



TOPLOTNI MOSTOVI

Učinkovita raba energije

TOPLOTNA ZAŠČITA ZGRADB

UVOD

Zunanji ovoj stavbe je sestavljen iz elementov, ki sodelujejo z notranjim in zunanjim okoljem in hkrati vplivajo drug na drugega. Šele usklajenost in pravilna zasnova vseh posameznih delov zagotavlja optimalno delovanje stavbe kot celote.

Enako pravilo velja za toplotno zaščito stavb. Za kakovostno toplotno zaščito stavbe ne zadostuje le ustrezna toplotna izolacija posameznih zunanjih konstrukcijskih elementov (stene, streha, tla proti terenu, ...). Enako pomembno je tudi skrbno načrtovanje in izvedba vseh detajlov, kot so stiki, priključki, preboji, križanja, odprtine in podobno. Njihovo zanemarjanje ali nepravilno reševanje lahko povzroči številne neprijetne posledice. Eno od njih, ki vpliva na toplotno bilanco stavbe, toplotno ugodje v prostoru ter v skrajni obliki na higienske in zdravstvene razmere v bivalnem okolju, imenujemo **toplotni most**.

OPREDELITEV TOPLOTNIH MOSTOV

Splošno

Toplotni mostovi so mesta v zunanjem ovoju stavbe, kjer je toplotni upor bistveno manjši od toplotnega upora na sosednjih mestih. To pomeni, da je na toplotnem mostu v zimskem času toplotni tok iz notranjega, ogrevanega okolja v zunanje okolje močno povečan. Na takem mestu je zato tudi temperatura notranje površine ovoja stavbe znižana (v tuji literaturi zasledimo včasih tudi izraz hladni mostovi). Glede na vzrok nastanka delimo toplotne mostove na **konstrukcijske in geometrijske**. Literatura navaja tudi toplotne mostove zaradi netesnosti (konvekcijski toplotni mostovi) ter zaradi bistveno različnih notranjih površinskih temperatur (na primer pri namestitvi grelnega telesa ob zunanji steni). V praksi zelo pogosto naletimo na kombinacijo konstrukcijskih in geometrijskih mostov, ki jih zato imenujemo **kombinirani** toplotni mostovi.

Za potrebe računske analize toplotnega odziva stavbe toplotne mostove idealiziramo. Tako poleg omenjene delitve

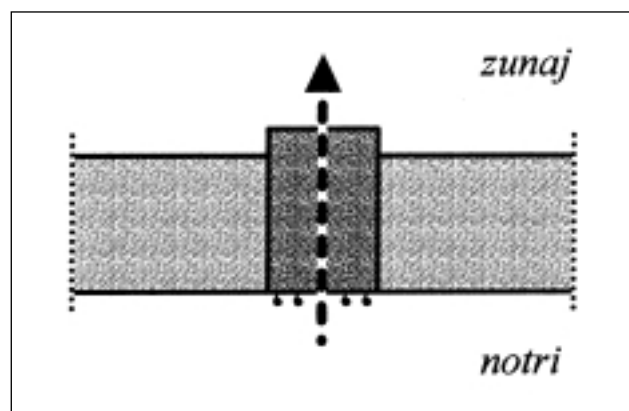
uporabljamo tudi izraza točkovni in linijski toplotni mostovi, s katerima ponazorimo obliko oziroma prevladujoče dimenzije pojava.

Konstrukcijski toplotni most

Sprememba sicer enakomernega toplotnega upora (na primer neskljenost toplotne zaščite) na ovoju stavbe je osnovni vzrok za konstrukcijski (včasih zasledimo tudi izraz materialni) toplotni most. Do njega pride, ko je ovoj stavbe prekinjen ali predrt z materialom, ki ima veliko toplotno prevodnost (na primer armirani beton ali jeklo) in ki ni toplotno zaščiten ne z zunanje ne z notranje strani. S premišljeno zasnovavo ovoja stavbe se lahko konstrukcijskim toplotnim mostovom praktično povsem izognemo. To pomeni, da je potrebno s pravilnim načrtovanjem in izvedbo zagotoviti povezanost in enakomernost sloja toplotne zaščite ter po potrebi namestiti dodaten sloj toplotne zaščite na toplotno šibkih mestih.

Poseben primer te vrste toplotnega mostu je navlažen del konstrukcije, še posebej materiala za toplotno zaščito; tudi navlažen material namreč predstavlja toplotni most, saj se mu zaradi vsebnosti vlage oziroma vode toplotna prevodnost poveča.

Konstrukcijski toplotni mostovi imajo lahko (glede na njihovo število in velikost) velik vpliv na toplotne izgube, zato je potrebno pri računu toplotne bilance stavbe precej strokovnega znanja. Prepričati se je potrebno, kdaj jih moramo upoštevati in kdaj jih lahko zanemarimo.



Slika 1: Primer konstrukcijskega toplotnega mostu

Potencialna mesta konstrukcijskih toplotnih mostov so na vseh križanjih konstrukcijskih sklopov, tako pri prebojih zaradi dimnikov in zračnikov, pri napuščih, pri vogalnih vertikalnih protipotresnih vezeh, pri okenskih špaletah in omaricah za roloje, ob ležiščih betonskih plošč, pri neposrednih nadaljevanjih armiranobetonskih plošč in zidov v balkonske plošče in stene, pri cevni napeljavah v stenah in v območju zidnih podstavkov ("coklov") ter temeljev.

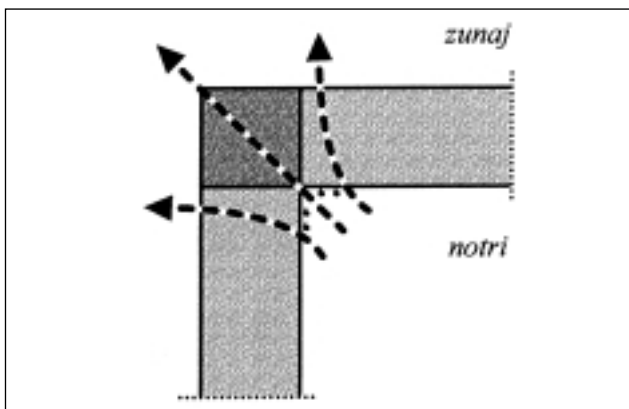
Geometrijski toplotni most

Geometrijski toplotni most nastopi na delu ovoja stavbe, pri katerem je zunanja površina, preko katere toplota prehaja iz ogrevanega prostora v zunanje okolje, precej večja od notranje (na primer vogal).

Geometrijskim toplotnim mostovom se v praksi ne moremo izogniti, lahko pa njihov vpliv močno omilimo. Kot osnovno pravilo velja, da se je potrebno izogibati stikom pod kotom manjšim od 90°, ukrivljeni elementi ali sklopi pa naj imajo čim večji radij. Tudi tu gre za povečan toplotni tok, ki pa je pogojen z razliko med velikostjo zunanje in notranje površine takega elementa. Tipičen primer geometrijskega toplotnega mostu je zunanji vogal stavbe, to je toplotno neizoliran stik dveh zunanjih sten.

Če bi strogo in brez razmisleka izhajali iz definicije geometrijskega toplotnega mostu, bi lahko povsem napačno sklepali, da pomeni toplotna zaščita ovoja stavbe slabo ali nepravilno dejanje. Z dodajanjem plasti toplotne zaščite na zunanji strani oziroma z večanjem njene debeline razliko med velikostjo na primer zunanje in notranje vogalne površine res povečamo, vendar pa je pomembneje, da se temperatura notranje površine zviša, kar pri običajni temperaturi, vlažnosti in gibanju notranjega zraka povsem prepreči nevarnost površinske kondenzacije.

Pomen geometrijskih toplotnih mostov, tako relativni kot absolutni, se manjša z debelino toplotne zaščite na zunanji strani ovoja stavbe. Pogoj je seveda, da so detajli skrbno načrtovani in izvedeni in da ni prekinitev plasti toplotne zaščite. V tem primeru lahko projektant vpliv te vrste toplotnih mostov v računskem preverjanju toplotne bilance stavbe brez škode zanemari.



Slika 2: Primer izrazitega kombiniranega toplotnega mostu

Geometrijski toplotni most pogosto nastopa **hkrati** s konstrukcijskim, na primer armiranobetonska protipotresna vogalna vez, nosilni armiranobetonski steber v zunanji steni, ki sega preko zunanje ravnine zidu, prej omenjeni armiranobetonska

balkonska plošča in balkonska stena, toplotno neizoliran stik dveh zunanjih sten ter armiranobetonske plošče proti neogrevanemu podstrešju oziroma ravne strehe in podobno. V takih primerih govorimo o kombiniranem toplotnem mostu. Te vrste toplotni mostovi zahtevajo še posebej skrbno obravnavo in iskanje najustreznejše rešitve.

Konvekcijski toplotni most

Mesto v ovoj stavbe, kjer je zaradi prekinitev ali netesnosti omogočen pretok notranjega, navlaženega zraka v konstrukcijski sklop, imenujemo konvekcijski toplotni most. Nevarnost kondenzacije vodne pare znotraj konstrukcijskega sklopa zaradi slabe zrakotesnosti stikov je za nekaj velikostnih razredov večja od nevarnosti kondenzacije zaradi ovirane difuzije vodne pare. Medtem ko je difuzija vodne pare počasen in dolgotrajen proces, lahko skozi slabo izveden stik v konstrukcijski sklop hitro prodre znatna količina zraka z veliko vsebnostjo vodne pare iz notranjega prostora (t.i. konvekcija vodne pare). Največje težave v praksi povzročijo toplotna izolacija strehe (poševne, pa tudi ravne) nad ogrevanim prostorom. Dosledno je potrebno zatesniti oziroma zalepiti stike vetrne oziroma parne zapore na notranji strani. Enako velja za izolacijo zidov z notranje strani, posebej še, če obstaja verjetnost, da so se med slojem toplotne zaščite in zidom ustvarili zračni žepi zaradi nepopolnega prilaganja obeh slojev.

POSLEDICE TOPLOTNIH MOSTOV

V uvodu je bilo opozorjeno, da toplotni mostovi vplivajo na toplotno bilanco stavbe in na kakovost bivalnega okolja. Čeprav v določenih primerih delež toplotnih izgub skozi toplotne mostove pomeni le majhen del celotnih toplotnih izgub, je negativen učinek toplotnih mostov še vedno izrazit zaradi znižanih notranjih površinskih temperatur na teh mestih in s tem povezane nevarnosti lokalne površinske kondenzacije vodne pare iz zraka, kar povzroči poškodbe materiala, estetske probleme in celo zdravstvene težave zaradi razvoja plesni. Toplotnih mostov zato ne smemo gledati le skozi energijske količine, ampak se moramo zavedati celovitosti pojava in njegovih posledic.

Vpliv na toplotno bilanco

Negativen energetski učinek toplotnih mostov lahko opazujemo na dveh ravneh, neposredno in posredno. Ker je v območju toplotnega mostu toplotni tok povečan, so tudi toplotne izgube večje. S tem rastejo tudi stroški za ogrevanje. Zaradi neznanja marsikdo (tudi projektanti) podcenjuje dejanski pomen toplotnih mostov. Popolnoma napačno je mnenje, da naj bi podrobnejše ukvarjanje s toplotnimi mostovi ne bilo potrebno, ker je delež toplotnih izgub zaradi toplotnih mostov v večini primerov obstoječih stavb razmeroma majhen glede na celotne toplotne izgube. Tako enostransko razmišljanje je značilen primer nepoznavanja in neupoštevanja celovitega delovanja stavbe in odziva uporabnikov na bivalne razmere.

Precej izrazit je namreč lahko posreden vpliv toplotnih mostov na toplotno bilanco stavbe. Za preprečevanje površinske kondenzacije poznamo dva učinkovita ukrepa: zvišanje temperature notranjega zraka ali/in izdatnejše prezračevanje. Če ta

ukrepa uporabimo za preprečevanje površinske kondenzacije v območju toplotnih mostov, do katere pride zaradi lokalno znižane temperature notranje površine, potem hkrati močno povečamo toplotne izgube. Ob tem se moramo zavedati, da to ob korektno zasnovani in izvedeni toplotni zaščiti ter sestavi posameznih konstrukcijskih elementov in običajni temperaturi ter relativni vlažnosti notranjega zraka sploh ne bi bilo potrebno. Zaradi odpravljanja posledic lokalnega pojava lahko torej bistveno povečamo rabo energije za ogrevanje, pri čemer so toplotne izgube skozi sam toplotni most sicer morda relativno majhne.

Pomen toplotnih mostov v smislu slabše toplotne bilance se izrazito poveča pri nizkoenergijskih stavbah. S kakovostjo toplotne zaščite določene površine namreč raste tudi negativen vpliv in pomen toplotnega mostu na ali ob tej površini. Dokazano je, da pri dobro toplotno zaščitenih stavbah, vendar brez rešenih toplotnih mostov, delež toplotnih izgub zaradi toplotnih mostov predstavlja celo več kot tretjino vseh transmisijskih toplotnih izgub. Možnosti relativnih prihrankov energije so zato tu, ob pravilni zasnovi stavbe, zelo velike.

Vpliv na kakovost bivalnega okolja

V območju toplotnih mostov se temperatura notranje površine precej zniža. Prva posledica nižje temperature je povečano odlaganje prahu na takih mestih. Ob določenih neugodnih razmerah v prostoru (nizka temperatura in visoka relativna vlažnost ob sočasnem nezadostnem prezračevanju) v zimskem času je lahko temperatura notranje površine nižja od temperature rosišča, posledica pa je površinska kondenzacija vodne pare. Če se to dogaja pogosto, lahko pride do pojava plesni. Temne lise plesni, na primer v vogalih sten, niso le neestetske, ampak imajo lahko pri občutljivejših ljudeh tudi zdravstvene posledice v obliki respiratornih in drugih alergij, ki jih povzročajo trosi. Tudi razvoj lesne gobe in fizičen propad lesenih delov konstrukcije zaradi površinske kondenzacije ob ali na teh delih je lahko posledica (konvekcijskega) toplotnega mostu.

Pomembno pa je vedeti, da je nevarnost površinske kondenzacije kot posledica toplotnih mostov precej odvisna od vlažnosti notranjega zraka. Z ustrezno "uporabo" bivalnih prostorov, to je z zadostnim in predvsem s pravilnim prezračevanjem, lahko problem vsaj omilimo.

TOPLOTNI MOSTOVI V PRAKSI

Ukrepi toplotne zaščite so učinkoviti le takrat, ko število, izrazitost in skupno površino toplotnih mostov zmanjšamo v največji možni meri. Zato je dolžnost projektanta, da se že v osnovi izogiba takemu načrtovanju detajlov, ki bi v praksi predstavljali toplotni most. Zunanji ovoj stavbe mora načrtovati tako, da je njegova toplotna izolativnost kar najbolj enakomerna (t.i. "reševanje" toplotnih mostov). Enako pomembni sta seveda tudi skrbnost in kakovost gradnje. Tako lahko nepravilna ali površna izvedba, na primer hidroizolacije ali zaključnega fasadnega sloja, poleg drugih, z vlago povezanih problemov, povzroči tudi nastanek toplotnih

mostov, saj je bilo omenjeno, da navlaženi deli konstrukcije predstavljajo toplotni most. Posebej je potrebno paziti na zasnovu in izvedbo križanj konstrukcijskih sklopov in delov konstrukcije, to je prebojev, priključkov, vogalov in stikov. Obstoječe toplotne mostove, nastale zaradi pomanjkljivega načrta in nenatančne ali celo napačne izvedbe, je zelo težko, včasih pa celo nemogoče odpraviti. Naknadni posegi v ovoj stavbe tudi povsem nepotrebno povečajo stroške.

Sklenjena plast toplotne zaščite enake debeline po celotnem zunanjem ovoju stavbe je idealna rešitev. Takrat ostanejo le geometrijski toplotni mostovi (robovi, vogali in podobno). V praksi pa vedno pride do nujnih odstopanj od tega pravila.

Eden od najobičajnejših primerov takega odstopanja je okno v zunanji steni. Najpogostejša napaka se zgodi na območju špalet, ki ostanejo toplotno neizolirane, ali pa so stiki in priključki netesni. Nasploh velja kot idealna lega položaj okenskega okvira na sredini plasti toplotne zaščite, kadar pa to ni izvedljivo, pa tik ob njej, da se lahko toplotna izolacija zaključi na okvir. Če je okvir okna umaknjen od sloja toplotne zaščite, je potrebno detajl špalete tako zasnovati, da jo je mogoče zadostno toplotno izolirati.

Kritično mesto predstavlja tudi ležišče armiranobetonske plošče v zunanjem zidu. V območju, ki je približno štirikrat širše od toplotnega mostu, je toplotni tok skozi obodni element stavbe močno povečan. Običajen poseg, kot je na primer izolacija betonske stropne plošče samo na njenem obodu, povzroči le znižanje konice toplotnega toka in njegovo prerazporeditev v območje stene tik ob toplotni izolaciji oboda plošče. Primernejša, a hkrati izvedbeno neugodna rešitev, je namestitev sloja toplotne zaščite še v pasu vsaj 30 cm pod in nad ležiščem plošče.

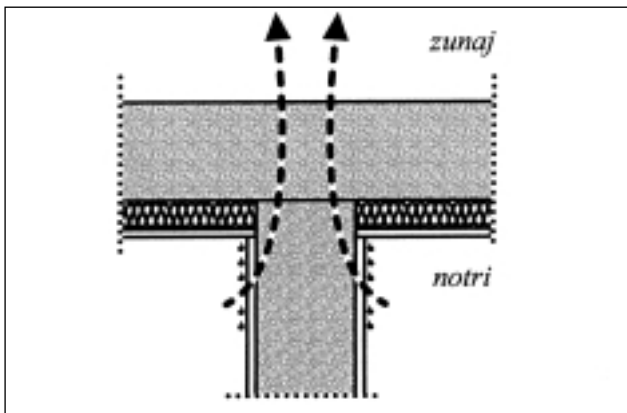
Posebno pozornost je potrebno posvetiti zadostni toplotni zaščiti vogalne vertikalne zidne armiranobetonske protipotresne vezi. Tu pride do neugodnega kombiniranega toplotnega mostu, saj se toplotni upor ovoja spremeni zaradi uporabe materiala z večjo toplotno prevodnostjo (materialni oziroma konstrukcijski toplotni most) in zaradi razlike med velikostjo notranje in zunanje površine ovoja (geometrijski toplotni most) na tem mestu.

Za balkonske plošče velja enako pravilo kot za vse preboje: prebojem nosilnih, močno toplotno prevodnih elementov skozi zunanji ovoj in s tem prekinitvam toplotne zaščite se je potrebno že pri načrtovanju izogibati oziroma predvideti izvedbo, ki ne povzroči toplotnega mostu. Ena od možnosti je na primer namestitev toplotne zaščite po celotni površini takega elementa. Elegantnejša pa je gotovo njegova fizična prekinitve s plastjo toplotne zaščite in vložkom posebnega nosilnega elementa. Taki sistemi že nekaj let obstajajo na tržiščih.

Manj primerni so tudi fasadni sistemi, ki zahtevajo izdatnejše mehansko pritrjevanje plasti toplotne zaščite ali fasadne obloge na nosilni zid s pomočjo masivnejših in številnejših pritrtil, kar ima za posledico veliko število in gostoto točkovnih toplotnih mostov.

Stroka je postavila pravilo, da naj posamezni elementi s toplotno prevodnostjo (λ) večjo od 0,3 W/mK ne prebadajo ovoja oziroma sloja toplotne zaščite na območju s presekom, večjim od približno 25x25 cm. Skupna površina takih prebojev naj ne preseže 4% površine zunanje ovoja. Če gre za elemente s toplotno prevodnostjo (λ), večjo od 1,0 W/mK, potem ti sploh ne smejo popolnoma prebadati ovoja. Izjema so seveda pritrtila (vijaki, sidra ipd.) za običajne toplotnoizolacijske sisteme in fasadne zaključne sloje oziroma obloge.

V primeru, da se večjim prebojem ni mogoče izogniti, imamo na voljo ukrepe, s katerimi preprečimo nastanek izrazitega toplotnega mostu. Glede na dejanske možnosti lahko uporabimo materiale z majhno toplotno prevodnostjo in majhnim presekom ali pa prebadajoče elemente dodatno toplotno izoliramo v določeni dolžini, kar sicer pogosto povzroči izvedbene, funkcionalne in estetske probleme. Zelo primerna rešitev je t.i. toplotna ločitev s posebnimi prefabriciranimi elementi, ki zagotovijo kontinuiteto toplotne zaščite in prevzamejo obremenitve na mestu prekinitev.



Slika 3: Toplotni most pri toplotni zaščiti ovoja stavbe z notranje strani

Posebno opozorilo pa velja za primer, ko se iz kateregakoli razloga odločimo za izvedbo **toplotne zaščite stavbe z notranje strani**. Čeprav navadno mislimo, da je edina gradbenofizikalna posledica takega ukrepa nevarnost, da pride do ovrnanja difuzije vodne pare in posledično do možnosti kondenzacije znotraj konstrukcijskega sklopa, nastopi precej večji problem v območju obstoječih konstrukcijskih oziroma materialnih, pa tudi geometrijskih toplotnih mostov (na primer večkrat omenjena armiranobetonska plošča z ležiščem v zunanjem zidu, priključek notranje stene na obodni zid in podobno). Če nanje pozabimo in jih ne saniramo, se zaradi sicer dobronamer-

nega posega (toplotna izolacija ovoja stavbe) razmere na in ob takih toplotnih mostovih zelo poslabšajo. V primerjavi z obstoječim stanjem brez toplotne zaščite z notranje strani pride namreč do močno povečanega toplotnega toka in znižanja površinskih temperatur na takih mestih. Prej naštete posledice toplotnih mostov so zato še izrazitejše.

SKLEP

Toplotni mostovi so negativen pojav na zunanjem ovoju stavbe, ki povzroči večjo rabo energije za ogrevanje in s tem večje stroške uporabnika, nevarnost površinske kondenzacije vodne pare in s tem nastanka plesni, slabše toplotno ugodje v prostoru, estetske nevšečnosti ter celo zdravstvene težave. Toplotnim mostovom se je potrebno izogniti že med izdelavo projekta ter med gradnjo skrbno izvesti vse detajle. Najustreznejši način, da se izognemo toplotnim mostovom, je namestitev toplotne zaščite brez prekinitev oziroma prebojev na zunanji strani ovoja stavbe. Zagotoviti je potrebno tudi popolno zrakotesnost spojev (zlasti pri toplotni zaščiti z notranje strani), da ne pride do konvekcijskih toplotnih mostov. Sanacija toplotnih mostov, s katero naknadno popravljamo napake projektanta ali izvajalca, je pogosto težko izvedljivo in zahtevno, predvsem pa drago delo, ki ga ne moremo ekonomsko upravičiti. Izvedbeno lažja, v nekaterih primerih edina mogoča in običajno cenejša sanacija z namestitvijo dodatne toplotne zaščite v določeni dolžini na notranji strani elementov, ki povzročajo toplotni most, je lahko problematična v gradbenofizikalnem smislu, ker ovira difuzijo vodne pare (nevarnost kondenzacije), v prostoru pa deluje pogosto moteče. Povzroči lahko tudi težave pri izdelavi notranjih ometov, saj pride do spremembe nosilnega materiala ometa in možnosti razpok. Take ukrepe, posebej še izbiro materialov, naj predlaga in preveri strokovnjak, da ne povzročijo dodatne škode. Tudi ekonomičnost sicer ustrezne toplotne zaščite celotne stavbe je slaba, če so prisotni toplotni mostovi. Vse to vpliva na podaljševanje roka vračila investicije in stroške vzdrževanja stavbe.

Zbirka informativnih listov "ZA UČINKOVITO RABO ENERGIJE"

Naročnik in izdajatelj: Ministrstvo za gospodarske dejavnosti, Agencija RS za učinkovito rabo energije

Izvajalec projekta: Gradbeni inštitut ZRMK - Gradbeni center Slovenije

Uredniški odbor: Matjaž Malovrh, Dubravka Oberžan, Jožef Pogačnik, dr. Marjana Šijanec Zavrl, Katja Repič

Oblikovanje in tehnična obdelava: Informa Echo d.o.o.

Ponatis oz. razširjanje delov teksta informativnih listov je možen samo z dovoljenjem izdajatelja.

Po mnenju Ministrstva za šolstvo in šport Republike Slovenije, št: 403-24/99-21, z dne 01.06.1999 se za to publikacijo plačuje davek od prometa proizvodov po tar. št: 3 tarife davka od prometa proizvodov in storitev.