

# Mehanizem prehoda toplote skozi konstrukcijske sklope v stavbah (2. del)

V zadnjem času smo priča poplavam informacij na temo pasivna hiša, nizkoenergijska hiša, eko hiša, bio hiša, naravni in bio materiali, toplotna zakasnitev, dušenje temperature, fazni zamiki, zadrževanje vlage, paropropustnost, odvajanje vlage skozi konstrukcijske sklope, slikoviti opisi dihanja sten, celo prezračevanje notranjih prostorov skozi paropropustne materiale kot sestavne dele konstrukcijskih sklopov sten in stropov ... Katere informacije so v pomoč investitorjem, samograditeljem in laikom? Katere karakteristike materialov in celotnih konstrukcijskih sklopov so pomembne za prehod toplote in vlage? Kje je resnica?

dr. Roman Kunič, univ. dipl. inž. grad., roman.kunic@alumni.clemson.edu

## Toplotna stabilnost

Pri toplotni stabilnosti konstrukcijskega sklopa nas v prvi vrsti zanimajo količine, kot so: toplotna kapaciteta, termična difuznost, toplotna zakasnitev in dušenje temperature. Zavedati se moramo, da v primeru lahkih konstrukcij, ki nimajo velikih toplotnih kapacitet niti velike mase na enoto površine, ne moremo pričakovati velike stabilnosti temperature. Prav zaradi tega moramo takšnim konstrukcijskim sklopom omogočiti ustrezno toplotno zakasnitev in večje dušenje temperature. V pravilnikih se te zakonitosti pogosto reflektirajo kot zahteve po še boljši toplotni izolativnosti. Pravilnik PURES tako zahteva za masivne zgradbe toplotno prehodnost manjšo od  $0,28 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ , medtem ko za lahke stene velja v taistem pravilniku vrednost manj kot  $0,20 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ .

Večjo toplotno stabilnost notranjega prostora bomo dosegli z materiali (nameščenimi v notranjosti prostora!), ki imajo veliko toplotno kapaciteto in veliko maso na enoto površine. Le v tem primeru se bo notranja temperatura in temperaturno ugodje manj spreminjalo s časom, torej s spremembami zunanje temperature, povečanim sončnim sevanjem ali intenzivnejšo konvekcijo. V nasprotnem primeru, ko je po-



Sanacija večstanovanjskega objekta v nizkoenergetskem standardu: kontaktno izolacijska fasada s ploščami BASF Neopor® (ali Fragmat EPS Super), dobra toplotna kapaciteta je ohranjena v notranjih masivnih zidovih in masivnih medetažnih konstrukcijah.

ložaj masivnih sten na zunanji strani objekta in toplotna izolacija na notranji strani sten, ne moremo pričakovati velike toplotne stabilnosti, saj toplotno izolacijski sloj preprečuje prehod toplote v obeh smereh, tako toplotne izgube, kot tudi morebitne toplotne doprinose. Tudi površinska temperatura na notranji strani zidu se v tem primeru zelo hitro spreminja s časom, kar slabše vpliva na toplotno ugodje.

## Toplotna kapaciteta

Predstavlja toplotno, potrebno, da dano telo segrejemo za

eno stopinjo Kelvina. V splošnem je odvisna tako od snovi, iz katere je telo, kot tudi od njegove mase. Mednarodni sistem enot predpisuje za toplotno kapaciteto enoto  $\text{J} / \text{K}$ . Pri homogenih telesih lahko kot toplotno kapaciteto na enoto mase telesa vpeljemo specifično toplotno kapaciteto.

## Specifična toplotna kapaciteta

V fiziki označuje toplotno, potrebno, da en kilogram snovi segrejemo za en kelvin. Oznaka je 'C' ali tudi 'c' in se izraža v enoti  $\text{J} / (\text{kg K})$  in je

v splošnem odvisna od vrste snovi. Pri homogenih telesih je specifična toplota enaka toplotni kapaciteti na enoto mase telesa. Potrebna toplota za dvig temperature vode je zelo velika in znaša za en kelvin 4181 joulov na kilogram ( $c = 4181 \text{ J} / (\text{kg K})$ ). Specifična toplota je količina toplote, ki jo enota mase snovi izmenja z okolico pri spremembi temperature snovi za eno enoto stopinje.

V kolikor konstrukcijski sklop nima na notranji strani ali v samem notranjem prostoru materialov z veliko specifično toplotno in veliko težo

na enoto površine, potem ne bomo imeli velike toplotne stabilnosti notranjega prostora.

### Toplotna akumulativnost

Toplotna akumulativnost plasti je razmerje med amplitudo (t.j. največjo vrednostjo temperature) nihanja gostote toplotnega toka in amplitudo nihanja površinske temperature pri periodičnem spreminjanju toplote. Na podlagi izkušenj, meritev in računskih simulacij dinamičnega odziva stavb je bilo ugotovljeno, da bivalni prostori z zadostno toplotno kapaciteto bolj varčujejo z energijo od objektov, ki imajo majhno toplotno kapaciteto v notranjih prostorih.

### Dušenje temperature (tudi faktor dušenja amplitude)

Dušenje temperature izražamo s faktorjem (torej je brez enote) in predstavlja razmerje med amplitudo temperaturnega nihanja zunanega zraka in oslajeno amplitudo temperaturnega nihanja notranje površine gradbene konstrukcije. Prav zaradi tega vzroka mnogi predpisi in pravilniki zahtevajo od lahkih konstrukcij boljše vrednosti toplotne izolativnosti v primerjavi s predpisanimi vrednostmi za masivne konstrukcije.

### Toplotna zakasnitev (tudi fazni zamik)

Toplotna zakasnitev je zakasnitev amplitud temperaturnega nihanja na notranji površini gradbene konstrukcije glede na amplitudo nihanja zunanje temperature. Enota toplotne zakasnitve je časovna enota, najpogosteje ura. V splošnem velja, da so objekti, ki vsebujejo konstrukcijske sklope z vrednostjo toplotne zakasnitve od 6 do 18 ur, energetsko varčnejši in bivanje v njih je udob-

nejše od tistih, ki imajo bodisi premajhno (pod 6 ur) ali preveliko (nad 18 ur) toplotno zakasnitev.

### Termična difuzivnost snovi

Medtem ko je za stacionarno ali časovno nespremenljivo obravnavanje prenosa toplote zadosten snovni podatek toplotna prevodnost materiala, potrebujemo za opis časovno spremenljivega prenosa toplote še dve dodatni termodinamični karakteristiki materiala, in sicer gostoto in specifično toplotno.

Termična difuzivnost ( $a$ ) snovi pove, kako hitro se časovno napredovanje prenosa toplote po določenem materialu spreminja s časom.

$$a = \lambda / (\rho c) \quad [m^2 / h]$$

$\lambda$  toplotna prevodnost materiala [ W / (m K) ],  
 $\rho$  specifična gostota snovi [ kg / m<sup>3</sup> ],  
 $c$  specifična toplotna kapaciteta [ J / (kg K) ].

Opazimo, da je hitrost ohlajanja snovi sorazmerna s toplotno prevodnostjo snovi in obratno sorazmerna z

gostoto snovi in njeno specifično toplotno kapaciteto. Majhna termična difuzivnost je značilna za snovi, ki slabo prevajajo toploto in imajo veliko toplotno kapaciteto ali gostoto. Snovi z majhno termično difuzivnostjo so toplotni izolatorji, les in drugi lahki materiali. Veliko termično difuzivnost imajo masivne kamnine, kovine, keramika in podobne snovi.

### Stacionarni vs. dinamični model

Vse do sedaj našteje in opisane karakteristike imajo pravi pomen, če izvajamo dinamično analizo oz. meritev konstrukcijskega sklopa ali celotne stavbe. V primerih stacionarnih analiz, ki pomenijo glede na dinamično analizo velike poenostavitve, pa so vplivi in pomeni različnih vrednosti daleč od obnašanja v naravi. Na primer: toplotna zakasnitev in temperaturno dušenje je isto za konstrukcijske sklope, ki imajo toplotno izolacijo na notranji ali zunanji strani. Stacionarna analiza enostavno ne pokaže razlik med položajem toplotne izolacije. Šele dinamična analiza

ali meritve časovnega spreminjanja količin jasno ponazorijo razlike, saj zajemajo dejansko obnašanje v naravi, ko se s časom (največkrat dnevno) spreminjajo zunanji in pogosto notranji temperaturni in drugi pogoji.

Če zaključimo: prikazovanje karakteristik dušenja temperature, toplotne zakasnitve in drugih »dinamičnih« lastnosti, na primerih stacionarnih analiz in meritev je zavajanje s strani mnogih »gurujev« gradbene fizike, ki ga množično zasledimo v časopisju, prilogah časopisov, kratkih vodičih o gradnji, reklamnih oglasih in sejnih (mnogi navajajo lastnosti toplotne zakasnitve, temperaturno dušenje in Sd vrednosti za izolacijske materiale, čeprav so te lastnosti odvisne od debeline, gostote, volumnske dovoljene vlažnosti in predvsem od dinamičnega odziva izolacijskih materialov, izbiri posameznih konstrukcijskih sklopov, položajem toplotne izolacije in končno od dinamičnega odziva celotne stavbe).

### Viri:

Spisek literature je dostopen pri avtorju članka.

### Primerjava specifičnih tež izolacijskih in drugih gradbenih materialov

Material	Specifična teža ' $\rho$ ' [ kg / m <sup>3</sup> ]
Ekspandirani polistiren - EPS (Stiropor)	10 - 30
Neopor®	10 - 30
Neopor® - namenjen fasadam (Fragmat EPS Super)	15 - 18
Stiropor namenjen fasadam (Fragmat EPS F)	15 - 18
Poliuretan - PU pena	15 - 80
Ekstrudirani polistiren - XPS	30 - 55
Izolacija iz reciklata časopisnega papirja	30 - 60
Perlit	90
Penjeno steklo	160
Lahki izolativni beton Fragmat Politerm Blu	200 - 350
Lahki izolativni ometi	250 - 400
Lahki betoni, penjeni betoni	400 - 700
Les, suh les iglavcev	500 - 600
Les, suh les listavcev	600 - 700
Porozna opeka	800
Mrežasta votličava opeka	1000 - 1400
Polna opeka	1200 - 1800
Beton	1600 - 2400
Aluminij (Al)	2 700
Lito železo	7 200
Jeklo	7 800
Baker (Cu)	9 000