

Poređenje i analiza vrednosti koeficijenta transmisijonih gubitaka toplote prema tlu određenog prema EN ISO 13790:2010 i EN ISO 13370:2017

Sandra Kovačević, Branislav Petrović, Miloš Banjac

Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet

Rezime - U nameri da se ustanovi kolike razlike nastaju pri korišćenju u Srbiji trenutno aktuelnog proračuna za određivanje koeficijenta transmisijonih gubitaka toplote prema tlu prema EN ISO 13790:2010, čija je upotreba propisana Pravilnikom o energetske efikasnosti zgrada ("Sl. glasnik RS", br. 61/2011) i proračuna prema standardu EN ISO 13370:2017, koga propisuje nova revidirana direktiva EPBD EU/2024/1275 u radu su predstavljene obe metode, a rezultati proračuna i odstupanja upoređeni i analizirani na konkretnom primeru.

Između ostalog, ustanovljeno je da za razliku od prethodne mesečne/sezonske metode, utvrđene standardom EN ISO 13790, koja ne obuhvata inerciju tla, metoda iz standarda EN ISO 13370:2017 obuhvata ne samo razlike temperature zemljišta u odnosu na temperaturu spoljašnjeg vazduha, već i inerciju, tj. kašnjenje promene temperature tla u odnosu na temperaturu spoljašnjeg vazduha, što je čini superiornijom, a rezultate dobijene njenim korišćenjem kvalitetnijim i pouzdanijim.

Ključne reči - koeficijent transmisijonih gubitaka toplote prema tlu, EN ISO 13790:2010, EN ISO 13370:2017

I UVOD

Da bi stvorili uslove za realizaciju ambicioznog Zelenog dogovora, da Evropa do 2050. godine postane prvi klimatski neutralan kontinent, Evropska komisija i Evropski parlament usvojili su čitav niz novih, ali i revidirali čitav niz postojećih pravnih dokumenata, tzv. direktiva iz oblasti energije, energetske efikasnosti i obnovljivih izvora energije.

Ustanovivši da je sektor zgradarstva trenutno najveći pojedinačni potrošač energije, sa udelom od 40% od energije koja se troši u EU, i da je stoga građevinski sektor ključan za postizanje energetske i klimatske ciljeve EU, Evropska komisija je u maju 2024. godine usvojila novu, drugi put revidiranu Direktivu o energetske svojstvima zgrada (EPBD EU/2024/1275). Ova direktiva je usko povezana i dopunjuje se sa drugim evropskim politikama Zelenog dogovora kao što su sistem trgovanja emisijama goriva koja se koriste u zgradama, revidiran Direktivi o energetske efikasnosti, koja je revidirana Direktivi o obnovljivoj energiji i Uredbi o infrastrukturi za alternativna goriva [1-3].

Takođe, ustanovivši da dosadašnji način proračuna energije potrebne za zadovoljenje potreba za grejanjem i hlađenjem zgrada nema zadovoljavajući kvalitet, i da je potrebno koristiti preciznije proračune, ova direktiva za određivanje tzv. toplotnih

gubitaka propisuje upotrebu novih standarda.

Republika Srbija za potrebe određivanja godišnje potrošnje energije za grejanje i hlađenje, pripremu sanitarne tople vode, ventilaciju i osvetljenje koristi aktuelni proračun prema standardu EN ISO 13790:2010 [4], čija je upotreba propisana Pravilnikom o energetske efikasnosti zgrada ("Sl. glasnik RS", br. 61/2011) [5]. Mesečna/sezonska metoda za određivanje koeficijenta transmisijonih gubitaka toplote prema tlu koristeći navedeni standard ne obuhvata inerciju tla, za razliku od metode iz novijeg standarda EN ISO 13370:2017 [6]. Proračun obuhvata ne samo razlike temperature zemljišta u odnosu na temperaturu spoljašnjeg vazduha, već i inerciju, tj. kašnjenje promene temperature tla u odnosu na temperaturu spoljašnjeg vazduha, što je čini superiornijom, a rezultate dobijene njenim korišćenjem kvalitetnijim i pouzdanijim.

II ODREĐIVANJE KOEFICIJENTA TRANSMISIJE GUBITAKA TOPLOTE KROZ TLO PREMA EN ISO 13790:2010

Prema standardu SRPS EN ISO 13790:2010, koji se primenjuje u Republici Srbiji za proračun metodom potpuno definisanog mesečnog i sezonskog modela, godišnja potrebna toplota za grejanje za sisteme koji rade bez prekida u zagrevanju, $Q_{H,nd}$ [kWh/god], određuje se kao razlika između godišnje potrebne toplote za nadoknadu gubitaka toplote, $Q_{H,ht}$ [kWh/god], i godišnje količine toplote koja potiče od unutrašnjih dobitaka toplote i dobitaka usled sunčevog zračenja, $Q_{H,gn}$ [kWh/god], pomnožene sa faktorom iskorišćenja dobitaka toplote, $\eta_{H,gn}$ [-]:

$$Q_{H,nd} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} \cdot Q_{H,gn} \quad (1)$$

Godišnja potrebna toplota za nadoknadu gubitaka toplote, $Q_{H,ht}$, predstavlja zbir potrebne toplote za nadoknadu transmisijonih, $Q_{H,tr}$, i ventilacionih gubitaka toplote, $Q_{H,ve}$:

$$Q_{H,ht} = Q_{H,tr} + Q_{H,ve} \quad (2)$$

Za određivanje godišnje potrebne toplote za nadoknadu gubitaka toplote, $Q_{H,ht}$, u obzir se uzima zbir koeficijenta transmisijonih, H_{tr} [W/K], i ventilacionih gubitaka toplote, H_{ve} [W/K], a izražen je preko stepen dana grejanja HDD koji predstavlja zbir dnevnih razlika između referentne temperature unutrašnjeg vazduha i prosečne dnevne temperature spoljašnjeg vazduha za sve dane kada je referentna temperatura viša u odnosu na prosečnu dnevnu temperaturu spoljašnjeg vazduha:

$$Q_{H,ht} = (H_{tr} + H_{ve}) \cdot 24 \cdot HDD \cdot 10^{-3} \quad (3)$$

Koeficijent transmisijonih gubitaka toplote H_{tr} [W/K] predstavlja zbir četiri tipa koeficijenata gubitka toplote:

$$H_{tr} = H_D + H_{gr} + H_U + H_A \quad (4)$$

gde su:

H_D – koeficijent transmisijonih gubitaka toplote za površine u kontaktu sa spoljašnjim vazduhom [W/K],

H_{gr} – koeficijent transmisijonih gubitaka toplote za površine u kontaktu sa tlom [W/K],

H_U – koeficijent transmisijonih gubitaka toplote transmisijom za površine u kontaktu sa negrejanom prostorijom [W/K],

H_A – koeficijent transmisijonih gubitaka toplote za površine u kontaktu sa susednom zgradom [W/K].

Za proračun koeficijenta transmisijonih gubitaka toplote za svaki i -ti građevinski element u okviru termičkog omotača objekta standard EN ISO 13790:2010 koristi uprošćeni izraz:

$$H_{tr} = \sum_i (F_{xi} \cdot U_i \cdot A_i) + H_{TB} \quad (5)$$

gde su:

F_{xi} – faktor korekcije temperature za i -ti građevinski element [-],

U_i – koeficijent prolaženja toplote za i -ti građevinski element [W/m²K],

A_i – površina i -tog građevinskog elementa [m²].

Uprošćen metod uticaja toplotnih mostova obuhvaćen je ukupnim koeficijentom gubitaka toplote usled uticaja toplotnih mostova, H_{TB} [W/K], a odnosi se na gubitke toplote koji, prema pretpostavci, čine 10% ukupne površine termičkog omotača razmatranog objekta.

Faktor korekcije temperature za i -ti građevinski element, F_{xi} , koriguje temperaturnu razliku koja se javlja između građevinskih elementa koje razdvaja termički omotač objekta. Vrednosti ovog faktora usvajaju se iz tabele koju propisuje Pravilnik o energetskej efikasnosti zgrada.

III ODREĐIVANJE KOEFICIJENTA TRANSMISIJIH GUBITAKA TOPLOTE KROZ TLO PREMA EN ISO 13370:2017

Koeficijent transmisijonih gubitaka toplote prema tlu, $H_{gr,m}$, predstavlja toplotni protok prolaženjem (transmisijom) toplote kroz građevinske elemente omotača proračunske zone koji su u kontaktu sa tlom tokom jednog meseca (gr - *ground*, m - *monthly*), sveden na razliku proračunske temperature unutrašnjeg i projektna temperature spoljašnjeg vazduha.

Proračunom predviđenim ovim standardom obuhvataju se ne samo razlike temperature zemljišta u odnosu na temperaturu spoljašnjeg vazduha, već i inertnost, tj. kašnjenje promene temperature tla u odnosu na temperaturu spoljašnjeg vazduha. Proračunom su pretpostavljeni uslovi da je temperatura unutrašnjeg vazduha stalna, a promene temperature spoljašnjeg vazduha i promene temperature tla obuhvataju se korišćenjem odgovarajućih srednjih mesečnih temperatura. U odnosu na standard EN ISO 13790:2010, koeficijent gubitka toplote transmisijom prema tlu $H_{gr,m}$ [W/K], određuje se za svaki mesec posebno, prema sledećem izrazu:

$$H_{gr,m} = \frac{\Phi_m}{\vartheta_{int,m} - \vartheta_{e,m}} \quad (6)$$

gde su:

Φ_m – toplotni protok ka tlu za proračunski mesec m [W],

$\vartheta_{int,m}$ – projektna temperatura unutrašnjeg vazduha za sezonu grejanja $\vartheta_{int,H}$ ili sezonu hlađenja $\vartheta_{int,C}$ (u zavisnosti od namene prostora i proračuna za zimski ili letnji režim) [°C],

$\vartheta_{e,m}$ – srednja temperatura spoljašnjeg vazduha za proračunski mesec m [°C].

Toplotni protok ka tlu za proračunski mesec može pojednostavljeno da se odredi pomoću izraza:

$$\Phi_m = H_{gr} \cdot (\bar{\vartheta}_{int} - \bar{\vartheta}_e) - H_{pi} \cdot (\bar{\vartheta}_{int} - \vartheta_{int,m}) + H_{pe} \cdot (\bar{\vartheta}_e - \vartheta_{e,m}) \quad (7)$$

gde su:

H_{gr} – stacionarni koeficijent gubitka toplote transmisijom prema tlu [W/K],

H_{pi} – unutrašnji periodični koeficijent gubitka toplote transmisijom [W/K],

H_{pe} – spoljašnji periodični koeficijent gubitka toplote transmisijom [W/K],

$\bar{\vartheta}_{int}$ – srednja projektna temperatura unutrašnjeg vazduha za sezonu grejanja i hlađenja [°C],

$\bar{\vartheta}_e$ – srednja godišnja spoljašnja temperatura vazduha [°C].

Stacionarni koeficijent gubitka toplote transmisijom prema tlu određuje se prema izrazu:

$$H_{gr} = A_{gr} \cdot U + P \cdot \psi_{gr} \quad (8)$$

gde su:

A_{gr} – površina poda [m²],

U – koeficijent prolaženja toplote između unutrašnjeg i spoljašnjeg prostora [W/m²K],

P – izložen obim poda [m],

ψ_{gr} – linijski koeficijent prolaženja toplote za spoj zida i poda [W/mK].

Koeficijent prolaženja toplote U i periodični koeficijenti gubitka toplote transmisijom H_{pi} i H_{pe} računaju se posebno za četiri različita slučaja:

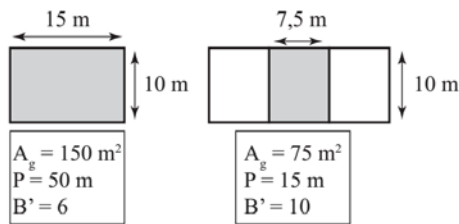
1. slučaj poda sa pločom na tlu,
2. slučaj poda sa pločom uzdignutom od tla,
3. slučaj grejanog podruma,
4. slučaj negrejanog podruma.

Pri tome, u svakom od četiri slučaja, u izrazima za određivanje periodičnih koeficijenata gubitka toplote transmisijom H_{pi} i H_{pe} , figuriše tzv. karakteristična dimenzija poda, B . Ovom veličinom obuhvata se trodimenzionalna priroda toplotnog toka unutar zemlje, odnosno uticaj promene temperature okolnog vazduha na temperaturu tla ispod zgrade. Karakteristična dimenzija poda određuje se pomoću izraza:

$$B = \frac{A_{gr}}{0,5 \cdot P} \quad (9)$$

Izloženi obim poda, P , je obim razmatrane podne ploče koji je u kontaktu sa spoljnim vazduhom. Za slobodnostojeću zgradu obim poda P predstavlja ukupan obim zgrade (slika 1, levo). Za zgradu u nizu, obim poda predstavlja dužinu pripadajućih spoljašnjih zidova zgrade koji razdvajaju grejani prostor zgrade od okoline (slika 1, desno). U slučaju da postoje negrejani delovi zgrade i da se nalaze izvan termičkog omotača objekta, kao što su garaže i skladišta, smatra se da tih prostora nema, tj. da su ti

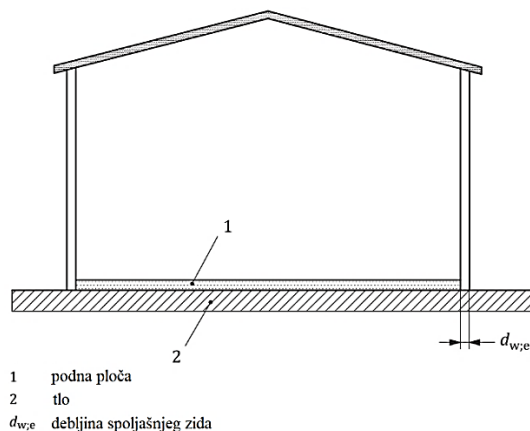
zidovi koji se graniče sa ovim prostorima spoljašnji zidovi koji razdvajaju grejani prostor od okoline [7-10].



Slika 1. Određivanje karakteristične dimenzije poda B

III-1 Slučaj poda sa pločom na tlu

Prvi slučaj predstavlja pod sa pločom na tlu, koji je prikazan na slici 2. Koeficijent prolaženja toplote kroz pod sa pločom koja je u neposrednom u kontaktu sa tlom $U \rightarrow U_{fg,sog}$ (eng. *floor ground - slab on ground*) određuje se u zavisnosti od odnosa tzv. ekvivalentne debljine poda, d_f , i karakteristične dimenzije poda, B .



Slika 2. Prikaz poda sa pločom na tlu

Ekvivalentna debljina poda, d_f , određuje se pomoću izraza:

$$d_f = d_{w,e} + \lambda_{gr} \cdot (R_{si} + R_{fg,sog} + R_{se}) \quad (10)$$

gde su:

$d_{w,e}$ – ukupna debljina zida u podrumu [m],

λ_{gr} – toplotna provodljivost tla ($\lambda_{gr}=2$ W/mK).

Pri određivanju toplotnog otpora provođenju toplote podne ploče, $R_{fg,sog}$ (m²K)/W, otpor prelaženju toplote sa donje površine poda na zemlju se zanemaruje, R_{se} (m²K)/W, jer se pretpostavlja da čvrsto sabijani materijal ispod ploče ima istu toplotnu provodljivost kao i tlo. Dok toplotni otpor prelaženju toplote sa unutrašnjeg vazduha na unutrašnju površinu poda iznosi $R_{si}=0,17$ (m²K)/W.

Koeficijent prolaženja toplote kroz pod na tlu, $U_{fg,sog}$, može se odrediti na dva načina:

– za neizolovani ili slabo izolovani pod, tj, kada je $d_f < B$:

$$U_{fg,sog} = \frac{2 \cdot \lambda_{gr}}{\pi \cdot B + d_f} \cdot \ln \left(\frac{\pi \cdot B}{d_f} + 1 \right) \quad (11)$$

– za dobro izolovani pod, tj, kada je $d_f \geq B$:

$$U_{fg,sog} = \frac{\lambda_{gr}}{0,457 \cdot B + d_f} \quad (12)$$

Unutrašnji periodični koeficijent gubitka toplote transmisijom, H_{pi} , za slučaj poda na tlu računa se prema sledećem izrazu:

$$H_{pi} = A_{gr} \cdot \frac{\lambda_{gr}}{d_f} \cdot \sqrt{\frac{2}{\left(1 + \frac{\delta}{(\lambda_{gr}/d_f)}\right)^2 + 1}} \quad (13)$$

gde je δ [m] periodična dubina prodiranja toplote u tlo i može se odrediti na korišćenjem tabele u zavisnosti od vrste tla ili na osnovu izraza (14) koji zavisi od toplotne provodljivost tla, λ_{gr} [W/mK], gustine tla, ρ_{gr} [kg/m³] i specifičnog toplotnog kapaciteta tla, c_{gr} [J/kgK]:

$$\delta = \sqrt{\frac{3,15 \cdot 10^7 \cdot \lambda_{gr}}{\pi \cdot \rho_{gr} \cdot c_{gr}}} \quad (14)$$

Spoljašnji periodični koeficijent gubitka toplote transmisijom, za slučaj poda na tlu računa se prema sledećem izrazu:

$$H_{pe} = 0,37 \cdot P \cdot \lambda_{gr} \cdot \ln \left(\frac{\delta}{d_f} + 1 \right) \quad (15)$$

III-2 Slučaj poda sa pločom uzdignutom od tla

Dugi slučaj predstavlja pod sa pločom uzdignutom od tla, koji je prikazan na slici 3. Koeficijent prolaženja toplote za navedeni slučaj, $U_{fg,sus}$ [W/m²K] (*floor ground - suspended floor*) određuje se prema izrazu:

$$U_{fg,sus} = \frac{1}{\frac{1}{U_{f,sus}} + \frac{1}{U_{gr} + U_x}} \quad (16)$$

gde su:

$U_{f,sus}$ – koeficijent prolaženja toplote kroz ploču uzdignutu iznad tla [W/m²K],

U_{gr} – koeficijent prolaženja toplote građevinske konstrukcije na tlu [W/m²K],

U_x – ekvivalentni koeficijent prolaženja toplote između podnog prostora i okoline koji uzima u obzir protok toplote kroz zidove podnog prostora i ventilaciju podnog prostora [W/m²K].

Ekvivalentna debljina poda, d_f [m], određuje se pomoću izraza:

$$d_f = d_{w,e} + \lambda_{gr} \cdot (R_{si} + R_{f,ins} + R_{se}) \quad (17)$$

Za razliku od jednačine (10), u kojoj ekvivalentna debljina poda zavisi od toplotnog otpora provođenja toplote podne ploče, $R_{f,sog}$ (m²K)/W, u jednačini (17) uzima se u obzir toplotni otpor provođenju toplote bilo kog izolacionog materijala koji je postavljen u podnom prostoru $R_{f,ins}$ [m²K/W].

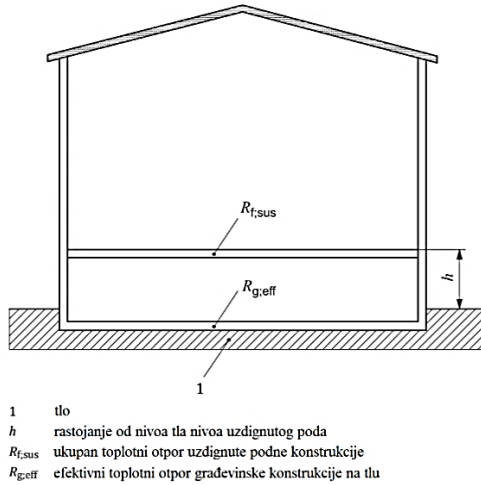
Koeficijent prolaženja toplote građevinske konstrukcije na tlu određuje se na dva načina:

– ukoliko je dubina ukopa podruma manja od 0,5 m, koristi se izraz:

$$U_{gr} = \frac{2 \cdot \lambda_{gr}}{\pi \cdot B + d_{gr}} \cdot \ln \left(\frac{\pi \cdot B}{d_{gr}} + 1 \right) \quad (18)$$

– ukoliko je dubina ukopa podruma veća od 0,5 m koristi se izraz:

$$U_{gr} = U_{fg,b} + \frac{z \cdot P \cdot U_{wg,b}}{A} \quad (19)$$



Slika 3. Prikaz poda sa pločom uzdignutom od tla

Jednačine za određivanje koeficijenta prolaženja toplote sa podne ploče grejanog podruma, $U_{fg,b}$, i koeficijenta prolaženja toplote kroz zidove podruma, $U_{wg,b}$, određuju se na osnovu jednačina prikazanih u delu za slučaj grejanog podruma.

Ekvivalentni koeficijent prolaženja toplote između podnog prostora i okoline računa se prema izrazu:

$$U_x = 2 \cdot \frac{h \cdot U_w}{B} + 1450 \cdot \frac{\varepsilon \cdot v \cdot f_w}{B} \quad (20)$$

gde su:

h – rastojanje od nivoa tla do nivoa uzdignutog poda [m],

U_w – koeficijent prolaženja toplote zida podruma iznad površine tla [W/m^2K],

ε – površina ventilacionih otvora podeljena sa obimom uzdignutog prostora [m^2/m],

v – prosečna brzina vetra pri visini od 10 m [m/s],

f_w – faktor zaklonjenosti zgrade od nestrujavanja vetra [-], (određuje se na osnovu tabele u zavisnosti od lokacije zgrade).

Unutrašnji periodični koeficijent gubitka toplote transmisijom, H_{pi} , za slučaj poda sa pločom uzdignutom od tla računa se prema sledećem izrazu:

$$H_{pi} = A \cdot \left[\frac{1}{U_{fg,sus}} + \frac{1}{\lambda_{gr} / \delta + U_x} \right] \quad (21)$$

Spoljašnji periodični koeficijent gubitka toplote transmisijom, H_{pe} , za slučaj poda sa pločom uzdignutom od tla računa se prema sledećem izrazu:

$$H_{pe} = U_{fg,sus} \cdot \frac{0,37 \cdot P \cdot \lambda_{gr} \cdot \ln \left(\frac{\delta}{d_{gr}} + 1 \right) + U_x \cdot A}{\lambda_{gr} / \delta + U_x + U_{fg,sus}} \quad (22)$$

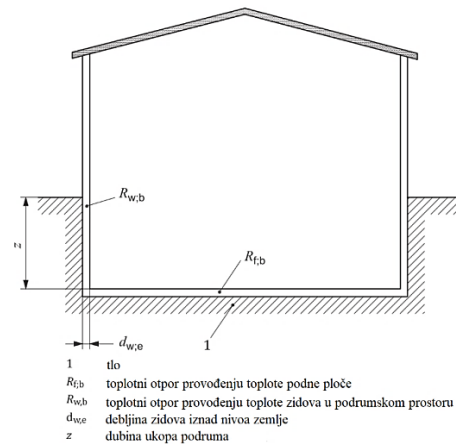
III-3 Slučaj grejanog podruma

Treći slučaj predstavlja grejani podrum, koji je prikazan na slici

4. Potrebno je odrediti dva, odnosno tri koeficijenta prolaženja toplote. Prvi, koji obuhvata određivanje koeficijenta prolaženja toplote kroz ploču na tlu ($U \rightarrow U_{fg,b}$), drugi, koji obuhvata prolaženje toplote kroz zidove podruma na tlo ($U \rightarrow U_{wg,b}$) i treći, koji se određuje po određivanju ova dva prethodna, tj. ukupni koeficijent prolaženja toplote podruma ($U \rightarrow U_{bf,eff}$).

III-3.1 Prolaženje toplote kroz ploču na tlu

Određivanje koeficijenta prolaženja toplote kroz ploču na tlu, $U_{fg,b}$, identično je određivanju koeficijenta prolaženja toplote kroz ploču na tlu za slučaj podruma sa pločom na tlu. I u ovom slučaju se izrazi za određivanje koeficijenta prolaženja toplote razlikuju u zavisnosti od stepena toplotne izolovanosti podne ploče, obuhvaćeno je vrednošću ekvivalentne debljina poda, d_f . Pri tome, ovde je potrebno dodatno uzeti u obzir i dubinu ukopa podruma, z , tj. koliko se donja ploča podruma nalazi ispod nivoa zemlje. Ako varira dubina ukopa podruma u proračunima se koristi njegoja srednja vrednost.



Slika 4. Prikaz grejanog/negrejanog podruma

Ekvivalentna debljina poda, određuje se prema izrazu:

$$d_f = d_{w,e} + \lambda_{gr} \cdot (R_{si} + R_{f,b} + R_{se}) \quad (23)$$

gde je $R_{f,b}$ [$(m^2K)/W$] toplotni otpor provođenju toplote podne ploče.

Koeficijent prolaženja toplote sa podne ploče grejanog podruma, $U_{fg,b}$, može se odrediti na dva načina:

– za neizolovane ili slabo izolovane podne ploče i zidova, tj. kada je $(d_f + 0,5 \cdot z) < B$:

$$U_{fg,b} = \frac{2 \cdot \lambda_{gr}}{\pi \cdot B + d_f + 0,5 \cdot z} \cdot \ln \left(\frac{\pi \cdot B}{d_f + 0,5 \cdot z} + 1 \right) \quad (24)$$

– za dobro izolovane podne ploče, tj. kada je $(d_f + 0,5 \cdot z) \geq B$:

$$U_{fg,sog} = \frac{\lambda_{gr}}{0,457 \cdot B + d_f + 0,5 \cdot z} \quad (25)$$

III-3.2 Prolaženje toplote kroz zidove podruma

Koeficijent prolaženja toplote kroz zidove podruma, $U_{wg,b}$, određuje se slično kao i prethodni za slučaj prolaženja toplote kroz podnu ploču, samo što se u ovom slučaju ekvivalentna debljina spoljašnjih zidova podruma koji su u kontaktu sa tlom,

$d_{w,b}$, određuje prema izrazu:

$$d_{w,b} = \lambda_{gr} \cdot (R_{si} + R_{w,b} + R_{se}) \quad (26)$$

gde je $R_{w,b}$ [(m²K)/W], toplotni otpor provođenju toplote zidova u podrumskom prostoru.

Koeficijent prolaženja toplote kroz zidove podruma, $U_{wg,b}$, može se odrediti na dva načina:

– ukoliko je $d_{w,b} \geq d_f$:

$$U_{wg,b} = \frac{2 \cdot \lambda_{gr}}{\pi \cdot z} \cdot \left(1 + \frac{0,5 \cdot d_f}{d_f + z}\right) \cdot \ln\left(\frac{z}{d_{w,b}} + 1\right) \quad (27)$$

– ukoliko je $d_{w,b} < d_f$, u prethodnom izrazu potrebno je zameniti ekvivalentnu debljinu d_f sa $d_{w,b}$:

$$U_{wg,b} = \frac{2 \cdot \lambda_{gr}}{\pi \cdot z} \cdot \left(1 + \frac{0,5 \cdot d_{w,b}}{d_{w,b} + z}\right) \cdot \ln\left(\frac{z}{d_{w,b}} + 1\right) \quad (28)$$

III-3.3 Prolaženje toplote kroz ploču na tlu i zidove podruma

Ukupni koeficijent prolaženja toplote podruma kroz ploču na tlu i kroz zidove podruma, $U_{bf,eff}$, određuje se na osnovu prethodno izračunatog koeficijenta prolaženja toplote sa podne ploče grejanog podruma, $U_{fg,b}$, i koeficijenta prolaženja toplote kroz zidove podruma, $U_{wg,b}$, a prema izrazu:

$$U_{bf,eff} = \frac{A_{gr} \cdot U_{fg,b} + z \cdot P \cdot U_{wg,b}}{A_{gr} + z \cdot P} \quad (29)$$

Stacionarni koeficijent gubitka toplote transmisijom prema tlu, određuje se pomoću izraza:

$$H_{gr} = (A_{gr} \cdot U_{fg,b}) + (z \cdot P \cdot U_{wg,b}) + (P \cdot \psi_{w,f}) \quad (30)$$

gde je $\psi_{w,f}$ linijski koeficijent prolaženja toplote toplotnog mosta zid – pod [W/mK].

Vrednosti linijskog koeficijenta $\psi_{w,f}$ za tipične slučajeve toplotnih mostova koji se javljaju kod građevinskih konstrukcija, određuju se na osnovu dvodimenzionalnih numeričkih proračuna, pod pretpostavkom vrednosti navedenih u tabelama prema standardu ISO 14683:2007 [10]. Osim toga, uticaj toplotnih mostova se umesto tačnih proračuna na osnovu tabela iz navedenog standarda može uzeti u obzir povećanjem vrednosti U za svaki građevinski element omotača grejanog dela zgrade, i to: za $\Delta U_{tb}=0,05$ W/m²K, za slučaj da su toplotni mostovi projektovani i izvedeni u skladu sa dobrom praksom ili za $\Delta U_{tb}=0,1$ W/m²K, za slučaj da su toplotni mostovi nisu projektovani i izvedeni u skladu sa dobrom praksom.

Unutrašnji periodični koeficijent gubitka toplote transmisijom, H_{pi} , za slučaj grejanog podruma računa se prema sledećem izrazu:

$$H_{pi} = A_{gr} \cdot \frac{\lambda_{gr}}{d_f} \sqrt{\frac{2}{\left(1 + \frac{\delta}{d_f}\right)^2 + 1}} + z \cdot P \cdot \frac{\lambda_{gr}}{d_{w,b}} \sqrt{\frac{2}{\left(1 + \frac{\delta}{d_{w,b}}\right)^2 + 1}} \quad (31)$$

Spoljašnji periodični koeficijent gubitka toplote transmisijom, H_{pe} , za slučaj grejanog podruma računa se prema sledećem izrazu:

$$H_{pe} = 0,37 \cdot P \cdot \lambda_{gr} \cdot \left[e^{\frac{z}{\delta}} \cdot \ln\left(\frac{\delta}{d_f} + 1\right) + 2 \cdot \left(1 - e^{\frac{z}{\delta}}\right) \cdot \ln\left(\frac{\delta}{d_{w,b}} + 1\right) \right] \quad (32)$$

III-4 Slučaj negrejanog podruma

Poslednji slučaj predstavlja negrejani podrum (slika 4), koji obuhvata problematiku prenošenja toplote od grejanog prostora kroz prostor negrejanog ukopanog podruma, na okolno tlo. U ovom slučaju koeficijent prolaženja toplote od unutrašnjeg vazduha na tlo oko podruma, U_{ub} , određuje se pomoću izraza:

$$U_{ub} = U_{f,sus} + \frac{(A_{gr} \cdot U_{fg,b}) + (z \cdot P \cdot U_{wg,b}) + (h \cdot P \cdot U_w) + (c_p \cdot \rho \cdot n \cdot V)}{A_{gr}} \quad (33)$$

gde su:

n – broj izmena vazduha u podrumu [h⁻¹], pri nedostatku podataka koristi se vrednost 0,33 h⁻¹,

V – zapremina vazduha u podrumskom prostoru [m³].

Unutrašnji periodični koeficijent gubitka toplote transmisijom H_{pi} , za slučaj negrejanog podruma računa se prema sledećem izrazu:

$$H_{pi} = \left[\frac{1}{A_{gr} \cdot U_{f,sus}} + \frac{1}{(A_{gr} + z \cdot P) \cdot \frac{\lambda_{gr}}{\delta} + h \cdot P \cdot U_w + c_p \cdot \rho \cdot n \cdot V} \right]^{-1} \quad (34)$$

Spoljašnji periodični koeficijent gubitka toplote transmisijom H_{pe} , za slučaj negrejanog podruma računa se prema sledećem izrazu:

$$H_{pe} = A \cdot U_{f,sus} \cdot \left[\frac{0,37 \cdot P \cdot \lambda_{gr} \cdot \left(2 - e^{\frac{z}{\delta}}\right) \cdot \ln\left(\frac{\delta}{d_f} + 1\right) + h \cdot P \cdot U_w + c_p \cdot \rho \cdot n \cdot V}{(A_{gr} + z \cdot P) \cdot \frac{\lambda_{gr}}{\delta} + h \cdot P \cdot U_w + c_p \cdot \rho \cdot n \cdot V + A \cdot U_{f,sus}} \right] \quad (35)$$

IV POREĐENJE STANDARDA EN ISO 13790:2010 I EN ISO 13370:2017 NA KONKRETNOM PRIMERU

Sa ciljem da se ustanovi kolike razlike nastaju korišćenjem trenutno aktuelnog proračuna za određivanje koeficijenta transmisionih gubitaka toplote prema tlu prema EN ISO 13790:2010, čija je upotreba propisana Pravilnikom o energetske efikasnosti i proračuna prema standardu EN ISO 13370:2017, koga propisuje nova revidirana direktiva EPBD EU/2024/1275, rezultati proračuna i odstupanja upoređeni su i analizirani na konkretnom primeru zgrade Instituta za standardizaciju Srbije u Beogradu, korisne grejne površine 1717,17 m².

Poređenje oba standarda izvršeno je za tri definisana slučaja propisana navedenim standardima, koji čine termički omotač zgrade Instituta, i to:

- 1) slučaj poda sa pločom na tlu,
- 2) slučaj grejanog podruma,
- 3) slučaj negrejanog podruma.

Ukupni koeficijent gubitaka toplote transmisijom prema tlu prema standardu EN ISO 13370:2017 određuje se kao osrednjena vrednost mesečnih koeficijenata gubitaka toplote prema tlu. Na konkretnom primeru koeficijent transmisijonih gubitaka prema tlu, a na osnovu standarda EN ISO 13370:2017, biće određen tokom zimskog perioda (uzimajući u obzir sezonu grejanja od oktobra do aprila).

Meteorološki podaci za proračun mesečnih vrednosti koeficijenata gubitaka toplote prema tlu dobijeni su korišćenjem fotonaponskog geografskog informacionog sistema PVGIS (*Photovoltaic Geographical Information System*) [11]. Prosečne mesečne vrednosti temperature spoljašnjeg vazduha dobijene su na osnovu tipične meteorološke godine određene su za period od 2005. do 2023. godine na lokaciji Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu. Dodatno, srednja mesečna temperatura spoljašnjeg vazduha za zimski period je u proračunu određena osrednjavanjem vrednosti temperatura spoljašnjeg vazduha za period rada termotehničkih sistema tokom zimskog perioda korišćenjem programskog jezika *Python*.

U tabeli 3 prikazane su vrednosti srednje godišnje i mesečne temperature spoljašnjeg vazduha na osnovu tipične meteorološke godine za period rada termotehničkih sistema tokom zimskog perioda potrebnih za proračun po standardu EN ISO 13370:2017.

Tabela 3. Srednje mesečne temperature spoljašnjeg vazduha dobijene na osnovu perioda rada termotehničkih sistema tokom zimskog perioda

X	XI	XII	I	II	III	IV	God.
Srednja temperatura spoljašnjeg vazduha za proračunski mesec [°C]							
13,36	12,42	5,03	0,81	3,17	13,01	14,74	15,52

Definisani su sledeći proračunski parametri:

- projektna temperatura unutrašnjeg vazduha (grejanje) 20°C,
- projektna temperatura unutrašnjeg vazduha (hlađenje): 22°C,
- srednja projektna temperatura unutrašnja vazduha za sezonu grejanja i hlađenja: 21 °C,
- period korišćenja termotehničkih sistema (zimi): 5 dana nedeljno (radnim danima), od 6 do 18 sati.

Iako već postoji značajna razlika u pristupu proračunu koeficijenata gubitaka toplote transmisijom prema tlu u dva predstavljena standarda, ona se prvenstveno ogleda u tome što noviji standard uzima u obzir srednje mesečne temperature spoljašnjeg vazduha, dok standard propisan važećim Pravilnikom o energetske efikasnosti zgrada koristi jednostavniji pristup zasnovan na tabelarnim vrednostima faktora korekcije temperature za konkretne slučajeve. U nastavku su prikazana poređenja krajnjih rezultata.

IV-1 Slučaj poda sa pločom na tlu

Na osnovu sastava konstrukcije poda na tlu prikazanog u tabeli 1, koeficijent transmisijonih gubitaka toplote određen je prema standardu EN ISO 13370:2010, primenom jednačine (5).

Rezultati proračuna prema navedenom standardu prikazani su tabeli 2.

Tabela 1. Sastav konstrukcije poda na tlu

Naziv građevinskog sloja	δ [cm]	λ [W/(mK)]	ρ [kg/m ³]	c_p [J/kgK]
Spolja				
1.Armirani beton	9	2,33	2500	960
2.Hidroizolacioni sloj	1	0,19	1100	30
3.Armirani beton	16	2,33	2500	960
Unutra				
Otpor prelaženja toplote sa unutrašnje strane konstrukcije: $R_{si}=0,17 \text{ m}^2\text{K/W}$				
Otpor prelaženja toplote sa spoljne strane konstrukcije: $R_{se}=0,00 \text{ m}^2\text{K/W}$				
Ukupni otpor prolaženju toplote: $R=3,03 \text{ m}^2\text{K/W}$				
Koeficijent prolaženja toplote: $U=0,33 \text{ W/m}^2\text{K}$				

Tabela 2. Koeficijent transmisijonih gubitaka toplote (EN ISO 13370:2010)

Oznaka	Faktor korekcije temperature, F_{xi} [-]	Površina elementa, A_i [m ²]	Koeficijent prolaženja toplote, U_i [W/m ² K]
PNT – Pod na tlu	0,5	201,62	3,03
$F_{xi} \cdot U_i \cdot A_i =$			305,45
Koeficijent gubitka toplote usled uticaja toplotnih mostova, $H_{TB} = 0,1 \cdot A_i$ [W/K]			20,16
Koeficijent transmisijonih gubitaka toplote H_{tr} [W/K]			325,61

Međutim, kao što je prikazano u prethodnim poglavljima, standard EN ISO 13370:2017 pruža detaljniji i složeniji pristup za određivanje koeficijenta transmisijonih gubitaka toplote u slučaju poda na tlu.

U tabeli 4, prikazani su rezultati proračuna za slučaj poda sa pločom na tlu prema standardu EN ISO 13370:2017.

Tabela 4. Koeficijent transmisijonih gubitaka toplote – pod sa pločom na tlu (EN ISO 13370:2017)

Oznaka	PNT
Izloženi obim poda, P [m]	100,33
Ukupna debljina zida, $d_{w,e}$ [m]	0,40
Toplotna provodljivost, λ_{gr} [W/mK]	2,00
Toplotni otpor. prelaženju toplote sa unutrašnjeg vazduha na unutrašnju površinu poda, R_{si} [m ² K/W]	0,17
Toplotni otpor. provođenju toplote podne ploče, $R_{fg,sog}$ [m ² K/W]	0,16
Toplotni otpor. prelaženju toplote sa donje površine poda na zemlju, R_{se} [m ² K/W]	0,00
Linijski koeficijent prolaženja toplote, ψ_{gr} [W/mK]	0,75
Periodična dubina prodiranja toplote, δ [m]	3,20
Koeficijent gubitka toplote transmisijom prema tlu, H_{gr} [W/K]	170,02
Faktor korekcije temperature, F_{xi} [-]	0,26

Za konkretan slučaj poda sa pločom na tlu, koeficijent transmisijonih gubitaka toplote prema tlu, prema standardu

propisanom trenutno važećim Pravilnikom o energetskej efikasnosti, 1,9 puta je veći od vrednosti dobijene prema standardu koga propisuje nova revidirana direktiva EPBD EU/2024/1275.

Faktor korekcije temperature za *i*-ti građevinski element $F_{x,i}$ ima bitan uticaj na dobijene rezultate jer koriguje temperaturnu razliku koja se javlja između građevinskih elementa koje razdvajaju termički omotač objekta u odnosu na temperaturnu razliku koja se javlja između spoljašnjeg vazduha i prostorija unutar termičkog omotača. Prema standardu EN ISO 13370:2017, vrednost faktora korekcije temperature za tlo se usvaja iz tabele koju propisuje Pravilnik o energetskej efikasnosti zgrada i iznosi $F_{x,i}=0,5$, dok se prema standardu ova vrednost izračunava i u konkretnom slučaju iznosi $F_{x,i}=0,26$.

IV-2 Slučaj grejanog podruma

Koeficijent transmisijonih gubitaka toplote zida u tlu, na osnovu sastava konstrukcije prikazanog u tabeli 5, određen je prema standardu EN ISO 13370:2017 primenom jednačine (5).

Tabela 5. Sastav konstrukcije zida u tlu

Naziv građevinskog sloja	δ [cm]	λ [W/(mK)]	ρ [kg/m ³]	c_p [J/jgK]
Spolja				
1.Armirani beton	20	2,33	2500	960
2.Duropor	5	0,069	380	1260
3.Hidroizolacija	1	0,19	1100	1460
4. Puna opeka	12	0,64	1600	920
Unutra				
Otpor prelaženja toplote sa unutrašnje strane konstrukcije: $R_{si}=0,13$ m ² K/W				
Otpor prelaženja toplote sa spoljne strane konstrukcije: $R_{se}=0,00$ m ² K/W				
Ukupni otpor prolaženju toplote: $R=1,18$ m ² K/W				
Koeficijent prolaženja toplote: $U=0,85$ W/m ² K				

Rezultati proračuna prema navedenom standardu prikazani su tabeli 6.

Tabela 6. Koeficijent transmisijonih gubitaka toplote (EN ISO 13790:2010)

Oznaka	Faktor korekcije temperature, F_{xi} [-]	Površina elementa, A_i [m ²]	Koeficijent prolaženja toplote, U_i [W/m ² K]
ZUT – Zid u tlu	0,6	10,33	0,85
$F_{xi} \cdot U_i \cdot A_i =$			5,25
Koeficijent gubitka toplote usled uticaja toplotnih mostova, $H_{TB}=0,1 \cdot A_i$ [W/K]			1,03
Koeficijent transmisijonih gubitaka toplote H_{tr} [W/K]			6,28

U odnosu na slučaj poda na tlu koji, prema standardu EN ISO 13790:2010, uzima u obzir vrednost faktora korekcije temperature $F_x=0,5$, vrednost ovog faktora za slučaj zida u tlu je veći iznosi $F_x=0,6$, što znači da će toplotni gubici zida u tlu biti veći u odnosu na pod tlu (za istu površinu i sastav konstrukcija).

Rezultati detaljnijeg proračuna koeficijenta transmisijonih gubitaka toplote za konkretan slučaj grejanog podruma, prema standardu EN ISO 13370:2017, prikazani su u tabeli 7.

U odnosu na prethodni slučaj, u kom je koeficijent transmisijonih gubitaka poda na tlu veći prema standardu EN ISO 13790:2010,

vrednost koeficijenta transmisijonih gubitaka toplote za konkretan slučaj grejanog podruma je neznatno manji u odnosu na standard EN ISO 13790:2010, jer se proračunska vrednost faktora korekcije temperature ($F_x=0,66$) dobro slaže sa vrednošću faktora iz tabele koju propisuje Pravilnik o energetskej efikasnosti zgrada ($F_x=0,6$).

Tabela 7. Koeficijent transmisijonih gubitaka toplote – grejani podrum (EN ISO 13370:2017)

Oznaka	PNT-ZUT
Izloženi obim poda, P [m]	6,33
Ukupna debljina zida, $d_{w,e}$ [m]	0,40
Koeficijent toplotne provodljivosti, λ_{gr} [W/mK]	2,00
Toplotni otpor. prelaženju toplote sa unutrašnjeg vazduha na unutrašnju površinu poda, R_{si} [m ² K/W]	0,17
Toplotni otpor. provođenju toplote podne ploče, $R_{f,b}$ [m ² K/W]	0,16
Toplotni otpor. prelaženju toplote sa donje površine poda na zemlju, R_{se} [m ² K/W]	0,00
Toplotni otpor. provođenju toplote zidova u podrumu, $R_{w,b}$ [m ² K/W]	3,33
Linijski koeficijent prolaženja toplote zid-pod, $\psi_{w,f}$ [W/mK]	0,20
Periodična dubina prodiranja toplote, δ [m]	3,20
Koeficijent gubitka toplote transmisijom prema tlu, H_{gr} [W/K]	6,95
Faktor korekcije temperature, F_{xi} [-]	0,66

IV-3 Slučaj negrejanog podruma

Koeficijent transmisijonih gubitaka toplote međuspratne konstrukcije ka negrejanom podrumskom prostoru, na osnovu sastava konstrukcije prikazanog u tabeli 8, određen je prema standardu EN ISO 13370:2017 primenom jednačine (5).

Tabela 8. Sastav međuspratne konstrukcije ka negrejanom podrumskom prostoru

Naziv građevinskog sloja	δ [cm]	λ [W/(mK)]	ρ [kg/m ³]	c_p [J/jgK]
Unutra				
1.Lepljeni tepih	1	0,081	270	1230
2.Cementni estrih	4	1,4	2200	1050
3.Polietilenska folija	0,02	0,19	1000	1250
4.Tvrde ploče mineralne vune	2	0,041	200	840
5. Beton	12	2,33	2500	960
6. Duropor	10	0,069	380	1260
7. Krečni malter	2	0,85	1700	1050
Spolja				
Otpor prelaženja toplote sa unutrašnje strane konstrukcije: $R_{si}=0,17$ m ² K/W				
Otpor prelaženja toplote sa spoljne strane konstrukcije: $R_{se}=0,17$ m ² K/W				
Ukupni otpor prolaženju toplote: $R=2,50$ m ² K/W				
Koeficijent prolaženja toplote: $U=0,40$ W/m ² K				

Rezultati proračuna prema navedenom standardu prikazani su u tabeli 9.

Faktor korekcije temperature međuspratne konstrukcije iznad negrejanog podruma je, prema tabeli iz Pravilnika o energetskej

efikasnosti zgrada isti kao i za slučaj poda na tlu i iznosi $F_x=0,5$.

Tabela 9. Koeficijent transmisijih gubitka toplote (EN ISO 13790:2010)

Oznaka	Faktor korekcije temperature, F_{xi} [-]	Površina elementa, A_i [m ²]	Koeficijent prolaženja toplote, U_i [W/m ² K]
MKP – Međuspratna konstrukcija iznad negrejanog podruma	0,5	91,95	0,40
$F_{xi} \cdot U_i \cdot A_i =$			18,39
Koeficijent gubitka toplote usled uticaja toplotnih mostova, $H_{TB} = 0,1 \cdot A_i$ [W/K]			9,20
Koeficijent transmisijih gubitka toplote H_{tr} [W/K]			27,59

I u ovom, kao i u prethodnom slučaju, dobijeni rezultati pokazuju da se za konkretan slučaj analizirane međuspratne konstrukcije iznad negrejanog podruma ne pravi velika greška u proračunu koeficijenta gubitaka toplote transmisijom, koristeći analizirane standarde. Proračunska vrednost faktora korekcije temperature ($F_x=0,54$) dobro se slaže sa vrednošću faktora iz tabele koju propisuje Pravilnik o energetske efikasnosti zgrada ($F_x=0,5$). Rezultati detaljnijeg proračuna koeficijenta transmisijih gubitaka toplote za konkretan slučaj negrejanog podruma, prema standardu EN ISO 13370:2017, prikazani su u tabeli 10.

Tabela 10. Koeficijent transmisijih gubitka toplote – negrejani podrum (EN ISO 13370:2017)

Oznaka	MKP
Izloženi obim poda, P [m]	61,51
Ukupna debljina zida, $d_{w,e}$ [m]	0,40
Koeficijent toplotne provodljivosti, λ_{gr} [W/mK]	2,00
Toplotni otpor. prelaženju toplote sa unutrašnjeg vazduha na unutrašnju površinu poda, R_{si} [m ² K/W]	0,17
Toplotni otpor. provođenju toplote podne ploče, $R_{f,b}$ [m ² K/W]	0,16
Toplotni otpor. prelaženju toplote sa donje površine poda na zemlju, R_{se} [m ² K/W]	0,00
Toplotni otpor. provođenju toplote zidova u podrumu, $R_{w,b}$ [m ² K/W]	1,05
Koeficijent prolaženja toplote kroz ploču uzdignutu od tla, U_{fsus} [W/m ² K]	0,33
Linijski koeficijent prolaženja toplote zid-pod, $\psi_{w,f}$ [W/mK]	0,20
Periodična dubina prodiranja toplote, δ [m]	3,20
Koeficijent gubitka toplote transmisijom prema tlu, H_{gr} [W/K]	29,97
Faktor korekcije temperature, F_{xi} [-]	0,54

VIII ZAKLJUČAK

Analiza i poređenje standarda EN ISO 13790:2010 i EN ISO 13370:2017 za proračun koeficijenta transmisijih gubitaka toplote kroz tlo pokazali su značajne razlike u pristupu i tačnosti dobijenih rezultata. Novi standard EN ISO 13790:2010 pruža

detaljniji i precizniji pristup jer se ukupni koeficijent transmisijih gubitaka dobija osrednjavanjem vrednosti za svaki mesec posebno u sezoni grejanja ili hlađenja, uzimajući u obzir temperaturne promene zemljišta u odnosu na temperaturu spoljašnjeg vazduha i efekat inercije tla.

Konkretni proračuni na primeru Instituta za standardizaciju Srbije pokazali su da je postojeći standard EN ISO 13790:2010 za određivanje koeficijenta gubitaka prema tlu, koji se koristi u okviru Pravilnika o energetske efikasnosti zgrada u Srbiji, potencijalno konzervativniji u proceni energetske potreba zgrada.

Najveća razlika u rezultatima primećena je u slučaju poda na tlu, gde je vrednost koeficijenta transmisijih gubitaka određena prema trenutno aktuelnom EN ISO 13790:2010 imala skoro dvostruko veću vrednost od one određene prema novom EN ISO 13370:2017. Za slučajeve grejanog i negrejanog podruma, ove razlike su bile manje izražene, pri čemu su vrednosti koeficijenta transmisijih gubitaka određene novom standardu sada imale nešto veće vrednosti. Na osnovu navedenog može se zaključiti da se primenom nove metodologije za određivanje koeficijenta transmisijih gubitaka toplote prema tlu mogu dobiti veće ili manje vrednosti ovog njegove vrednosti određene po metodologiji iz starog, sada već iz upotrebe povučenog standarda, tj. da nema jasnog pravila koji bi omogućio uopštavanje i pojednostavljivanje proračuna. Razlike u vrednostima zavisice od specifičnih uslova objekta i načina kontakta sa tlom, pa je zbog toga detaljno sagledavanje svakog pojedinačnog objekta od presudne važnosti za tačnost proračuna. Kako novi standard EN ISO 13790:2010 obuhvata značajno veći broj uticajnih faktora, on svakako daje i tačnije rezultate, te ga je neophodno primenjivati za preciznije i kvalitetnije proračune.

Uvođenje EN ISO 13370:2017 u nacionalne regulative mogla bi doprineti preciznijem proračunu energetske potreba zgrada u skladu sa ciljevima energetske i klimatske politike EU.

ZAHVALNICA

Ovde prikazani rezultati su rezultat istraživanja podržanog od strane Ministarstva nauke, tehnološkog razvoja i inovacija RS po Ugovoru 451-03-136/2025-03/ 200105 od 04.02.2025. god.

LITERATURA

- [1] Madžarevic, A., Pavlović, B., Mojić, D., Ivezić, D., Živković, M. Energetska tranzicija u domaćinstvima: analiza usaglašenosti Srbije sa paketom „Čista energija za sve Evropljane“, Energija, ekonomija, ekologija, Vol. 26, No. 1, pp. 51-58, 2024. <https://doi.org/10.46793/EEE24-1.51P>
- [2] Kovacevic, S., Banjac, M. Postupak određivanja energetske karakteristike zgrade prema ISO 52016-1, Energija, ekonomija, ekologija, Vol. 26, No. 1, pp. 34-41, 2024. <https://doi.org/10.46793/EEE24-1.34K>
- [3] Madžarevic, A., Pavlović, B., Mojić, D., Ivezić, D., Živković, M. Domaćinstva i energetska tranzicija u Republici Srbiji: pravni okvir i stvarna praksa, Energija, ekonomija, ekologija, Vol. 27, No. 2, pp. 1-7, 2025. <http://dx.doi.org/10.46793/EEE25-2.01M>
- [4] SRPS EN ISO 13790:2010: Energy performance of buildings - Calculation of energy use for space heating and cooling (ISO 13790:2008), <https://iss.rs/en/project/show/iss:proj:24871> [pristupljeno 12.02.2026]
- [5] Pravilnik o energetske efikasnosti zgrada ("Sl. glasnik RS", br. 61/2011), https://www.paragraf.rs/propsi/pravilnik_o_energetskoj_efikasnosti_zgrada.html [pristupljeno 12.02.2026]
- [6] SRPS EN ISO 13370:2017: Thermal performance of buildings - Heat transfer via the ground - Calculation methods (ISO 13370:2017),

- <https://iss.rs/en/project/show/iss:proj:65407> [pristupljeno 01.04.2025]
- [7] ISO 6946:2017: Building components and building elements - Thermal resistance and thermal transmittance - Calculation methods <https://iss.rs/en/project/show/iss:proj:65445> [pristupljeno 01.04.2025]
- [8] Medved, S., Černe, S. A simplified method for calculating heat losses to the ground according to the EN ISO 13370 standard, Energy and Buildings, Vol 34, No. 5, pp. 523-528, 2002. [https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(01\)00138-4](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(01)00138-4)
- [9] Simões, N., Serra, C. Ground contact heat losses: Simplified calculation method for residential buildings, Energy, Vol 48, No. 1, pp. 66-73, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2012.04.013>
- [10] ISO 14683:2007: Thermal bridges in building construction - Linear thermal transmittance - Simplified methods and default values, <https://www.iso.org/standard/40964.html> [pristupljeno 01.04.2025]
- [11] Photovoltaic geographical information system, typical meteorological year, https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/#TMY [pristupljeno 01.04.2025]

AUTORI

Sandra Kovačević – istraživač pripravnik, Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, skovacevic@mas.bg.ac.rs, ORCID [0009-0007-2567-6735](https://orcid.org/0009-0007-2567-6735)

Branislav Petrović – istraživač pripravnik, Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, bpetrovic@mas.bg.ac.rs, ORCID [0000-0002-2429-0642](https://orcid.org/0000-0002-2429-0642)

Miloš Banjac – prof. dr, Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, mbanjac@mas.bg.ac.rs, ORCID [0000-0001-8659-8581](https://orcid.org/0000-0001-8659-8581)

Comparison and Analysis of the Total Heat Transfer Coefficient to the Ground Determined According to EN ISO 13790:2010 and EN ISO 13370:2017

Abstract – In order to establish the differences arising from the use of the currently applicable calculation method for determining the total heat transfer coefficient to the ground in Serbia, according to EN ISO 13790:2010, which is prescribed by the Rulebook on Energy Efficiency of Buildings ("Official Gazette of RS", No. 61 /2011), and the calculation according to the EN ISO 13370:2017 standard, which is prescribed by the new revised directive EPBD EU/2024/1275, both methods are presented in this study. The calculation results and deviations are compared and analysed based on a specific example.

Among other things, it was found that, unlike the previous monthly/seasonal method established by the EN ISO 13790 standard, which does not include thermal inertia of the ground, the method from the EN ISO 13370:2017 standard not only considers the temperature differences of the ground in relation to the outside air temperature, but also inertia, that is delay in the change of ground temperature in relation to the temperature of the outside air. That makes it superior, and the results obtained using this method are more accurate and reliable.

Index terms – Heat transfer coefficient to the ground; EN ISO 13790:2010; SRPS EN ISO 13370:2017