

ТОПЛОТНА ПРОВОДЉИВОСТ СУВОГ И ВЛАЖНОГ МАТЕРИЈАЛА ЗИДОВА – ВАЖАН УТИЦАЈ НА ЕНЕРГЕТСКУ ЕФИКАСНОСТ ОБЈЕКТА

Milan Kekanović¹
Dragoslav Šumarac²
Karolj Kasaš³
Arpad Čeh⁴

UDK: 691 : 536.2.022

DOI:10.14415/konferencijaGFS 2016.043

Rezime: Ovaj rad ukazuje na vrlo važan detalj od koga zavisi energetska efikasnost objekata a to je stanje vlažnosti materijala kojim izolujemo objekte. Instrumenti starije generacije, merenje toplotne provodljivosti izvode isključivo u suvom stanju materijala. Tako dobijamo merenu toplotnu provodljivost λ_m (W/mK) u suvom stanju i indirektno procenjenu (iz tabela) računsku vrednost λ_r (W/mK), za vlažno stanje materijala. Često se dešava da projektanti u proračunu slučajno ili namerno koriste λ_m (W/mK) za suvo stanje materijala, što je manja vrednost koja daje veći otpor prelazu toplote R (m²K/W). Problem nastaje kada zimi materijal postaje vlažan sa većom provodljivošću toplote, što direktno negativno utiče na energetska efikasnost objekata. Instrumenti nove generacije kao što je Isomet 2114, su u stanju da vrlo brzo i precizno izmere računsku vrednost λ_r (W/mK) za realno stanje vlažnosti materijala koja će stvarno u toku zime biti u zidovima objekata. Na taj način moguće je preciznije odrediti debljinu slojeva zida koji će zadovoljiti propisane vrednosti prelaza toplote U (W/ m²K) za uslove realne vlažnosti materijala u zidovima.

Ključne reči: provodljivost, prenos toplote, energetska efikasnost

1. UVOD

Značaj podizanja energetske efikasnosti zgrada u Evropi, Srbiji, Mađarskoj i svetu je danas vrlo veliki. Zakonodavci su propisali uslove i klase energetske efikasnosti u smislu potrošnje energije za grejanje objekata. Ostvareni rezultati energetske efikasnosti nisu preterano zadovoljavajući čak ni u EU. U najvećem broju slučajeva zadovoljena je

¹ Milan Kekanović, dipl.inž.građ., Univerzitet u Novom Sadu, Građevinski fakultet Subotica, Kozaračka 2a, Subotica, Srbija, Tel: 024 554 300, e – mail: kekec@gf.uns.ac.rs

² Dragoslav Šumarac, dipl.inž.građ., Univerzitet u Beogradu, Građevinski fakultet u Beogradu, Bulevar Kralja Aleksandra 73, 11000 Beograd, Srbija, Tel:+381113218544 , e-mail: sumi@eunet.rs

³ Karolj Kasaš, dipl.inž.tehn., Univerzitet u Novom Sadu, Građevinski fakultet Subotica, Kozaračka 2a, Subotica, Srbija, Tel: 024 554 300, e – mail: kkasas@gf.uns.ac.rs

⁴ Arpad Čeh, dipl.inž.građ., Univerzitet u Novom Sadu, Građevinski fakultet Subotica, Kozaračka 2a, Subotica, Srbija, Tel: 024 554 300, e – mail: ceh@gf.uns.ac.rs

najniža dopuštena C klasa potrošnje energije. [1] Razloga za takav rezultat ima više. U ovome radu mi analiziramo i ukazujemo na jedan razlog zbog kojeg može biti potrošnja energije veća od izračunate. To znači da se može desiti i dešava se da praktično ni najniže dopuštena C klasa nije zadovoljena. [4] Radi se o promeni termoizolacijskih sposobnosti u odnosu na stanje vlažnosti materijala u zidovima. Zavisno o kojim materijalima se radi za izradu izolacije zidova, ove vrednosti mogu praktično bitno da umanje energetska efikasnost objekta koja može opasti i za više od 20%. To znači da se vrlo lako može desiti da objekat ne zadovoljava isprojektovanu klasu objekta. Ne ispunjavanje sertifikovane energetske klase objekta povlači čitav niz problema vezanih za zakonske propise uz obavezu nadoknade štete kupcima nekretnina i investitorima takvih objekata.

2. REZULTATI SPROVEDENIH MERENJA

Rezultati merenja koja smo sproveli u laboratorijskim uslovima sa instrumentom Isomet 2114 na dve vrste materijala koji se koriste kod izgradnje nosivih spoljašnjih zidova, su vrlo zabrinjavajući. Analizirali smo punu opeku od pečene gline i Ytong blok od lakog gas betona.



Slika 1. Uređaj Isomet 2114 za analizu termotehničkih osobina materijala

Табела 1. Запремске масе [kg/m^3] и влажност [%] узорака материјала од печене опеке од глине и Ytong блока од лаког газ бетона

Материјал	Запр. маса у потпуно сувом стању (kg/m^3)- влажност материјала (%)	Запр. маса у природно сувој средини (kg/m^3)- влажност материјала (%)	Запр. маса у природно влажној средини (kg/m^3)- влажност материјала (%)	Запр. маса у потпуно zasiћеном стању (kg/m^3)- влажност материјала (%)
Опека	1516 – 0%	1570 – 3,56%	1753 - 15,63%	1910 - 26%
Ytong блок	612 – 0%	629 - 2,78%	766 - 25,16%	780 - 27,45%

Запремска маса у природно сувој средини подразумева лабораторijske услове са температуром од $+20\text{ }^\circ\text{C}$ и relativnom влажношћу ваздуха 55%. Запремска маса у природно влажној средини подразумева spoljašnje услове у јесенском периоду године. Потпуно zasiћено стање подразумева поступно upijanje материјала у води. Из резултата се види да су и опека и Ytong блокови врло higroskopni материјали који upijaju водену пару из ваздуха. Опека има капиларне поре а Ytong блокови су саčinjeni од креча и цемента који су врло higroskopni са врло малим отпором дифузiji водене паре $\mu = 2$ до 6 [2]. И један и други материјал има подједнаку способност upijanja воде до zasićenja, и то upijanje је између 26% и 28% (Табела 1). Незнатно већу влажност у сувој средини има опека. Влажност у spoljašnjim условима знатно већу има Ytong. То је разумљиво јер у spoljašnjim условима је била већа relativna влажност и veoma мали отпор дифузiji водене паре код Ytonga који је upio čak 25,16% воде у облику водене паре из ваздуха. Опека има нешто већи отпор дифузiji водене паре који се креће $\mu = 6$ до 12 [3]. Због тога је капацитет капиларног upijanja водене паре из ваздуха код опеке у овом случају за date vremenske услове izmeren 15,63%. Те вредности представљају максимум капиларног upijanja водене паре из ваздуха коју може да upije печена глина и Ytong блок у spoljnim условима.

Табела 2. Термотехничке карактеристике опеке

Запремска маса (kg/m^3)	Влажност (%)	Топлотна провoдљивост (W/mK)	Повећанје topl. провoдљивости (%)	Specifična топлота c ($\text{MJ/m}^3\text{K}$)	Кoefицијент дифузije топлоте (m^2/s)
1516	0	0,449	0	1,510	$0,297 \times 10^{-6}$
1590	3,56	0,547	2,18	1,520	$0,360 \times 10^{-6}$
1753	15,63	1,235	175,06	1,771	$0,698 \times 10^{-6}$
1875	26	1,345	199,55	1,831	$0,756 \times 10^{-6}$

За наведена стања влажности, је relativно брзо, у периоду од само 1 сат времена урађено три мерења помоћу instrumenta најновије генерације, Isomet 2114. Повољност резултата мерења је у дозвољеним границама и instrument је сам израчунао средње вредности које су приказане у табелама (Табела 2. и Табела 3.)

Tabela 3. Termotehničke karakteristike Ytong blokova

Zapreminska masa (kg/m ³)	Vlažnost (%)	Toplotna provodljivost (W/mK)	Povećanje toplotne provodljivosti (%)	Specifična toplota c (MJ/m ³ K)	Koeficijent difuzije toplote (m ² /s)
612	0	0,112	0	0,558	0,200 x10 ⁻⁶
629	2,78	0,116	3,57	0,615	0,189 x10 ⁻⁶
766	25,16	0,372	232,14	1,558	0,239 x10 ⁻⁶
780	27,45	0,391	249,11	1,630	0,243 x10 ⁻⁶

Rezultati merenja pokazuju enormno povećanje toplotne provodljivosti materijala sa povećanjem vlažnosti u odnosu na suvo stanje materijala. Iz rezultata vidamo da u odnosu na suvo stanje materijala dolazi do povećanja toplotne provodljivosti λ (W/mK) za prirodno vlažno stanje koje u zimskom periodu može biti u zidu. To povećanje kod Ytonga iznosi 232,14 % a kod pečene opeke iznosi 175,06 %. Instrument Isomet 2114 je izmerio i Specifičnu toplotu c (MJ/m³K) koji je fizikalno potpuno logičan i opravdan jer sa povećanjem vlažnosti se povećava i Specifična toplota c vlažnog materijala (Tabela 2 i Tabela 3). To je zbog toga jer voda ima najveću Specifičnu toplotu c = 4,186 MJ/m³K . Isto tako izmereni podatak o difuziji toplote pokazuje mnogo veće povećanje kod opeke sa povećanjem vlažnosti u odnosu na Ytong blok, kod koga je difuzija toplote neznatno povećana u odnosu na povećanje vlažnosti. To je potpuno logično, jer Ytong blok ima veliku poroznost koja onemogućava veliku difuziju toplote bez obzira na visinu vlažnosti materijala (Tabela 2 i Tabela 3).

Vlažnost materijala u spoljnim zidovima na nivou koja je izmerena u prirodno vlažnoj sredini je moguća i to zavisi od načina i brzine gradnje objekta. Naime, u toku zidanja sa pečenim opekama i sa Ytong blokovima obavezno se elementi za zidanje moraju kvasiti sa vodom da ne izvlače vodu iz maltera za zidanje. U postupku malterisanja zidova, predhodno se zidovi opet moraju nakvasiti sa vodom da zidovi ne povlače vodu iz maltera za malterisanje. Ako se zidovi nisu dovoljno isušili a na njihovu spoljnu stranu se postavi termoizolacija od stiropora ili od vune sa lepkovima, vlaga će ostati u zidovima. U tom slučaju moguće je da zidovi imaju vlažnost koja je označena kao „vlažnost u prirodno vlažnoj sredini”. To znači da bi termoizolaciona sposobnost zidova bila enormno umanjena u odnosu na suvo stanje materijala. Ako je vlažnost zidova veća od ove vlažnosti u tablicama, to znači da će provodljivost toplote biti veća od one koju smo izračunali. Prolaz toplote će biti povećan u odnosu na izračunati a to znači da energetska klasa objekta neće biti zadovoljena.

3. ZAKLJUČCI

Iz navedenih rezultata istraživanja vrlo izvesno je da postoji ozbiljna sumnja da je vlažnost zidova (%) znatno veća od one sa kojom se računa iz tabela, kada se toplotna provodljivost (W/mK) materijala povećava u odnosu na suvo stanje. To povećanje vrednosti toplotne provodljivosti (W/mK) obično iznosi od 15% do 30%, u zavisnosti od vrste materijala. Druga nepovoljna okolnost postoji, da proizvođači materijala za

грађење зидова и изоловање, приказују вредности топлотне проводљивости (W/mK) које не одговарају за влажно стање материјала, већ искључиво за суво стање материјала, како је и измерено. Са инструментима старије генерације испитивање се врши искључиво у сувом стању материјала када материјал показује најбољи отпор provođenju toplote. Тада би се појавила крива оцена енергетске класе, јер би губитци енергије били већи од израчунатих. То може имати несagledive последице и судске процесе накнаде штете купцима некретнина, станова и пословних простора, због неиспуњавања уговорене класе енергетске ефикасности. Како би избегли грешке и евентуалне штете, потребно је да се правилно одреди стварна влажност која се појављује у зидовима у зимском периоду. Мерење топлотне проводљивости (W/mK) на материјалима који ће бити у зидовима се мора урадити за дату влажност (%) у материјалу са инструментима нове генерације који су у стању да изврше мерење у влажном стању материјала. На тај начин ћемо добити егзактне и тачне резултате које користмо у даљњим прорачунима за израчунавање преноса топлоте (W/m^2K) и укупних губитка енергије на основу којих дајемо реалну оцену класе енергетске ефикасности објеката.

ZAHVALNOST

Ovaj rad je urađen u okviru Naučno-istraživačkog projekta III-42012, koji finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

LITERATURA

- [1] Kekanović M., Čeh A., Hegedis I.: Respecting the Thermodynamics Principles of the Heat Transfer – as the Most Important Condition for Achieving High Energy Efficiency in Buildings – Energy of the Ground and Heat Pumps – the Most Reliable Alternative Energy Source, “3rd IEEE International Symposium on Exploitation of Renewable Energy Sources”, 2011, pp. 79-84
- [2] SRPS EN 1745 – Masonry and masonry products - Methods for determining design thermal values, (2009.)
- [3] Правилник о енергетској ефикасности зграда, "Сл. гласник РС", бр. 61/2011
- [4] Kekanović M., Šumarac D., Čeh A., Ćorić S.: Accumulation of solar energy around downhole heat exchangers, Zbornik radova sa konferencije IEEP 2011, Kopaonik 2011

THERMAL CONDUCTIVITY OF MOIST AND WET MASONRY UNITS – AN IMPORTANT INFLUENCE IN ENERGY EFFICIENCY OF BUILDINGS

Summary: This article suggests a very important detail, which affects the energy efficiency of buildings - the moisture content of the insulating materials. Older

generation instruments measures the thermal conductivity of materials exclusively at the dry state. That way the thermal conductivity λ_m (W/mK) – is measured in dry condition and the estimated value λ_r (W/mK), for wet materials is calculated indirectly (from tables). Often designers in calculations, accidentally or intentionally, are using λ_m (W/mK) for the dry state of the material, the smaller the value, which gives a greater thermal resistance R (m^2K/W). The problem occurs when the materials moisture raise at winter, with increased thermal conductivity, which will directly have a negative impact on energy efficiency of buildings. Instruments of the new generation as Isomet 2114, are able to quickly and accurately measure the calculated value λ_r (W/mK), for in-situ state of moisture of materials, which will be in real in the winter season in the masonry. In this way it is possible to more accurately determine the thickness of the layers of the wall to meet the designed values of overall heat transfer coefficient U (W / m^2K) for the real conditions of moisture of materials in the masonry.

Keywords: *conductivity, heat transfer, energy efficiency*