legislativa o energetskoj efikasnosti u zgradarstvu na područje Republike Srpske, a i područje Bosne i Hercegovine, prethodili su zahtjevi iz Direktiva EU o energetskim performansama zgrada. Kontinuirana istraživanja na Univerzitetu u Banjoj Luci (Arhitektonsko-građevinsko-geodetski fakultet i Mašinski fakultet) pokazuju da nije adekvatno preuzimati podatke i parametre iz standarda EU, jer svaka zemlja ima svoje osobenosti.

U zavisnosti od toga u koje se svrhe radi audit/pregled zgrada: u svrhu energetske certifikacije zgrade ili stvarne uštude energije (za postojeću zgradu), certifikovani auditor vrši procjenu koliko će biti detaljni ili pojednostavljeni parametri za proračun $Q_{H,nd}$ – godišnje potrebne toplotne energije za grijanje – indikator energetske efikasnosti u zgradama (indikator za energetski certifikat) za područje Republičke Srpske i Bosni i Hercegovini. U svrhu energetskog certifikovanja zgrada, pravilnici zahtijevaju da se minimalne procijenjene energetske karakteristike zgrada baziraju na vrijednostima iz projektne dokumentacije zgrade. Kod detaljnih energetskih audita, kada investitor želi prikaz stvarne potrošnje energije, te uopšte moguće tehničke mjere na uštedi energije, neophodno je da auditor svojom kompetentnošću odluci da li će se vršiti mjerena i analize na omotaču zgrade, unutrašnje temperature u zgradi i potrošnje energije. Ako zgrada ne posjeduje mjerač potrošnje energije neophodno je da se mjerena vrše i na ostalim tehničkim sistemima unutar zgrade (procjene efikasnosti sistema). Gore navedeni pravilnici, koji su na snazi, ne zahtijevaju da se kod postojećih zgrada u svrhu energetskog certifikovanja moraju vršiti mjerena. Istraživanja autora [1], [2], [3], [4] ukazuju da se

pravilnici moraju unaprijediti i da se za postojeće zgrade moraju uvesti obavezna mjerena na omotaču zgrade.

Nakon donošenja legislative u oblasti energetske efikasnosti u zgradama, sprovedena su istraživanja i objavljena dva dokumenta Tipologija stambenih zgrada Bosne i Hercegovine [5] i Tipologija javnih zgrada Bosne i Hercegovine [6], gdje je prikazana potrebna energija za grijanje (trenutni indikator energetske efikasnosti u Bosni i Hercegovini) postojećeg građevinskog fonda, kroz njegovu strukturu prema periodu izgradnje i vrsti zgrada. Osim ukupnih podataka za Bosnu i Hercegovinu, prikazani su i podaci po entitetima Bosne i Hercegovine.

Prema podacima iz navedenih Tipologija u Bosni i Hercegovini ima ukupno 861.965 stambenih i 7.600 javnih zgrada. Od tog broja Republički Srpskoj pripada 331.589 stambenih zgrada sa $39.846.631 \text{ m}^2$ korisne površine za grijanje i 2.908 javnih zgrada sa ukupnom korisnom površinom za grijanje od $3.614.839 \text{ m}^2$. Podaci pokazuju da je u Republičkoj Srpskoj 0,89% javnih zgrada dok prema ukupnoj korisnoj površini za grijanje javnim zgradama pripada 8,32%. Na osnovu procjena iz objavljenih podataka u Tipologijama potrebna energija za grijanje svih zgrada u Republičkoj Srpskoj je 8.427.652 MWh, od čega 7.729.138 MWh pripada stambenim zgradama, a 698.514 MWh javnim zgradama. Prema istraživanjima objavljenim u Tipologiji javnih zgrada, za sva obdaništa/vrtiće u Republičkoj Srpskoj potrebna energija za grijanje je 10.914 MWh, odnosno 1,56% od ukupne potrebne energije namijenjene javnim zgradama. U radu je predstavljeno koliko je moguće smanjenje potrebne energije za grijanje pri obnovi cijelokupnog omotača karakterističnog uzorka postojećeg vrtića u Banjoj Luci za dostizanje minimalnih zahtjeva za energetskim karakteristikama zgrada prema važećem Pravilniku u Republičkoj Srpskoj.

Rad pokazuje da je pojmom savremenih materijala postalo moguće energetsko unapređenje poda na tlu kao elementa omotača, koji do sad nije razmatran, jer je u Pravilniku u članu 34. navedeno, da se ne primjenjuje energetsko unapređenje na elementima konstrukcije „poda na tlu i plafonu prema negrijanom dijelu zgrade ili spoljašnjem prostoru, koji se obnavlja ili dograđuje samo na strani grijane prostorije“. Zbog toplotne ugodnosti korisnika vrtića, djece, koja provode više od 50% svoga boravka u vrtiću na podu, u radu je prikazano moguće rješenje energetskog unapređenja poda na tlu. Na konkretnom primjeru transmisioni gubici prema podu su oko 18.5% u odnosu na ukupne transmisione gubitke cijelovitog omotača.

II. ZNAČAJ TOPLOTNOG OMOTAČA U ENERGETSKOJ EFKASNOSTI U ZGRADAMA

Značaj omotača kod zgrada, kod kojih je moguće prirodno ventilisanje i prirodno osvjetljenje (sve vrste stambenih zgrada i pojedine vrste zgrada javne namjene – vrtići, škole), treba i dalje da se unapređuju indikatorom potrebne energije za grijanje, jer tada se i energetska optimizacija, kao i obnova postojećih zgrada može adekvatno sprovesti. Faktori koji utiču na energetsku optimizaciju postojećih zgrada jesu važeće strategije, koncepti i zakonski propisi. Zgrade su kompleksni sistemi i dijele se u više kategorija prema namjeni, načinu korištenja i energetskoj potrošnji, pa i njihova energetska analiza zahtijeva multidisciplinarni tim stručnjaka. Pred arhitekte, kao nosioce planiranja i projektovanja zgrada, postavlja se direktni problem kako energetsku efikasnost postojećih zgrada izvesti na omotaču zgrade, ključnom elementu zgrade koji utiče na kvalitet klimatskih uslova unutrašnjeg prostora (toplinski komfor), zatim na obezbjeđivanje svježeg vazduha (vazdušni komfor), prirodnog osvjetljenja (svjetlosni komfor) i zaštite od buke (zvučni komfor), te energetski bilans zgrade.

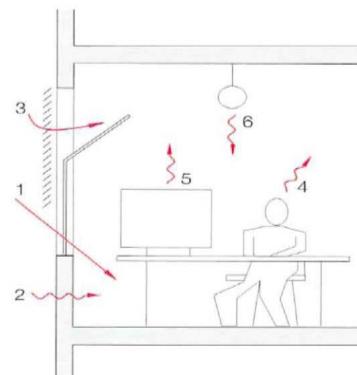
Brojni su zahtjevi postavljeni pred omotač zgrade „Sl. 1“, graničnu površinu u kojoj se odvijaju sve interakcije između spoljašnjih ambijentalnih uslova i unutrašnjeg prostora potrebnog korisnicima, koji provode više od 80% svoga života unutar izgrađenog prostora. Spoljašnji uticaji na omotač zgrade (uticaji specifični za lokaciju) su: sunčev zračenje, temperature, vlažnost, oborine i vjetar. Unutrašnji faktori koji utiču na omotač zgrade, odnosno osnovni zahtjevi koje omotač treba da obezbijedi unutrašnjem prostoru su: ugodna temperatura/vlažnost vazduha, količina i kvalitet svjetlosti, brzina izmjene vazduha/snabdjevanje svježim vazduhom, ugodno kretanje vazdušne mase i ugodan nivo zvuka.

SPOLJAŠNJI UTICAJI	OMOTAČ ZGRADE	UNUTRAŠNJI UTICAJI
SUNČEVA SVJETLOST	OSOBINE	TOPLOTA
Intenzitet sunčevog zračenja	Transparentnost	Unutrašnja temperatura vazduha
Ugao sunčevog zračenja	Prozračnost	Priješćena temperatura okolnih površina
Osvjetljenost	Tamnoća	Temperatura okolnih površina
Topografija terena	Prolaz topote	Temperatura dolaznog svježeg vazduha
Izgradeno okruženje	Ukupan prolaz energije	Brzina dolaznog svježeg vazduha
Vegetacija	Težina	Unutrašnja vlažnost vazduha
VAZDUH	Zvučna apsorpcija	Vlažnost dolaznog svježeg vazduha
Temperatura vazduha	Topinski kapacitet	Kretanje vazduha
Vlažnost	Difuzija vodene pare	AKUSTIKA/ZVUK
Brzina vazduha	FUNKCIJE ZAŠTITE	Nivo buke
Smjer vjetra	Vlag	Obuhvat akustike
Kvalitet vazduha	Vjetar	Vrijeme povratnog zvuka
Zvuk	Toplota zaštita zimi	VIZUELNOST
Atmosferske padavine	Toplota zaštita ljeti	Direktno sunčev zračenje
ZEMLJA	Zaštita od sunca	Upadni ugao svjetlosti
Temperatura zemlje	Zaštita od buke	Osvjetljenost
Tačka temperature roze	Privatnost	Jaćina svjetlosti
Toplotna masa zemlje	FUNKCIJE KOJE OBEZBJEĐUJE	Kontrast, odbljesak
	Prirodno osvjetljenje	Faktor osvjetljenosti
	Prirodna ventilacija	Samostalnost svjetlosti
	Vizure	Izlaganje bojama okoline
	Pasivni topotni dobici	Vizure
	Aktivni topotni dobici	MIRIS
	Proizvodnja električne energije	Brzina izmjene vazduha
		Kvalitet vazduha

Sl. 1. Omotač zgrade kroz uticajne faktore, osobine i funkcije, izvor: Hegger M., Fuchs M., Stark T., Zeumer M., *Energy Manual: sustainable architecture*, 2008., str.83

Omotač zgrade treba da: održava toplotu (danas i raznim pasivnim sistemima i da stvara toplotu), sprijeći pregrijavanje prostora, decentralizuje ventilaciju i omogući korištenje dnevne svjetlosti.

Omotač zgrade u umjernim i hladnim klimatskim zonama mora garantovati zadovoljavajući unutrašnji toplotni komfor kada je spoljašnja temperatura veoma niska. Primarni cilj je obezbijediti toplotni komfor uz održavanje toplotnog bilansa kroz cijelu godinu koji je u specifičnom odnosu između toplotnih gubitaka (transmisionih i ventilacionih) i toplotnih dobitaka (aktivnim i pasivnim korištenjem solarnog zračenja i unutrašnji dobici od rasvjetnih tijela, ljudi-korisnika i električnih uređaja), „Sl. 2“.



Sl. 2. Spoljašnji uticaji kroz omotač zgrade zajedno sa unutrašnjim uticajima na unutrašnji komfor i toplotni bilans zgrade, izvor: Hegger M., Fuchs M., Stark T., Zeumer M., *Energy Manual: sustainable architecture*, 2008., str.96

Pri obezbjeđivanju toplotnog komfora u zimskom periodu unapređujući toplotne karakteristike omotača, elementi koji moraju biti u skladu, izuzimajući aktivno solarno dobijanje toplotne energije, su:

- optimizacija površine i geometrije omotača,
- toplotna izolacija neprovidnih komponenti omotača,
- toplotna izolacija transparentnih komponenti omotača,
- pasivno korištenje solarnog zračenja,
- minimiziranje ventilacionih toplotnih gubitaka.

Nedostatak projektanata i stručnjaka iz oblasti energetske efikasnosti u zgradarstvu, pri određivanju parametara energetske efikasnosti u postojećim zgradama i uopšte poznavanja fizičkih procesa kroz omotač, dovodi do prepreka pri osmišljavanju adekvatne energetske optimizacije, odnosno određivanja energetski efikasnih mjera pri obnovi zgrada.

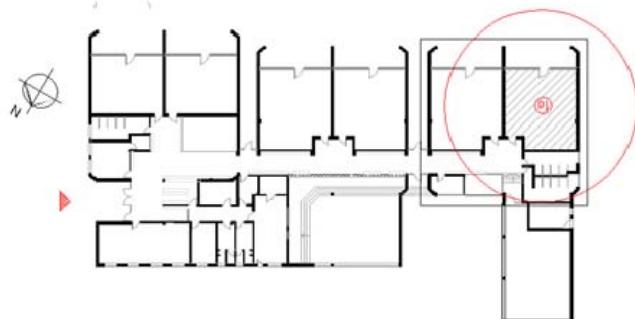
III. UPOREDNA ANALIZA POSTOJEĆEG STANJA OMOTAČA I NJEGOVOG UNAPREĐENJA ZA VRTIĆ „NEVEN“ U BANJOJ LUCI

Pri analiziranju postojećeg stanja omotača, ako je to u svrhu određivanja indikatora energetske efikasnosti zgrade, odnosno potrebne energije za grijanje i ako nije bilo izmjena na omotaču, osnova je postojeća projektna dokumentacija. U slučaju da su postojale izmjene na omotaču, a da nisu zabilježene ili ako ne postoji projektna dokumentacija

neophodno je izvršiti mjerena na omotaču. Mjerena energetskih karakteristika na omotaču i na ovom konkretnom primjeru vrtića pokazala su odstupanja od projektne dokumentacije.

A. Postojeće stanje omotača

Energetske karakteristike omotača sagledane su iz postojeće projektne dokumentacije „Sl. 3“, gdje je navedeno da je objekat projektovan kao skeletna armirano – betonska konstrukcija.

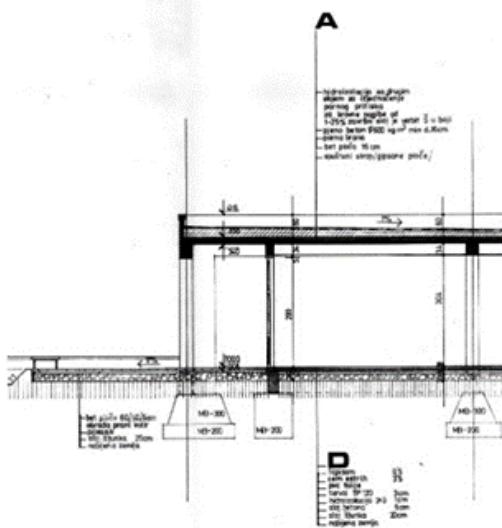


Sl. 3. Osnova vrtića „Neven“, izvor: autori

Zgrada vrtića je izvedena na temeljima samcima, marke betona MB 20 i MB 30 širine 40 cm. Podloga je urađena nasipanjem sloja šljunka debljine 20 cm na nabijenu zemlju, a na njemu je izvedena donja betonska ploča debljine 6 cm. Na postojeću ploču je postavljena hidroizolacija, a zatim sloj termoizolacije „tervol TP 120“ debljine 3 cm. Na slojevima ispod grupnih soba i praktikuma je izведен još samo estrih debljine 3.5 cm i završna podna obloga, dok je u hodnicima izведен još sloj betona armiran mrežom Q-92 debljine 4.5 cm sa završnim slojem epoksidnom smolom. Završne obrade su epoksidna smola, parket, keramičke pločice, laminat i cementna glazura. Prosječna vrijednost U-koef. poda iznosi 1.12 W/m²K, dok je dominantan pod u vrtiću sa završnom obradom od laminata, te je njegova vrijednost 0.80 W/m²K, „Sl. 4“.

Krov je izведен kao neprohodni ravan krov, minimalnog nagiba 1.0% sa hidroizolacijom i završnim slojem od pijeska u punoj površini objekta. Pjenobeton je izведен u minimalnoj debljini od 16 cm na armirano betonskoj konstrukciji. Obrada stropova je mjestimično od gipsanih ploča, a negde od HD smjese. Zbog kondenzacije, rekonstrukcija ravnog krova je urađena 1997. godine i slojevi poslije rekonstrukcije ostaju nepromijenjeni. Prosječna vrijednost U-koeficijenta krova iznosi 0.77 W/m²K. Svi armirano – betonski vanjski elementi su zbog toplotnih zahtjeva iz tog perioda, obloženi heraklitom debljine 5 cm, te je njihova projektna vrijednost U-koeficijenta 1.04 W/m²K. Dominantan je fasadni zid od blok opeke 29 cm obostrano omalterisane produžnim malterom koji ima projektnu vrijednost U = 1.42 W/m²K. Prosječna vrijednost U-koeficijenta svih fasadnih zidova na vrtiću iznosi 1.47 W/m²K. Postojeći prozori na vrtiću izvedeni su kao dva spojena drvena okvira, svaki okvir zastavljen sa jednostrukim stakлом („krilo

na krilo“) sa procijenjenom U-vrijednošću od 3.55 W/m²K.



Sl. 4. Dio presjeka vrtića „Neven“ iz originalne projektne dokumentacije iz 1974. godine, izvor: Arhiv Grada Banja Luka

Infiltracija vazduha zbog starosti prozora i otvora na više fasadnih zidova koji su izloženi vjetru procijenjena je na 0.70 1/h.

B. Unapređeno stanje

Pravilnikom o minimalnim zahtjevima za energetske karakteristike zgrada u Republici Srpskoj, za omotač zgrade su propisani najveći dozvoljeni U-koeficijenti. Za postojeći vrtić, koji ima karakterističan element konstrukcije pod na tlu, propisano je $U = 0.30 \text{ W/m}^2\text{K}$. U ovom istraživanju prikazano je njegovo adekvatno energetsko unapređenje. Vrtić posjeduje ravan krov, za koji se zahtjeva veoma nizak U-koeficijent od $0.20 \text{ W/m}^2\text{K}$. Gore navedeno podrazumijeva dodavanje toplotne izolacije od 14 cm sa $\lambda=0.035 \text{ W/mK}$ i svih novih slojeva ravnog krova, kao i toplotno izolovanje cijelog nazitka na ravnom krovu. Za fasadne zidove i dostizanje $U=0.30 \text{ W/m}^2\text{K}$ neophodno je dodavanje toplotne izolacije od 10 cm sa $\lambda=0.041 \text{ W/mK}$ i završnih slojeva fasade, te sa pravilnom izradom preklopa toplotne izolacije oko spoja okvira novih prozora i zidova zbog rješavanja linijskih toplotnih gubitaka - toplotnih mostova. Za prozore dostizanje $U_w=1.60 \text{ W/m}^2\text{K}$ podrazumijeva zamjenu starih prozora, novim prozorima (okviri $U_f=1.30 \text{ W/m}^2\text{K}$ sa termoizolacionom jedinicom zastakljena $U_g=1.10 \text{ W/m}^2\text{K}$ i sa distancerom $\Psi=0.06 \text{ W/mK}$), te je neophodno ugraditi po RAL sistemu i zbog pravilnog rješavanja spoja doprozornika sa zidom i sprječavanja infiltracije vazduha, vodonepropusnosti, a paropropusnosti. Za navedeno unapređenje očekuje se dobra zaptivenost omotača i procjena infiltracije vazduha od 0.50 1/h. Unapređeno stanje vrtića podrazumijeva i obezbjeđivanje toplotnog komfora i dostizanje unutrašnje temperature od 22°C.

C. Uporedna analiza i rezultati

Analizom energetskog unapređenja postojećeg omotača zgrade vrtića „TABELA I“ moguće je smanjiti potrebnu energiju za grijanje za oko 70% (sa 249.00 kWh/m^2 na 74.40 kWh/m^2).

TABELA I. UPOREDNA ANALIZA PROJEKTNIH I PREPORUČENIH VRIJEDNOSTI ZA POSTOJEĆI VRTIĆ „NEVEN“

Postojeći vrtić "Neven"			
PERIOD			1955 - 1980 (1974)
GRIJANA POVRŠINA			1014 m ²
BROJ SPRATOVA			P
GRIJANI VOLUMEN			3044 m ³
Toplotni kapacitet	Wh/m ² a	72	
Metabolička toplošta	W/m ²	7	20
		projektna	preporučena
U-koef. ZIDOVNI	W/m ² K	1.47	0.30
U-koef. PROZORI	W/m ² K	3.55	1.60
U-koef. KROV	W/m ² K	0.77	0.20
U-koef. POD	W/m ² K	1.12	0.30
g-koef.	-	0.77	0.61
A/V odnos - faktor oblika	-	0.94	0.94
Infiltracija/izmjena vazduha	h^{-1}	0.70	0.50
		projektna	preporučena
Unutrašnja temperatura	°C	20.0	22.0
Doprinos od ventilacije	kWh/m ² a	0.00	
Doprinos od korisnika	kWh/m ² a	5.93	33.92
Rasvjeta i razni uređaji/električna energija	kWh/m ² a	5.80	17.40
POTREBNA ENERGIJA ZA GRIJANJE	kWh/m ² a	249.00	74.40

U Pravilnicima nije navedena adekvatna okupiranost/broj korisnika za ovakve namjene zgrade, te je procjena i prijedlog preporučenih vrijednosti izvedena na osnovu stvarnog stanja u vrtićima u Banjoj Luci. Osim toga, kako u Pravilnicima vrtići nisu posebna vrsta zgrade, projektanti se vode zgradama namjenjenim obrazovanju, gdje je navedena unutrašnja projektna temperatura u zimskom periodu od 20°C , dok bi preporučena projektna temperatura u vrtićima trebala biti 22°C .

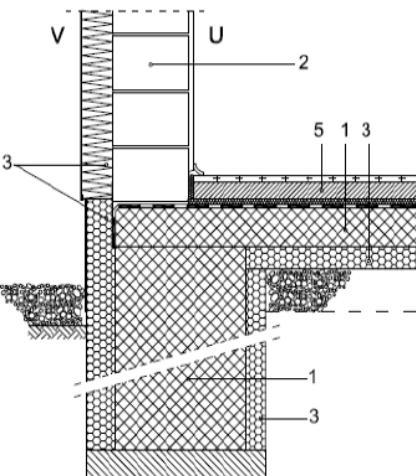
IV. UNAPREĐENJE PODA NA TLU SA SAVREMENIM MATERIJALIMA

Svi navedeni parametri preporučenog unapređenja omotača vode se vrijednostima dozvoljenih U-koeficijenata koji su navedeni u Pravilniku. Kako je kod postojećih zgrada najteže dostići U-koeficijent za pod, zbog problema sa ugrožavanjem svijetle visine prostora, neophodno je predstaviti moguće načine njegovog unapređenja kroz tehničke detalje i primjenu materijala. Trenutno u Pravilniku u članu 34. je navedeno da se kod postojećih zgrada ne mora unapređivati pod na tlu i plafon prema negrijanom dijelu zgrade, što može postati pravilo na način da u budućnosti niko ne unapređuje navedene elemente omotača, a koji ako se ne unaprijede ne mogu korisnicima prostora obezbijediti ugodan i konstantan toplotni komfor.

U katalogu toplotnih mostova propisana je pozicija toplotne izolacije „Sl. 5“, koju je moguće izvesti samo pri gradnji

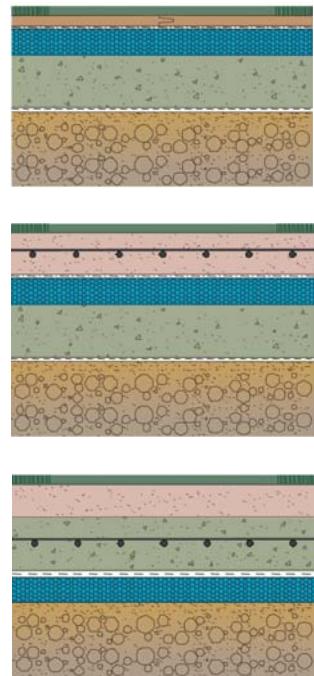
novih zgrada. Toplotna izolacija postavlja se oko cijele osnovne konstrukcije da bi se sprječili toplotni mostovi, te nalazi se ispod armirano betonske ploče poda na tlu. Kod ovakvih rješenja neophodno je korištenje ekstrudiranog polistirena – XPS-a, jer osim sprječavanja toplotnih mostova, ova izolacija štiti konstrukciju od prodora vode i vlage iz tla.

Na području Bosne i Hercegovine, a i u okruženju, u ovim pozicijama zgrade, najčešća je primjena toplotne izolacije od ekstrudiranog polistirena – XPS.



Sl. 5. Detalj toplotnog izolovanja temelja i poda na tlu, izvor: Katalog toplotnih mostova u Tehničkom propisu Hrvatske, 2015.

Kod poda na tlu moguće je projektovati i izvesti postavljanje toplotne izolacije u tri varijante u zavisnosti da li je ploča na tlu betonska ili armirano betonska, kao i od završnih slojeva poda „Sl. 6“.



Sl. 6. Varijante slojeva poda na tlu, izvor: Dow Chemical Company, ThermalInsulation.pdf, 2012

U I varijanti toplotna izolacija je iznad betonske ploče na koju je postavljena parna brana kao odvajajući sloj i drvene ploče kao sloj za prenošenje opterećenja – podloga za završne slojeve poda. U II varijanti takođe je toplotna izolacija iznad betonske ploče nakon koje se postavlja parna brana, pa armirana cementna košljica kao podloga za završne slojeve poda. Dok je u III varijanti toplotna izolacija ispod armirano betonske ploče, varijanta koja je karakteristična za nove zgrade u skladu sa prethodno prikazanim detaljem.

Pri unapređenju postojećih podova moguće je korištenje I i II varijante i pri ovakvom rješavanju moguća je primjena svih savremenih toplotnih izolacija.

Kod predmetnog vrtića karakteristični slojevi poda su prikazani u „TABELA II“.

TABELA II. POSTOJEĆA PROJEKTNA VRJEDNOST U-KOEFICIJENTA DOMINANTE VRSTE PODA U VRTIĆU „NEVEN“

Br. sloja	Naziv sloja	d [cm]	λ [W/mK]	d/λ [m ² K/W]
1	laminat	0.80	0.210	0.038
2	PE filc	0.20	0.120	0.017
3	cementni estrih	3.50	1.400	0.025
4	PVC folija	0.5	0.190	0.026
5	kamena vuna	3	0.041	0.732
6	hidroizolacija	1	0.190	0.053
7	betonska podloga	6	2.040	0.029
8	nabijeni sljunak	20	1.510	0.132
	Rsi	0.170		
	Rse	0.000		
	$\Sigma R =$	1.222		
	$U=1/\Sigma R =$	0.818		

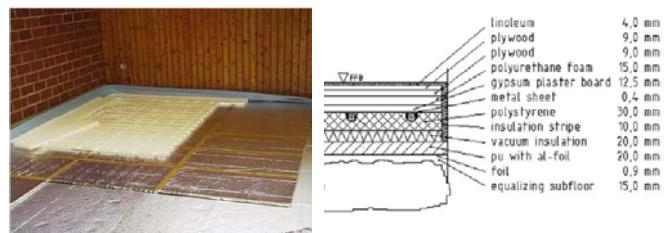
Pri unapređenju poda neophodno je ukloniti sve slojeve do hidroizolacije. Ako je hidroizolacija oštećena neophodno je preko postojeće izvesti novu hidroizolaciju, zatim postaviti toplotnu izolaciju, odvajajući sloj, podlogu i završni sloj poda. Zbog parametra toplotne provodljivosti materijala i dostizanja propisanog U-koeficijenta od 0.30 W/m²K, zahtjevane minimalne debljine toplotne izolacije pri unapređenju konstrukcije poda vrtića u zavisnosti od vrste materijala su:

- ekstrudirani polistiren - XPS ($\lambda = 0.035$ W/mK) d = 10 cm
- ekspandirani polistiren - EPS ($\lambda = 0.041$ W/mK) d = 12 cm
- vakuum izolacionog panel VIP ($\lambda = 0.007$ W/mK) d = 2 cm

Postavljanjem toplotne izolacije od VIP-a i vraćanjem identičnih slojeva poda, čak bi se povećala svijetla visina prostora za 1 cm.

Istraživanja su pokazala da je primjena toplotne izolacije od VIP-a korisna kod podnog grijanja „Sl. 7“. Zbog niskog koeficijenta toplotne provodljivosti koji je 5-10 puta manji od tradicionalnih građevinskih materijala, VIP su najbolji toplotni izolatori danas i predstavljaju veliki iskorak u toplotnoj izolaciji zgrada energetski efikasnih zgrada [13]. Posebno su značajni u primjeni kod pasivnih zgrada i zgrada skoro nulte potrošnje energije ili zgrada koje imaju nultu emisiju. Ipak, postoje i nedostaci koje ovi materijali imaju: toplotno-izolaciono svojstvo materijala degradira vremenom, toplotni mostovi se javljaju na ivicama panela (ako panel nije dobro

ugrađen), nije ispitani uticaj na zdravlje, nema sjećanja materijala i prilagođavanja na licu mjesta, energetski je zahtjevan i relativno skup proces proizvodnje [14].



Sl. 7. Primjena VIP-a u podu na tlu sa razvodom grijanja i ostalim neophodnim rasporedom slojeva, izvor: Pär Johansson, *Report in Building Physics*, Gothenburg: Civil and Environmental Engineering, 2012, str.11

V. ZAKLJUČAK

Kroz važeće pravilnike vezane za energetsku efikasnost u zgradama, pod kao dio postojećeg omotača nije tretiran zbog njegovog otežanog energetskog unapređivanja.

Pojavom savremenih toplotnih izolacija, kao što je VIP, moguće je energetsko unapređenje poda, a da se zadrži debljina cijelokupne konstrukcije poda u postojećim okvirima. Međutim, upotreba ovih materijala nije prisutna na predmetnom području istraživanja s obzirom na visoku cijenu na evropskom tržištu i uopšte nepoznavanje upotrebe/ugradivanja materijala na licu mjesta.

Svaka postojeća zgrada, zbog konstantnosti toplotne ugodnosti korisnika, zahtijeva da se energetski unaprijedi konstrukcija poda, a na način da se ne ugroze konstruktivne karakteristike zgrade, te da se u dozvoljenim gabaritima zadrže postojeće dimenzije prostora.

LITERATURA

- [1] B. Antunović, M. Stanković, A. Janković, D. Gajić, D. Todorović, „Mjerenje koeficijenta prolaza toplote zida u zgradi Rektorata univerziteta u Banjoj Luci,“ Međunarodni naučno-stručni skup Savremena teorija i praksa u graditeljstvu, Zavod za izgradnju a.d., Banja Luka, str. 37-46, 2012.
- [2] D. Gajić, „Energetska optimizacija omotača reprezentativnih uzoraka postojećih stambenih zgrada grada Banjaluka“, Beograd – doktorska disertacija, 2014.
- [3] A. Janković, D. Gajić, B. Antunović, „Značaj blower door test-a pri određivanju broja izmjena vazduha na čas“, Međunarodna naučno-stručna konferencija Savremena teorija i praksa u graditeljstvu, Arhitektonsko-građevinski fakultet Univerziteta u Banjoj Luci, 2016, str. 229-236.
- [4] A. Janković, D. Gajić, B. Antunović, S. Čvoro, M. Slijepčević, „Ispitivanje toplotne izolovanosti nove zgrade uprave policije Distrikta Brčko“, U: Branko Blanuša i dr. (ur.) Zborniku radova sa III Naučno-stručnog simpozijuma ENEF 2017, Banjaluka: Univerzitet u Banjoj Luci, Elektrotehnički fakultet, str.15-20, 2017
- [5] D. Arnautović-Aksić, Burazor M., Delalić N., Gajić D., Gvero P., Kadrić Dž., Kotur M., Salihović E., Todorović D. i N. Zagora, „Tipologija stambenih zgrada Bosne i Hercegovine“, Sarajevo: Arhitektonski fakultet Univerziteta u Sarajevu, 2016.
- [6] EN 15217 Energy performance of buildings -Methods for expressing energy performance and for energy certification of buildings s. Brussels, 2007., pp.13-14.

- [7] Pravilnik o minimalnim zahtjevima za energetske karakteristike zgrada Republike Srpske, Sl. gl. RS br. 30/15, str. 4.
- [8] M. Hegger, M. Fuchs, T. Stark and M. Zeumer, „Energy Manual: sustainable architecture“, Basel: Birkhäuser, 2008., pp. 85.
- [9] J. Parasonis, A. Keizikas, A. Endriukaitytė and D. Kalibatiene, Architectural Solutions to Increase the Energy Efficiency of Buildings, Journal of Civil Engineering and Management, Volume 18(1), pp. 71–80, Taylor and Francis, 2012.
- [10] D. Gauzin-Muller, „Sustainable architecture and Urbanism: Concepts, Technologies and Examples“, Basel: Birkhäuser, 2002., pp. 49.
- [11] M. Zbašník-Senegačník, “Pasivna kuća“, Zagreb: SUN ARH d.o.o., 2009.
- [12] K. Lylykangas, „Shape Factor as an Indicator of Heating Energy Demand“, 15. Internationales Holzbau-Forum 09, http://www.forum-holzbau.ch/pdf/ihf09_Lylykangas.pdf
- [13] Bjørn Petter Jelle, 8 - Nano-based thermal insulation for energy-efficient buildings, Editor(s): Fernando Pacheco-Torgal, Erik Rasmussen, Claes-Göran Granqvist, Volodymyr Ivanov, Arturas Kaklauskas, Stephen Makonin, Start-Up Creation, Woodhead Publishing, 2016, pp 129-181,
- [14] R. Baetens, 9 - High performance thermal insulation materials for buildings, Editor(s): F. Pacheco-Torgal, M.V. Diamanti, A. Nazari, C-G. Granqvist, In Woodhead Publishing Series in Civil and Structural

Engineering, Nanotechnology in Eco-Efficient Construction, Woodhead Publishing, 2013, pp 188-206,

ABSTRACT

The paper analyzes measurements performed in December 2015, and using calculated thermal performance of the envelope proposes the possibilities of its energy improvement in accordance with the Rulebook on Minimum Requirements for the Energy Performance of Buildings of the Republic of Srpska that is in force since 2016. Special attention has been given to the presentation of technical details of improvement of the ground floor using modern thermal insulation materials: EPS, XPS and VIP.

IMPROVEMENT OF THE GROUND FLOOR ON THE EXISTING KINDERGARTEN IN BANJA LUKA WITH CONTEMPORARY THERMAL INSULATION MATERIALS

Darija Gajić, Biljana Antunović, Diana Stupar