

IZRAČUN LETNE RABE ENERGIJE V STANOVANJSKIH STAVBAH

Pravilnik o toplotni zaščiti in učinkoviti rabi energije (Ur.list 42/2002) postavlja zahteve glede dovoljene potrebne letne toplote za stanovanjske stavbe izražene v kWh/m²a. Bistvena razlika med dosedanjimi predpisi in novim predpisom je v tem, da namesto specifičnih toplotnih izgub (W/m³), kjer smo pri dosedanjih prepisih govorili o potrebni toplotni moči za ogrevanje stavbe, pri novem pravilniku, opisujemo energijsko učinkovitost stavbe v odvisnosti od oblikovnega faktorja stavbe s podatkom o potrebni letni rabi energije na enoto uporabne površine stavbe (kWh/m²a). Za povprečno stavbo, z oblikovnim faktorjem $f_0 = 0,65$, se letna raba energije izračuna z izrazom $45 + 40 f_0$, kar pomeni omejitev dopustne rabe energije na približno 70 kWh/m²a. Oblikovni faktor je razmerje celotno zunanjo površino stavbe A (m²) in ogrevano prostornino stavbe V_e (m³), kar izrazimo z enačbo $f_0 = A/V_e$ (m⁻¹).

Če primerjamo zahteve prejšnjih slovenskih predpisov s novim predpisom, lahko pričakujemo vsaj 30 % zmanjšanje potreb po toplotni energiji za ogrevanje stavbe in tudi precej manj emisij CO₂ letno. Ostale bistvene zahteve v pravilniku se nanašajo na potrebne dosežene povprečne toplotne prehodnosti celotnega ovoja stavbe in toplotne prehodnosti posameznih elementov ovoja, pravilnik podaja olajšave za upoštevanje vpliva toplotnih mostov, stopnje izmenjave zraka, zahteve za vgradnjo energijsko učinkovitih oken, senčenje zastekljenih površin, zahteve glede difuzije vodne pare in zahteve glede vgradnje termostatskih ventilov.

Predpogoj za sodobne energijsko učinkovite stavbe je kakovostna toplotna zaščita, vgradnja energijsko varčnih oken in zasteklitve in pravilno reševanje toplotnih mostov. Ker v prihodnje pričakujemo rast cen energije, se bodo zahteve glede energijske učinkovitosti stavb še povečale. Novi predpis, ki navzgor omejuje toplotno prehodnost ovoja stavbe, pri tem razen oblikovnega faktorja stavbe upošteva tudi klimatske razmere kraja, kjer je stavba postavljena.

Pri poslovanju z nepremičninami se ponekod že srečujemo s t.i. energetska izkaznica stavbe. Trenutno energetska izkaznica v RS še ni obvezna. Energetska izkaznica služi investitorjem, ki gradijo stavbe za trg in želijo pri prodaji argumentirano poudariti energijsko učinkovitost stavbe. Energetska izkaznica je dokument, ki podaja računsko določene kazalce rabe energije v stavbah in razvršča stavbo v enega od razredov rabe energije in informira kupca o pričakovani višini stroška za energijo in morebitnih naložbah za energijsko učinkovito posodobitev stavbe in naprav v njej. Podlaga za uvajanje energetske izkaznice pri nas je v evropski direktivi SAVE za zmanjšanje emisij CO₂ in povečanje energijske učinkovitosti stavb in v slovenskem Energetskem zakonu. Dolgoročno se tudi pri nas razmišlja o obvezni uporabi energetske izkaznice, kot je to predvideno tudi v osnutku nove direktive EU o energijski učinkovitosti stavb.

Če je bilo po prejšnjih predpisih še mogoče graditi masivne stavbe s toplotno zaščito 0,8 W/m²K, potem po novem pravilniku o toplotni zaščiti in učinkoviti rabi energije v stavbah to ne bo več mogoče. Za osrednji del Sloveniji je potrebno po novem pravilniku zunanjo steno izolirati tako, da se doseže toplotna prehodnost ovoja približno 0,4 W/m²K. V sestavku je prikazana primerjava rabe energije za izolirano in neizolirano stavbo z ogrevano tlorisno površino 150 m² in ogrevano prostornino 450 m³.

1. Vplivi na rabo energije v stavbi

Celotna raba energije v stavbi je odvisna od transmissijskih in ventilacijskih izgub, sončnih dobitkov, notranjih virov ter v tudi od uporabnikov. Kako natančno pa je mogoče upoštevati vse toplotne izgube in dobitke pa je odvisno od mnogih faktorjev in približnih ocen.

Pri izračunu **transmissijskih izgub** upoštevamo toplotne prehodnosti ovoja stavbe (U), temperaturni primanjkljaj (DD) in površino gradbenega elementa, ki temelji na zunanji zrak (A). Na rabo energije lahko vplivamo z zmanjšanjem toplotne prehodnosti ovoja stavbe, postavitevjo zgradbe na drugo lokacijo (manjši DD) ali z zmanjšanjem površine ovoja. Povsem normalno je, da pride pri načrtovanju zgradbe in rabe energije v poštev le prva opcija, to je dovolj nizka toplotna prehodnost ovoja stavbe. Pravilnik o toplotni zaščiti in učinkoviti rabi v stavbah predpisuje maksimalne toplotne prehodnosti posameznih gradbenih konstrukcij (izvleček je prikazan v tabeli A).

Tabela A

Gradbena konstrukcija	U _{mak}
	W/m ² K
Zunanje stene in stene proti neogrevanem podstrešju	0,6
Strop nad neogrevano kletjo	0,5
Strop proti neogrevanem podstrešju	0,35
Stropna konstrukcija med ogrevanimi prostori	1,35
Zunanje stene in strop proti terenu	0,7
Poševna streha nad ogrevanim podstrešjem	0,25
Tla na terenu pri talnem ogrevanju	0,45
Okna (steklo + okvir)	1,5

Ventilacijske izgube zaradi prezračevanja (kontrolirano ali nekontrolirano prezračevanje, določeno s stopnjo prezračevanja na neto prostornino stavbe) je natančno zelo težko predvideti. Te izgube lahko precej odstopajo od predvidenih ter imajo lahko zaradi tega veliki vpliv na rabo energijo v stavbi.

Pravilnik o toplotni zaščiti in učinkoviti rabi v stavbah predpisuje **urne izmenjave** zraka od 0,5 do 0,7. Predpisane urne izmenjave pa bo v praksi težko doseči. Pri sodobnih oknih, ki vsa praviloma dobro tesnijo, je nekontroliranega prezračevanja zelo malo, kar pomeni, da bo stavba premalo prezračevana. To lahko pripelje do pojava plesni na hladnih notranjih površinah, če ne bomo izvajali naravnega prezračevanja. Če bomo prezračevali preveč, bo raba energije zaradi prekomernih ventilacijskih izgub prevelika. Do prevelikih ventilacijskih izgub prihaja tudi pri starejših oknih brez primerne tesnenja ali pa pri deloma odprtih oknih. Vendar pa lahko s pravilnim naravnim prezračevanjem zmanjšamo rabo energije tudi do 25 %.

Pri izračunu rabe energije upoštevamo tudi **notranje toplotne vire** (5 W/m²). Njihov vpliv je mnogo večji pri dobro izolirani stavbi. Pri veliki količini notranjih virov, veliki količini sončnega obsevanja, minimalnem (optimalnem) prezračevanju in izdatni toplotni izolaciji, lahko rabo energije zmanjšamo na polovično vrednost dovoljene rabe energije, predpisane z novim pravilnikom.

Sončni dobitki so odvisni od različnih dejavnikov. Na velikost sončnih dobitkov pri elementih pasivne solarne arhitekture (okna, stekleniki, prosojna toplotna izolacija, itd) vplivajo lokacija, orientacija, naklon, senčenje, svetlobne in emisijske lastnosti stekla (g – vrednost, prepustnost svetlobe LT, karakteristika selektivnosti S, faktor osenčenja, absorpcija sončne energije).

Na rabo energije v veliki meri vpliva tudi **lokacija stavbe**. Tako manjše število ogrevalnih dni, manjši temperaturni primanjkljaj in več sončnega obsevanja pomeni, da bo pri enakih pogojih (kakovost toplotne izolacije, stopnja prezračevanja, notranji viri), raba energije v osrednji Sloveniji za približno 50 % večja, kot je raba energije na primorskem oziroma je lahko raba energije pri enakih pogojih na Jesenicah za približno 80 % večja kot v Kopru.

Če analiziramo vse energijske tokove v zgradbi, lahko zaključimo, da rabo energije najučinkovitejše zmanjšamo z vgradnjo kakovostne toplotne izolacije.

Za primerjavo porabe energije za različne stavbe se poslužujemo energijskega števila (kWh/m^2a), ki predstavlja celotno rabo energije v stavbi na površinsko enoto uporabne površine bivalnega prostora v obdobju enega leta. Energijsko število je seštevek energijskih števil za ogrevanja prostorov, pripravo tople sanitarne vode in druge opreme (razsvetljava, gospodinjski aparati, ipd)

Transmisijske toplotne izgube skozi ovoj stavbe so osnovni podatek za izračun energijskega števila oziroma rabe energije v stavbi. Vzrok temu je, da lahko transmisijske izgube najbolj natančno določimo (izračunamo) v primerjavi z ventilacijskimi izgubami, notranjimi viri ali sončnimi dobitki.

2. Izračun potrebne letne toplote za ogrevanje

Za izračun vzemimo tipično toplotno neizolirano stavbo grajeno v sedemdesetih letih, ki ma pritličje in 1.nadstropje. Uporabna površina je $150 m^2$, ogrevani prostornini $450 m^3$. Zunanji ovoj je ometan z izolacijskim ometom, strop proti neogrevanem podstrešju je delno izoliran, vgrajena so klasična vezna okna. Energijsko število ogrevanja znaša $200 kWh/m^2a$. Poglejmo, s kakšnimi ukrepi na ovoju stavbe, sistemu ogrevanja in prezračevanja bi dosegli:

- porabo goriva $7 l/m^2$ neto stanovanjske površine oziroma potrebno letno toploto za ogrevanje $70 kWh/m^2a$ - varianta 1,
- porabo goriva $3 l/m^2$ neto stanovanjske površine oziroma potrebno letno toploto za ogrevanje $30 kWh/m^2a$ - varianta 2.

Ogrevalni sistem je na ekstra lahko kurilno olje. Letni ogrevalni izkoristek ocenimo pri varianti 1 na 75 % in pri varianti 2 na 90 % (zaradi posodobitve ogrevalnega sistema – vgradnja NT ali kondenzacijskega kotla). Izračun naredimo v skladu s metodo, ki je opisana v standardu SISTE EN 832 z računalniškim programom Gradbena fizika URSA 3. V izračunih je upoštevano:

- ✓ klimatski podatki za Maribor - temperaturni primanjkljaj ($DD = 3300 K, dan$),
- ✓ 0,5 - kratna izmenjava zraka (h^{-1}),
- ✓ upoštevani so toplotni mostovi,
- ✓ notranji viri $5 W/m^2$ (glede na pravilnik,)
- ✓ poraba goriva za pripravo tople sanitarne vode ni upoštevana.

2.a. Sestave gradbene konstrukcije in izračunane toplotne prehodnosti

V tabeli 1 je prikazana sestava neizolirane stavbe, v tabeli 2 pa sestava izolirane stavbe (varianta 1 in varianta 2). V tabelo so vnesene tudi izračunane toplotne prehodnosti posameznih elementov gradbenih konstrukcij.

TABELA 1

element ovoja	površina (m^2)	NEIZOLIRAN OVOJ STAVBE		
		sestava	U (W/m^2K)	
tla na terenu	75	keramične ploščice arm.cementni estrih PE folija 0,002 cm toplotna izolacija hidroizolacija podložni beton gramozno nasutje	1cm 5cm - 2cm 1cm 10cm 30 m	0,8
zunanje stene	135	notranji omet mrežasta opeka zunanji izolac. omet	2cm 29cm 4cm	1,25
Strop proti neogrevanem podstrešju	105	Arm.cem. estrih PVC folija 0,002 cm toplotna izolacija parna ovira PE folija armiran beton notranji omet	5cm - 4cm - 15cm 1 cm	0,7
okna - J	15	vezna $U=2,8 W/m^2K$		2,8
okna - V	7,5	vezna $U=2,8 W/m^2K$		2,8
okna - Z	7,5	vezna $U=2,8 W/m^2K$		2,8
Okna - S	5	vezna $U=2,8 W/m^2K$		2,8
vhodna vrata	2	lesena $U=2,2 W/m^2K$		2,2
Letna potrebna toplota – energijsko število ogrevanja $E_{og} = 200 kWh/m^2a$				

TABELA 2

element ovoja	površina (m^2)	Izolirana stavba – varianta 1		Izolirana stavba – varianta 2	
		sestava	U (W/m^2K)	sestava	U (W/m^2K)

tla na terenu	75	keramične ploščice arm.cementni estrih PE folija 0,002 cm toplotna izolacija hidroizolacija podložni beton gramozno nasutje	1cm 5 cm - 7 cm 1 cm 10 cm 30 cm	0,39	keramične ploščice arm.cementni estrih PE folija 0,002 cm toplotna izolacija hidroizolacija podložni beton gramozno nasutje	1cm 5cm - 10 cm 1 cm 10 cm 30 cm	0,22
zunanje stene	135	notranji omet mrežasta opeka lepilo toplotna izolacija lepilo+zaključni sloj	2 cm 29 cm 0,5cm 8 cm 0,7cm	0,32	notranji omet mrežasta opeka lepilo toplotna izolacija lepilo+zaključni sloj	2 cm 29 cm 0,5cm 20 cm 0,7cm	0,16
poševna streha	105	mavčno kart.plošče parna ovira toplotna izolacija sekundarna kritina	1,25cm 0,015cm 20 cm 0,02cm	0,20	mavčno kart.plošče parna ovira toplotna izolacija sekundarna kritina	1,25cm 0,015cm 30 cm 0,02cm	0,12
okna - J	15	PVC – 5.komorni profil g = 0,68		1,4	PVC – 5.komorni profil g = 0,70		0,8
okna - V	7,5	PVC – 5.komorni profil g = 0,68		1,4	PVC – 5.komorni profil g = 0,70		0,8
okna - Z	7,5	PVC – 5.komorni profil g = 0,68		1,4	PVC – 5.komorni profil g = 0,70		0,8
Okna - S	5	PVC – 5.komorni profil g = 0,68		1,4	PVC – 5.komorni profil g = 0,70		0,8
vhodna vrata	2	lesena polna – top.isolirana		1,1	lesena polna – toplotno izolirana		1,1

Na sliki 1 so prikazane toplotne prehodnosti posameznih gradbenih sestav in letne potrebne toplote za ogrevanje stavbe.

2.b. Izračun letne potrebne toplote za ogrevanje stavbe

Izračun je narejen za stopnjo prezračevanja 0,5 in 0,7 kratno izmenjavo zraka (h^{-1}) ter za količino notranjih virov 0 in 5 W/m^2 (tabela 3).

TABELA 3: LETNA POTREBNA TOPLOTA

IZOLIRANA STAVBA - varianta 1			IZOLIRANA STAVBA - varianta 2		
urna izmenjava zraka (h^{-1})	notranji toplotni viri (W/m^2)	letna potrebna toplota ($\text{kWh}/\text{m}^2\text{a}$)	urna izmenjava zraka (h^{-1})	notranji toplotni viri (W/m^2)	letna potrebna toplota ($\text{kWh}/\text{m}^2\text{a}$)
0,7	0	99	0,7	0	62
0,5	0	86	0,5	0	51
0,7	5	79	0,7	5	41
0,5	5	66	0,5	5	30

Letna primarna energije za ogrevanje v kWh/m^2 (brez porabe goriva za pripravo tople sanitarne vode) preračunano v porabo ekstra lahkega kurilnega olja znaša (tabela 3):

- neizolirana stavba 20 l/m^2 uporabne stanovanjske površine,
- izolirana stavba 3 l/m^2 uporabne stanovanjske površine pri stopnji prezračevanja 0,5 h^{-1} in notranjih virih 5 W/m^2
- izolirana stavba 6,6 l/m^2 uporabne stanovanjske površine pri stopnji prezračevanja 0,5 h^{-1} in notranjih virih 5 W/m^2

Enostaven izračun letne potrebne toplote za ogrevanje pokaže, da je raba energije v stavbi v največji meri odvisna od zadostne toplotne izolacije, ki je vgrajena v ovoj stavbe. Tudi vsi ostali dejavniki lahko vidno vplivajo na računsko rabo, predvsem stopnja prezračevanja in vpliv notranjih virov. Kako velik je vpliv prezračevanja in notranjih virov pa v največji meri zavisi od uporabnikov stavbe. Izračun pokaže, da lahko z naravnim in pravilnim prezračevanjem zmanjšamo rabo energije tudi do 25 %.

Bojan Grobovšek, univ.dipl.inž.str.

Viri:

Pravilnik o toplotni zaščiti in učinkoviti rabi energije v stavbah (Ur.list 42/2002)
SIST EN 832
Rač.program Gradbena fizika URSA 3