

**PROCENA STANJA I ENERGETSKA SANACIJA OBJEKATA OSNOVNE ŠKOLE
„VELJKO PETROVIĆ“ U BEGEČU****ASSESSMENT AND ENERGY REHABILITATION OF „VELJKO PETROVIĆ“
PRIMARY SCHOOL FACILITIES IN BEGEČ**Jelena Knežević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – GRAĐEVINARSTVO**

Kratak sadržaj – Rad se sastoji iz dva dela, teorijsko-istraživačkog i praktičnog. U teorijsko-istraživačkom delu je obrađena tema objekata sa visokom energetske efikasnošću. U praktičnom delu urađena je procena stanja Osnovne škole „Veljko Petrović“ u Begeču. Zatim je urađen proračun energetske efikasnosti za postojeće stanje objekta, a nakon predloženih mera energetske sanacije, ponovljen je isti proračun. Takođe, predložene su mere sanacije u pogledu trajnosti i estetskog izgleda objekta.

Ključne reči: Procena stanja, energetska efikasnost, sanacija, objekti visoke energetske efikasnosti

Abstract – The paper consists of two parts, theoretical-research and practical. In the theoretical research part, the subject of analysis are high energy efficient buildings. Practical part implied performing an assessment of the condition of the elementary school „Veljko Petrović“ in Begeč. Afterwards, an energy efficiency calculation was carried out for existing condition of building. After the proposed energy rehabilitation measures, the calculation of the energy efficiency of the building was done again. Rehabilitation measures in aspect of building durability and aesthetic were proposed, as well.

Keywords: Assessment, energy efficiency, rehabilitation, high energy efficient buildings

**1. OBJEKTI VISOKE ENERGETSKE
EFIKASNOSTI****1.1. Potreba za energetske efikasnim objektima**

Poslednjih decenija potrošnja energije na godišnjem nivou se nekontrolisano povećava, a značajnu ulogu u tome ima građevinarstvo kao industrija, kroz izgradnju objekata koji su neracionalni potrošači. Energija koju potroše zgrade kako javne, tako i stambene, ima veliki udeo u globalnoj potrošnji energije. Energetska efikasnost podrazumeva upotrebu što manje količine energije za obavljanje svih potrebnih funkcija, pri čemu nije narušen komfor. Konkretno, u građevinarstvu, energetska efikasnost građevinskog objekta zavisi od termičkih osobina njegovog omotača, odnosno od materijala zidova, vrste prozora i zaptivenosti svih otvora u fasadama.

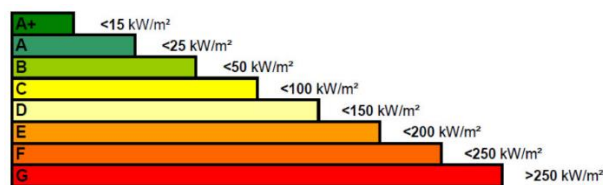
NAPOMENA:

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

1.2 Energetski razredi

Energetski razred objekta se određuje na osnovu maksimalne dozvoljene godišnje potrebne finalne energije za grejanje (kWh/m^2) koja je definisana propisom kojim se definišu energetska svojstva zgrada, i to posebno za nove i posebno za postojeće grade.

Zgrade se svrstavaju u osam energetske razreda, od A+ do G, gde je A razred energetske najpovoljniji, a G najnepovoljniji (slika 1).



Slika 1. Energetski razredi

Svi objekti koji spadaju u kategorije veće potrošnje (energetski razredi D, E, F, G) su praktično energetske neefikasni i neodrživi. Novi objekti moraju biti energetske razreda C ili višeg. Ukoliko se vrši sanacija u cilju poboljšanja energetske efikasnosti, energetske razred postojeće zgrade nakon intervencije mora biti poboljšana za minimum jedan razred.

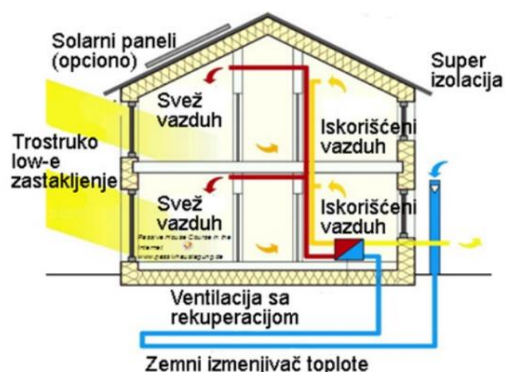
1.3 Energetski efikasni objekti**1.3.1 Niskoenergetska kuća (Low energy house)**

Niskoenergetska kuća je bilo koji tip kuće koji koristi manje energije od obične. Smanjenoj potrošnji doprinose dobra termoizolacija, kvalitetna stolarija, kao i krovna izolacija. Ovakvi objekti su često opremljeni solarnim kolektorima ili koriste tehnologiju za reciklažu toplote iz vode.

Definicija niskoenergetske kuće nije jedinstvena na globalnom nivou. U različitim državama su i različiti standardi, pa ono što je u jednoj prihvaćeno kao ovaj tip kuće, u drugoj ne mora biti. U Nemačkoj, na primer, ova kuća je definisana kao kuća koja godišnje ne potroši više od 50 kWh/m^2 za grejanje, a u Švajcarskoj je ta vrednost 42 kWh/m^2 .

1.3.2 Pasivna kuća (Passive house)

Pasivna kuća je objekat čija je godišnja potrošnja energije za grejanje najviše 15 kWh/m^2 (slika 2).



Slika 2. Osnovni principi pasivne kuće

Jedan od najznačajnijih faktora jeste kvalitetna termička izolacija. Sve neprovidni elementi termičkog omotača treba da budu izolovani tako, da koeficijent prolaza toplote bude manji od $0,15 \text{ W/m}^2$.

Veoma važan deo sistema izolacije jesu prozori i vrata. Obavezni su najkvalitetniji prozori izrađeni od profila bez toplotnog mosta, odnosno profila koji ne provode spoljašnju temperaturu na unutrašnju stranu profila. Jedno od najboljih rešenja jesu PVC profili, gde su stakla obično troslojna, sa komorama između stakala, koje su ispunjene termoizolujućim gasom, argonom.

Pasivna kuća nema klasične sisteme grejanja. Kod nje se idealna temperatura održava prinudnom cirkulacijom vazduha.

Sistem samostalno održava temperaturu i kvalitet vazduha na idealnom nivou, a kako je kuća neuporedivo bolje izolovana, utrošak za održavanje idealne temperature je 10 puta manji nego kod klasičnog objekta.

1.3.3 Kuća nulte energije (Zero Energy Building)

Kao što i sam naziv kaže, kuće nulte energije su kuće sa nultom potrošnjom energije.

Osim što je potrošnja energije na nuli, takođe je i emisija ugljen-dioksida na nuli, te možemo reći da su ovo prave ekološke kuće. Funkcionišu tako što u jednom periodu koriste energiju iz energetske mreže, a u drugom periodu u istu tu mrežu vraćaju višak energije.

Ovakvi objekti imaju i do 80% veću energetska efikasnost od tipičnih kuća, a pritom koriste sisteme sa obnovljivim izvorima energije kako bi proizveli potrebnu energiju (slika 3).



Slika 3. Principi pri projektovanju kuće nulte energije

1.3.4 Energetski nezavisni objekti (Autonomous Buildings, Off-the-grid Houses)

Objekte ovog energetskog razreda karakteriše potpuna nezavisnost od javnih energetskih mreža i tradicionalnih energetskih izvora. Svoju nezavisnost postižu integrisanjem svih obnovljivih, ekoloških sistema i načina korišćenja Sunčeve energije, kao i primenom bioklimatskih i termodinamičkih principa funkcionisanja strukture objekta.

Ovakva vrsta građevinskih objekata nije priključena na javnu mrežu i sav višak proizvedene energije se najčešće usmerava, koristi i čuva za primenu u zimskim mesecima, putem sistema energetskih rezervoara i akumulatora.

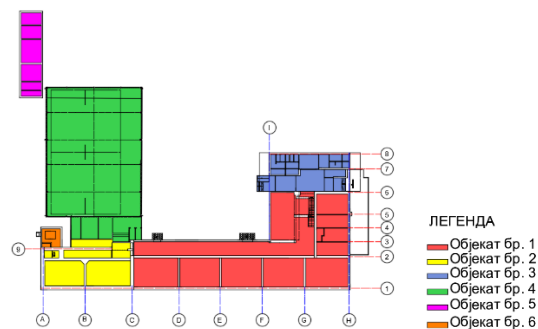
1.3.5 Kuće sa viškom energije (Energy Plus Houses)

Kuća sa viškom energije je kuća koja u proseku, tokom cele godine, proizvede više energije koristeći obnovljive izvore, u poređenju sa energijom koju uzme iz spoljašnjih sistema. Ovo se postiže upotrebom obnovljivih izvora energije, malih generatora električne energije, odličnom izolacijom niskoenergetskih tehnika gradnje, poput pasivnog solarnog dizajna kuće i pažljivog izbora lokacije za kuću.

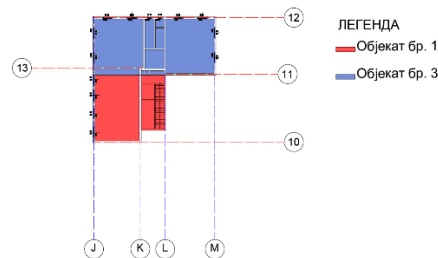
2. TEHNIČKI OPIS

Osnovna škola „Veljko Petrović“ nalazi se u Begeču, u ulici Kralja Petra I br. 36, na katastarskoj parceli 1098, KO Begeč. Objekat je namene obrazovne ustanove, odnosno, služi osnovnom školskom obrazovanju.

Objekat se sastoji iz starog i novog dela, koji je dograđen na postojeći. Stari deo je izveden 40-ih godina prošlog veka, dok je novi građen godinama, od 1998. do 2006. godine. Osnova objekta je bruto površine 1530 m^2 i sastoji se iz 6 objekata (slike 4 i 5).



Slika 4. Označeni objekti u prizemlju škole



Slika 5. Označeni objekti na spratu škole

Objekat je građen i dograđivan kao monolitna - zidana konstrukcija. Osnovni konstruktivni sistem je masivni, sa nosećim zidovima od opeke debljine od 25 do 65 cm.

Tavanice iznad prizemlja su polumontažne, sitnorebraste, u delu objekta tipa „Avramenko“, a u drugom delu tipa „Fert“. „Avramenko“ tavanica je povezana sa nosećim zidovima preko horizontalnih serklaža, a „Fert“ tavanica je povezana armiranobetonskim vertikalnim i horizontalnim serklažima visine 25 cm. Unutrašnji zidovi su zidani od opeke debljine 40 cm, dok su kancelarije pregrađene gips-kartonskim zidom debljine 10 cm.

Krov je viševodni (nagiba 40, 30, 20°), sa drvenom krovnom konstrukcijom, gde je delom krovni pokrivač čelični trapezasti plastificirani lim, a delom crep.

Završna obrada fasade je bojeni malter. Unutrašnji zidovi su omalterisani, gletovani i bojeni poludisperzivnom bojom, osim gips-kartonskih zidova, koji su gletovani i bojeni poludisperzivnom bojom. Plafoni „Avramenko“ tavanice su urađeni od drvenih gredica, trske i blata, dok su plafoni „Fert“ tavanica omalterisani, gletovani i bojeni poludisperzivnom bojom, osim u pojedinim prostorijama, gde je plafon spušen (tipa „armstrong“), gletovan i bojen poludisperzivnom bojom.

3. PROCENA STANJA

3.1 Vizuelni pregled konstrukcije

Vizuelnim pregledom konstrukcije obuhvaćena je spoljašnjost i unutrašnjost škole, gde su pregledani svi objekti (objekat 1, objekat 2, objekat 3, objekat 5, objekat 6), sa izuzetkom objekta br. 4 - fiskulturne sale.

3.2 Vidljivi defekti i oštećenja na spoljašnjosti objekta

Defekti - Objekat je u upotrebi i svaki element ima završnu obradu, stoga je makroskopskim pregledom teško uočiti defekte nastale kao posledica grešaka prilikom projektovanja i izvođenja. Uočene su zanemarljive geometrijske imperfekcije.

Oštećenja - Na fasadi objekta se manifestuju oštećenja u vidu pukotina i prslina, raslojavanja, ljuškanja, otpadanja površinskih delova fasade, mrlja.

Zapažena oštećenja su uglavnom posledica prisustva vlage, slivanja vode, dejstva mraza i izloženosti drugim atmosferskim uticajima. Takođe, otpadanje delova fasade se javlja i kao posledica mehaničkog dejstva.

3.3 Vidljivi defekti i oštećenja u unutrašnjosti objekta

Defekti - U unutrašnjosti objekta, kao i na spoljašnjosti, nije bilo moguće uočiti defekte nastale kao posledica grešaka prilikom projektovanja i izvođenja objekta, budući da svaki element konstrukcije ima završnu obradu. Takođe su uočene zanemarljive geometrijske imperfekcije.

Oštećenja - U unutrašnjosti objekta se manifestuju oštećenja u vidu pukotina i prslina, mehaničkih oštećenja površina, otpadanja boje sa površine zida usled dejstva vlage.

3.4 Zaključak

U objektima br. 1, 2 i 3 su primećene prslinae i pukotine koje potiču od nejednakog rada delova konstrukcije, ili zbog nagle promene geometrije ili zbog različitog ponašanja materijala u konstrukciji. Ove prslinae i pukotine ne predstavljaju opasnost po nosivost i stabilnost konstrukcije, dok je funkcionalnost objekta ugrožena u

manjoj meri. S druge strane, pukotine uočene u objektu br. 5, budući da ne možemo sa sigurnošću odrediti uzrok njihovog nastanka, mogu predstavljati problem po pitanju nosivosti i stabilnosti konstrukcije, ali je za to potrebno sprovesti dalja ispitivanja.

Na osnovu obavljenog vizuelnog pregleda i analize prikupljenih podataka zaključeno je da nosivost, stabilnost i upotrebljivost nisu smanjeni kod objekata 1, 2 i 3.

Trajnost pojedinih materijala u fasadi, kao što su dekorativne boje, je delimično smanjena.

U zidovima objekta 5 registrovane su pukotine koje zahtevaju detaljnija ispitivanja i analizu da bi se ocenila nosivost, stabilnost, funkcionalnost i trajnost ovog objekta.

4. ELABORAT ENERGETSKE EFIKASNOSTI

Proračun je u svemu sproveden prema važećem Pravilniku o energetske efikasnosti zgrada „Službeni glasnik RS“ br. 061/2011 [8]. Pre svega je izvršena podela elemenata na transparentne i netransparentne u zavisnosti od slojeva i položaja ovih elemenata. Definisano je 25 netransparentnih i 18 transparentnih pozicija, gde je urađen proračun građevinske fizike koji podrazumeva određivanje koeficijenata prolaza toplote, kao i određivanje rasporeda temperatura, minimalne otpornosti sklopa, difuzije vodene pare i parametre letnje stabilnosti za netransparentne pozicije. Nakon izvršenog proračuna za svaku poziciju, urađen je proračun toplotnih gubitaka i dobitaka zgrade kao celine, u cilju određivanja potrebne energije za obezbeđenje osnovnih uslova komfora (slika 6).



Slika 6. Gubici toplote za postojeće stanje objekta

Naposletku, proračunata je ukupna potrebna energija za grejanje zgrade na godišnjem nivou, na osnovu kojeg je zgrada svrstana u energetske razred F, što nam govori da objekat ne zadovoljava energetske zahteve za postojeće zgrade, te je neophodno izvršiti sanaciju sa ciljem unapređenja energetske efikasnosti objekta.

5. ELABORAT ENERGETSKE EFIKASNOSTI SANIRANE ZGRADE

5.1 Mere za unapređenje energetske efikasnosti zgrade

U cilju poboljšanja energetske svojstava zgrade uradiće se energetska sanacija spoljašnjih zidova i međuspratnih tavanica, budući da su se ovi elementi pokazali kao najnepovoljniji sa aspekta energetske efikasnosti.

Spoljašnji zidovi - Vrednosti koeficijenta prolaza toplote spoljašnjih zidova zgrade, koji čine deo termičkog omotača, znatno su veće od maksimalne dopuštene vrednosti koeficijenta prolaza toplote. Da bi se vrednost koeficijenta prolaza toplote smanjila, potrebno je povećati

ukupan otpor prolazu toplote. To se postiže dodavanjem sloja sa dobrim termoizolacionim karakteristikama. Kao rešenje, primeniće se izolacija zidova sa spoljašnje strane. Kompanija „Xella“ Srbija, poznata po proizvodnji „YTONG“ građevinskih elemenata, proizvodi i „Multipor“ termoizolacione ploče pogodne za toplotnu izolaciju stambeno-poslovnih objekata sa spoljašnje strane - kontaktne (ETICS) fasade. „Multipor“ se odlikuje dobrim termoizolacionim svojstvima, otporan je na pritisak, vlagu, paropropustan je, negoriv, apsorbira zvuk i lako se oblikuje. Sastav ovog materijala čine kreč, pesak, voda i sredstvo za formiranje pora.

Međuspratne konstrukcije - Kao i kod spoljašnjih zidova, i kod međuspratnih tavanica vrednosti koeficijenta prolaza toplote znatno premašuju maksimalne dopuštene vrednosti koeficijenta prolaza toplote. Zbog toga će se kod njih takođe postaviti „Multipor“ termoizolacione ploče, sa tavanke strane.

Ponovnim proračunom dobijeni su rezultati dati na slici 7.



Slika 7. Gubici toplote za sanirani objekat

Nakon primenjenih mera sanacije, proračunom je dobijeno da zgrada pripada energetske razredu D. Sanacija se smatra uspešnom budući da se postiglo poboljšanje za dva energetska razreda.

5.2 Mere za sanaciju objekta sa estetskog aspekta i aspekta trajnosti

Na fasadama zidova, gde je primećeno otpadanje masne farbe, uradiće se kulir fasada.

Kulir fasada je dekorativni malter izrađen od raznobojnog mermernog zrna granulacije 1,5 mm i visokokvalitetne akrilne emulzije. Namenjen je za dekoraciju i zaštitu detalja na fasadnim zidnim površinama, kao što su stubovi i sokle, kao i za unutrašnje površine, kao što su hodnici i stepeništa u visini parapeta ili na manjim zidnim površinama. Otporan je na spoljašnje uticaje, vodoodbojan, dugovečan i postojan. Takođe, ima dobru adheziju za podlogu i predstavlja dobru zaštitu od nanosa vode i vlage na donjim delovima objekta.

Izvođenje ove vrste fasade zahteva prethodnu pripremu podloge, koja mora biti suva, ravna, čvrsta, bez prašine, slabo vezanih delova, soli i masnih mrlja. Malter se nanosi ravnomerno, u debljini od 2 do 2,5 mm, gde se nakon nanošenja materijal treba dodatno izravnati i zagladiti [13].

Na fasadama zidova gde su primećena oštećenja usled dejstva kapilarne vlage i soli, uradiće se sanacija isušivim malterima za sanaciju [14].

Pukotine primećene na fasadi objekta će biti sanirane prilikom postavljanja izolacije koja je predviđena kao mera sanacije za poboljšanje energetske efikasnosti objekta. Prilikom postavljanja izolacije, uklanja se stari malter, budući da ne znamo kakvog je kvaliteta, a nanosi se novi malter, kako bi se postavile „Multipor“ ploče. Pukotine primećene u unutrašnjosti objekta, kako na plafonu, tako i na zidovima, biće sanirane u sklopu molersko-farbarskih radova, postavljanjem mrežica za gletovanje i izravnavanjem zidova glet masom.

Oštećenja oko prozora koja su nastala prilikom promene stolarije, saniraće se pomoću gipsanih ploča.

6. LITERATURA

- [1] Energetska efikasnost u građevinarstvu: <http://scee.rs/sr/energetska-efikasnost/energetska-efikasnost-u-gradjevinarstvu.html>
- [2] Energetska efikasnost građevinskih objekata: <http://www.designn2.com/home/energetska-efikasnost-gradjevinarskih-objekata>
- [3] Pasivna kuća: <https://www.pasivnakuca.rs/index.php/pasivna-kuca>
- [4] Pasivna kuća: <https://krov.rs/sta-je-pasivna-kuca-i-koje-su-njene-prednosti/>
- [5] Energetska efikasnost: <https://www.ppf.rs/rs/energetska-efikasnost-zasto-je-toliko-vazna/>
- [6] Autonomni objekti: <https://www.dezeen.com/2020/09/12/ten-eco-friendly-off-grid-homes-architecture-roundup/>
- [7] Hans Erhorn, Heike Erhorn-Kluttig: Selected examples of Nearly Zero-Energy Buildings, Detailed report, 2014.
- [8] Inženjerska komora Srbije: Pravilnik o energetske efikasnosti zgrada („Sl. glasnik RS“ br. 61/2011), Beograd
- [9] Inženjerska komora Srbije: Predavanja za obuku o energetske efikasnosti zgrada, Beograd
- [10] M. Malešev, V. Radonjanin: Trajnost i procena stanja betonskih konstrukcija, skripta sa predavanja, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad
- [11] Srpski standard: SRPS U.J5.600 - Toplotna tehnika u građevinarstvu - Tehnički uslovi za projektovanje i građenje zgrada, Beograd 1998.
- [12] Srpski standard: SRPS EN ISO 13370 - Toplotne karakteristike zgrada - Prenošenje toplote preko tla - Metode proračuna, Beograd 2007.
- [13] Kulir fasada: <https://fasada.rs/>
- [14] Röfix, Priručnik za sisteme renoviranja i saniranja

Kratka biografija:



Jelena Knežević je rođena u Novom Sadu 1996. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstvo - Konstrukcije, trajnost, procena stanja i sanacija betonskih konstrukcija, odbranila je 2021. godine.

Kontakt: knezevicjelena@gmail.com