



Evropski kmetijski sklad za razvoj podeželja: Evropa investira v podeželje



Toplotni mostovi

Inštitut za obnovljive vire energije in učinkovito rabo eksurgije, INOVEKS d.o.o.
Cesta 2. grupe odredov 17, 1295 Ivančna Gorica, info@inoveks.si

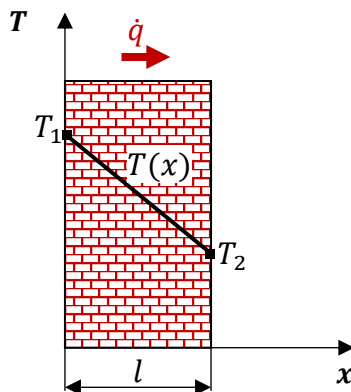
Povzetek

V prispevku pojasnjujemo kaj so toplotni mostovi. Na začetku so prikazane osnove prenosa toplote v gradbenih konstrukcijah. V nadaljevanju pojasnimo razliko med konstrukcijskimi in geometrijskimi toplotnimi mostovi. Podane so osnove akumulacije toplote in kako vpliva umestitev sloja toplotne izolacije v gradbeno konstrukcijo na akumulacijo toplote. Podane so tudi osnovne informacije o toplotni stabilnosti konstrukcij. Na koncu prispevka je prikazan preračun vpliva namestitve izolacije na porazdelitev temperature in s tem na toplotne mostove v gradbeni konstrukciji.

UVOD [1]

Toplota je po definiciji energija, ki se pojavi na meji dveh termodinamičnih sistemov, ki imata različni temperaturi, in prehaja skozi meje teh dveh sistemov samo zaradi razlike temperatur [2]. Toplota prehaja samodejno s teles ali delov teles z višjo temperaturo na telesa ali dele teles z nižjo temperaturo. Če obravnavamo enodimenzijski prevod toplote in stacionarne pogoje z znanimi temperaturami na vsaki strani (Slika 1), lahko gostoto toplotnega toka \dot{q} , ki teče s strani z višjo temperaturo, T_1 , na stran z nižjo temperaturo, T_2 , določimo z enačbo:

$$\dot{q} = \lambda \cdot \frac{T_1 - T_2}{l} \quad (1)$$



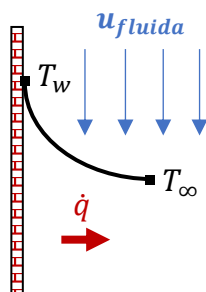
Slika 1: Prevod toplote skozi steno [1]

Gostota toplotnega toka \dot{q} ima fizikalno enoto W/m^2 . Vidimo lahko, da imamo linearni potek temperature v posameznem sloju stene.

Prestop toplote, ali konvekcija, je definiran kot prenos toplote z mejne površine na tekočino oziroma fluid, ki se giblje. Slika 2 prikazuje primer prestopa toplote, kjer predpostavimo, da je temperatura stene T_w višja od temperature tekočine T_∞ , torej $T_w > T_\infty$. Ob steni je temperatura tekočine najvišja, z oddaljenostjo od stene se znižuje. Za procese prestopa toplote z mejne površine na fluid z relativno nizko hitrostjo lahko napišemo Newtonov zakon hlajenja:

$$\dot{q} = \alpha \cdot (T_w - T_\infty) \quad (2)$$

V enačbi (2) α predstavlja toplotno prestopnost, T_w temperaturo površine, T_∞ pa karakteristično temperaturo fluida, dovolj stran od stene. Toplotna prestopnost je odvisna od hitrosti gibanja fluida.



Slika 2: Prestop toplote s stene na fluid [1]

Sevanje toplote je elektromagnetno sevanje toplega telesa. Vsako segreto telo namreč seva toploto. Gostoto toplotnega toka popišemo s Stefanovim zakonom, ki popiše sevanje absolutno črnega telesa:

$$\dot{q} = \sigma \cdot T^4 \quad (3)$$

V enačbi (3) je σ Stefan-Boltzmanova konstanta, $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} W/(m^2K^4)$. Običajno telesa niso idealno črna, zato je Stefanov zakon ustrezno modificiran in velja zakon za siva telesa:

$$\dot{q} = \varepsilon \cdot \sigma \cdot T^4 \quad (4)$$

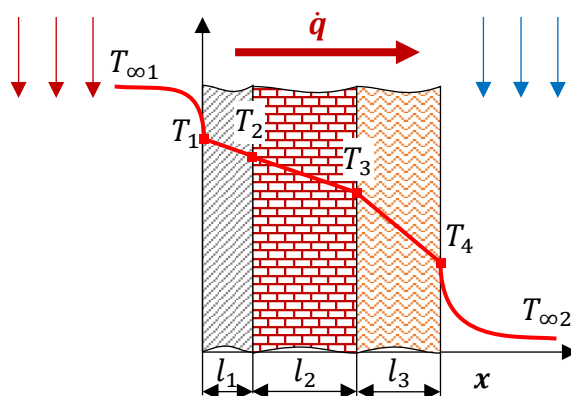
Če se toplota med dvema telesoma, telesom 1 in telesom 2, prenaša s sevanjem, je neto izmenjana gostota toplotnega toka med telesi proporcionalna razliki temperatur teles na četrto potenco, kar lahko zapišemo:

$$\dot{q} = \varepsilon \cdot \sigma \cdot (T_1^4 - T_2^4) \quad (5)$$

Toplotni tok (enota W) dobimo tako, da gostoto toplotnega toka pomnožimo s površino A :

$$\dot{Q} = \dot{q} \cdot A \quad (6)$$

Pri stavbah imamo navadno prisotne vse tri mehanizme prenosa toplote oziroma kombinacijo le-teh. Običajno pri prenosu toplote skozi gradbene konstrukcije obravnavamo predvsem kombinacijo prestopa in prevoda toplote, kar imenujemo prehod toplote. Slika 3 prikazuje primer enodimenzijskega stacionarnega prehoda toplote skozi večplastno konstrukcijo (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 3: Enodimenzijski stacionarni prehod toplote skozi večplastno konstrukcijo [3]

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

$$\dot{Q} = U \cdot A \cdot (T_{\infty 1} - T_{\infty 2}) \quad (7)$$

V zgornji enačbi je U toplotna prehodnost posamezne konstrukcije, ki ima fizikalno enoto $W/(m^2K)$ in A pripadajoča površina v m^2 . Celotna toplotna upornost posamezne gradbene konstrukcije R_{tot} je določena z izrazom:

$$R_{tot} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{l_1}{\lambda_1} + \frac{l_2}{\lambda_2} + \frac{l_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_2} \quad (8)$$

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 velja, da znaša toplotna prestopnost na notranji strani, α_1 , $8 W/(m^2K)$, toplotna prestopnost na zunanji strani, α_2 , pa $25 W/(m^2K)$. Toplotna prehodnost U , ki jo podajamo v fizikalnih enotah $W/(m^2K)$, je definirana kot recipročna vrednost skupne toplotne upornosti konstrukcije:

$$U = \frac{1}{R_{tot}} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{l_1}{\lambda_1} + \frac{l_2}{\lambda_2} + \frac{l_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (9)$$

Iz zgoraj napisanega velja, da se gostota toplotnega toka zmanjša z nižanjem toplotne prevodnosti in z nižanjem temperaturne razlike. Ker želimo z ustrezno gradbeno konstrukcijo doseči majhne toplotne tokove v stavbo ali iz nje, uporabljamo ustrezne materiale – toplotne izolatorje. Toplotni izolatorji so snovi, ki imajo nizko toplotno prevodnost ($\lambda < 0,041 W/mK$). V ta namen lahko uporabljamo vlaknaste snovi, kot so na primer mineralna vlakna kamene volne (diabaz, bazalt) in steklena volna, ali pa organske materiale, kot so na primer poliuretanska pena, penjeni ter ekstrudirani polistiren. Snovi, ki jih uporabljamo kot toplotne izolatorje, morajo imeti poleg nizke toplotne prevodnosti še ustrezne

mehanske lastnosti. Z nižjo toplotno prevodnostjo zmanjšamo prevod toplote. Prestop toplote je pri gradbenih konstrukcijah povezan tudi s hitrostjo gibanja zraka okoli površine gradbene konstrukcije. Višja kot je hitrost gibanja zraka, višja je toplotna prestopnost.

Toplotni tok, ki prehaja skozi gradbeno konstrukcijo, se v realnosti spreminja s časom. To pomeni, da vstopajoči toplotni tok ni vedno enak toplotnemu toku, ki izstopa iz konstrukcije. Tak način prehoda toplote imenujemo nestacionarni prehod toplote. Če želimo določiti rabo energije ali bivalno ugodje pri ogrevanju in hlajenju stavb, moramo upoštevati da je prehod toplote skozi gradbene konstrukcije vedno nestacionaren, saj se na zunanji strani stavbe vreme dinamično spreminja, kakor se spreminja tudi zasedenost stavbe. Pri izračunu potrebne moči sistema za ogrevanje stavb predpostavimo vnaprej dogovorjeno stacionarno stanje – projektne temperature. Za popis nestacionarnega prenosa toplote sta pomembni:

- 1 **Temperaturna prevodnost a** , ki opredeljuje razmerje med toplotnim tokom, ki ga neka snov prevaja in toplotnim tokom, ki ga snov pri tem shrani (akumulira):

$$a = \frac{\lambda}{c \cdot \rho} \quad (10)$$

Toplotni izolatorji imajo praviloma večjo temperaturno prevodnost v primerjavi z ostalimi materiali.

- 2 **Toplotna vpojnost b** $\left[\frac{\text{kJ}}{\text{m}^2 \text{K s}^{0,5}} \right]$ opredeljuje toplotni tok, ki ga neka snov pri skokoviti spremembi temperature prevaja v telo:

$$b = \sqrt{\lambda \cdot c \cdot \rho} \quad (11)$$

Toplotni izolatorji imajo nizko toplotno vpojnost. Pri keramiki ali betonu, ki imata večjo toplotno vpojnost, pri enaki temperaturi občutimo snov ob dotiku kot bolj hladno. Tako ima na primer les toplotno vpojnost 0,38, beton 2,2, toplotni izolatorji pa 0,03.

TOPLOTNI MOSTOVI

Zunanji ovoj stavbe je vedno sestavljen iz elementov, ki sodelujejo z notranjim in zunanjim okoljem ter posledično ves čas vplivajo drug na drugega. Usklajenost in pravilna zasnova vseh posameznih delov zagotavljata optimalno delovanje stavbe kot celote. Pri načrtovanju stavbe je treba pozornost posvetiti izvedbi detajlov, da se tako izognemo toplotnim mostovom. Toplotni mostovi so mesta v zunanjem ovoju stavbe, kjer je toplotni upor bistveno manjši od toplotnega upora na sosednjih mestih. Na mestu toplotnega mostu je v zimskem času toplotni tok iz notranjega v zunanje okolje močno povečan, kar pomeni večje toplotne izgube. Na takem mestu je zato znižana tudi temperatura notranje površine. Toplotne mostove na splošno delimo na:

- 1 konstrukcijske toplotne mostove in
- 2 geometrijske toplotne mostove.

V realnosti pogosto naletimo na kombinacijo konstrukcijskih in geometrijskih mostov, ki jih zato imenujemo **kombinirani toplotni mostovi**. Pri preračunih pogosto uporabljamo besedni zvezi točkovni in linijski toplotni mostovi, s katerima ponazorimo obliko oziroma prevladujočo dimenzijo mostu.

Konstruktivski toplotni most je posledica spremembe enakomernega toplotnega upora na ovoju stavbe. Običajno ta tip toplotnega mostu povzročimo s prekinitvijo ovoja stavbe ali ga predremo z materialom, ki ima večjo toplotno prevodnost (na jeklo) in ki ni ustrezno toplotno zaščiten. S premišljeno zasnovo ovoja stavbe se lahko konstruktivskim toplotnim mostovom skoraj v celoti izognemo. Geometrijski toplotni most nastopi na delu ovoja stavbe pri katerem je zunanja površina, preko katere toplota prehaja iz notranjosti, precej večja od notranje površine. Tipičen primer je vogal stavbe. Geometrijskim toplotnim mostovom se v praksi ne moremo popolnoma izogniti. Lahko pa njihov vpliv precej omilimo. Kot osnovno pravilo velja, da se je treba izogibati stikom pod kotom manjšim od 90°, ukrivljeni elementi ali sklopi pa naj imajo čim večji radij.

AKUMULACIJA TOPLOTE V GRADBENIH KONSTRUKCIJAH IN TOPLOTNA STABILNOST [1]

Skozi gradbeno konstrukcijo ves čas teče toplotni tok. Pri visokih zunanjih temperaturah in intenzivnem sončnem sevanju ta tok teče od zunanje strani proti notranji (toplotni dobitki), v primeru nizkih temperatur ter brez sončnega sevanja pa teče toplotni tok iz notranjosti navzven (toplotne izgube). Skozi gradbeno konstrukcijo tako ves čas poteka dinamičen proces prenosa toplote. Gradbena konstrukcija ima lastnost, da je sposobna akumulirati oziroma shraniti toploto. Akumulacija toplote v stavbah oziroma konstrukcijah ima načeloma dvojno vlogo, in sicer varčevanje s toploto (npr. v steni se shrani del toplote sončnega sevanja) ter preprečevanje pregrevanja (npr. toplotni tok skozi konstrukcijo počasi spreminja temperaturo stene na notranji strani). Umestitev sloja toplotne izolacije v gradbeno konstrukcijo ima velik vpliv na akumulacijo toplote. Na splošno velja:

- Če je toplotna izolacija na zunanji strani, se zaradi sončnega sevanja zunanja površina močno segreje, toplota pa zaradi dobre izolativnosti v manjši meri preide skozi gradbeno konstrukcijo v prostor.
- V primeru izolacije na notranji strani se sončno sevanje v celoti akumulira v zunanji zid. Pri tem je seveda izrazito nihanje temperatur, saj se v nočnem času zid intenzivno ohlaja. V notranjosti v izolaciji ni akumulacije.
- V primeru izolacije na sredini pa sončno sevanje učinkovito sprejme zunanji zid, ki je izpostavljen večjim temperaturnim nihanjem, pri čemer je tudi v notranjem zidu akumulirana toplota.

S toplotno stabilnostjo označujemo sposobnost konstrukcije, da pri zunanjih temperaturnih spremembah ohranja v prostoru, ki ga omejuje, čim bolj stalno temperaturo. Obodne konstrukcije so zelo izpostavljene sončnemu sevanju. Zunanja površina se segreje na precej višjo temperaturo kot je temperatura zunanjega zraka. Na temperaturo vpliva tudi barva površine. Temnejše barve intenzivneje vpijajo sončno sevanje. Poleti se lahko pod kritino zrak zelo ogreje (na več kot 60 °C). Pri tem toplota, kot posledica sončnega sevanja, vdira v notranjost. Odločilna pri tem je zmožnost materiala, da sprejme toploto in jo shrani ter jo zopet odda, ko se zniža temperatura v okolici. To zmožnost strokovno imenujemo akumulativnost.

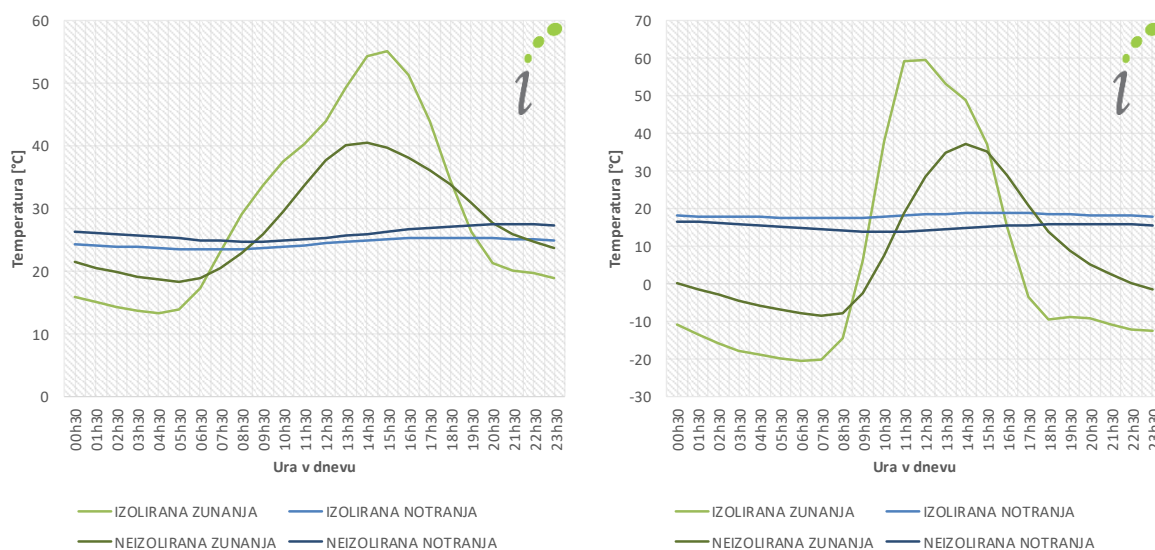
Temperatura zunanjega zraka in zunanjih površin konstrukcije niha s periodo 24 ur. Amplituda temperaturnega vala prodira skozi konstrukcijo in se pri tem zmanjšuje – duši. Karakteristična vrednost, s katero opišemo toplotno stabilnost konstrukcije, je dušenje temperature (razmerje amplitude temperaturnega nihanja zunanjega zraka in amplitude temperaturnega nihanja notranje

površine). Čas, ki preteče med pojavom najvišje temperature zunanje zraka in pojavom najvišje temperature na notranji površini konstrukcije, imenujemo fazni zamik oziroma temperaturna zakasnitev.

Pri izvedbi toplotne izolacije se pogosto pojavi vprašanje ali vgraditi zunanjo ali notranjo toplotno izolacijo zidu. Če uporabimo notranjo toplotno izolacijo zidu, ostanejo ti v celoti hladni, saj globoko v notranjosti zidu naletimo na temperaturo pod 0 °C, ki je hkrati tudi temperatura ledišča vode. Pri takšni izvedbi zidovi ne morejo akumulirati toplote. Ko izključimo ogrevanje prostorov, se zidovi zelo hitro ohladijo.

Pri zunanji toplotni izolaciji ostaja temperatura ledišča na zunanji strani zidu, sam zid pa ima možnost akumulacije toplote. Če ogrevamo notranjost zgradbe, se ogreva tudi zid. Ko pa gretje izključimo, se zid počasi ohlaja in posledično omogoča vzdrževanje višje temperature v prostoru daljši čas.

Slika 4 prikazuje trend površinske temperature na zunanji in notranji steni za izoliran masivni zid s tankoslojno fasado s 16 cm izolacije ter za enak masivni zid brez izolacije. Zgoraj je prikazan sončen poletni dan, spodaj pa hladen, vendar sončen zimski dan za južno steno. Pri tem je notranji prostor pozimi ogrevan na 20 °C, poleti pa hlajen na 26 °C. Na zunanji površini izolirane stene so izrazita nihanja temperature, ki pa ne povzročijo večjih nihanj na notranji površini stene. Pri neizolirani steni pa je nihanje na zunanji strani sicer manjše, hkrati pa zasledimo večja nihanja temperature na notranji strani.



Slika 4: Trend površinske temperature na zunanji in notranji steni za izoliran masivni zid s tankoslojno fasado ter za masivni zid brez izolacije za sončen poletni dan in za sončen zimski dan za južno steno [1]

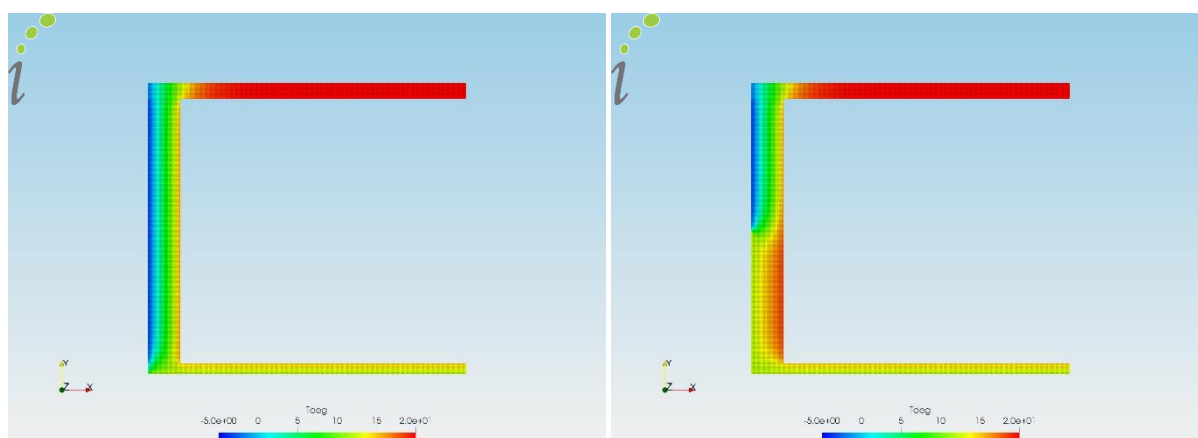
PRIKAZ PRAKTIČNIH PRIMEROV

Slika 5 levo prikazuje primer temperaturne porazdelitve v steni, ki ni izolirana in ki v celoti meji na zunanji zrak. Temperaturna porazdelitev je izračunana za naslednje pogoje:

- zidana stena ima debelino 30 cm in toplotno prevodnost 0,52 W/(mK),
- neizolirana tla imajo debelino (do hidroizolacije) 10 cm in toplotno prevodnost 1,51 W/(mK),
- AB plošča ima debelino 15 cm in toplotno prevodnost 0,52 W/(mK).

Višina stene je 2,5 m. Na zunanji strani stene se nahaja zrak s temperaturo $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$, toplotna prestopnost znaša $23\text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. V notranjosti se nahaja zrak s temperaturo $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, toplotna prestopnost znaša $8\text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Tla na zunanji strani mejijo na sloj, ki ima konstantno temperaturo $12\text{ }^{\circ}\text{C}$. Iz slike je lepo razvidno, da se točka zmrzišča ($0\text{ }^{\circ}\text{C}$) nahaja v notranjosti stene. To pomeni, da ob prehajanju vodne pare iz notranjost navzven prihaja do efekta zmrzovanja, kar poškoduje konstrukcijo.

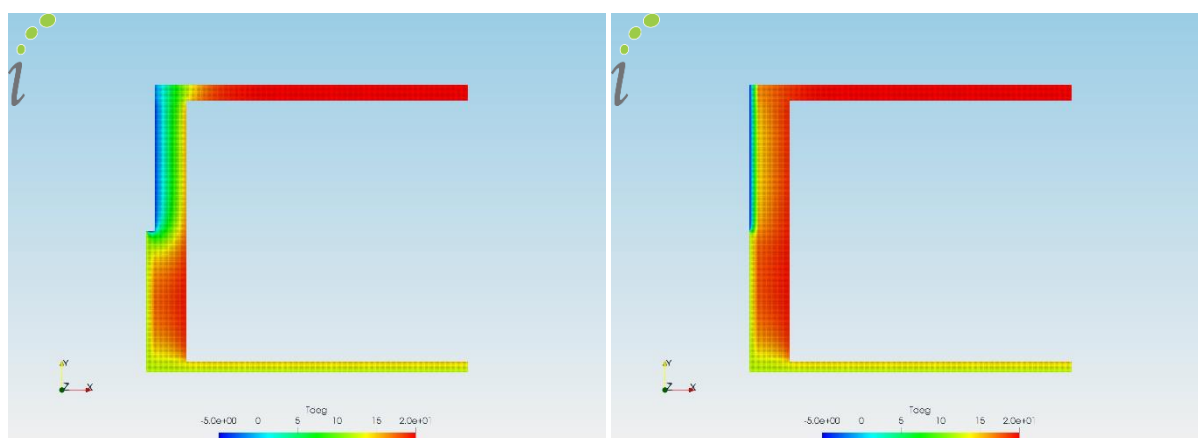
Slika 5 desno pa prikazuje primer temperaturne porazdelitve v steni, ki ni izolirana in ki v spodnjem delu do višine 1,25 m mejijo na zemljo, ki ima konstantno temperaturo $12\text{ }^{\circ}\text{C}$, preostanek (gornji del stene) pa na zunanji zrak, s temperaturo $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Stena ni toplotno izolirana. Materiali in debeline so enaki kot v primeru na levi strani. Vidimo lahko, da je v tem primeru stena na spodnji strani bistveno toplejša.



Slika 5: Temperaturna porazdelitev v neizolirani steni; na levi strani mejijo na zunanji zrak, na desni strani pa se polovica nahaja v zemlji

Slika 6 levo prikazuje primer, ko smo se del stene, ki se nahaja v zemlji (iz drugega primera) odločili izolirati s toplotno izolacijo debeline 8 cm in toplotno prevodnostjo $0,035\text{ W}/(\text{mK})$. Vidimo lahko, da je v spodnjem delu stena toplejša, a hkrati tudi nekoliko hladnejša v zgornjem delu.

Slika 6 desno pa prikazuje primer, ko se stena, ki se v spodnjem delu nahaja v zemlji in zgoraj mejijo na zunanji zrak, v celoti izolira s toplotno izolacijo debeline 8 cm in toplotno prevodnostjo $0,035\text{ W}/(\text{mK})$. Iz slike je vidna velikanska razlika med temperaturami konstrukcij. Točka zmrzišča se v tem primeru nahaja v izolaciji in ni nevarnosti, da bi prišlo do poškodbe zidane stene.



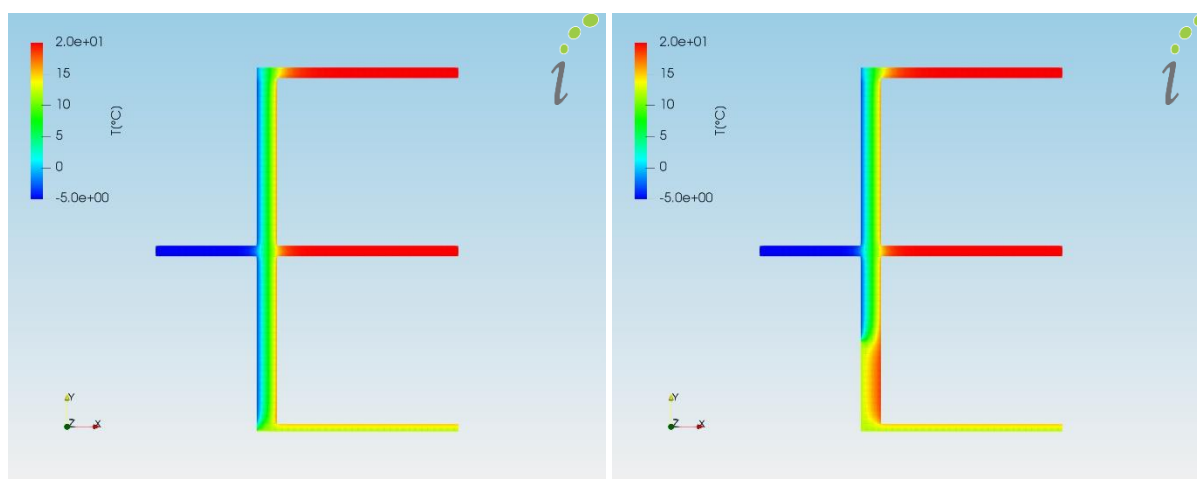
Slika 6: Temperaturna porazdelitev v steni; na levi strani dodana izolacija le v zemlji, na desni strani je stena izolirana po celotni višini

Slika 7 levo prikazuje primer temperaturne porazdelitve v steni z balkonom, ki ni izolirana in ki v celoti meji na zunanji zrak. Temperaturna porazdelitev je izračunana za naslednje pogoje:

- zidana stena ima debelino 30 cm in toplotno prevodnost 0,52 W/(mK),
- neizolirana tla imajo debelino (do hidroizolacije) 10 cm in toplotno prevodnost 1,51 W/(mK),
- AB plošča ima debelino 15 cm in toplotno prevodnost 0,52 W/(mK).

Višina stene v posameznem nadstropju je 2,5 m. Na zunanji strani stene se nahaja zrak s temperaturo $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$, toplotna prestopnost na zunanji strani znaša $23\text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. V notranjosti se nahaja zrak s temperaturo $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, toplotna prestopnost znaša $8\text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Tla na zunanji strani mejijo na sloj, ki ima konstantno temperaturo $12\text{ }^{\circ}\text{C}$. Iz slike je lepo razvidno, da se točka zmrzišča ($0\text{ }^{\circ}\text{C}$) zopet nahaja v notranjosti stene. Na mestu balkona je izrazitejši toplotni most.

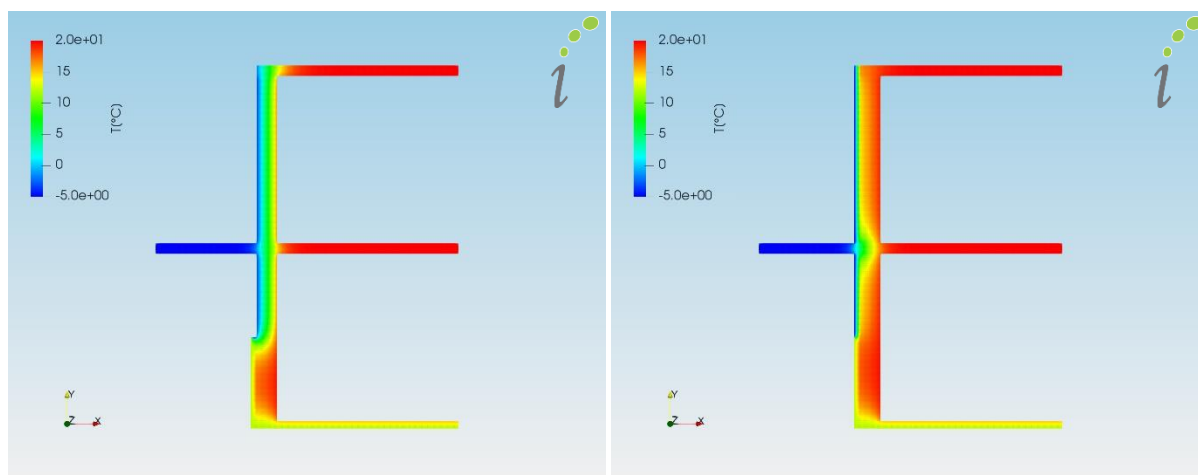
Slika 7 desno pa prikazuje primer temperaturne porazdelitve v steni, ki ni izolirana in ki v spodnjem delu do višine 1,25 m meji na zemljo, ki ima konstantno temperaturo $12\text{ }^{\circ}\text{C}$, preostanek (gornji del spodnje stene, balkon iz zgornja stena) pa na zunanji zrak, s temperaturo $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Stena ni toplotno izolirana. Materiali in debeline so enaki kot v primeru na levi strani. Vidimo lahko, da je v tem primeru stena na spodnji strani bistveno toplejša, v zgornjem delu pa je porazdelitev približno enaka kot v primeru na levi strani.



Slika 7: Temperaturna porazdelitev v neizolirani steni; na levi strani stena meji v celoti na zunanji zrak, na desni strani se del stene nahaja v zemlji

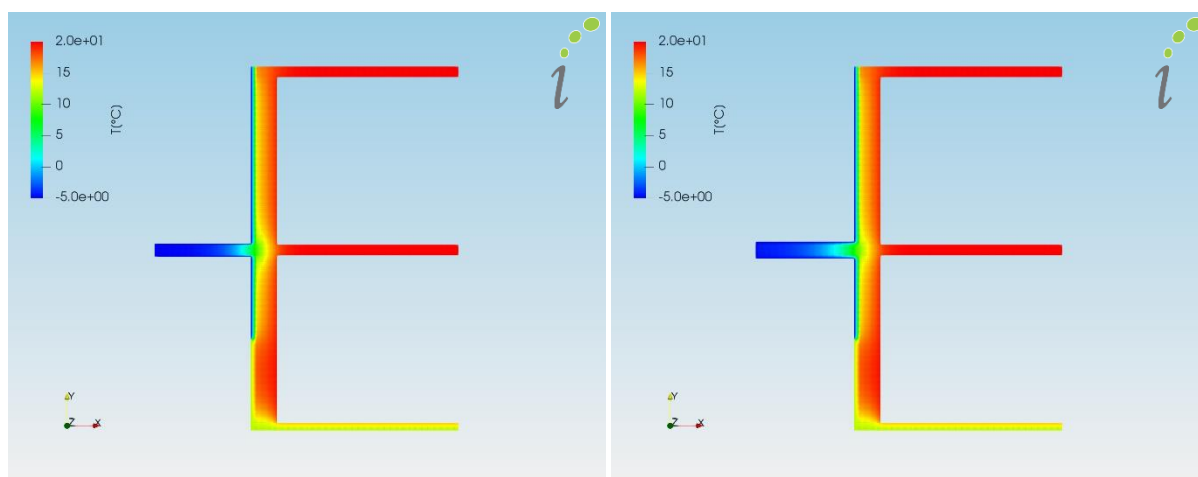
Slika 8 levo prikazuje primer, ko smo del stene, ki se nahaja v zemlji, izolirali s toplotno izolacijo debeline 8 cm in toplotno prevodnostjo $0,035\text{ W}/(\text{mK})$. Preostanek, vključno z balkonom, ni izoliran. Vidimo lahko, da je v spodnjem delu stena toplejša, a hkrati tudi nekoliko hladnejša v zgornjem delu.

Slika 8 desno pa prikazuje primer, ko se zunanja stena v celoti izolira s toplotno izolacijo debeline 8 cm in toplotno prevodnostjo $0,035\text{ W}/(\text{mK})$. Balkona ne izoliramo. Iz slike je vidna velikanska razlika med temperaturami konstrukcij. Hkrati se vidi izrazit vpliv neizoliranega balkona, ki povzroča toplotni most.



Slika 8: Temperaturna porazdelitev v steni; na levi strani dodana izolacija le v zemlji, na desni strani je stena izolirana po celotni višini; balkon ni izoliran

Slika 9 levo prikazuje primer, ko smo poleg izolacije sten izvedli še izolacijo balkona, in sicer samo z 2 cm izolacije. Slika 9 desno pa prikazuje primer, ko smo balkon izolirali s 5 cm izolacije. Iz primerjave slik se lepo vidi zmanjševanje toplotnega mostu z naraščajočo debelino izolacije.



Slika 9: Temperaturna porazdelitev v izolirani steni; na levi strani je balkon izoliran z 2 cm, na desni strani s 5 cm toplotne izolacije

ZAKLJUČEK

V prispevku so prikazane osnove prenosa toplote v gradbenih konstrukcijah in vpliv namestitve izolacije na toplotne mostove. Iz izvedenih preračunov je razvidno, da se v primeru izolacije sten bistveno zviša notranja temperatura sten, točka zmrzišča pa se prenese v izolacijo. Prav tako je pomembno, da se izolirajo balkoni. Balkoni namreč pomenijo izrazite toplotne mostove. V izračunanem primeru, ko namestimo izolacijo na zunanje stene, na balkon pa ne (Slika 8, desno), nam namreč skozi površine balkona uhaja velik del toplote. Namestitev samo 2 cm izolacije na balkon gostoto toplotnega toka zmanjša za 35 %, namestitev 5 cm izolacije pa že za 50 %. Zato je pri vsaki energetski sanaciji smiselno namestiti toplotno izolacijo tudi na balkonske površine.

LITERATURA

- [1] MUHIČ, Simon. *Prenos toplote in snovi v stavbah*. Novo mesto: Fakulteta za tehnologije in sisteme, 2017. ISBN 978-961-6770-38-5.
- [2] MUHIČ, Simon in Bogdan BLAGOJEVIČ. *Tehniška termodinamika*. Novo mesto: Fakulteta za tehnologije in sisteme, 2016. ISBN 978-961-6770-34-7.
- [3] INŠTITUT ZA OBNOVLJIVE VIRE ENERGIJE IN UČINKOVITO RABO EKSERGIJE INOVEKS D.O.O. *Kako se pravilno lotiti energetske sanacije tipične stanovanjske hiše?* [na spletu]. 2019. Dostopno: https://www.inoveks.si/images/inOVEinURE/strokovniprispevki/02_Kako_se_pravilno_lotiti_energetske_sanacije_tipicne_stanovanjske_hise.pdf

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.