



**PROCENA STANJA, ENERGETSKA I KONSTRUKCIJSKA SANACIJA ZGRADE
OSNOVNE ŠKOLE "ALEKSA ŠANTIĆ" U GAJDOBRI**

**ASSESSMENT, ENERGY AND STRUCTURAL REHABILITATION OF THE BUILDING
OF ELEMENTARY SCHOOL "ALEKSA ŠANTIĆ" IN GAJDOBRA**

Zorana Zubac, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

Kratak sadržaj – Rad se sastoji od dve međusobno nezavisne celine. Prvi deo rada predstavlja teorijsko-istraživački deo sa temom „Mineralni termoizolacioni materijali“, gde su detaljno opisani neorganski termoizolacioni materijali koji se u obliku ploča mogu koristiti za izolaciju škola. U drugom delu izvršen je vizuelni makroskopski pregled objekta, u cilju utvrđivanja postojećeg stanja. Za objekat je urađen proračun energetske efikasnosti. Na osnovu ovog proračuna i vizuelnog pregleda konstrukcije, date su sanacione mere koje povećavaju trajnost objekta, energetska efikasnost, kao i njegovu usaglašenost sa Pravilnikom o energetske efikasnosti.

Ključne reči: Procena stanja, energetska efikasnost, sanacione mere, zidana konstrukcija

Abstract – This paper consists of two independent parts. The first part is theoretical & research part related to „Mineral thermal insulation materials” where inorganic thermal insulation materials in the form of plates are described in detail. The second part consists of visual macroscopic assessment of condition of the building in order to determine the type and extension of registered damages. Energy efficiency calculation was done for the object. Based on this calculation and visual inspection, the adequate measures for energy renewal and revitalization of this building are given.

Keywords: condition assessment, energy efficiency, repair measures, masonry structure

1. UVOD

Predmetna školska zgrada ima veliki gubitak toplote, a pri tome nema nikakvu termičku izolaciju. Jedno od rešenja za poboljšanje energetske efikasnosti je izvođenje novog termoizolacionog sloja na fasadnim zidovima.

U prvom delu rada opisani su različiti mineralni termoizolacioni materijali koji se, u vidu ploča, mogu koristiti za izolaciju škole, dok drugi deo sadrži: vizuelni pregled procenu stanja konstrukcije, proračun energetske efikasnosti i predloge za termičku i konstrukcijsku sanaciju radi povećanja trajnosti, nosivosti i energetske efikasnosti.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Mirjana Malešev, red. prof.

**2. MINERALNI TERMOIZOLACIONI
MATERIJALI**

Od davnina do danas ljudi su tražili i primenjivali različite prirodne materijale, kako bi boravak u svojim staništima učinili prijatnijim. Problem toplotne izolacije je izuzetno aktuelan i kompleksan u savremenom dobu. Aktuelnost proizilazi iz potrebe za sve većom uštedom energije, a kompleksnost iz velikog broja zahteva koje treba zadovoljiti. Termoizolacija smanjuje toplotne gubitke tokom zime i sprečava pregrejavanje leti.

Analiza objekta, sa aspekta termoizolacije, može se posmatrati kroz tri celine: toplotna zaštita krovne konstrukcije, toplotna zaštita fasadnih zidova i toplotna zaštita delova objekta koji su u kontaktu sa terenom.

Svojstvo na osnovu koga se građevinski materijali svrstavaju u termoizolacione materijale je koeficijent toplotne provodljivosti. Pod termoizolacionim materijalima se podrazumevaju materijali čija je vrednost ovog koeficijenta manja od 0.3W/mK.

2.1. Kamena mineralna vuna

Kamena vuna otkrivena je na Havajskom arhipelagu za vreme erupcije vulkana početkom XX veka. Vulkansku lavu je rashladio i raspršio jak vetar, stvarajući tako paperjasta vlakna. Metod proizvodnje kamene mineralne vune je prvi put patentiran u Americi 1870.god. i do danas se zasniva na sličnim principima: sirovine mineralnog porekla se tope na visokim temperaturama, od njih se dobija rastop koji se raspršuje u vlakna od kojih se kasnije prave ploče kamene vune. Osnovne sirovine za dobijanje kamene vune su stene magmatskog porekla: bazalt, dijabaz, gabro i andezit. Kao korektori sastava koriste se stene sedimentnog porekla i topiničke zgure.

Mineralna kamena vuna je otporna na visoke temperature, dobar je zvučni izolator, paropropusna je, dimenziono stabilna, otporna na hemijske i atmosferske uticaje. Da bi se sprečilo prekomerno upijanje vode, vlakna se hidrofobiziraju silikonskim uljem. Proizvodi mogu biti od neimpregnirane i od impregnirane kamene vune (meke, polutvrde i tvrde ploče).

Koristi se za toplotnu i zvučnu izolaciju fasadnih i pregradnih zidova, kosih krovova u okviru podkrovlja, međuspratnih konstrukcija itd.

2.2. Staklena vuna

Nastanak staklenih vlakana vezuje se za drugu polovinu 20. veka, a početak proizvodnje staklene vune za 1938. godinu. Sve do devedesetih godina XX veka, predstavljala je problematičan materijal koji je u nekim slučajje-

vima sadržao azbest i bila je na listi kancerogenih materijala.

Glavna sirovina za dobijanje staklene vune je kvarcni pesak sa dodatkom recikliranog stakla. Glinenac (feldspat) je druga važna mineralna sirovina u proizvodnji mineralne vune.

Staklena vuna je negoriv materijal (A1 klasa negorivosti), dobar zvučni izolator, paropropusna je. Kako bi se izbeglo veliko upijanje vode, vlakna se hidrofobiziraju silikonskim uljima kroz celu strukturu proizvoda. Na tržištu se može naći samo impregnirana staklena vuna. Proizvodisu u obliku različitih vrsta filceva i u vidu ploča (meke, polutvrde i tvrde). Koristi se za izolaciju pregradnih zidova, međuspratnih i podnih konstrukcija, kao i u sklopu rešenja fasadnih zidova kao ventilisanih, neventilisanih i kontaktnih sistema.

2.3. Čelijasto staklo

Kao materijal je ekološki prihvatljiv i izuzetno lagan. Otporan je na vlagu, spada u prave termoizolacione materijale ($\lambda=0.04-0.05$) i dobar je zvučni izolator. Posедуje svojstvo vatrootpornosti. Zbog zatvorene strukture, ne upija vodu i ne propušta vodenu paru. Izrađen je od 100% recikliranog stakla. U procesu proizvodnje dodaju mu se aktivatori koji pospešuju reakciju koja materijalu daje veću čvrstoću.

Čelijasto staklo može se upotrebiti na različitim javnim, stambenim, industrijskim i infrastrukturnim objektima. Koristi se za izolaciju zidova, podova i krovova, a može i za izolaciju podruma. Najveći nedostatak ovog materijala je visoka cena.

2.4. Gas-betoni

Najznačajniji korak ka današnjem gas-betonu napravio je švedski arhitekta Aksel Erikson (Axel Eriksson) 1923. god, kada je otkrio da aerirani materijal može lako da podnese očvršćavanje pod visokim pritiskom, u povećanoj vlažnosti i pri visokoj temperaturi – autoklaviranje.

Gas-betoni se dobijaju od: portland cementa, hidratisanog kreča, kvarcnog peska, vode i praha aluminijuma koji služi za obrazovanje pora. Proizvodi od gas-betona su razne vrste blokova za zidanje i ploča koje se mogu armirati. Zahvaljujući poroznoj strukturi ima dobre termoizolacione karakteristike, a dobar je i kao zvučni izolator. Negoriv je i paropropustan.

2.5. Multipor termoizolacione ploče

Sastoje se od prirodnih sirovina: kreča, peska, cementa i vode. Prednosti YTONG Multipor ploča (Slika 1) su sledeće: mineralni sastav, masivnost, otporne na požar, paropropustive, mali koeficijent toplotne provodljivosti, zadovoljavajuća čvrstoća na pritisak, reciklirajuće, itd. Izborom YTONG Multipor ploča obezbeđeni su uslovi koje energetska sanacija mora da zadovolji, a dati su Pravilnikom o energetske efikasnosti zgrada.

Mogu da se koriste za: termoizolaciju zidova sa spoljne i unutrašnje strane, termoizolaciju tavanica, rešavanje problema sa termičkim mostovima na skeletnim konstrukcijama.



Slika 1. Multipor ploča

Za energetske sanacije škole odabran je baš ovaj materijal.

2.5. Termoizolacioni malteri

Pod TI malterima podrazumevaju se kompozitni materijali male zapremine mase. Smanjenje zapremine postiže se na dva načina: korišćenjem lakog agregata (punioca) ili povećanjem poroznosti. U praksi se za spravljanje TI maltera za malterisanje fasadnih zidova najčešće koristi ekspanzirani perlit kao pesak, veličine zrna do 1mm.

Osnovna svojstva TI maltera su posledice velike poroznosti i male zapremine mase. Imaju malu toplotnu provodljivost i niske mehaničke osobine. Osnovni nedostatak većine TI maltera je veliko upijanje vode i što su ograničeni na debljine do 5cm.

3. PROCENA STANJA ZGRADE

3.1 Tehnički opis

Zgrada osnovne škole je nivelaciono izgrađena kao objekat spratnosti Po+P+1 (podrum + prizemlje + sprat). (Slika 2). Objekat je u osnovi nepravilnog oblika, maksimalnih dimenzija 23.30 x 43.20m. Škola raspolaže sa tri ulaza orijentisanih na istočnoj, zapadnoj i severnoj strani, s tim da ulaz sa severne strane više nije u funkciji. Sa dvorišne strane je naknadno dozidana kotlarnica.

Centralna zgrada škole je delimično na tlu, a delimično ima podrum. Podrum nema posebnu namenu i odavno nije u funkciji.

Učionice su locirane sa ulične strane, a hodnik iz kojeg se ulazi u učionice je sa dvorišne strane. Centralnim stepeništem se iz hodnika odlazi na prvi sprat, gde je raspored učionica takođe sa ulične strane, a hodnik sa dvorišne. U prizemlju objekta nalazi se fiskulturna sala koja je u odnosu na kotu prizemlja ukopana 1.6 m. Čista visina učioničkog prostora je 4.18 m.

Škola je izvedena kao zidani masivni objekat sa zidovima od opeke starog formata. Konstruktivni sistem je masivni sistem sa nosećim zidovima u oba pravca.

Škola je fundirana na temeljnim trakama. Temeljne trake su zidane od pune opeke starog formata. Dubina fundiranja je 2.80m.



Slika 2. Izgled objekta

Podna ploča u podrumu je od nearmiranog betona MB110 (MB10), debljine 25cm i izvedena je direktno na tlu, dok su podne ploče prizemlja izvedene na prethodno pripremljenoj podlozi.

Prvo je izveden sloj šljunka 20cm, sloj peska 10cm i onda podna ploča debljine 10cm od nabijenog betona (MB110). Ploča ispod ugljare i kotlarnice je puna AB ploča MB25 i debljine 25cm.

Međuspratna konstrukcija je izvedena od čeličnih I nosača postavljenih na međusobnom razmaku od 2.10m, raspona 6.30m iznad učionica i 2.80m iznad hodnika. Ispuna između I nosača je betonska ploča, ojačana glatkom armaturom u gornjoj i donjoj zoni. Debljina betonske ploče iznad podruma je 25cm, a iznad prizemlja i sprata je 20cm.

Stepenište je dvokrako armiranobetonsko marke betona MB30. Stepenišna ploča je debljine 20cm i armirana je glatkom armaturom $\phi 12/15$ i podeonom armaturom $\phi 10/15$.

Krovna konstrukcija je drvena, izvedena u sistemu dvostruke vešaljke.

3.2 Procena stanja objekta

Provera geometrije objekta je urađena merenjem visine i dimenzija zgrade u osnovi, kao i utvrđivanjem dimenzija svih elemenata (nosećih i nenosećih zidova, otvora itd). Urađen je detaljan vizuelni pregled, gde je uključeno snimanje položaja i veličine oštećenja. Oštećenja su zabeležena fotografijama.

Vizuelnim pregledom ustanovljeno je da objekat nije često održavan, ali i da dug vremenski period eksploatacije je jedan od uzročnika nastalih oštećenja.

Na fasadnim površinama došlo je do znatnog ljuaskanja i otpadanja dekorativnog sloja i, u manjoj meri, maltera. Pukotine i prsline postoje praktično na svim fasadnim površinama, a najveći broj ih je lociran u zoni oko otvora. Na pojedinim zidovima prisutna je i kristalizacija soli.

U podrumu objekta su najviše izražena oštećenja zidova od vlage, ljuaskanje i otpadanje maltera u velikom procentu. Jedan deo ploče prizemlja se između dva I nosača obrušio u podrum (Slika 3). Vizuelnim pregledom uočeno je da su I nosači i armatura korodirali.

Detaljnim vizuelnim pregledom i analizom oštećenja može se zaključiti da je objekat u lošem stanju.



Slika 3. Urušen deo ploče iznad prizemlja

Nosivost objekta na globalnom nivou nije smanjena, ali lokalno jeste – na nivou međuspratnih konstrukcija. Stabilnost objekta, kao celine, nije narušena, ali lokalno jeste zbog dotrajalosti tavanica i oštećenja zida u osi 7 na kome su registrovane pukotine usled sleganja. Narušavanju trajnosti objekta doprinela je pre svega starost objekta, višedecenijsko delovanje atmosferilija, kao i neadekvatno i neredovno održavanje.

4. ELABORAT ENERGETSKE EFIKASNOSTI

4.1. Građevinska fizika

Pri proračunu energetske efikasnosti urađen je proračun koeficijenta prolaza toplote, proračun difuzije vodene pare i letnje stabilnosti za sve netransparentne elemente koji čine termički omotač zgrade, proračun koeficijenta prolaza toplote za sve transparentne elemente u termičkom omotaču, a zatim su sračunati ukupni gubici i dobici toplote i godišnja potrebna finalna energije za grejanje. Ovim proračunom je zaključeno da je postojeći objekat trenutno energetskeg razreda G i da ne zadovoljava energetske zahteve za postojeće objekte prema Pravilniku o energetskej efikasnosti zgrada.

U Tabeli 1 dat je pregled koeficijenata prolaza toplote kroz termički omotač objekta pre energetske sanacije.

Tabela 1. Koeficijent prolaza toplote

ELEMENT	POZICIJA	U (W/m ² K)	U _{max} (W/m ² K)	USLOV ZADOVOLJEN
Spoljašnji zidovi	SZ1	1.055	0.4	NE
	SZ2	1.851	0.4	NE
	SZ3	1.1605	0.4	NE
	SZ4	1.118	0.4	NE
	SZ5	1.113	0.4	NE
	SZ6	1.403	0.4	NE
ZIDOWI PREMA NEGREJANOM PROSTORU	UZ1	0.7424	0.55	NE
	UZ2	1.722	0.55	NE
	UZ3	0.889	0.55	NE
	UZ4	1.016	0.55	NE
	UZ5	1.011	0.55	NE
MK IZNAD NEGREJANOG PROSTORA	P1	1.825	0.40	NE
	P2	1.852	0.40	NE
	P3	1.791	0.40	NE
	P4	1.010	0.40	NE
PODOVI NA TLU	PP1	3.891	0.40	NE
		1.045		
	PP2	2.934	0.40	NE
		1.485		
	PP3	3.477	0.40	NE
		0.997		
	PP4	3.752	0.40	NE
		0.734		
MK IZNAD OTVORENOG PROSTORA	PSp1	2.361	0.30	NE
MK ISPOD NEGREJANOG PROSTORA	TT1	2.688	0.40	NE

4.2. Mere za unapređenje energetske efikasnosti

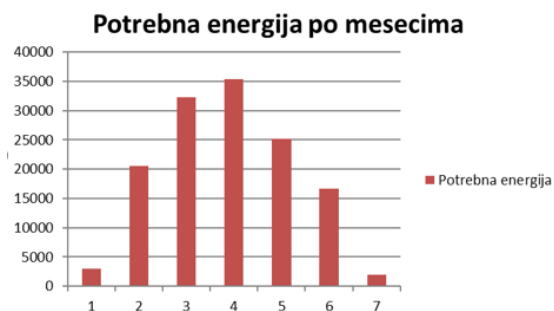
Proračunom energetske efikasnosti predmetnog objekta prema odredbama Pravilnika o energetske efikasnosti zgrada, zaključeno je da pripada razredu G. U cilju poboljšanja energetskih svojstava objekta predviđena je energetska sanacija.

Izbor elemenata na kojima će se raditi energetska sanacija izvršen je na osnovu najvećih gubitaka toplote.

Energetskom sanacijom predviđeno je:

- Postavljanje termoizolacije na zidove pozicija SZ1, SZ2 i SZ3 – YTONG Multipor termoizolacione ploče
- Postavljanje termoizolacije na međuspratne konstrukcije pozicija PSp1 i TT1 – YTONG Multipor termoizolacione ploče
- Zamena stakala na transparentnim elementima (prozorima) pozicija PR1 i PR3.

Nakon uvođenja predloženih mera za termičku sanaciju i ponovnog proračuna energetske efikasnosti, potreba za energijom na godišnjem nivou se značajno smanjila (Slika 4). Energetski razred se popravio tako da objekat pripada razredu D. Objekat sada zadovoljava uslove po pitanju energetske efikasnosti u skladu sa Pravilnikom o energetske efikasnosti (Sl. glasnik RS br.061/2011).



Slika 4. Potrebna energija za grejanje po mesecima nakon izvršene sanacije

4.2. Mere sanacije za obnovu škole

Nakon detaljne procene stanja predložene su sledeće mere radi sanacije objekta u cilju obezbeđenja trajnosti i upotrebljivosti:

- Sanacija svih oštećenja na zidovima objekta koja obuhvata: zamenu trošnog maltera sa spoljne strane i čišćenje spojnica – peskarenje do ravnih površina; izrada novog maltera na ukrasnim elementima oko otvora; injektiranje pukotina; saniranje oštećenja oko prozora; izrada horizontalne hidroizolacije (HIO tehnologijom); izrada termoizolacije od multipor ploča;
- Nekonstrukcijska sanacija međuspratne konstrukcije: saniranje pukotina koje se javljaju duž I nosača
- Sanacija međuspratne konstrukcije koja se urušila: izrada nove tavanice primenom YTONG belih tavanica

- Zamena horizontalnih i vertikalnih olučnih instalacija i prozorskih okapnica
- Izvođenje parapetnih daski ispod prozora sa unutrašnje strane
- Zamena starih prozora u podrumu
- Sanacija krovne konstrukcije: zamena krovnog pokrivača

5. LITERATURA

- [1] Inženjerska komora Srbije: Pravilnik o energetske efikasnosti zgrada, "Sl.glasnik RS", br. 61/2011, Beograd
- [2] Malešev M., Radonjanin V.: Trajnost i procena stanja betonskih konstrukcija, Skripta sa predavanja, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad
- [3] V. Radnjanin, M. Malešev, T. Kočetov-Mišulić, R. Lekić: Materijal sa predavanja iz predmeta Oštećenja i sanacije drvenih, čeličnih i zidanih konstrukcija, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad
- [4] Malešev M., Radonjanin V.: Materijali u građevinarstvu, Skripta sa predavanja, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad
- [5] Amir Čaušević, Neriman Rustempašić: Rekonstrukcije zidanih objekata visokogradnje, Sarajevo
- [6] „Službeni glasnik Republike Srbije“ broj 71/94
- [7] <https://www.ytong.rs/> - Tehnički podaci o Multipor termoizolacionim pločama i belim tavanicama
- [8] <https://www.podovi.org/>

Kratka biografija:



Zorana Zubac rođena je u Novom Sadu, 1992. godine. Osnovne akademske studije završila je na Fakultetu tehničkih nauka 2017. godine, iz oblasti građevinarstvo – konstruktivni smer. Diplomski rad je radila iz predmeta Tehnologija betona na temu „Projekat betona za armiranobetonsku konstrukciju zgrade hostela u Novom Sadu“. Master akademske studije smer - konstrukcije upisala je iste godine. Master rad iz oblasti Sanacija zidanih, drvenih i čeličnih konstrukcija uradila je i odbranila u 2019. godini.