

**PROCENA STANJA, SANACIJA I POBOLJŠANJE ENERGETSKE EFIKASNOSTI
ZGRADE OSNOVNE ŠKOLE "ŽARKO ZRENJANIN - UČA" U NADALJU****ASSESSMENT, REHABILITATION AND IMPROVEMENT OF ENERGY EFFICIENCY
OF THE BUILDING OF ELEMENTARY SCHOOL "ŽARKO ZRENJANIN - UČA" IN
NADALJ**

Milica Kesić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

Kratak sadržaj – Rad se sastoji od dva nezavisna dela. Prvi deo rada predstavlja teorijsko-istraživački deo sa temom „Pasivne kuće“, gde je opisan sam pojam pasivnih kuća, projektovanje novih zgrada i obnova postojećih zgrada na pasivni standard. U drugom delu prikazan je tehnički opis objekta osnovne škole. Izvršen je vizuelni makroskopski pregled objekta u cilju utvrđivanja trenutnog stanja objekta. Urađen je proračun energetske efikasnosti. Na osnovu ovog proračuna i vizuelnog pregleda konstrukcije, date su sanacione mere koje povećavaju trajnost objekta i poboljšavaju energetska efikasnost, u skladu sa Pravilnikom o energetske efikasnosti zgrada.

Ključne reči: Procena stanja, sanacija, energetska efikasnost, osnovna škola

Abstract – This paper consists of two independent parts. The first part of the paper is theoretical & research section related to „Passive houses“, which describes the very concept of passive houses, designing new buildings and renovating existing buildings to a passive standard. The second part of the paper provides a technical description of the elementary school building. A visual macroscopic inspection of the building condition was performed in order to determine the current state of the building. Energy efficiency calculation has been done. Based on this calculation and visual inspection of the structure, the adequate measures for increasing the durability and energy efficiency of this building are given, as well as its compliance with the Energy Efficiency Building Codes.

Keywords: assessment, repair measures, energy efficiency, elementary school

1. UVOD

Rad se sastoji iz dva dela, teorijsko – istraživačkog i stručnog dela. Teorijsko – istraživački deo se bavi temom pasivnih kuća. Obraden je sam pojam pasivnih kuća, njihovo građenje, kao i obnova postojećih zgrada na pasivni standard. Stručni deo obuhvata energetska sanaciju zgrade osnovne škole, koja u svom omotaču nema nikakvu termičku izolaciju. Urađen je detaljan vizuelni pregled objekta, izvršena je procena stanja konstrukcije, kao i proračun energetske efikasnosti zgrade.

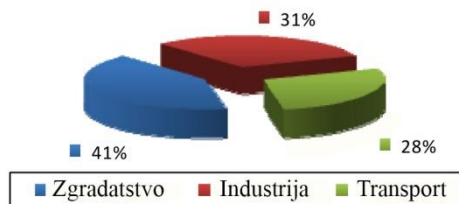
NAPOMENA:

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

Predložene su mere sanacije delova objekta, kao i neophodna energetska sanacija objekta koje poboljšavaju trajnost i funkcionalnost objekta do zadovoljavajućeg nivoa.

2. PASIVNE KUĆE**2.1. Uvod**

Arhitektura 20 veka nije bila ekološki orijentisana i zanemarivala je koncept građenja u skladu sa prirodnim uslovima. Klimatske promene i globalno zagrevanje navelo je čovečanstvo da postane svesno problema potrošnje nepotrebne energije i velike emisije CO₂. S obzirom na to da su zgrade najveći potrošači energije (Slika 1), ekološki pristup u građevinarstvu i ekološka održivost objekata postaje sve značajniji faktor za očuvanje prirode.



Slika 1. Potrošnja energije po sektorima u zemljama EU

Grejanje i hlađenje prostora su najveći pojedinačni potrošači energije i bitni su u želji za postizanjem energetske efikasnosti zgrada. Kod pasivnih kuća, nosioci koncepta su solarna i geotermalna energija, ali više kao dodaci na finalan objekat koji poboljšavaju energetske performanse objekta u smislu čuvanja i regeneracije energije bez zavisnosti od lokalnih energetske sistema. Uvođenjem svih potrebnih sistema koncepta pasivnih kuća, potrošnja energije se umanjuje za čak 90%.

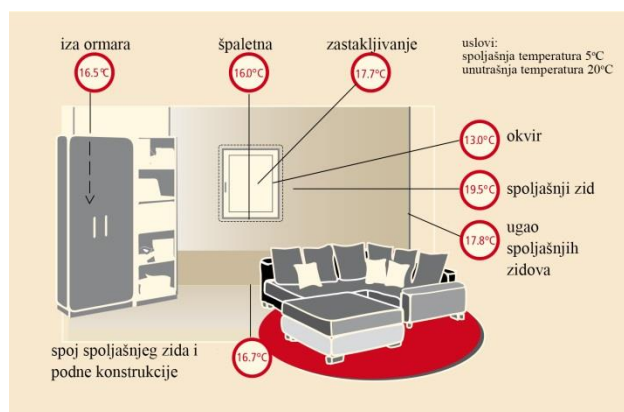
2.2. Pasivne kuće

Ideja pasivne kuće se zasniva na smanjenju potrebe za grejanjem kako bi se potrebna količina toplote za grejanje prostora zgrade mogla osigurati jednostavnim zagrevanjem svežeg vazduha kojim se zagreva prostor. Uzimajući u obzir temperaturu spoljašnjeg vazduha, odnosno vazduha koji ulazi u prostor, specifični toplotni kapacitet vazduha, te maksimalnu temperaturu na koju se vazduh može zagreјati kako bi u prostoru bilo udobno, izračunata je maksimalna potrebna količina toplote za grejanje od 15 kWh/m²a ili 1 litru lož ulja po m².

Da bi se objekat mogao nazvati pasivnim objektom, potrebno je da ispunjava sledeće kriterijume *Passivhaus Institut*-a:

- Specifična potrebna energija za grejanje max. 15 kWh/m²a grejne korisne površine
- Specifična potrebna primarna energija za grejanje, hlađenje, PTV, električna energija za sve kućne uređaje – max. 120 kWh/m²a
- Toplotno opterećenje – max. 10 W/m²
- Vazдушna propustljivost pri n₅₀ – max. 0,6/h
- Zimski komfor – operativna temperatura ≥ 20 °C

Izuzetna važnost za doprinos toplotnom komforu prostora pridaje se što većem stepenu toplotne izolacije omotača zgrade. Kod pasivnih kuća, preporučena temperatura u prostoru je manja nego kod uobičajenih kuća, i iznosi 18-20 °C. Ovo je moguće zbog toga što su temperature unutrašnjih površina elemenata samo malo manje od temperature vazduha u prostoru (Slika 2).



Slika 2. Temperatura unutrašnjih površina spoljašnjeg omotača pasivnog objekta

Osim toplih površina zidova i prozora, za postizanje toplotnog komfora, kod pasivnih kuća sistem ventilacije sa rekuperacijom toplote osigurava neprekidni dotok svežeg vazduha, bez gubitka toplote.

2.3. Projektovanje pasivne kuće

Pet osnovnih principa za projektovanje i građenje pasivnog objekta su:

- Izuzetno visok nivo termoizolacije - spoljni elementi građevinske konstrukcije imaju vrednost $U \leq 0,15$ W/(m²K)
- Konstrukcija bez termičkih mostova, termički mostovi $\psi \leq 0,01$ W/(mK)
- Superzaptivnost termičkog omotača objekta - proverena testom propustljivosti vazduha prema DIN EN 13829; karakteristična vrednost n₅₀ pri probnom nadpritisku i podpritisku od 50 Pa, ne sme da preskoči 0,6 h⁻¹
- Zastakljenje prozora sa Ug vrednošću ispod 0,8 W/(m²K) prema EN 673, pri zadržavanju visoke vrednosti koeficijenta energetske propusnosti g ≥ 50% prema EN 410, tako da bi zimi dolazilo do toplotnih dobitaka
- Visoka efikasnost rekuperacije toplote ventilacijom $\eta_{REK} \geq 75$ %, prema PHI sertifikatu pri zadržavanju niske potrošnje električne energije $\leq 0,45$ Wh/m³ izmenjene zapremine vazduha

2.4. Obnova postojećih zgrada na pasivni standard

Pasivni standard „Faktor 10“ predstavlja smanjenje potrebne energije za grejanje zgrade od 90%, ukoliko se upoređuje potreba za energijom koja se koristi za grejanje pre i nakon energetske sanacije zgrade.

Korišćenjem pristupa integralnog projektovanja, koje je orjentisano na svojstva zgrade tokom njenog celokupnog životnog veka, može se postići kvalitetna energetska sanacija objekta.

3. PROCENA STANJA ZGRADE

3.1 Tehnički opis

Zgrada osnovne škole „Žarko Zrenjanin - Uča“ je locirana u naselju Nadalj, u ulici Svetog Save br. 31, k.p. 895 k.o. Nadalj (Slike 3 i 4). Ukupna bruto površina katastarske parcele 895 k.o. Nadalj je 5.282,00 m². Površina zemljišta pod zgradom ili drugim objektom je 1.112,00 m², a površina zemljišta uz zgradu je 500,00 m².



Slika 3. Ulična fasada objekta



Slika 4. Dvorišna fasada objekta

Objekat osnovne škole se sastoji iz dva, konstruktivno nezavisna, objekta, starog i novog dela, koji zajedno čine jednu funkcionalnu celinu. Stari deo škole P+0, koji se nalazi uz ulicu je izgrađen 1900-te godine. Godine 1980. sagrađen je noviji deo škole, P+1 u dvorišnom delu parcele, a projektovan 1978. godine.

Relativna kota slemena starog dela škole je +10,05 m, a novog dela je +11,30 m. U odnosu na okolni teren kota prizemlja je +0,67 m (četiri stepenika).

Stariji deo objekta

Konstruktivni sistem starog dela objekta osnovne škole je masivni, zidani sistem, a sastoji se od nosivih zidova dominantno u podužnom pravcu i u poprečnom pravcu. Zidovi su zidani od pune opeke „starog formata“, debljine 45 cm, oslonjeni na trakaste temelje. Temelji su, najverovatnije, zidani opekrom. Tavanska konstrukcija je drvena, karatavan, a dograđen spuštenu plafon je od gipskarton-

skih ploča. Spratna visina prizemlja je 3,80 m. Prilaz u objekat je obezbeđen stepeništem sa ulične fasade.

Krovna konstrukcija je kompleksnog sistema, a sastoji se od jednovodnih i dvovodnih krovnih ravni. Cela krovna konstrukcija je urađena od drvene građe. Krovni pokrivač su falcovani i biber crepovi.

Fasadni zidovi objekta su malterisani i bojani fasadnom bojom. Objekat škole je bez termoizolacije. Horizontalni i vertikalni oluci, vetar lajsne i opšavi su izvedeni od čeličnog pocinkovanog lima.

Završna obrada podne konstrukcije zavisi od namene prostorije. Bravarija je od petokomornih PVC profila zastakljenih termopan staklom, sem bravarije na uličnoj fasadi, koja se sastoji od drvenih prozora sa jednostrukim staklo paketom.

Noviji deo objekta

Konstruktivni sistem novijeg dela objekta osnovne škole je jednim delom skeletni sistem, koji se sastoji od AB stubova, greda i ploča. Stubovi su oslonjeni na AB temelje samce koji su ukruženi temeljnim gredama. Drugi deo objekta je od nosivih podužnih i poprečnih zidova od giter blokova debljine 25 cm, oslonjenih na trakaste betonske temelje.

Krovna konstrukcija je od drvene građe, krovni pokrivač je falcovani crep.

Ispuna zidova objekta je giter blok, debljine 25 cm. Upotrebene marke betona su MB200, MB300 i MB400. Spratna visina objekta je 3,15 m. Prilaz u objekat je obezbeđen spoljašnjim stepenicama. Međuspratna konstrukcija je izvedena kao puna AB ploča, koja se oslanja na AB grede. Debljina ploče je 16 cm.

Stepenište koje služi za vertikalnu komunikaciju između prizemlja i prvog sprata je armirano betonsko, dvokrako. Prenos opterećenja je u jednom pravcu. Širina stepenišnog kraka je 130 cm, a dimenzije podesta su 195 x 290 cm. Podest se nalazi na visini +1,69 m od kote poda prizemlja. Spoljašnje stepenice, na glavnom ulazu u školu i na dvorišnom ulazu, su izvedene od nabijenog betona. Krovna konstrukcija je kompleksnog sistema, a sastoji se od jednovodnih i dvovodnih krovnih ravni. Cela krovna konstrukcija je urađena od drvene građe.

Fasadni zidovi objekta su malterisani i bojani fasadnom, disperzivnom, bojom. Objekat škole je bez termoizolacije. Horizontalni i vertikalni oluci, vetar lajsne i opšavi su izvedeni od čeličnog pocinkovanog lima.

Podna konstrukcija je od betona, koji se postavlja na tampon sloj šljunka. Završna obrada podne konstrukcije zavisi od namene prostorije. Bravarija je od petokomornih PVC profila zastakljenih termopan staklom.

3.2. Procena stanja objekta

Detaljnim vizualnim pregledom konstrukcije, i uvidom u dostupnu projektnu dokumentaciju, mogu se uočiti manja odstupanja izvedenog i projektovanog objekta. Ova odstupanja nisu konstruktivnog tipa i ne ugrožavaju stabilnost objekta.

Vizualnim pregledom objekta ustanovljeno je da je uzrok oštećenja pretežno posledica neadekvatne zaštite objekta od atmosferskih uticaja, kao i izostanka održavanja samog objekta. Na fasadi se javlja biološka korozija, otpadanje

površinskih delova zgrade, ljuškanje, pukotine i prsline, raslojavanje i mrlje na fasadnim zidovima objekta. U unutrašnjosti objekta, pojavljuje se ljuškanje, bubrenje i odvajanje završne obrade zidova i plafona kao posledica prisutnosti vlage u samom objektu. Takođe, pojava prsline kao posledica skupljanja usled sušenja pojedinih betonskih elemenata konstrukcije.



Slika 5. Biološka korozija na fasadi

Stabilnost i nosivost konstrukcije nije ugrožena, dok je trajnost i funkcionalnost objekta zgrade škole znatno narušena.

4. ELABORAT ENERGETSKE EFIKASNOSTI

4.1. Građevinska fizika

Urađen je proračun energetske efikasnosti zgrade. Proračun se sastoji iz izračunavanja koeficijenta prolaza toplote, analize difuzije vodene pare i izračunavanja parametara toplotne stabilnosti u letnjem periodu za sve netransparentne površine koje čine termički omotač zgrade, kao i proračun koeficijenta prolaza toplote za sve transparentne građevinske elemente u termičkom omotaču. Sledeći korak je proračunavanje ukupnih gubitaka i dobitaka toplote, te na posletku potrebne godišnje količine toplote za zagrevanje objekta i specifične godišnje potrebne energije za grejanje. Maksimalna dozvoljena godišnja potrebna finalna energija za grejanje zgrada namenjenih obrazovanju i kulturi je $q_{H,nd,max} = 75 \text{ kWh/m}^2\text{a}$. Ovim proračunom zaključeno je da je postojeći objekat trenutno energetskeg razreda „F“ i da ne zadovoljava energetske zahteve za postojeće objekte prema Pravilniku o energetskej efikasnosti zgrada.

U Tabeli 1 prikazan je pregled specifične i relativne godišnje potrebne energije za grejanje objekta pre energetske sanacije objekta.

Tabela 1 – Prikaz godišnje potrebne energije za grejanje objekta

$Q_{H,nd,int} =$	184.360,64	kWh/a
$q_{H,an} =$	156,61	kWh/m ² a
$Q_{H,an,rel} =$	208,82	%
Razred:	F	

4.2. Mere za unapređenje energetske efikasnosti

Na osnovu proračuna energetske efikasnosti objekta osnovne škole, može se zaključiti da objekat pripada energetskeg razreda „F“, na osnovu čega dati objekat nije energetskej efikasan.

Prema Pravilniku o uslovima, sadržini i načinu izdavanja sertifikata o energetskim svojstvima zgrada (S. Glasnik RS, br.61/2011), potrebno je primeniti mere na poboljšanje termičkih svojstava termičkog omotača objekta.

Mere za unapređenje energetske efikasnosti objekta su sledeće:

1. Postavljanje termoizolacionog materijala, tipa Multipor termoizolacione ploče, na fasadne zidove
2. Postavljanje termoizolacionog materijala, tipa URSA TEP – veoma tvrde podne izolacione ploče od mineralne vune, na međuspratnu konstrukciju ka negrejanom prostoru
3. Zamena drvenih prozora na uličnoj fasadi, sa novim PVC petokomornim ramom, sa dvoslojnim staklom punjenim argonom (d = 4 +15 +4).

U Tabeli 2 prikazan je pregled specifične i relativne godišnje potrebne energije za grejanje objekta posle energetske sanacije objekta.

Tabela 2. Prikaz godišnje potrebne energije za grejanje objekta

$Q_{H,nd,int} =$	94.527,95	kWh/a
$q_{H,an} =$	80,55	kWh/m ² a
$Q_{H,an,rel} =$	107,39	%
Razred:	D	

Primenjenim merama na poboljšanje termičkih svojstava termičkog omotača zgrade osnovne škole, objekat je prešao iz razreda „F“ u razred „D“. Energetski razred za postojeće zgrade, nakon izvođenja radova na rekonstrukciji, dogradnji obnovi, adaptaciji, sanaciji ili energetske sanaciji, mora biti poboljšana za najmanje jedan razred, što je ovde i postignuto.

4.2. Sanacione mere za poboljšanje trajnosti objekta

Predlog sanacije spoljašnjeg dela objekta:

- ✓ *Sanacija krovne konstrukcije:* podaščavanje i zamena krovnog pokrivača
- ✓ *Sanacija krova nadstrešnice:* izrada novog sistema za odvodnjavanje i zamena zastarelog limenog krovnog pokrivača novim
- ✓ *Sanacija dilatacione spojnice:* zaptivanje spojnice trajno elastičnim materijalom
- ✓ *Sanacija fasade objekta koja obuhvata:* uklanjanje postojećeg maltera; saniranje pukotina; uklanjanje biološke korozije; postavljanje termoizolacije od multipor ploča;
- ✓ *Zamena horizontalnih i vertikalnih olučnih instalacija i prozorskih okapnica*
- ✓ *Zamena starih prozora.*

Predlog sanacije unutrašnjeg dela objekta:

- ✓ *Sanacija međuspratne konstrukcije:* postavljanje tvrdih termoizolacionih ploča na međuspratnu konstrukciju
- ✓ *Sanacija vlage u zidovima:* presecanje zidova izvršeno bušenjem rupa u odgovarajućem rasteru i ubrizgavanjem paste za zaustavljanje prodora vode
- ✓ *Sve unutrašnje zidove i plafone treba gletovati i krečiti*
- ✓ *Zamena rasušenog laminata novim*
- ✓ *Sanacija spušenog plafona:* demontaža kompletnog sistema postojećeg spušenog plafona od gipskartonskih ploča; postavljanje novog armstrong sistema (armstrong asortiman mineralnih laminiranih ploča, bez perforacija).

5. LITERATURA

- [1] Bojan Milovanović, Nina Štirmer, Ljubomir Mišević „Pasivna kuća, poboljšanje kvaliteta stanovanja“, 2012. Zagreb
- [2] Malešev M., Radonjanin V.: Trajnost i procena stanja betonskih konstrukcija, Skripta sa predavanja, Fakultet tehničkih nauka, 2011. Novi Sad
- [3] Malešev M., Radonjanin V.: Sanacija betonskih konstrukcija, Skripta sa predavanja, Fakultet tehničkih nauka, 2016. Novi Sad
- [4] Inženjerska komora Srbije: Pravilnik o energetske efikasnosti zgrada, "Sl.glasnik RS", br. 61/2011, Beograd
- [5] <https://passiv.de/> - Passive house Institute
- [6] <https://www.pasivnakuca.rs/>
- [7] <https://www.ursa.rs/>
- [8] <https://www.ytong.rs/>

Kratka biografija:



Milica Kesić rođena je 1992. godine, u Vrbasu, Republika Srbija. Master akademske studije, smer – konstrukcije, upisala je 2017. godine. Master rad iz oblasti Sanacija betonskih konstrukcija odbranila je u 2020. godini.

kontakt: kesicmilica@outlook.com