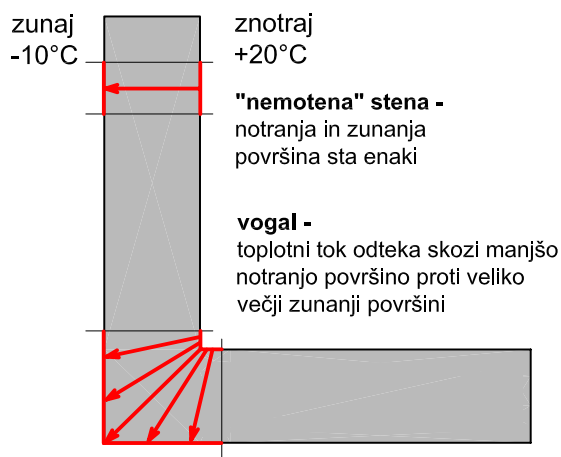


KAKO ODPRAVITI TOPLOTNE MOSTOVE V PASIVNI HIŠI?

Prof.dr. Martina Zbašnik-Senegačnik, u.d.i.a., UL Fakulteta za arhitekturo

Pasivna hiša dosega vse zahteve pasivnega standarda le na ta način, da je grajena brez toplotnih mostov. Da se doseže to dokaj strogo zahtevo, morajo biti vsi detajli narejeni že v zgodnji fazi načrtovanja ter skrbno izvedeni.

Toplotni most je lokalno omejena površina v konstrukciji toplotnega ovoja zgradbe, kjer je povečan prehod toplote. Skozi tak del konstrukcije lahko prihaja tudi do zelo velikih toplotnih izgub. Glede na vzrok nastanka delimo toplotne mostove na konvekcijske, geometrijske in konstrukcijske. **Konvekcijski toplotni mostovi** nastanejo na mestih, kjer skozi špranje ali odprtine nekontrolirano odteka topli zrak. Pri pasivnih hišah jih praviloma ni, saj imajo zrakotesen ovoj. **Geometrijski toplotni mostovi** nastanejo na mestih, kjer je notranja površina, skozi katero uhaja toplota, manjša od zunanje. Nastanejo na vsakem stiku stene pod določenim kotom. Takrat je notranja površina (tople) stene manjša od (hladne) zunanje. Geometrijski toplotni mostovi so vogali zgradbe, priključek stene na kap, čelni napušč in sleme ipd. Čim ostrejši je kot na stiku med dvema elementoma, tem večji je učinek toplotnega mostu. Pri pasivnih hišah geometrijski toplotni most načeloma ni problematičen, saj zaradi debele plasti toplotne izolacije izzveni.



Slika 1: Princip delovanja geometrijskega toplotnega mostu na vogalu zunanje stene. Puščice prikazujejo smer toplotnega toka.

Najbolj problematični so pri pasivnih hišah **konstrukcijski toplotni mostovi**. Nastanejo tam, kjer je prekinjen toplotni ovoj zgradbe. Največkrat so posledica slabo načrtovanih detajlov pri prebojih, previsih (konzolah), priključkih, rebrih, prekinitvah toplotne izolacije. Do takih konstrukcijskih napak pri pasivni hiši ne sme priti. Osnovni princip gradnje pasivne hiše je »**konstruiranje brez toplotnih mostov**«.

Zgradbe so brez toplotnih mostov, kadar je linijska toplotna prehodnost $\psi \leq 0,01 \text{ W/(mK)}$ in kadar so notranje površinske temperature (pri najnižji temperaturi zunanjega zraka -10°C in zemlje $+10^\circ\text{C}$) vedno nad 13°C .

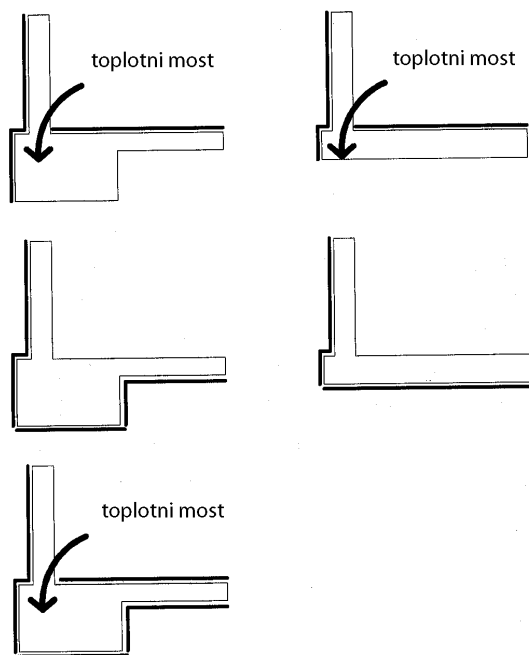
Pri manjših objektih je sorazmerno enostavno doseči konstrukcijo brez toplotnih mostov. Večji problemi nastanejo pri večjih objektih, ko je:

- izvedba toplotne izolacije pod talno ploščo bolj zahtevna,
- pod ogrevanim toplotnim ovojem neogrevana klet,
- balkon na fasadi,
- obešena fasada, kjer toplotni most predstavljajo sidra za pritrjevanje fasadne obloge,
- stopnišča vodijo do neogrevane kleti,
- idr.

POLOŽAJ TOPLOTNE IZOLACIJE NA STIKU ZGRADBE S TERENOM

Odpravljanje toplotnih mostov je pri pasivni hiši ključnega pomena.

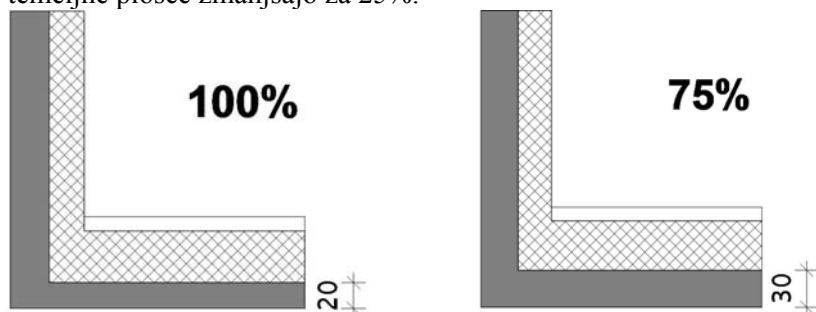
Pri toplotni izolaciji, ki je položena nad temeljno ploščo oz. pasovni temelj, nastane na stiku stene in temeljne plošče ali pasovnim temeljem toplotni most, prav tako, če je položaj toplotne izolacije na obeh straneh temeljne konstrukcije – pod ploščo in nad njo. Toplotnega mostu ni, če toplotno izolacijo položimo pod temeljno ploščo oz. pasovni temelj.



Slika 2: Vpliv položaja toplotne izolacije na pojav toplotnega mostu

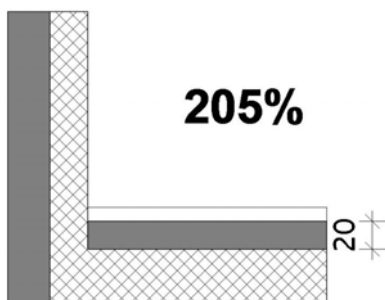
Z gradbeno-fizikalnega stališča je torej najbolj primerno vgraditi toplotno izolacijo na zunanjo stran konstrukcije, saj se na ta učinkovito izognemo toplotnim mostovom. Pri enodružinskih hišah to ni tehnični problem, lahko pa se pojavi pri večjih objektih, saj imajo veliko težo in manjši izbor uporabnih toplotnih izolacij.

Pri velikih objektih se priporoča izoliranje kletne konstrukcije s toplotno izolacijo v debelini najmanj 20 cm. V naslednjih primerih je taka sestava temeljne plošče vzeta kot referenčni primer za primerjavo (100% toplotne izgube). Če se debelina toplotne izolacije poveča na 30 cm, se toplotne izgube temeljne plošče zmanjšajo za 25%.

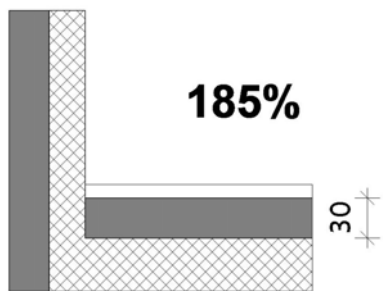


Slika 3 in 4: Razmerje med toplotnimi izgubami temeljne plošče, izolirane z 20 in 30 cm toplotne izolacije

Če je toplotna izolacija na temeljni plošči, so njene toplotne izgube več kot dvakrat večje kot pri plošči, ki ima toplotno izolacijo pod ploščo. Povečanje debeline toplotne izolacije na 30 cm še vedno predstavlja 85% več toplotnih izgub kot pri plošči, pod katero je 20 cm toplotne izolacije.



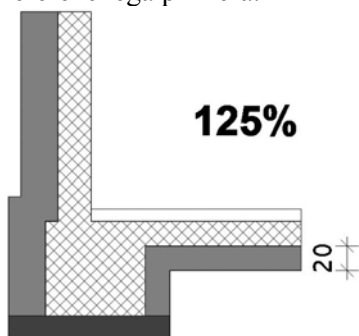
Slika 5: Temeljna plošča, ki ima 20 cm toplotne izolacije zgoraj



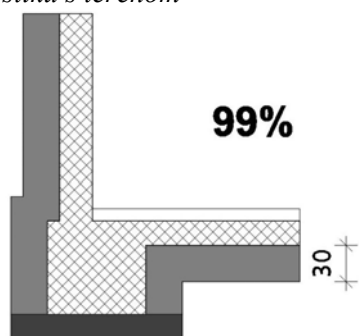
Slika 6: Temeljna plošča, ki ima 30 cm toplotne izolacije zgoraj

Pasovni temelji so načeloma sicer cenejši od temeljne plošče, vendar so manj toplotno učinkoviti kot temeljna plošča. V primerjavi s temeljno ploščo nastopajo tu večje obremenitve, zato mora biti uporabljena toplotna izolacija z večjo tlačno trdnostjo. Sicer mora biti pasovni temelj izoliran tudi spodaj, na stiku s terenom.

Toplotne izgube so pri pravilno izoliranih pasovnih temeljih kar za četrtno večji kot pri temeljni plošči, pod katero je 20 cm toplotne izolacije. Vzrok za to so večje površine. Pasovni temelji s 30 cm toplotne izolacije na zunanji strani imajo približno enake toplotne izgube kot temeljna plošča referenčnega primera.

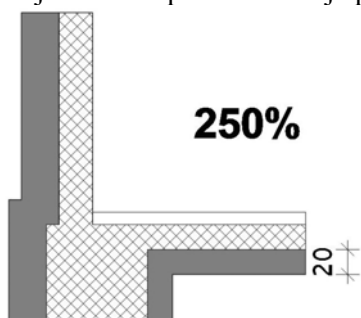


Slika 7: Pasovni temelj, ki je pravilno toplotno izoliran z 20 cm ustrezne toplotne izolacije, tudi na stiku s terenom

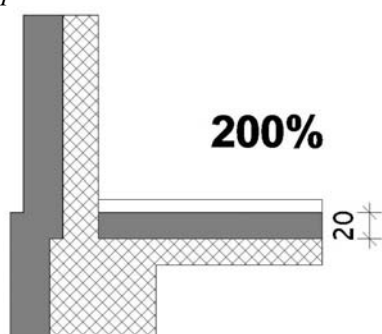


Slika 8: Pasovni temelj, ki je pravilno toplotno izoliran s 30 cm ustrezne toplotne izolacije, tudi na stiku s terenom

Če so obremenitve za toplotne izolacije z običajnimi tlačnimi trdnostmi prevelike, ali se zaradi previsoke cene toplotno izolacijo pod pasovnim temeljem opusti, toplotne izgube narastejo na 250%, če je 20 cm toplotne izolacije pod betonsko ploščo in na 200%, če je na njej.



Slika 9: Pasovni temelji brez toplotne izolacije na stiku s terenom in 20 cm toplotne izolacije pod ploščo



Slika 10: Pasovni temelji brez toplotne izolacije na stiku s terenom in 20 cm toplotne izolacije na plošči

STIK TOPLOTNEGA OVOJA ZGRADBE Z NEOGREVANO KLETJO

Kadar mora biti klet objekta neogrevana oz. služi za podzemno garažo, je potrebno poskrbeti, da je stik med toplim in hladnim ovojem zgradbe brez toplotnim mostov. Ta se sicer pojavi na mestu, kjer nosilne stene nalegajo na medetažno ploščo. Toplotna izolacija je sicer lahko nad medetažno ploščo ali pod njo. Prekinitev toplotnega mostu predstavljajo elementi, ki imajo zadosti veliko tlačno trdnost in ustrezno toplotno prevodnost v vertikalni in horizontalni smeri (porobeton, penjeno steklo, XPS, opeka...). Kadar je toplotna izolacija pod medetažno ploščo, se element za prekinitev toplotnega mostu na steni imenuje izolacijski zaključek, kadar pa je nad njo, je to izolacijski podstavek.



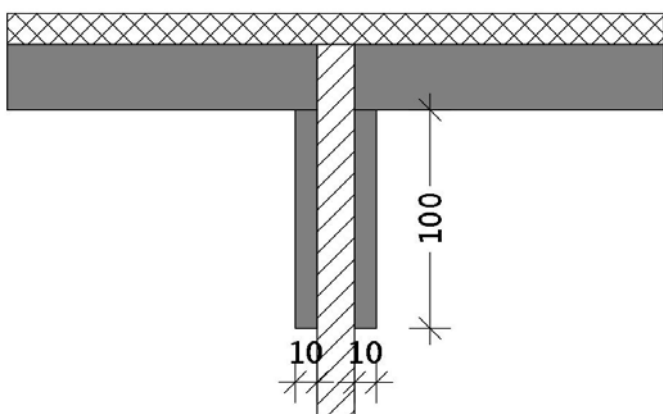
Slika 11: Zidana stena prebode toplotni ovoj zgradbe – izvedba s prekinitvijo toplotnega mostu z izolacijskim podstavkom (levo) in izolacijskim zaključkom (desno)

Prekinitev toplotnega mostu z izolacijskim podstavkom oz. zaključkom je seveda primerna pri stenski konstrukciji iz zidakov. Pri večjih objektih, kot so večstanovanjske zgradbe, poslovne zgradbe, šole

itd. pa se velikokrat uporablja armirani beton. Če je konstrukcija zgradbe večinoma iz sten, se pojavljajo linijski toplotni mostovi, ki lahko zaradi velikih površin povzročijo velike toplotne izgube. Pri linijskem preboju toplotne izolacije v kleti s 30 cm debelo armiranobetonsko ploščo znašajo toplotne izgube na vsakem dolžinskem metru stene dodatno 0,74 W/(mK). Če nadomestimo steno z armiranobetonskim stebrom 50 cm x 50 cm, te dodatne toplotne izgube znašajo le še tretjino.

Za zmanjšanje toplotnih izgub na nosilnih gradbenih elementih je vedno priporočljivo stene nadomestiti s stebri!

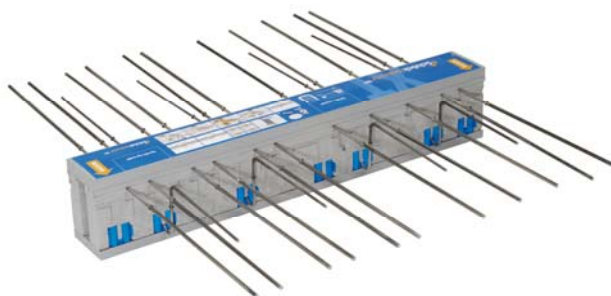
Pri stebrih, ki prenašajo velike obtežbe in morajo ustrezati tudi predpisom požarne varnosti, mora biti armatura stebra povezana z armaturo v medetažni konstrukciji, kar poveča toplotno prehodnost stika. Zamenjava armature iz železa z armaturo iz nerjavečega jekla ali steklenih vlaken (steklena vlakna samo pri tlačnih obremenitvah) sicer zmanjša toplotno prehodnost, vendar je ukrep največkrat predrag. Rešitev je 10 cm toplotne izolacije na stebri, ki sega 1 m pod medetažno ploščo. Pri manj obremenjenih stebrih, pri katerih ni potreben ukrep požarne varnosti, zadošča za prekinitev toplotnega mostu izolacijski zaključek stebra z gradivi z zadostno tlačno trdnostjo in ustrezno toplotno prevodnostjo v vertikalni in horizontalni smeri (porobeton, penjeno steklo, XPS, opeka...).



Slika 12: Armiranobetonski steber s toplotno izolacijo za zmanjšanje toplotnega mostu

BALKON

Balkon je zelo pogost element fasade in je do nedavnega veljal za največji toplotni most v zgradbi, saj je bil izveden kot podaljšek medetažne konstrukcije, največkrat armiranobetonske plošče, ki ima veliko toplotno prevodnost. V pasivnih hišah so se zato balkoni izvajali kot obešene, prislunjene ali samostojne konstrukcije. V zadnjem času pa se pojavljajo tudi termični elementi za prekinitev toplotnega mostu, ki omogočajo tudi konzolno balkonsko konstrukcijo.



Slika 13: Prekinitev toplotnega mostu pri konzolni betonski konstrukciji

OBEŠENE PREZRAČEVANE FASADE

Klasične fasadne konstrukcije pri pasivnih hišah so masivne stene s toplotno izolacijo in kontaktno fasadno oblogo ali samonosne lahke stene. Oba sistema sta se izkazala v različnih variantah, z obema je mogoče doseči toplotno prehodnost stene pod $0,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

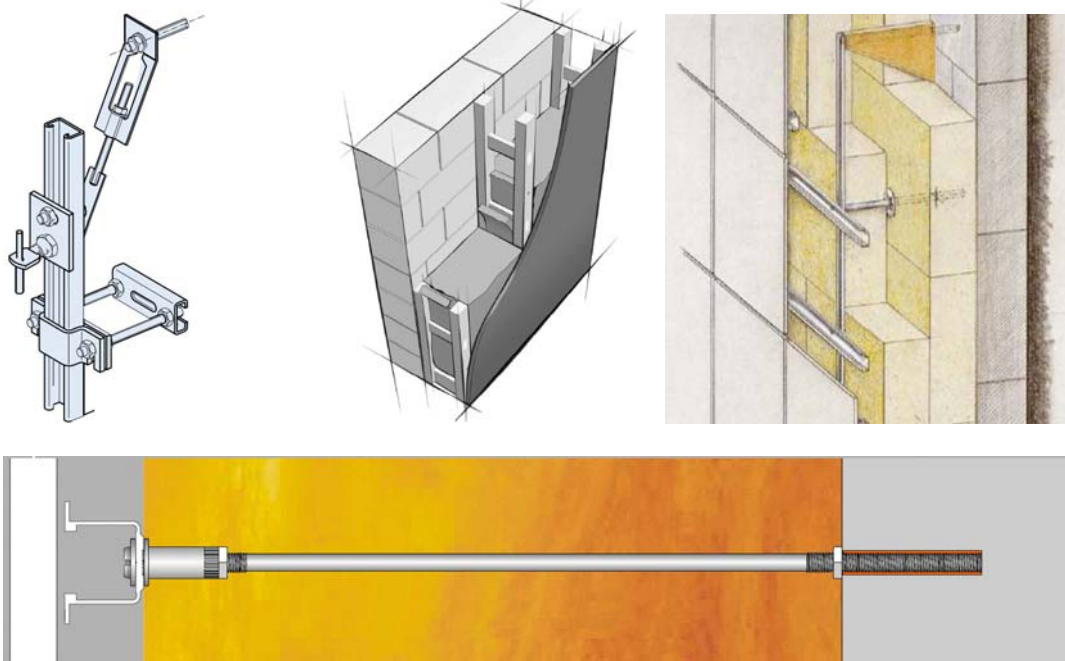
Velikokrat pa se pojavi želja po obešeni prezračevani fasadi, ki nudi ne le več izraznih možnosti, ampak tudi gradbeno-fizikalne prednosti. Prezračevalna plast, ki je za fasadno oblogo, namreč skrbi za to, da je stena difuzijsko odprta.

Pri vgradnji obešene prezračevane fasade v pasivnih hišah je problematična pritrnitev fasadne obloge, ki prebada plast toplotne izolacije in predstavlja toplotni most. Ta je tem večji, čim težja je fasadna obloga. Pri lahkih fasadnih oblogah so največkrat toplotne izgube zaradi podkonstrukcije relativno majhne in se jih lahko oceni pavšalno.

Problematične so težke fasadne obloge, npr. iz kamna ali betona, ki potrebujejo močnejšo podkonstrukcijo. Gost raster pritrditvenih elementov in njihova dimenzija lahko močno poslabšata toplotno izolativnost celotne stenske konstrukcije. Toplotne izgube, ki jih povzroča taka podkonstrukcija fasadne obloge, so tako velike, da jih tudi debelejša plast toplotne izolacije ne more kompenzirati.

Obstajajo številne dobre rešitve, kako zmanjšati toplotne izgube podkonstrukcije. Ena od možnosti je izbira podkonstrukcije z manjšo toplotno prevodnostjo, manjši prerezi, skozi katere teče toplotni tok, čim manjše število prebojev nosilcev fasadne obloge in uporaba termičnega ločevanja, torej elementov s prekinjenim toplotnim mostom.

Standardne podkonstrukcije za obešene prezračevane fasadne obloge trenutno še ne obstajajo. Zelo pomembno vlogo imajo tudi predpisi požarne varnosti. Glede na zgradbo in njeno lokacijo večinoma zadošča, da je podkonstrukcija iz razredov B1 in B2, včasih so potrebni tudi elementi iz negorljivih gradiv. Primerne so kombinacije, npr. les, kovine in prekinjen toplotni most. Ustrezni so tudi pritrtilni elementi iz umetnih snovi ali nerjavečega jekla.



Slika 14: Sidra za pritrjevanje fasadnih oblog za pasivne hiše

Na Fakulteti za arhitekturo bo 11. junija 2010 že 7. strokovno izpopolnjevanje za arhitekte, letos z naslovom **KAKO ODPRAVITI TOPLOTNE MOSTOVE V PASIVNI HIŠI?**

Več informacij in prijavnice na spletni strani <http://www.fa.uni-lj.si>, klik na Simpozij

Viri:

Feist, W., (2007), Wärmebrücken und Tragwerksplanung – die Grenzen des wärmebrückenfreien Konstruierens, Protokollband Nr. 35, Passivhaus Institut, Darmstadt.

http://www.gh-pr.at/pictures/file_1235734359-e5c8b4432d3fbbb215504dd2ded8b833.jpg

http://www.halfenusa.com/pdfs/Stone_Support.pdf

<http://www.artbois.be/images/LignoTrend/LignoDocuTec/031.pdf>

http://cms.mconag.com/media/993-Der_IQ_Fassaden-Standard.pdf

<http://www.demozentrum-bau.de/fileupload/1f80c145a1b0777d10884e18e5c7fbb2.pdf>