

## **ENERGETSKA REHABILITACIJA ADMINISTRATIVNE ZGRADE U PROCESU ENERGETSKE OPTIMIZACIJE**

Branko Slavković<sup>1</sup>, Danilo Dragović<sup>1</sup>, Jasmin Suljević<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Državni Univerzitet u Novom Pazaru, Novi Pazar, Srbija

E-mail adresa autora za korespondenciju: [bslavkovic@np.ac.rs](mailto:bslavkovic@np.ac.rs) (B. Slavković)

---

### **SAŽETAK:**

*Ovaj rad ima za cilj da ispita mogućnosti energerske rehabilitacije zgrade gradske uprave u Novom Pazaru sa ciljem smanjenja transmisionih gubitaka kroz omotač zgrade. Naime, zapadna fasada objekta, koje je u isto vreme i ulazna fasada, okrenuta je ka glavnoj saobraćajnici i trgu i njom se definiše identitet zgrade. Karakteristike zapadne fasade jesu veliki procenat transparentnih površina, zatim materijalizacija kamene i malterisane fasade. U radu su ispitane mogućnosti unapređenja energetskih karakteristika zapadne fasade objekta sa upotrebom klasičnih intervencija energetske sanacije zgrade i upotrebom dvostruke fasade, kao modalitetom pasivne solarne arhitekture i savremenim izrazom arhitektonskog projektovanja administrativnih zgrada. Evaluacija unapređenih karakteristika vršena je na osnovu vrednosti transmisionih gubitaka za konkretne scenarije energetske rehabilitacije objekta.*

**Ključne reči:** *energetska rehabilitacija, održivi razvoj, dvostruka fasada, transmisioni gubici*

---

### **1. UVOD**

Primenom dvostruke fasade u procesu energetske sanacije arhitektonskih objekata moguće je ostvariti velike uštede energije za grejanje i hlađenje objekta [1]. Ovim radom su prikazani potencijalni načini primene stakla u postupku rekonstrukcije i energetske rehabilitacije postojećeg objekta. Naime, postojeću zapadnu fasadu administrativnog objekta je potrebno sanirati sa ciljem ostvarenja uštede toplotne energije. Adaptacijom postojećeg objekta potrebno je obezbediti što manje gubitaka toplote kroz omotač zgrade, pa su u skladu sa tim, ovim radom ispitani različiti načini primene stakla na zapadnoj fasadi uz primenu dvostruke fasade, rekonstrukciju prozorskih otvora sa ciljem smanjenja transmisionih gubitaka. Ovim predlogom rekonstrukcije objekta pristupilo se poštujući propise Pravilnika o energetske efikasnosti zgrada [2], o maksimalnim dozvoljenim koeficijentima prolaza toplote za određene konstruktivne elemente, proračunom redukcije transmisionih gubitaka i pozicioniranjem dvostruke fasade na najoptimalniji način.

### **2. ANALIZA POSTOJEĆEG STANJA**

Zgrada Gradske uprave grada Novog Pazara sagrađena je pedesetih godina 20. veka i predstavlja tipičan administrativni objekat građen u Jugoslaviji u tom periodu. Zgrada se

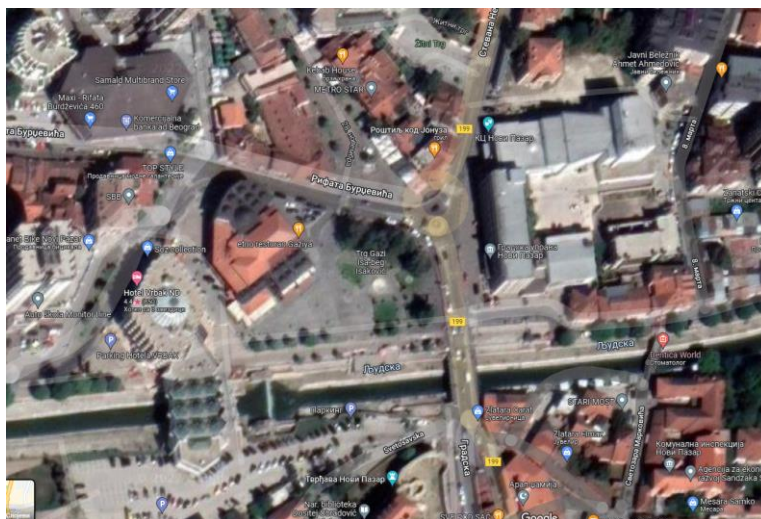
sastoji od prizemlja i tri sprata. U prizemlju se nalaze: ulazni deo, portirnica, šalter sala sa administrativnim prostorijama za zaposlene; dok su na spratovima kancelarije dvotraktne organizacije, sa hodnikom u sredini gde su kancelarije okrenute ka zapadu veće površine od kancelarija istočno orijentisanih . Osnova objekta jeste pravougaonog oblika orijentacije sever-jug (slika 1).



**Slika 1.** Osnova sprata zgrade Gradske uprave grada Novog Pazara

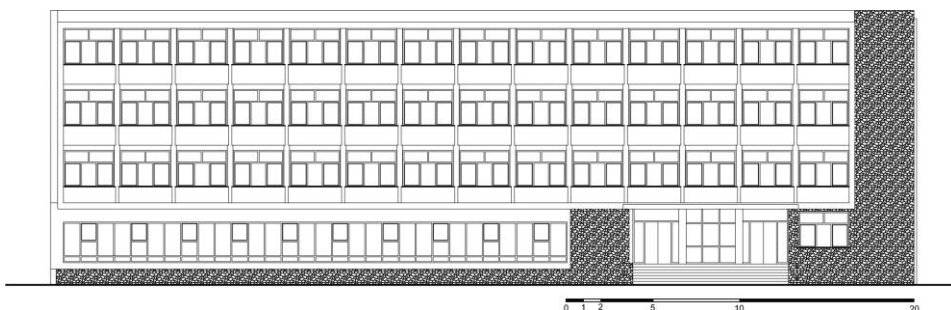
## 2.1. Analiza fasadnog omotača zapadne fasade

Zapadna fasada zgrade ujedno je i ulazna fasada, orijentisana ka gradskom trgu u potpunosti osunčana (slika 2). Fasada se sastoji od 63% transparentnih površina i 37% netransparentnih površina (slika 3).



**Slika 2.** Kontekst šireg okruženja zgrade Gradske uprave grada Novog Pazara

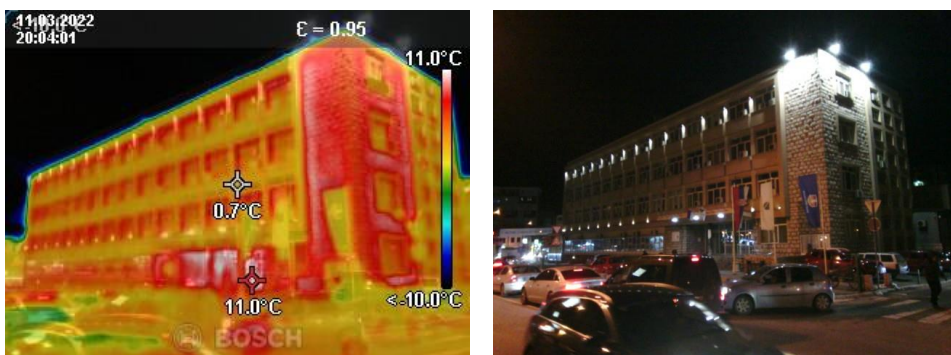
Transparentni deo čine ulazi u objekat, izlog portirnice, prozorski otvori na šalter sali i prozorski otvori na kancelarijama. Netransparentni deo čine kamena fasada u prizemlju i po celoj visini ugla zgrade orijentisanog ka jugo-zapadu (slika 3), zatim parapeti na spratu sa malterom kao finalnim slojem. Osim ulaznog dela, koji je uvučen i nadkriven prostor, zapadna fasada zgrade gradske uprave grada Novog Pazara je u potpunosti osunčana. Od nivoa prvog do nivoa poslednjeg sprata formirana je arhitektura sa prozorskim otvorima u širini konstruktivnog rastera sa parapetom visine 90 cm. Ovaj deo fasade uokviren je armirano-betonskim ramom kojim je na neki način odvojen od ostatka fasade. U skladu sa tim, ovaj deo fasade će u radu biti posebno tretiran, kao deo gde se ispituje mogućnost primene dvostruke fasade na administrativnoj zgradi sa ciljem smanjenja transmisionig gubitaka kroz fasadni omotač.



**Slika 3.** Izgled zapadne fasada zgrade gradske uprave grada Novog Pazara

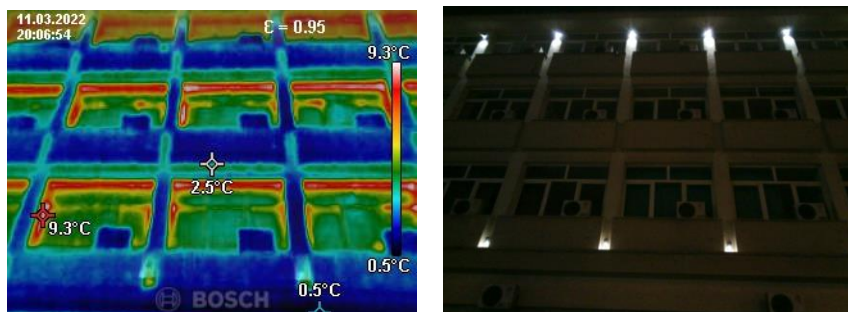
## 2.2. Termičke karakteristike omotača zapadne fasade

Za potrebe istraživanja izvršeno je termovizijsko snimanje zgrade. Na ovaj način se najbolje ukazuje na mesta realnih gubitaka toplote kroz omtač zgrade [3]. Termovizijsko snimanje obavljeno je termovizijskom kamerom GTC 400 C Professional 11. marta 2022. oko 20 časova, pri spoljnoj temperaturi od  $-3^{\circ}\text{C}$  (Slika 4).



**Slika 4.** Termovizijski snimak zgrade gradske uprave grada Novog Pazara

Uvidom u termovizijski snimak možemo da konstatujemo visoke gubitke kroz fasadu zgrade gde je kamen finalni omotač i u delu fasade gde je spoj prozora i fasadnog zida (slike 4 i 5).

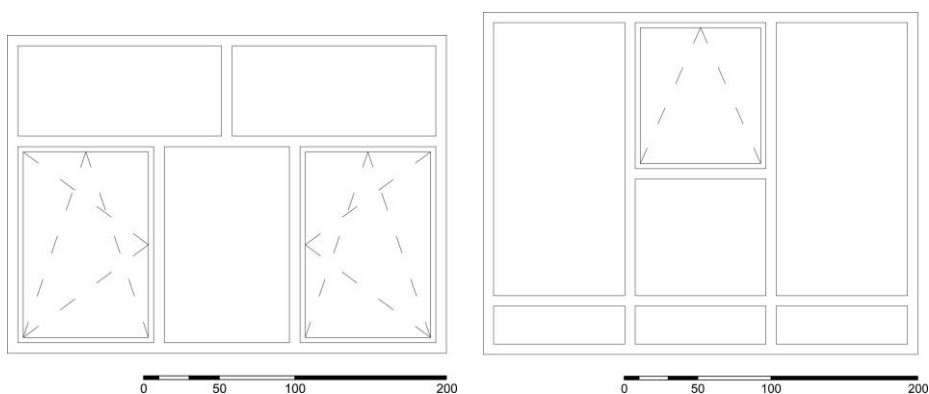


**Slika 5.** Termovizijski snimak prozora na kancelarijama zgrade gradske

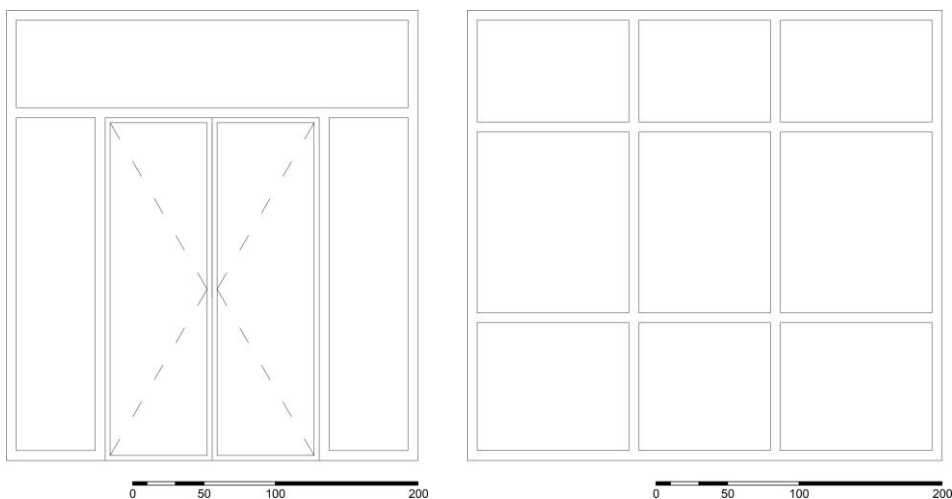
Koliko je loša zaptivenost prozora uočljivo je na slici 5 levo, gde je termovizijskim snimanjem prikazana temperatura spoljne površine fasade od 9,3°C čime se dokazuju visoki toplotni gubici u ovom delu fasade.

### 2.3. Proračun toplotnih gubitaka kroz omotač zapadne fasade

U skladu sa navedenim termičkim karakteristikama pristupilo se termičkom proračunu transmissionih gubitaka kroz omotač zapadne fasade. Na slici 6 prikazani su izgledi i geometrija prozorskih otvora na kancelarijskom delu i šalter sali. Postojeća stolarija se sastoji od 6-komornih PVC okvira sa koeficijentom prolaza toplote od 1,5 W/m<sup>2</sup>K i dvostrukog zastakljenja koeficijentom prolaza toplote od 3,0 W/m<sup>2</sup>K.



**Slika 6.** Izgled prozorskih otvora kancelarija i šalter sale zapadne fasade zgrade gradske uprave grada Novog Pazara



**Slika 7.** Izgled ulaznih vrata i izloga portirnice zapadne fasade zgrade gradske uprave grada Novog Pazara

Na slici 7 prikazani su izgledi i geometrija otvora na ulaznom delu i izlogu portirnice. Navedena stolarija se sastoji od Al okvira sa koeficijentom prolaza toplote od 2,8 W/m<sup>2</sup>K i dvostrukog zastakljenja koeficijentom prolaza toplote od 3,0 W/m<sup>2</sup>K.

Spoljni malterisani zid je od opeke debljine 25 cm malterisan sa unutrašnje strane u produžnom malteru, sa stiroporom d=5cm i fasadnim malterom sa spoljne strane. Deo zapadne fasade koje je izgrađen sa kamenom kao finalnim slojem d=20cm, sastoji se od opeke debljine 25 cm malterisan sa unutrašnje strane. Takođe, netransparentni deo fasade čini i deo prozorskih otvora na šalter sali, koji su pri dnu od PVC panela U=1,5 W/m<sup>2</sup>K (slika 6 - desno).

Koeficijent prolaza toplote transparentnog građevinskog elementa određujemo proračunom, saglasno standardu SRPS EN ISO 10077-1:

$$U_w = \frac{A_g \times U_g + A_f \times U_f + l_g \times \Psi_g}{A_g + A_f} \quad (1)$$

Koeficijent prolaza toplote netransparentnog građevinskog elementa, U [W/m<sup>2</sup>K], proračunava se, u opštem slučaju – za građevinski element jednostavne heterogenosti, saglasno standardu SRPS EN ISO 6946, na sledeći način:

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum_m \frac{d_m}{\lambda_m} + R_{se}} \quad (2)$$

Koeficijent transmisivnog gubitka toplote,  $H_T$  [W/K] postojećeg stanja zapadne fasade prikazan je u tabeli 1, koji određujemo proračunom na sledeći način:

$$H_T = \sum (F_x * U * A) + H_{TB} \quad (3)$$

**Tabela 1.** Koeficijent transmisivnog gubitka toplote zapadne fasade - postojeće stanje

| Konstruktivni element  | U<br>[W/(m <sup>2</sup> K)] | A<br>[m <sup>2</sup> ] | F <sub>x</sub> | H <sub>T</sub><br>[W/K] |
|------------------------|-----------------------------|------------------------|----------------|-------------------------|
| Kancelarijski prozor   | 2,86                        | 266,6                  | 1              | 788,04                  |
| Ulaz 1                 | 2,70                        | 9,29                   | 1              | 26,00                   |
| Ulaz 2                 | 3,16                        | 9,29                   | 1              | 30,31                   |
| Izlog portirnice       | 3,17                        | 10,49                  | 1              | 34,30                   |
| Prozori na šalter sali | 2,70                        | 57,94                  | 1              | 162,15                  |
| Parapetni zid          | 0,523                       | 111,72                 | 1              | 69,60                   |
| Nadprozorni zid        | 0,523                       | 37,38                  | 1              | 23,29                   |
| Kameni zid             | 1,138                       | 52,74                  | 1              | 65,29                   |
| PVC panel šalter sale  | 1,5                         | 9,56                   | 1              | 15,30                   |
|                        |                             |                        |                |                         |
| Ukupno                 |                             | 565,01                 |                | 1214,28                 |

### 3. UNAPREĐENJE ENERGETSKIH PERFORMANSI FASADE

Staklo je materijal čija je osnovna osobina transparentnost. Osim što je transparentan materijal, staklo, u zavisnosti od vrste, poseduje određene karakteristike: transmisija svetlosti, direktna transmisija energije, solarni faktor, koeficijent prolaza toplote, koeficijent specifične toplote, koeficijent toplotne provodljivosti i dr. U ovom istraživanju akcenat je na energetskoj efikasnosti primenjenih materijala i njihova primena u transparentnim fasadnim sistemima. U skladu sa tim, poseban osvrt pri odabiru određene vrste stakla odnosi se na koeficijent prolaza toplote.

U ovom delu rada prikazani su različiti scenariji unapređenja energetskih performansi postojeće zapadne fasade objekta. U skladu sa tim istraženi su: predlog rekonstrukcije (zamene) postojećih prozora sa novim i predlog primene drvostrukne fasade. Predlogom rekonstrukcije postojeće fasade akcenat je da se na optimalan način izvrši primena nekog od navedenih fasadnih sistema. Procena unapređenja energetske efikasnosti fasade vrši se na osnovu poređenja transmisivnih gubitaka energije postojeće fasade i predloženog rešenja rekonstrukcije.

#### 3.1. Rekonstrukcija prozorskih otvora i fasadnog zida – klasična sanacija

Pri rekonstrukciji prozorskih otvora pristupilo se zameni postojećih prozora sa novim, koji sadrže niskoemisiono staklo staklo 4-12-4 (Kr), koga karakteriše koeficijent prolaza toplote  $U=1,1$  W/m<sup>2</sup>K i 6-komorni PVC – šuplji okviri sa koeficijentom  $U=1,2$  W/m<sup>2</sup>K.

Na osnovu dobijenih rezultata prikazanih u tabeli 2, možemo konstatovati da su ovim scenarijom sanacije transmisioni gubici kroz zapadnu fasadu objekta smanjeni za 44,45%.

**Tabela 2.** Koeficijent transmisionog gubitka toplote zapadne fasade – klasična sanacija

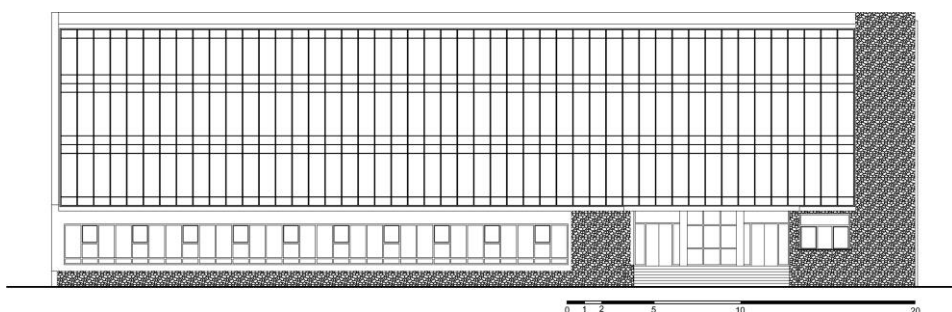
| Konstruktivni element  | U<br>[W/(m <sup>2</sup> K)] | A<br>[m <sup>2</sup> ] | F <sub>x</sub> | H <sub>T</sub><br>[W/K] |
|------------------------|-----------------------------|------------------------|----------------|-------------------------|
| Kancelarijski prozor   | 1,32                        | 266,6                  | 1              | 379,10                  |
| Ulaz 1                 | 1,29                        | 9,29                   | 1              | 12,88                   |
| Ulaz 2                 | 1,35                        | 9,29                   | 1              | 13,52                   |
| Izlog portirnice       | 1,35                        | 10,49                  | 1              | 15,24                   |
| Prozori na šalter sali | 1,29                        | 57,94                  | 1              | 80,31                   |
| Parapetni zid          | 0,523                       | 111,72                 | 1              | 69,60                   |
| Nadprozorni zid        | 0,523                       | 37,38                  | 1              | 23,29                   |
| Kameni zid             | 1,138                       | 52,74                  | 1              | 65,29                   |
| PVC panel šalter sale  | 1,5                         | 9,56                   | 1              | 15,30                   |
|                        |                             |                        |                |                         |
| Ukupno                 |                             | 565,01                 |                | 674,52                  |

### 3.2. Primena dvostruke fasade pri sanaciji omotača zgrade

Dvostruke fasade predstavljaju složeni multifunkcionalni sistem omotača u sklopu arhitektonskih objekata [4]. Poseban značaj primene dvostrukih fasada je u ulozi koju imaju u pogledu energetske optimizovanja zgrade, zaštite od negativnih spoljašnjih uticaja i postizanja optimalnih parametara unutrašnjeg komfora [5].

#### 3.2.1. Pozicija i karakteristike dvostruke fasade

Kao što je napred pomenuto, kancelarijski prostor na zapadnoj fasadi zgrade od prvog do trećeg sprata uokviren je betonskim ramom kojim se na neki način sugerise da je ovaj deo fasade zgrade moguće posebno tretirati. U skladu sa navedenim, ispitane su mogućnosti energetske optimizacije ukoliko bi se na ovom mestu postavila dvostruka fasada (slika 8) sa niskoemisionim staklom 4-16-4 mm (vazduh) koga karakteriše koeficijent prolaza toplote  $U=1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$  i Al profilima gde su vertikalni sa koeficijentom prolaza toplote  $U=2,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ , a horizontalni  $U=1,9 \text{ W/m}^2\text{K}$ .



**Slika 8.** Izgled zapadne fasada zgrade gradske uprave grada Novog Pazara sa primenom dvostruke fasade

Prema standardu EN 13947 [6] za proračun termičkih karakteristika zid zavese koeficijent prolaza toplote zid zavese iznosi:

$$U_{cw} = \frac{\sum A * U + \sum \Psi * 1}{A_{cw}} = 1,76 \quad (1)$$

Prema istom standardu koeficijent prolaza toplote dvostruke fasade iznosi:

$$U_{dvf} = \frac{1}{\frac{1}{U_{cw1}} - R_{si} + R_s - R_{se} + \frac{1}{U_{cw2}}} = 1,07 \quad (2)$$

Na osnovu dobijenih rezultata prikazanih u tabeli 3, možemo konstatovati da su ovim scenarijom sanacije transmisioni gubici kroz zapadnu fasadu objekta smanjeni za 33,19%.

**Tabela 3.** Koeficijent transmisionog gubitka toplote zapadne fasade – dvostruka fasada

| Konstruktivni element  | U<br>[W/(m <sup>2</sup> K)] | A<br>[m <sup>2</sup> ] | F <sub>x</sub> | H <sub>T</sub><br>[W/K] |
|------------------------|-----------------------------|------------------------|----------------|-------------------------|
| Kancelarijski prozor   | 2,86                        | 6,2                    | 1              | 18,33                   |
| Ulaz 1                 | 2,70                        | 9,29                   | 1              | 26,00                   |
| Ulaz 2                 | 3,16                        | 9,29                   | 1              | 30,31                   |
| Izlog portirnice       | 3,17                        | 10,49                  | 1              | 34,30                   |
| Prozori na šalter sali | 2,70                        | 57,94                  | 1              | 162,15                  |
| Dvostruka fasada       | 1,06                        | 372,12                 | 1              | 430,33                  |
| Nadprozorni zid        | 0,523                       | 37,38                  | 1              | 23,29                   |
| Kameni zid             | 1,138                       | 52,74                  | 1              | 65,29                   |
| PVC panel šalter sale  | 1,5                         | 9,56                   | 1              | 15,30                   |
|                        |                             |                        |                |                         |
| <b>Ukupno</b>          |                             | <b>565,01</b>          |                | <b>811,28</b>           |



### 3.3. Primena dvostruke fasade pri sanaciji omotača zgrade sa rekonstrukcijom prozorskih otvora

Ovim scenarijom rekonstrukcije, pored dodate dvostruke fasade kao u prethodnom scenariju, zamenjeni su i prozori na zapadnoj fasadi kao u prvom scenariju klasične sanacije. Dobijeni rezultati su prikazani u tabeli 4.

Na osnovu dobijenih rezultata prikazanih u tabeli 4, možemo konstatovati da su ovim scenarijom sanacije transmisioni gubici kroz zapadnu fasadu objekta smanjeni za 54,66%.

**Tabela 4.** Koeficijent transmisionog gubitka toplote zapadne fasade – dvostruka fasada + klasična sanacija

| Konstruktivni element  | U<br>[W/(m <sup>2</sup> K)] | A<br>[m <sup>2</sup> ] | F <sub>x</sub> | H <sub>T</sub><br>[W/K] |
|------------------------|-----------------------------|------------------------|----------------|-------------------------|
| Kancelarijski prozor   | 1,32                        | 6,2                    | 1              | 8,20                    |
| Ulaz 1                 | 1,29                        | 9,29                   | 1              | 11,95                   |
| Ulaz 2                 | 1,35                        | 9,29                   | 1              | 12,59                   |
| Izlog portirnice       | 1,35                        | 10,49                  | 1              | 14,19                   |
| Prozori na šalter sali | 1,29                        | 57,94                  | 1              | 74,51                   |
| Dvostruka fasada       | 0,42                        | 372,12                 | 1              | 46,53                   |
| Nadprozorni zid        | 0,523                       | 37,38                  | 1              | 19,55                   |
| Kameni zid             | 1,138                       | 52,74                  | 1              | 65,66                   |
| PVC panel šalter sale  | 1,5                         | 9,56                   | 1              | 14,34                   |
|                        |                             |                        |                |                         |
| Ukupno                 |                             | 565,01                 |                | 550,59                  |

## 4. ZAKLJUČAK

Sanacijom transparentnih površina fasade koja ima oko dve trećine svoje površine transparentnih elemenata moguće je ostvariti značajno smanjenje transmisionih gubitaka kroz omotač zgrade i samim tim ostvariti značajne uštede toplotne energije. Ovom studijom slučaja prikazane su ostvarene redukcije transmisionih gubitaka kroz zapadnu fasadu objekta, u zavisnosti od scenarija sanacije 33,19% - 54,66%.

U radu nisu diskutovani scenariji sanacije netransparentnih elemenata niti unapređenje akustičkog komfora upotrebom dvostruke fasade, to će biti tema nekog narednog istraživanja.

Scenarijima sanacije vodilo se računa o očuvanju identiteta zgrade, gde se rekonstrukcijom prozorskih otvora zadržava postojeća geometrija i način otvaranja prozora i sa minimalnim intervencijama postizu velike uštede energije.

Primena dvostrukih fasada najviše je zastupljena kod objekata administrativne namene i u skladu sa tim ovan način energetske rehabilitacije postojećeg objekata sa njenom primenom svakako predstavlja opravdan pristup.

## **5. LITERATURA**

- [1] Slavković, B. (2017.) Modaliteti primene pasivnih solarnih sistema pri sanaciji industrijskih objekata u Srbiji. Doktorska disertacija. Beograd: Arhitektonski fakultet.
- [2] Ministarstvo energetike. Pravilnik o energetskej efikasnosti zgrada. Službeni glasnik RS: 061/2011. 19.08.2011. 28-49.
- [3] Jovanović Popović M., Ignjatović D. (2011). *Videti energiju*. Arhitektonski fakultet Univerziteta u Beogradu. Beograd
- [4] Andjelković, A. S. et al. (2015). The Development of simple calculation model for energy performance of double skin facades, *Thermal Science*, 16, Suppl. 1, pp. S251-S267
- [5] Slavković, B., Application of the double skin façade in rehabilitation of the industrial buildings in Serbia, *Thermal Science*, 21 (2017), No. 6B, pp. 2945-2955
- [6] European committee for standardization: European standard EN 13947 - Thermal performance of curtain wall – Calculation of thermal transmittance, 2006

## **ENERGY REHABILITATION OF ADMINISTRATIVE BUILDING IN THE PROCESS OF ENERGY OPTIMIZATION**

Branko Slavkovic<sup>1</sup>, Danilo Dragovic<sup>1</sup>, Jasmin Suljevic<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>State University of Novi Pazar, Novi Pazar, Serbia

Corresponding author e-mail address: [bslavkovic@np.ac.rs](mailto:bslavkovic@np.ac.rs) (B. Slavkovic)

---

### **ABSTRACT:**

*This paper aims to examine the possibilities of energy rehabilitation of the city administration building in Novi Pazar with the aim of reducing transmission losses through the building envelope. Namely, the western façade of the building, which is at the same time the entrance façade, faces the main road and the square and defines the identity of the building. The characteristics of the western façade are a large percentage of transparent surfaces, followed by the materialization of the stone and plastered façade. The paper examines the possibilities of improving the energy characteristics of the western facade of the building with the use of classical interventions of energy rehabilitation of the building and the use of double skin facade, as a modality of passive solar architecture and modern expression of architectural design of office buildings. The evaluation of the improved characteristics was performed on the basis of the values of the heat transfer coefficients for specific scenarios of energy rehabilitation of the building.*

**Keywords:** *energy rehabilitation, sustainable development, double skin facade, transmission losses*