



Evropski kmetijski sklad za razvoj podeželja: Evropa investira v podeželje



Kako se pravilno lotiti energetske sanacije tipične stanovanjske hiše?

Inštitut za obnovljive vire energije in učinkovito rabo energije, INOVEKS d.o.o.

Cesta 2. grupe odredov 17, 1295 Ivančna Gorica, info@inoveks.si

Povzetek

V prvem prispevku v sklopu operacije in.OVE.in.URE smo prikazali kako se pravilno lotiti energetske sanacije energijsko potratne hiše [1]. V tem prispevku prikazujemo preračun tipične slovenske hiše in možne korake energetske sanacije, ki bo po energetski sanaciji zadostila tudi zahtevam po maksimalni dovoljeni toplotni prehodnosti konstrukcij, ki jih predpisuje Pravilnik o učinkoviti rabe energije v stavbah iz leta 2010 [2]. V uvodu prispevka bomo predstavili kako razdelimo energije, vire iz katerih dobimo energije, predstavili obnovljive vire energije. Dotaknili se bomo problema emisij iz obnovljivih in neobnovljivih virov energije ter predstavili trend globalnega naraščanja temperature. Predstavili bomo analizirani objekt ter nato osnove prenosa toplote skozi steno ter kako se preračuna raba energije objekta. V preračunu so nato analizirani možni ukrepi energetske sanacije z enostavnimi vračilnimi dobami investicije. Na koncu prispevka je predstavljena integralna celostna energetska sanacija objekta in prikazana enostavna vračilna doba investicije v danem primeru.

UVOD

Za vse energije velja zakon o ohranitvi. Energija ne more nastati iz ničesar, niti ne more izginiti, **torej je ne moremo porabiti!** Energijo torej vedno pretvarjamo oziroma rabimo in je nikoli ne porabimo. Za razliko od tega energente (kurilno olje, plin, biomaso) lahko porabimo tekom spreminjanja njihove notranje energije v toploto. Pri obravnavi rabe energije v stavbah je nujno ločiti še med dvema vrstama energije, in sicer:

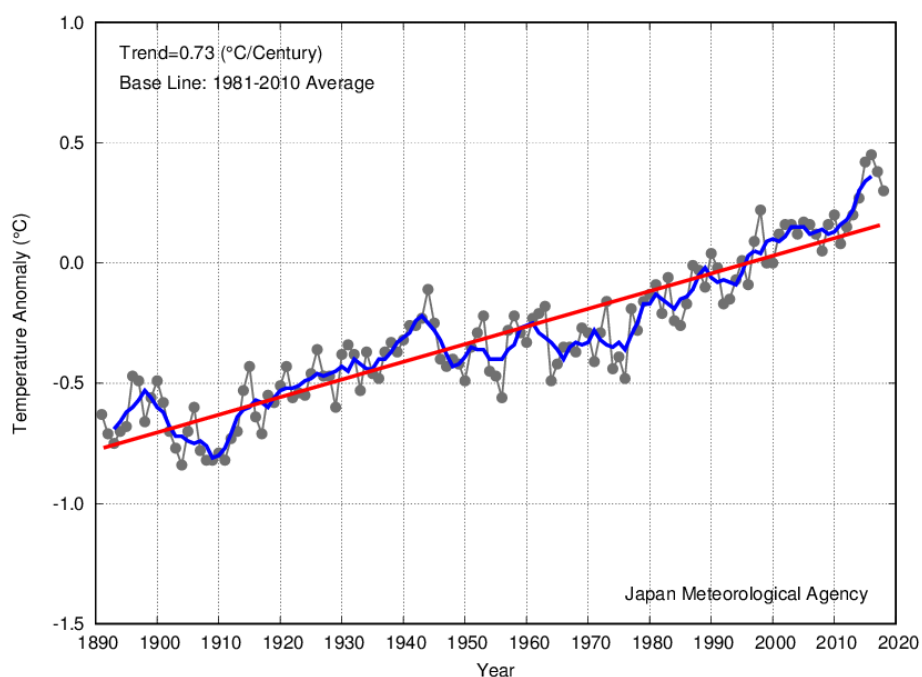
- **Dovedena energija** za delovanje stavbe je energija, ki v stavbo prehaja preko systemske meje stavbe in je namenjena za delovanje sistemov ogrevanja, hlajenja, priprave tople vode in razsvetljave. To je energija, ki jo običajno lahko odčitamo na števcih ali predstavlja porabljeno količino goriva. Pogosto se za pojem dovedena energija uporablja tudi termin končna energija.
- **Primarna energija** za delovanje stavbe upošteva dovedeno energijo po posameznih energentih, pri čemer upoštevamo predpisane faktorje pretvorbe za preračun v primarno energijo, ki so predpisani v pravilniku [2].

Dovedeno energijo lahko proizvedemo iz različnih virov. Pogosto se za to uporabljajo fosilna goriva. Fosilna goriva so naravne snovi (drevesa, snovi iz morja ...), ki so jih pred milijoni let zasule kamenine. Zaradi zakopanosti niso mogle zgoreti, ker ni bilo kisika in posledično so tekom časa zaradi visokih temperatur nastala fosilna goriva (premog, nafta ...). Fosilna goriva niso obnovljiv vir energije.

Obnovljivi viri energije (OVE) vključujejo vse vire energije, ki jih zajemamo iz stalnih naravnih procesov. Večina obnovljivih virov izvira iz sprotnega sončnega sevanja, nekatere oblike obnovljivih virov pa predstavlja shranjena sončna energija. Sončno sevanje v vseh njegovih pojavnih oblikah (toplota, veter, vodna energija) imenujemo obnovljivi viri energije. Ko omenjamo obnovljive vire energije, moramo omeniti biomaso, pri čemer je sinonim za biomaso pogosto les. Termin biomasa v splošnem pokriva vse organske snovi (les in drugo rastlinje), ki se lahko uporablja tudi za kurjenje. Slovenijo namreč pokriva več kot 58 % gozdov [3] in je četrta najbolj gozdnata država v Evropski uniji, takoj za Švedsko, Finsko in Estonijo [4]. Za biomaso pogosto rečemo, da je »**CO₂ nevtralen vir energije**«. Pri tem je mišljeno, da biomasa tekom rasti veže CO₂ iz ozračja s pomočjo fotosinteze. Izraba biomase pa ni trivialna naloga za sonaraven razvoj. Biomasa je sicer res CO₂ nevtralna, nepravilno kurjenje pa ni okolju prijazno.

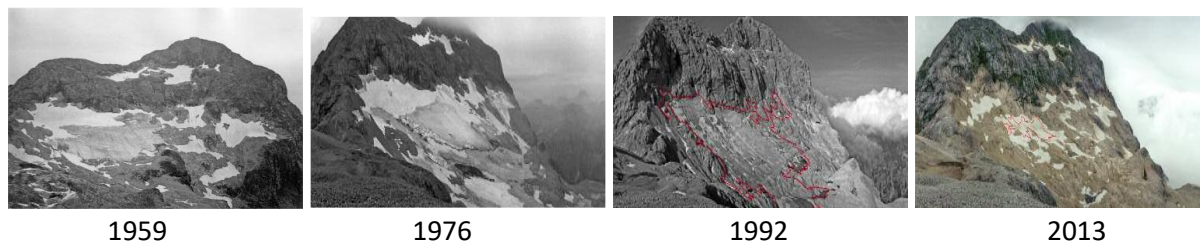
Produkti zgorevanja biomase in fosilnih goriv so npr. ogljikov dioksid (CO₂), voda (H₂O, običajno kot vodna para) in v primeru žvepla v gorivu tudi žveplove oksidi (npr. SO₂). Pri nepopolnem zgorevanju najdemo v dimnih plinih še ogljikov monoksid (CO), nezgorele arome in ogljik C (kot saje oz. trdni delci). Dušik N₂ iz zraka teče skozi proces zgorevanja praktično nespremenjen, pri visokih temperaturah pa se deloma veže s kisikom v dušikove okside NO_x. Vse te snovi, ki jih emitiramo v ozračje, so lahko zdravju škodljive in imajo negativen vpliv na okolje. Emisija dimnih plinov spodbuja tudi učinek tople grede. Učinek tople grede je pojav, ko zaradi povečane vsebnosti toplogrednih plinov, kot je na primer CO₂, več sončnega sevanja oziroma toplote s Sonca ostaja v ozračju, namesto da bi se odbila v vesolje. Ti plini povzročijo enak efekt, kot ga steklo na topli gredi ali steklo na avtomobilu.

Posledica učinka tople grede je globalno segrevanje ozračja. Povprečna temperatura na Zemlji se je v zadnjih 100 letih dvignila za okoli 1 °C. Slika 1 prikazuje trend globalne temperature zraka blizu površja Zemlje [5]. Vidimo lahko izrazit trend dvigovanja temperature oziroma efekt globalnega segrevanja ozračja.



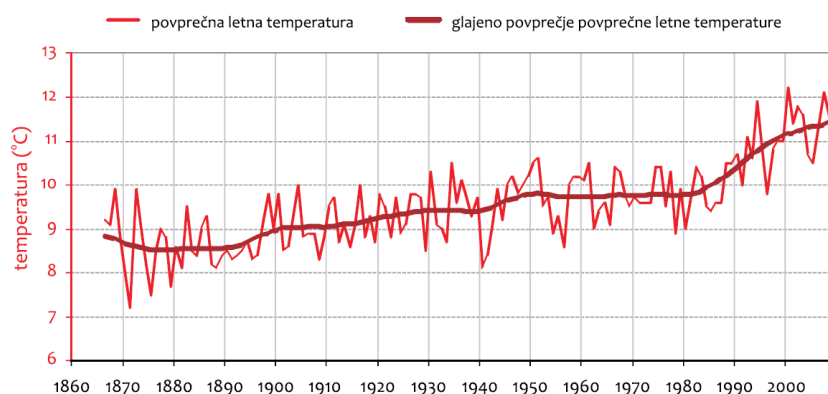
Slika 1: Trend letne povprečne globalne temperature [6]

Talijo se tudi ledeniki. Globalno segrevanje povzroča masovno taljenje ledenikov in snega po celem svetu, od Himalaje, Alp, Andov do Arktike ter Antarktike. To je zelo izrazit pojav od leta 1980 dalje. S tem je povezan tudi problem preskrbe z vodo v goratih predelih. Seveda je ta pojav prisoten tudi pri nas. Slika 2 prikazuje Triglavski ledenik od leta 1959 dalje, povzeto po viru [7]. Vse fotografije so posnete praviloma v mesecu septembru. Vidimo izrazito krčenje ledenika.



Slika 2: Triglavski ledenik od leta 1959 do leta 2013 [7]

Slika 3 prikazuje povprečno temperaturo zraka v Ljubljani za obdobje 150 let [8] za meteorološko postajo Ljubljana Bežigrad. Vidimo lahko izrazito naraščanje temperature, ki ga le težko pripišemo le širjenju mesta.



Slika 3: Povprečna temperatura zraka v Ljubljani za zadnjih 150 let [8]

Iz prej naštetih razlogov je v zadnjem času posvečeno veliko truda omejevanju segrevanja ozračja. Veliko je govora o Pariškem sporazumu. Gre za sporazum o podnebnih spremembah na svetovni ravni, ki je bil dosežen 12. decembra 2015 v Parizu [9]. Vključuje akcijski načrt za omejitev globalnega segrevanja na »precej manj kot« 2 °C in zajema obdobje od leta 2020 naprej. Glavni elementi Pariškega sporazuma so:

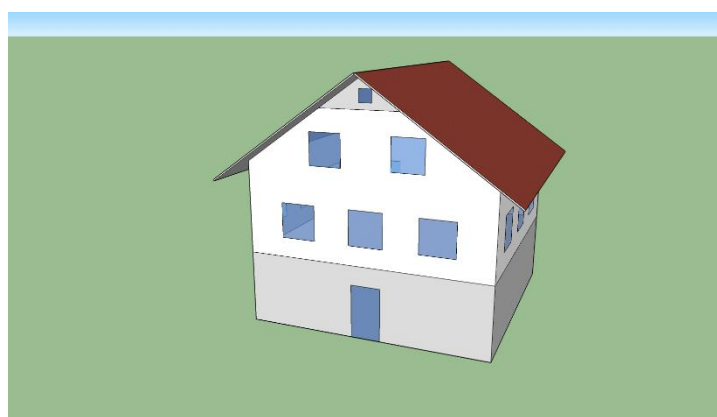
- dolgoročni cilj: vlade so se dogovorile, da bodo zvišanje povprečne svetovne temperature omejile na precej manj kot 2 °C v primerjavi s predindustrijsko ravno ter si prizadevale, da ne bi preseglo 1,5 °C,
- prispevki: države so pred in med pariško konferenco predložile celovite nacionalne podnebne akcijske načrte za zmanjšanje emisij,
- ambicije: vlade so se dogovorile, da bodo vsakih pet let sporočile, kako bi lahko prispevale k zastavitvi ambicioznejših ciljev,
- preglednost: privolile so tudi v to, da bodo zaradi preglednosti in nadzora druga drugo in javnost obveščale, kako napredujejo pri izpolnjevanju ciljev,

- solidarnost: EU in druge razvite države bodo državam v razvoju še naprej nudile finančno pomoč za podnebne ukrepe, s katerimi bodo lahko zmanjšale emisije in postale bolj odporne na posledice podnebnih sprememb.

Energetska učinkovitost oziroma učinkovita raba energije v stavbah je tako ena izmed najpomembnejših nalog na katerih je potrebno delati v bližnji bodočnosti.

PREDSTAVITEV PRIMERA HIŠE ZA ANALIZO ENERGETSKE SANACIJE HIŠE

Za praktični primer energetske sanacije smo izbrali hišo brez izolacije, ki se nahaja v kraju Trebnje. Slika 4 prikazuje 3D model analizirane hiše. Objekt ima enake gabarite, kot so bili prikazani v prejšnjem prispevku. Za razliko od prvega primera ima objekt neogrevano klet (označeno na sliki s sivo barvo), a hkrati zasedeno 1. nadstropje in mansardo (označeno na sliki z belo barvo).



Slika 4: 3D model analizirane hiše

Tabela 1 prikazuje osnovne lastnosti hiše. Pri preračunu bomo upoštevali, da je hiša polno zasedena, pri čemer so vsi zasedeni prostori tekom ogrevalne sezone vse dni sicer ogrevani 24 ur na dan na notranjo temperaturo zraka 20 °C. Uporabniki se že pred sanacijo zavedajo pomena učinkovite rabe energije, zato so že pred sanacijo relativno varčni. V mansardi je na strop nameščeno 12 cm izolacije, vendar se ni posvečalo pozornosti pravilni izvedbi strešne konstrukcije oziroma namestitvi parne zapore.

Tabela 1: Lastnosti analizirane hiše

leto gradnje	1975
v uporabi	1. nadstropje in mansarda
dimenzije stavbe	10 x 10 m (P+1) etažna višina 3 m naklon strehe 35° slemenska lega sever – jug
neto uporabna površina stavbe	$A_u = 180,00 \text{ m}^2$
bruto ogrevana prostornina	$V = 505,00 \text{ m}^3$
neto ogrevana prostornina	$V = 404,00 \text{ m}^3$
površine toplotnega ovoja stavbe	$A_{sten} = 151,4 \text{ m}^2$ $A_{oken} = 30,8 \text{ m}^2$ $A_{tal} = 100 \text{ m}^2$ $A_{strehe} = 113,9 \text{ m}^2$

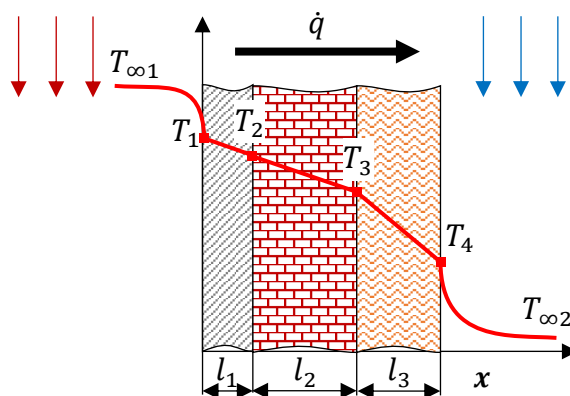
Tabela 2 prikazuje sestavo posameznih konstrukcij pred energetske sanacije, ki so bile analizirane v preračunu.

Tabela 2: Lastnosti konstrukcij (od notranjosti navzven)

Sestava stene	<ol style="list-style-type: none"> 1. Podaljšana apnena malta 1800 – 1 cm 2. Apnena malta 1600 – 1,5 cm 3. Mrežasta in votla opeka 1200 – 29 cm 4. Pigmentna fasadna malta – 0,7 cm
Sestava tal (do hidroizolacije)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Keramične ploščice 1 cm 2. Cementni estrih 6 cm
Sestava strehe (od notranji strani do zunanjega zraka)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Lesena obloga 1,5 cm 2. Mineralna volna 12 cm
Okna	<ol style="list-style-type: none"> 1. Starejša, vezana okna: <ol style="list-style-type: none"> a. 30 % okvirja, $U=1,75 \text{ W/m}^2\text{K}$ b. 70 % stekla, $U=2,3 \text{ W/m}^2\text{K}$

PRERAČUN RABE ENERGIJE V STAVBI

Že v prvem prispevku [1] smo natančni prikazali kako se izračunajo toplotne prehodnosti U posameznih konstrukcij. Za razumevanje prenosa toplote in predpisanih mejnih vrednosti toplotne prehodnosti moramo razumeti osnove prenosa toplote. Slika 5 prikazuje primer enodimenzijskega stacionarnega prehoda toplote skozi konstrukcijo, ki ima tri plasti, pri čemer velja, da je temperatura zraka na notranji strani $T_{\infty 1}$ višja od temperature zraka zunaj $T_{\infty 2}$, $T_{\infty 1} > T_{\infty 2}$.



Slika 5: Enodimenzijski stacionarni prehod toplote skozi večplastno konstrukcijo [10]

Toplotni tok skozi posamezno konstrukcijo s površino A opišemo z enačbo:

$$\dot{Q} = U \cdot A \cdot (T_{\infty 1} - T_{\infty 2}) \quad (1)$$

V zgornji enačbi je U toplotna prehodnost posamezne konstrukcije, ki ima fizikalno enoto $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ in A pripadajoča površina v m^2 . Skupni toplotni tok oziroma potrebna toplotna moč za pokrivanje toplotnih izgub predstavlja seštevek vseh toplotnih tokov skozi posamezno konstrukcijo. Fizikalna enota toplotnega toka je W (Watt). Ta torej ne predstavlja še energije. Povezava med toplotno močjo \dot{Q} in energijo je preprosta, in sicer se toplotni tok pomnoži s časom τ in se dobi energija Q , ki je bila potrebna, da toplotni tok teče čas τ :

$$Q = \dot{Q} \cdot \tau \quad (2)$$

Enota za energijo je J (Joule), in sicer velja:

$$1 \text{ J} = 1 \text{ W} \cdot \text{s} = \frac{1}{3600} \text{ W} \cdot \text{h} = \frac{1}{3600 \cdot 1000} \text{ kWh} \quad (3)$$

Skupna ali celotna toplotna upornost posamezne gradbene konstrukcije R_{tot} je določena z izrazom:

$$R_{tot} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{l_1}{\lambda_1} + \frac{l_2}{\lambda_2} + \frac{l_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_2} \quad (4)$$

V zgornji enačbi predstavlja l debelino materiala, λ toplotno prevodnost materiala, ki je snovska lastnost, α pa toplotno prestopnost s stene na zrak. Slednja je predpisana s pravilnikom in za zunanje konstrukcije in velja, da znaša toplotna prestopnost na notranji strani, α_1 , 8 W/(m²K), toplotna prestopnost na zunanji strani, α_2 , pa 25 W/(m²K). Toplotna prehodnost U , ki jo podajamo v fizikalnih enotah W/(m²K), je definirana kot recipročna vrednost skupne toplotne upornosti konstrukcije:

$$U = \frac{1}{R_{tot}} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{l_1}{\lambda_1} + \frac{l_2}{\lambda_2} + \frac{l_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (5)$$

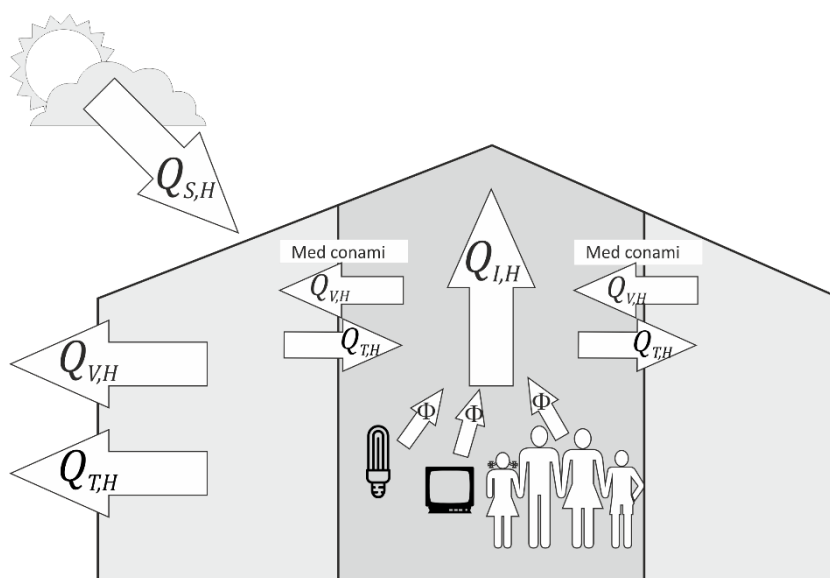
Tabela 3 prikazuje vrednosti maksimalno dovoljenih toplotnih prehodnosti U , ki jih predpisuje pravilnik [2] za nekaj konstrukcij. Če želimo zadostiti zahtevam pravilnika, potem je potrebno na konstrukcije namestiti ustrezno kombinacijo materialov, z ustrezno toplotno prevodnostjo in ustrezno debelino.

Tabela 3: Dovoljena toplotna prehodnost U gradbenih konstrukcij po pravilniku [2]

Gradbeni elementi stavb, ki omejujejo ogrevane prostore		U_{max} [W/(m ² K)]
1.	Zunanje stene in stene proti neogrevanim prostorom	0,28
2.	Zunanja stena ogrevanih prostorov proti terenu	0,35
3.	Tla na terenu, nad neogrevano kletjo, neogrevanim prostorom ali garažo	0,35
4.	Strop proti neogrevanemu prostoru	0,20
5.	Vertikalna okna ali balkonska vrata in greti zimski vrtovi iz lesa ali umetnih mas	1,30
6.	Vhodna vrata	1,60

Za določitev rabe energije pa potrebujemo poleg lastnosti konstrukcij upoštevati še čas ogrevanja, vremenske podatke in druge toplotne dobitke. Slika 6 prikazuje toplotne izgube stavbe in dobitke v stavbi ter v stavbo (npr. zaradi Sonca). Pri tem imenujemo izgube skozi gradbene konstrukcije

transmisijske toplotne izgube Q_T , izgube zaradi ogrevanja svežega zraka, ki prihaja v prostor pa ventilacijske ali prezračevalne izgube Q_V .



Slika 6: Energijska bilanca stavbe [10]

Za določitev toplotnih izgub si lahko pomagamo s temperaturnim primanjkljajem. Temperaturni primanjkljaj Gt je definiran kot vsota razlik med notranjo temperaturo t_i (20 °C) in povprečno dnevno zunanjo temperaturo zraka za tiste dni, ko je povprečna dnevna temperatura nižja od 12 °C:

$$Gt = \sum_1^z (t_i - t_{am}) \quad (6)$$

V zgornji enačbi so Gt temperaturni primanjkljaj [K dan/leto], t_i notranja temperatura, ki je enaka 20 °C in t_{am} povprečna dnevna temperatura zraka okolice. Klimatologi definirajo tudi trajanje kurilne sezone. Trajanje kurilne sezone je definirano kot število dni med začetkom in koncem kurilne sezone. Začetek kurilne sezone določimo tako, da v vremenskih podatkih poiščemo podatek, kdaj je bila zunanja temperatura zraka ob 21. uri v drugi polovici leta prvič tri dni zapored nižja ali enaka 12 °C. Naslednji dan je začetek kurilne sezone. Kurilna sezona se konča takrat, ko je zunanja temperatura ob 21. uri v treh zaporednih dneh višja od 12 °C in po tem datumu v prvi polovici obravnavanega leta ni več treh zaporednih dni, ko bi se temperatura ponovno znižala na 12 °C ali manj.

Toplotne izgube stavbe Q_{NH} izračunamo:

$$Q_{NH} = Q_{L,H} - \eta_{G,H} Q_{G,H} \quad (7)$$

Pri tem so Q_{NH} potrebna toplota za ogrevanje stavbe [J], $Q_{L,H}$ skupne toplotne izgube stavbe [J], $\eta_{G,H}$ delež vrnjenih pritokov toplote in $Q_{G,H}$ skupni toplotni pritoki [J].

KAKO SE LOTITI ENERGETSKE SANACIJE V TEM PRIMERU?

Ob energetske sanaciji se vedno uvodoma pojavi vprašanje kako se je lotiti. Zamenjati okna, namestiti izolacijo, zamenjati vir ogrevanja ...? V ta namen je potreben ekspertni preračun strokovnjaka, ki bo lahko izračunal kaj se v danem primeru najbolj splača. Še pred tem pa se je potrebno vprašati ali imamo vse gradbene konstrukcije ustrezno izolirane proti navlaževanju oziroma ali je hidroizolacija ustrezna, kot smo predstavili v prejšnjem prispevku [1].

PREDSTAVITEV IZRAČUNA ZA OBSTOJEČE STANJE (NEIZOLIRANO HIŠO)

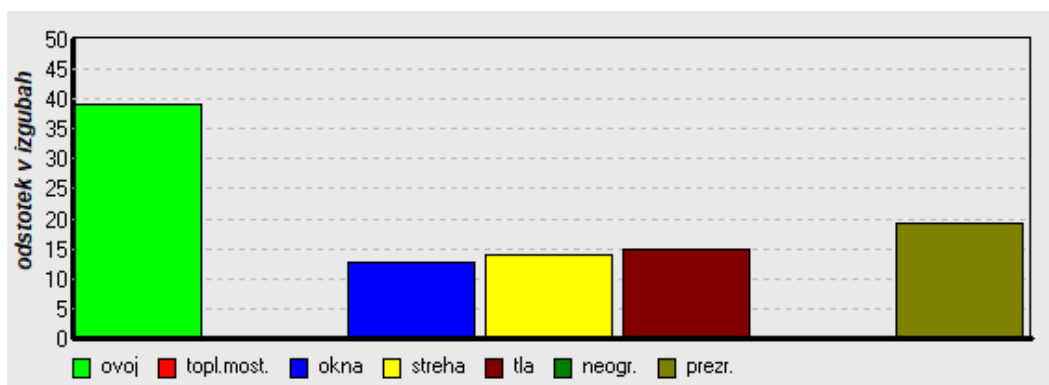
Za predstavljeni objekt je bil narejen preračun gradbene fizike objekta s pomočjo programske opreme Gradbena fizika URSA 4, ki ima v svoj algoritem integriran preračun, ki je skladen s tehnično smernico TSG-1-004:2010 [11], ki jo predpisuje pravilnik. Pri preračunu je bilo predpostavljeno, da je v objektu nameščen kotel na ekstra lahko kurilno olje (ELKO) in da je objekt pred sanacijo relativno netesen, s čimer je omogočena izmenjava zraka 0,7 izmenjave na uro, kar pomeni, da se v objektu vsako uro zamenja 283 m³ zraka. Kot je bilo uvodoma že napovedano, pri preračunu upoštevamo, da so uporabniki objekta varčni. To dosegajo npr. s prekinitvami ogrevanja, ampak kljub temu vsaj 14 ur na dan ogrevajo hišo na 20 °C.

Tabela 4 prikazuje izračunano in dovoljeno toplotno prehodnost uporabljenih konstrukcij. Iz preračuna je razvidno, da konstrukcije na objektu ne ustrezajo zahtevam pravilnika.

Tabela 4: Izračunana in dovoljena toplotna prehodnost gradbenih konstrukcij analiziranega objekta

Gradbeni elementi stavb, ki omejujejo ogrevane prostore			
		U_{dej} [W/(m ² K)]	U_{max} [W/(m ² K)]
1.	Zunanje stene in stene proti neogrevanim prostorom	1,295	0,28
2.	Tla na terenu, nad neogrevano kletjo, neogrevanim prostorom ali garažo	4,532	0,35
3.	Strop v sestavi ravne ali poševne strehe	0,308	0,20
4.	Vertikalna okna ali balkonska vrata in greti zimski vrtovi iz lesa ali umetnih mas.	2,1	1,30

Iz rezultatov preračuna sledi tudi, da bi za stalno ogrevanje objekta potrebovali kar do 35823 kWh primarne energije oziroma 32567 kWh dovedene energije, kar ustreza 3231 l kurilnega olja na sezono. Slika 7 prikazuje graf toplotnih izgub po posameznih konstrukcijah, ki se zelo razlikuje od grafa v prvem prispevku [1]. Največ toplote se izgubi skozi ovoj oziroma stene (39 %), čemur sledi izguba toplote zaradi prezračevanja (19,1 %), nato sledijo izgube skozi tla (15 %), šele nato sledi izguba toplote skozi streho (14 %) in nato izguba toplote skozi okna (12,9 %).



Slika 7: Toplotne izgube neizoliranega objekta v odstotkih po površinah

Iz predstavljenе analize je razvidno, da bomo energetske najbolj učinkoviti z ukrepi v vrstnem redu, ki jih dobimo iz vrstnega reda velikosti toplotnih izgub. Sledi torej, da bo najučinkovitejši ukrep izolacija sten, nato šele ukrepi na tesnosti stavbe (zamenjava oken).

PREDSTAVITEV IZRAČUNA ZA POSAMEZNE UKREPE

Samo izolacija stene (brez dodatne izolacije strehe in zamenjave oken)

Da bi zadostili pogoju, da je debelina izolacije na zunanji steni ustrezna, je potrebno na steno namestiti 10 cm toplotne izolacije, kot na primer ekstrudirani polistiren (stiropor), s toplotno prevodnostjo $\lambda = 0,035 \text{ W/(mK)}$, kar pomeni skupno toplotno prehodnost konstrukcije $U = 0,276 \text{ W/(m}^2\text{K)}$. S tem ukrepom dosežemo, da bi za stalno ogrevanje objekta potrebovali 22771 kWh primarne energije oziroma 20701 kWh dovedene energije, kar ustreza 2054 l kurilnega olja na sezono. Ta ukrep torej prinaša prihranek okoli 1177 l kurilnega olja na sezono. Ob trenutni ceni ELKO, ki znaša 0,911 EUR/l to pomeni prihranek 1.072 EUR na sezono. Ob predvidenem strošku, ki za tak ukrep znaša približno 10.000 EUR, je enostavna vračilna doba 9,3 let.

Samo menjava oken (brez dodatne izolacije strehe in izolacije sten)

V nadaljevanju predstavljamo preračun tako za dvoslojna kakor tudi za trislojna okna. Trislojna stekla imajo sicer nižjo toplotno prehodnost oken, so pa s tem zmanjšani tudi toplotni dobitki skozi okna, ki jih dobimo s pomočjo sevanja sonca. Pri tem bi poudarili, da analiza velja za Trebnje.

Dvoslojna okna s toplotno prehodnostjo stekel $U = 1,1 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ in PVC okvirjem

V tem primeru na objekt namestimo okna s toplotno prehodnostjo petkomornega PVC okvirja $U = 1,3 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ ter s toplotno prehodnostjo dvoslojnih stekel z nizkoemisijemskim nanosom $U = 1,1 \text{ W/(m}^2\text{K)}$. Toplotna prehodnost takih oken znaša $U = 1,16 \text{ W/(m}^2\text{K)}$. Pri preračunu upoštevamo, da je stavba bolj tesna in da omogoča 0,5 izmenjave zraka na uro, kar pomeni izmenjavo 202 m³ zraka na uro. Nižja izmenjava zraka ni dovoljena zaradi potrebnega zraka za higienski minimum za bivanje. S tem ukrepom dosežemo, da bi za stalno ogrevanje objekta potrebovali 31615 kWh primarne energije oziroma 28741 kWh dovedene energije, kar ustreza 2851 l kurilnega olja na sezono. Ta ukrep torej prinaša prihranek približno 380 l kurilnega olja na sezono. Ob trenutni ceni ELKO, ki

znaša 0,911 EUR/l to pomeni prihranek 346 EUR na sezono. Ob predvidenem strošku, ki za tak ukrep znaša približno 8.000 EUR, je enostavna vračilna doba približno triindvajset let.

Trislojna okna s toplotno prehodnostjo stekel $U = 0,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ in PVC okvirjem

V tem primeru na objekt namestimo okna s toplotno prehodnostjo petkomornega PVC okvirja $U = 1,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ter s toplotno prehodnostjo troslojnih stekel z nizkoemisijским nanosom $U = 0,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Toplotna prehodnost takih oken znaša $U = 0,88 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Tudi tu pri preračunu upoštevamo, da je stavba bolj tesna in da omogoča 0,5 izmenjave zraka na uro, kar pomeni izmenjavo 202 m³ zraka na uro. Nižja izmenjava zraka ni dovoljena zaradi potrebnega zraka za higienski minimum za bivanje. S tem ukrepom dosežemo, da bi za stalno ogrevanje objekta potrebovali 31951 kWh primarne energije oziroma 29046 kWh dovedene energije, kar ustreza 2882 l kurilnega olja na sezono. Ta ukrep torej prinaša prihranek okoli 349 l kurilnega olja na sezono. Ob trenutni ceni ELKO, ki znaša 0,911 EUR/l to pomeni prihranek 318 EUR na sezono. Ob predvidenem strošku, ki za tak ukrep znaša približno 8.000 EUR, je enostavna vračilna doba 25,1 let.

Dodatna izolacija strehe z namestitvijo parne zapore (brez izolacije sten in zamenjave oken)

Da bi zadostili pogoju, da je debeline izolacije na strešni konstrukciji ustrezna, je potrebno vgraditi dodatnih 8 cm toplotne izolacije, na primer mineralno volno in s toplotno prevodnostjo $\lambda = 0,040 \text{ W}/(\text{mK})$, kar pomeni skupno toplotno prehodnost konstrukcije $U = 0,19 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Prav tako na notranjo (toplo) stran vgradimo parno zaporo, ki bo preprečila kondenzacijo vodne pare v konstrukciji. S tem ukrepom dosežemo, da bi za stalno ogrevanje objekta potrebovali 34706 kWh primarne energije oziroma 31551 kWh dovedene energije, kar ustreza 3130 l kurilnega olja na sezono. Ta ukrep torej prinaša prihranek okoli 101 l kurilnega olja na sezono. Ob trenutni maloprodajni ceni ELKO, ki znaša 0,911 EUR/l to pomeni prihranek 92 EUR na sezono. Ob predvidenem strošku, ki za tak ukrep znaša približno 3.500 EUR, je enostavna vračilna doba približno 38 let.

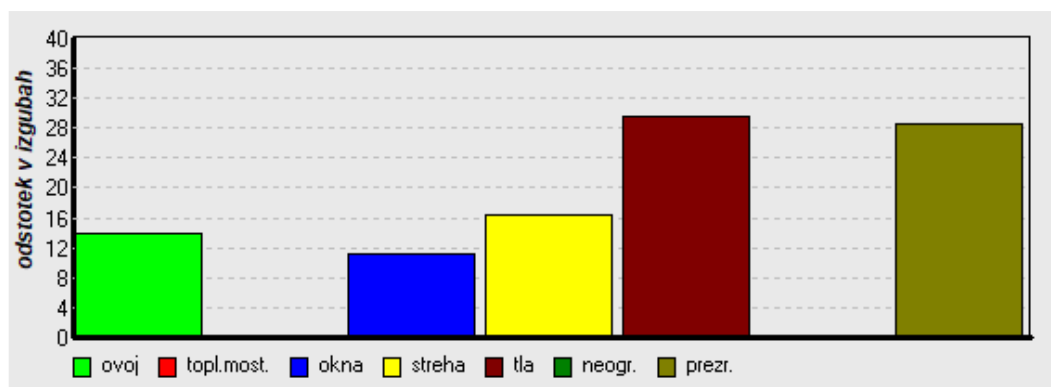
Integralni scenarij sanacije

Po izračunu smo se odločili za integralni scenarij, ki obsega:

- namestitev 12 cm grafitnega stiropora na zunanje stene,
- vgradnjo trislojnih oken s toplotno prehodnostjo stekel $U = 0,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ in PVC okvirjem,
- vgradnjo 10 cm toplotne izolacije in parne zapore na streho,
- tal ne saniramo.

S takim ukrepom dosežemo, da bi za stalno ogrevanje objekta potrebovali 16849 kWh primarne energije oziroma 15317 kWh dovedene energije, kar ustreza 1520 l kurilnega olja na sezono. Ta ukrep torej prinaša prihranek približno 1711 l kurilnega olja na sezono. Ob trenutni ceni ELKO, ki znaša 0,911 EUR/l to pomeni prihranek 1.559 EUR na sezono. Ob predvidenem strošku, ki za tak ukrep znaša približno 21.500 EUR, je enostavna vračilna doba približno 13,8 let.

Integralna sanacija prinaša uskladitev toplotnih izgub po površinah (Slika 8). Iz slike sledi, da je naslednji ukrep, ki bi bil najbolj smiseln, vgradnja prezračevalnega sistema z rekuperacijo in pa sanacija tal.



Slika 8: Toplotne izgube saniranega objekta

ZAKLJUČEK

Analizirani objekt, ki pred energetske zaradi varčnih uporabnikov ni bil pretirano potraten, s smiselnimi ukrepi sanacije doseže velik prihranek pri rabi energije za ogrevanje. Z izvedenim celostnim scenarijem sanacije bomo dosegli, da bo stavba za delovanje potrebovala samo 47 % energije v primerjavi z neizoliranim objektom. Vračilna doba je nekaj manj kot 14 let.

LITERATURA

- [1] INŠTITUT ZA OBNOVLJIVE VIRE ENERGIJE IN UČINKOVITO RABO EKSERGIJE INOVEKS D.O.O. *Kako se pravilno lotiti energetske sanacije energijsko zelo potratne hiše?* [na spletu]. 2019. Dostopno: https://www.inoveks.si/images/inUREinOVE/strokovniprispevki/01_Kako_se_pravilno_lotiti_energetske_sanacije_potratne_hise.pdf
- [2] URADNI LIST RS. *Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah* [na spletu]. 2010. Dostopno: <https://www.uradni-list.si/glasilo-uradni-list-rs/vsebina/98727>
- [3] ZAVOD ZA GOZDOVE RS. *Poročilo Zavoda za gozdove Slovenije o gozdovih za leto 2017*. 2018.
- [4] ZAVOD ZA GOZDOVE RS. *Statistika gozdov* [na spletu]. [dostopano 23. 01. 2019]. Dostopno: <https://www.gozd-les.com/slovenski-gozdovi/statistika-gozdov>
- [5] JAPAN METEOROLOGICAL AGENCY. *Global Average Surface Temperature Anomalies* [na spletu]. [dostopano 23. 01. 2019]. Dostopno: https://ds.data.jma.go.jp/tcc/tcc/products/gwp/temp/ann_wld.html
- [6] JAPAN METEOROLOGICAL AGENCY. *Global Average Surface Temperature Anomalies*.
- [7] GABROVEC, Matej idr. *Triglavski ledenik*. Ljubljana: ZRC SAZU, 2014. ISBN 978-961-254-731-8.
- [8] AGENCIJA REPUBLIKE SLOVENIJE ZA OKOLJE. *Spremenljivost podnebja v Sloveniji* [na spletu]. 2010. Dostopno: http://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/climate/text/sl/publications/spremenljivost_podnebja.pdf
- [9] EVROPSKI SVET. *Pariški sporazum o podnebnih spremembah* [na spletu]. 2018. Dostopno: <https://www.consilium.europa.eu/sl/policies/climate-change/timeline/>
- [10] MUHIČ, Simon. *Prenos toplote in snovi v stavbah*. Novo mesto: Fakulteta za tehnologije in

sisteme, 2017. ISBN 978-961-6770-38-5.

- [11] MINISTRSTVO ZA OKOLJE IN PROSTOR. *Tehnična smernica TSG-1-004:2010. Učinkovita raba energije*. 2010

OPOMBA

Operacija Informiranje in ozaveščanje o potencialu učinkovite rabe energije in obnovljivih virov energije za sonaravni razvoj (in.OVE.in.URE) je bila potrjena na drugem Javnem pozivu za izbor operacij za uresničevanje ciljev Strategije lokalnega razvoja na območju LAS STIK v letu 2017.