



PROCENA STANJA I ENERGETSKA SANACIJA KRILA D KOMPLEKSA ZGRADA  
ŽELEZNIČKE STANICE NOVI SAD

CONDITION ASSESSMENT AND ENERGY RENOVATION OF WING D OF THE NOVI  
SAD RAILWAY STATION BUILDING COMPLEX

Sonja Miletić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – GRAĐEVINARSTVO**

**Kratak sadržaj** – Rad se sastoji od teorijskog i praktičnog dela. U teorijskom delu su opisane vrste energetske efikasne kuća. U praktičnom radu je prikazana procena stanja stanične zgrade koja se nalazi u kompleksu železničke Stanice Novi Sad. Sproveden je makroskopski pregled svih elemenata kako bi se utvrdila oštećenja kao i vrsta sanacionih radova. Proračunata je i energetska efikasnost i utvrđene su mere sanacije koje će unaprediti energetske efikasnosti objekta. Urađen je ponovni proračun energetske efikasnosti i upoređeni su dobijeni razredi pre i posle obnove objekta.

**Ključne reči:** Energetske efikasne kuće, Oštećenja, Sanacija, Energetska efikasnost,

**Abstract** – The paper consists of theoretical and practical part. The theoretical segment describes types of energy-efficient houses. The practical segment includes an evaluation of the condition of the station building situated within the Novi Sad railway station complex. A comprehensive macroscopic analysis of all elements was conducted to ascertain the extent of damage and determine the required rehabilitation work. Furthermore, the energy efficiency of the facility was calculated, and appropriate remedial measures were identified to enhance its energy efficiency. Subsequently, a recalculation of the energy efficiency was made, and a comparison was drawn between the grades obtained before and after the building's renovation.

**Keywords:** Energy-efficient house, Damages, Rehabilitation, Energy efficiency

**1. ENERGETSKI EFIKASNE KUĆE**

Energetske efikasne kuće su kuće koje troše minimalno energije za hlađenje, grejanje i pripremu toplote vode. Ekološka gradnja predstavlja korišćenje materijala i sistema izgradnje koji će sprečiti nepotrebno iscrpljivanje prirodnih resursa. Iskoristivost energije na najbolji način i optimizacija potrošnje energije nije nova ideja, u staroj literaturi se spominje „Sokratova kuća“ koja predstavlja preteču energetske efikasne, osnovna ideja je ostala ista do danas uz razradu novih materijala i tehnologija.

**NAPOMENA:**

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

**1.1. Niskoenergetske kuće**

Niskoenergetske kuće su one koje troše manje energije od običnih kuća. Tačna definicija kuće zavisi od države u kojoj se nalazi. U našoj zemlji se podrazumeva potrošnja energije manja od 30 kWh/m<sup>2</sup>. Ovaj tip kuća još naziva i „trolitarske“ kuće, jer kada se napravi paralela jedan litar lož ulja je ekvivalent potrošnji od 10 kWh. Smanjenje toplotnih gubitaka niskoenergetske kuće ostvaruju se na sledeće načine: orijentacije kuće na jug, odvajanje toplotnih zona kuće, kompaktna gradnja kuće, vrlo dobra toplotna izolacija, prozori sa dobrim niskoenergetskim svojstvima, niskoenergetski sistem grejanja i provetranje kontrolisanom ventilacijom.

Kako bi se povećali dobici energije preporučuje se pasivno i aktivno korišćenje sunčeve energije. Pasivno korišćenje podrazumeva primenu velikih staklenih ploča okrenutih na jug, što znači korišćenje sunčeve energije bez mehaničkih ili električnih uređaja, već samo orijentacijom na jug. Aktivno korišćenje sunčeve energije je pomoću toplotnih kolektora i fotonaponskih ploča, aktivni sistemi su dosta kompleksniji u funkcionisanju od pasivnih. Ukoliko uporedimo troškove gradnje niskoenergetske kuće, ulaganje je okvirno 20% veće u odnosu na klasičnu gradnju. Međutim svaki vid ulaganja u energetske efikasnosti je dugoročna investicija koja se višestruko isplati tokom vremena. Osim što ovaj tip kuće smanjuje toplotne gubitke ona je ekološki prihvatljivija.

**1.2 Pasivna kuća**

Pasivne kuće su građevinski standard u Evropi i svetu koji se dostiže samo kombinacijom tehnologije, dizajna i materijala. To su štedljive kuće čiji se princip funkcionisanja zasniva na tome da se one „pasivno“ održavaju toplim korišćenjem unutrašnjih izvora toplote i solarnih grejanja kroz prozore. One imaju veoma nisku potrebu za energijom za grejanje koja se ogleda u minimalnom dogrevanju svežim vazduhom. Maksimalna potrošnja energije za zagrevanje ne prelazi 15 kWh/m<sup>2</sup> ili 1 litru lož ulja po m<sup>2</sup> što je 80-90% manje od energije klasične kuće. Osnovni principi projektovanja, kojih se treba pridržavati tokom procesa projektovanja ovih objekata su: kompaktni oblik objekta, južna orijentacija, izbegavanje složenih oblika u konstrukciji i izbegavanje toplotnih mostova. Ovi objekti objekti omogućavaju visok komfor tokom leta i zime, karakteriše ih superzaptivenost i superizolacija. Primenjuje se „pravilo olovke“ – vazduhonepropusni sloj predstavlja nevidljivu opnu oko grejanog prostora (linija olovke mora biti neprekidna) ovo pravilo važi i za termički omotač bez termičkih mostova.

Trošenje vode je takođe svedeno na minimum, pa tako ove kuće imaju sisteme za skupljanje kišnice, koje se potom koriste za zalivanje dvorišta. Jedan od većih potrošača su električni uređaji koji se koriste u objektu, zato je veoma važna primena modernih uređaja kategorije A, A<sup>+</sup>, A<sup>++</sup> koji štede i na takav način dodatno smanjuju potrošnju. Smatra se da je investicija u pasivnu kuću skuplja oko 15% od investicije u konvencionalnu kuću, ali ako se uzmu u obzir troškovi režije već tokom 8 godina cene investicija se izjednačavaju.

### 1.3 Kuća nulte energije

Kuća nulte energije je objekat sa nultom neto energetsom potrošnjom i nultom neto emisijom ugljen dioksida godišnje. Primena obnovljivih izvora energije je periodična odnosno sezonska, pa tako ove kuće periodično dobijaju energiju iz energetske mreže, a periodično proizvode energiju koju šalje u energetska mrežu. Zbog proizvodnje energije uz pomoć obnovljivih izvora koji ne zagađuju prirodu kuća nulte energije ima veoma nisku emisiju CO<sub>2</sub> u atmosferu.

### 1.4. Autonomna kuća

Nezavisna kuća u osnovi je vrsta zgrade koja bi trebala normalno funkcionisati autonomno od infrastrukturne podrške. Ona nema priključke na električnu mrežu, kanalizaciju i vodovod. Takve kuće zahtevaju proizvodnju energije iz obnovljivih izvora i odgovarajuće sisteme za akumulaciju te energije u slučajevima kada sunce ne sija, vetar ne duva i slično. Autonomna kuća je mnogo više od energetske efikasne kuće jer svu energiju koju koristi potrebno je da dobije iz prirode.

### 1.5. Kuća sa viškom energije

Kuća sa viškom energije je kuća koja u proseku tokom cele godine proizvede više energije koristeći obnovljive izvore energije nego što uzme iz spoljnog sistema. Ovo se postiže upotrebom malih generatora električne energije, niskoenergetskih tehnika gradnje poput pasivnog solarnog dizajna kuće kao i pažljivog odabira lokaciji za kuću. Ovakva kuća može vlasniku čak i da zarađuje novac. Ideja koja se nalazi iza ovakvog koncepta je dodatni korak u razvoju energetske efikasne kuće, u svetu postoji svega nekoliko ovakvih kuća.

## 2. PROCENA STANJA OBJEKTA

Prilikom procene stanja konstrukcije obavljen je vizuelni pregled spoljašnjeg i unutrašnjeg dela objekta. Proverene su dimenzije dostupnih elemenata konstrukcije i njihova usklađenost sa projektom predviđenih dimenzija.

### 2.1. Opis konstrukcije

Objekat stanične zgrade se nalazi u kompleksu železničke stanice Novi Sad, osnova je razučena i sastoji se od četiri celine – krila A, B, C i D. Predmet ovog rada je krilo D, spratnost P+1, u njemu su pretežno smeštene kancelarije, zbog toga spada u upravno – poslovni deo. Neto površina krila D je 1458,52 m<sup>2</sup>. Noseća konstrukcija je armiranobetonska skeletna konstrukcija koja se sastoji od AB stubova i AB greda različitih dimenzija. Međuspratna konstrukcija i ploča ravnog krova su izvedene kao polumontažne sitnorebarste tavanice tipa „Kat“. Krilo D je temeljeno na kontragredama. AB potporni zid se nalazi

sa strane perona i prima opterećenje od tla i od međuspratnih konstrukcija, fundiran je na trakastom temelju. Donja podna ploča prizemlja je armiranobetonska ploča ispod koje se nalazi nearmirani beton i tlo. Svi fasadni i unutrašnji zidovi su od pune opeke.

### 2.2. Vizuelni pregled spoljašnjeg dela objekta

Vizuelnim pregledom obuhvaćene su severna i istočna fasada objekta. Južna fasada je nedostupna za pregled zbog trenutnih radova na rekonstrukciji železničke stanice. Pregledom severne fasade zgrade krila D konstatovano je da je u bliskoj prošlosti urađena nova završna obrada – bojenje fasade, tako da je registrovana samo lokalna površinska biološka korozija. Na južnoj fasadi, samo na vidljivom delu, registrovana su mehanička oštećenja betona i kamenih ploča uz ulaz u hodnik koji vodi ka teretnom pothodniku. Na istočnoj fasadi nisu registrovana oštećenja kamenih ploča, već samo njihova zaprljanost. Na ravnom krovu krila D zapaženo je zadržavanje vode, takođe su primećene fleke na pojedinim mestima kao i oštećenja hidroizolacije krova.

### 2.3. Vizuelni pregled unutrašnjeg dela objekta

Detaljnim pregledom primećena su i oštećena unutar konstrukcije. Ploča hodnika u prizemlju, u delu koji vodi do pothodnika, je potpuno oštećena. U ostatku hodnika podna ploča je zaprljana sa mestimičnim flekama crne boje koje imaju estetske posledice. Potporni zid je izbetoniran sa dosta defekata u vidu nepravilnog horizontalnog i vertikalnog prekida betoniranja i neizbetoniranih zona u poprečnom preseku zida. Od oštećenja u potpornom zidu su registrovani: vidljiva vertikalna armatura, pukotine i mehanička oštećenja. Otpadanje maltera i fleke na plafonu usled procurivanja vode su takođe primećene tokom inspekcije prizemlja i prvog sprata. Ostala oštećenja su mehaničkog karaktera nastala usled različitih uticaja tokom eksploatacije objekta. Bravarija je dotrajala i negativno utiče na energetska efikasnost.

### 2.4. Zaključak

Na osnovu rezultata detaljnog vizuelnog pregleda zaključeno je da registrovana oštećenja i defekti ne utiču na stabilnost i nosivost noseće konstrukcije, dok su trajnost i upotrebljivost objekta smanjeni.

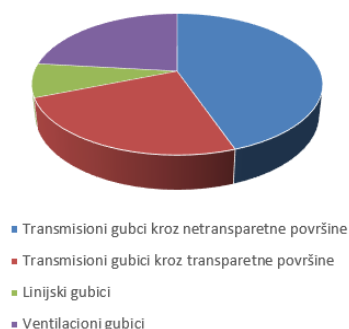
## 3. PRORAČUN ENERGETSKE EFIKASNOSTI

Elaborat energetske efikasnosti, odnosno proračun energetske efikasnosti, je izrađen prema važećem Pravilniku o energetska efikasnosti zgrada, „Službeni glasnik RS“ br. 061/2011, objavljen 19.08.2011. godine. Pri proračunu energetske efikasnosti urađen je kompletan proračun toplotne provodljivosti građevinskih elemenata koji čine termički omotač zgrade. Definisano je 7 netransparentnih pozicija, od toga su dva tipa spoljašnji zidovi, unutrašnji zid, zid na dilataciji, međuspratna konstrukcija, ravan krov i pod na tlu. Transparentnih pozicija ima ukupno 9 i to 7 prozora i 2 vrata. U tabeli 1 date su vrednosti koeficijentata prolaska toplote U, po pozicijama i da li ispunjavaju uslov o najvećem dozvoljenom koeficijentu U [1].

Tabela 1. Pregled koeficijenta „U“ elemenata termičkog omotača objekta

Element	Pozicija	U (W/m <sup>2</sup> K)	U <sub>max</sub> (W/m <sup>2</sup> K)	Uslov zadovoljen
Spoljašnji zidovi	SZ1	0,830	0,40	Ne
	SZ2	1,184	0,40	Ne
Unutrašnji zidovi ka negrejanom prostoru	UZ2	1,11	0,55	Ne
Zid na dilataciji	ZD	1,21	0,50	Ne
MK iznad negrejanog prostora	MK	0,821	0,40	Ne
Ravan krov iznad negrejanog prostora	RK	0,917	0,20	Ne
Pod na tlu	PT	0,240	0,40	Da
Prozori	PR1	3,200	1,5	Ne
	PR2	3,204	1,5	Ne
	PR3	3,241	1,5	Ne
	PR4	3,208	1,5	Ne
	PR5	3,265	1,5	Ne
	PR6	3,192	1,5	Ne
	PR7	3,29	1,5	Ne
Vrata	VR1	3,204	1,5	Ne
	VR2	3,205	1,5	Ne

Daljim proračunom su dobijeni ukupni toplotni gubici i dobici od sunčevog zračenja i unutrašnjih izvora. Ustanovljeno je da su kroz netransparentne i transparentne elemente (slika 1) gubici najveći. Zatim je izračunata ukupna potrebna energije za grejanje za sistem koji radi bez prekida, kao i po mesecima. Na osnovu ovog proračuna zgrada je svrstana u energetske razred F.



Slika 1 - Energetski gubici na postojećem objektu

#### 4. MERE ZA UNAPREĐENJE ENERGETSKE EFIKANOSTI I PRORAČUN ENERGETSKE EFIKANOSTI SANIRANOG STANJA OBJEKTA

##### 4.1. Mere za unapređenje energetske efikasnosti objekta

Da bi se prilikom sanacije postojećeg objekta poboljšale energetske performanse i zadovoljili uslovi određeni važećim standardima iz domena energetske efikasnosti zgrada, predviđene su određene mere. Na fasadnim

zidovima prema južnoj i severnoj strani predlaže se poboljšanje u vidu postavljanja ploča od gas betona – Multipor ploča sa spoljne strane na postojeći sastav elementa, uz prethodno skidanje sloja postojećeg maltera. Unutrašnji zidovi prema negrejanom prostoru će se sanirati na način da se kao i kod fasadnih zidova dodaju Multipor ploče sa strane negrejanog prostora. Međuspratna konstrukcija iznad negrejanog prostora će takođe biti poboljšana lepljenjem sa donje strane Multipor ploča. Termoizolacija ravnog krova podrazumeva postavljanje sloja ekstrudiranog polistirena (stirodura) proračunate debljine (stirodur se postavlja preko bitumenske hidroizolacije – obrnuti krov). Novu fasadnu aluminariju čini aluminijumski ram sa poboljšanih termičkim prekidom, zastakljen niskoemisionim staklo – paketom 4+12+4 mm sa kriptonom.

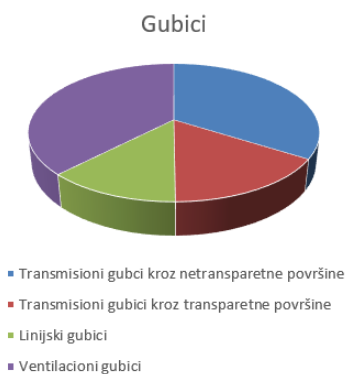
##### 4.2. Ostale mere sanacije koje je potrebno izvršiti nakon mera za unapređenje energetske efikasnosti

Određene mere sanacije je neophodno izvršiti osim nabrojanih mera za unapređenje energetske efikasnosti. Za reprofilaciju južne i istočne fasade neophodno je angažovati konzervatorski nadzor radi odabira postupka čišćenja kamena. Podnu ploču hodnika u prizemlju je neophodno zameniti postavljenjem betonskih prefabrikovanih ploča za popločavanje – behaton ploča, uz prethodno uklanjanje postojeće betonske ploče. Veće vertikalno oštećenje na mestu dilatacije potpornog zida saniramo tako što se prostor popunjava sa 6 cm stirodura, a zatim malteriše sa 3 cm mikroamiranog maltera. Na potpornom zidu u prizemlju, na delovima gde je vidljiva armatura neophodno je izvršiti reprofilaciju. Prvo se uklanja oštećen deo betona, potom se pregleda stanje armature. Armatura koja je obuhvaćena procesom korozije se čisti i premazuje antikorozijskom zaštitom, nakon premazivanja, nanosi se zaštitni sloj od reparaturnog maltera. Lokalna oštećenja maltera na potpornom zidu u vidu rupa se neće pojedinačno sanirati reprofilacijom, zbog velikog obima radova, već je predviđeno postavljanje obloge od cementnih ploča – aquapanel ploča na aluminijumskoj podkonstrukciji. Pukotine i prsline u potpornom zidu je neophodno sanirati zasecanjem i zapunjavanjem reparaturnim malterom, ova tehnika se primenjuje jer nije u pitanju konstruktivna sanacija. Prvo se proširuje vidljivi deo prsline, formirajući oblik kanala, potom se vrši čišćenje kompromitovanim vazduhom, a potom se zapunjava reparaturnim malterom. Ostala lokalna oštećenja zidanih zidova i plafonskih delova se rešavaju molersko – farbarskim radovima.

Ponovo je sproveden proračun energetske efikasnosti prema važećem Pravilniku o energetske efikasnosti zgrada („Službeni glasnik RS“ br. 061/2011), sa novo projektovanim sklopovima. Proračunom građevinske fizike saniranih elemenata određene su nove vrednosti koeficijenta prolaska toplote U po pozicijama koje su prikazane u tabeli 2. Proračunom gubitaka uviđa se da su znatno smanjeni gubici kroz transparentne i netransparentne elemente (slika 2). Izračunata je ukupna potrebna energije za grejanje za sistem koji radi bez prekida, kao i po mesecima. Na osnovu ovog proračuna zgrada je svrstana u energetske razred D.

Tabela 2. Pregled koeficijenta „U“ kroz termički omotač saniranog objekta

Element	Pozicija	U (W/m <sup>2</sup> K)	U <sub>max</sub> (W/m <sup>2</sup> K)	Uslov zadovoljen
Spoljašnji zidovi	SZ1	0,33	0,40	Da
	SZ2	1,184	0,40	Da
Unutrašnji zidovi ka negrejanom prostoru	UZ2	0,49	0,55	Da
Zid na dilataciji	ZD	1,21	0,50	Da
MK iznad negrejanog prostora	MK	0,33	0,40	Da
Ravan krov iznad negrejanog prostora	RK	0,191	0,20	Da
Pod na tlu	PT	0,240	0,40	Da
Prozori	PR1	1,29	1,5	Da
	PR2	1,24	1,5	Da
	PR3	1,24	1,5	Da
	PR4	1,233	1,5	Da
	PR5	1,24	1,5	Da
	PR6	1,30	1,5	Da
	PR7	1,28	1,5	Da
Vrata	VR1	1,29	1,5	Da
	VR2	1,28	1,5	Da

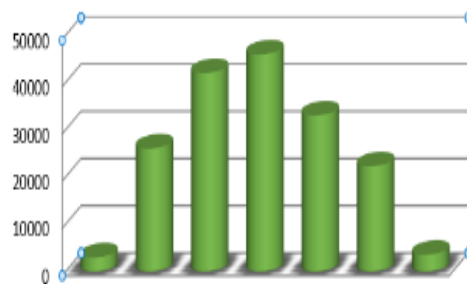


Slika 2 - Energetski gubici na saniranom objektu

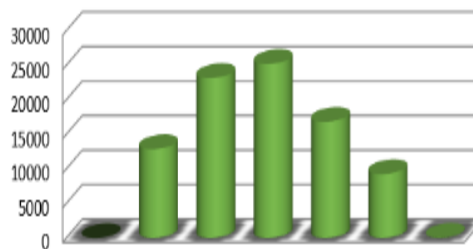
## 5. ZAKLJUČAK

Sanacija jednog objekta se smatra uspešnom ukoliko se energetski razred podigne za jedan nivo. Primenom navedenih mera sanacije predmetni objekat se poboljšao za dva razreda, tako da je sanacija uspešna. Vrednosti godišnje potrošnje finalne energije za grejanje su nakon sanacije znatno smanjene.

Na slikama 3 i 4 prikazane su potrebne količine energije za zagrevanje postojećeg i saniranog objekta po mesecima. U tabeli 3 prikazani su rezultati godišnje potrebne energije za grejanje pre i nakon sanacije objekta.



Slika 3. Potrebna energija za zagrevanje postojećeg i objekta



Slika 4. Potrebna energija za zagrevanje energetski saniranog objekta

Tabela 3. Pregled potrebne energije za grejanje objekta pre i posle sanacije

Sanacija	GP kWh/a	SGPE kWh/m <sup>2</sup> a	RGPE %	Razred
pre	176138	160	246	F
posle	87396	79	122	D

## 6. 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] Radonjanin V., Malešev M.: Sanacija betonskih konstrukcija, Skripta sa predavanja, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad
- [4] <https://gradnjakuce.com/energetski-ucinkovite-kuce/vrste-energetski-ucinkovitih-kuca/> (pristupljeno u junu 2023.)

### Kratka biografija:



**Sonja Miletić** rođena je u Vrbasu 1998. godine. Osnovne akademske studije završila je na Fakultetu tehničkih nauka 2021. godine. Iz oblasti Građevinarstvo – Konstruktivni smer. Master akademske studije upisala je iste godine – smer Konsutkije. Master rad iz oblasti Procena stanja i sanacija betonskih konstrukcija je odbranila u 2023. godini.  
kontakt:  
[sonja.miletic111@gmail.com](mailto:sonja.miletic111@gmail.com)