

ZBORNÍK PREDNÁŠOK
PROCEEDINGS

Názov: Zborník odborných referátov z 20. medzinárodnej konferencie
TEPELNÁ OCHRANA BUDOV 2019
Navrhovanie stavebných konštrukcií a budov

Recenzovala: prof. Ing. Zuzana Sternová, PhD.

Vydanie: prvé, máj 2019

Náklad: 200 kusov

Vydal: BB Print, s.r.o.

Tlač: BB Print, s.r.o.

Zákazové číslo: 2019-01

ISBN: 978 - 80 - 973356 - 0 - 1

Autori príspevkov zodpovedajú za odbornú a jazykovú úroveň príspevkov.

OBSAH

Prihovor	9
Foreword	
prof. Ing. Zuzana Sternová, PhD. Technický a skúšobný ústav stavebný, n. o.	
Prihovor pri príležitosti 90. narodenín nestora tepelnej ochrany budov	11
doc. Ing. Jaroslava Řehánka, DrSc.	
<i>Greeting at the occasion of the 90th birthday of Nestor for the Thermal protection of buildings Assoc. Prof. Eng. Jaroslav Řehánek, DrSc.</i>	
I. Právne a technické predpisy súvisiace s tepelnou ochranou a energetickou hospodárnosťou budov	
Legal and technical regulations related to thermal protection and energy performance of buildings	
1. Návrh zmeny zákona o energetickej hospodárnosti budov	14
<i>Act on energy performance of buildings – proposal of the amendment</i> Ing. Alena Ohradzanská	
2. Pripravované novinky v legislatíve českého stavebníctví	17
<i>Upcoming news in the legislation of the Czech construction industry</i> Ing. Petr Kučera, CSc.	
3. Tepelná ochrana budov – podstatné riešenie novej výstavby a obnovy budov	20
<i>Thermal protection of buildings – essential solution for the new construction and renovation of buildings</i> prof. Ing. Zuzana Sternová, PhD.	
4. Nové normy na energetickú hospodárnosť budov a nové právne predpisy v technickej normalizácii v Slovenskej republike	26
<i>New EPB standards and new legislation on standardization in the Slovak Republic</i> Ing. Eva Marsová	
5. Tepelná ochrana a energetická náročnosť kultúrne cenných budov	32
<i>Thermal protection and energy performance of culturally valuable buildings</i> Ing. Jiří Šála, CSc.	
II. Stavebné materiály a ich vlastnosti zabezpečujúce tepelnú ochranu budov	37
Construction materials, their properties ensuring the thermal protection of buildings	
6. Multikriteriální porovnání tepelných izolací	38
<i>Multi-criteria comparison of thermal insulation materials</i> Ing. Pavol Zemene, PhD.	
7. KEYMARK – evropská značka pro tepelně izolační materiály	38
<i>KEYMARK – European mark for the thermal insulation materials</i> Ing. Vlastimil Kučera, PhD.	

8. Minerálna izolácia v nových klimatických podmienkach na Slovensku	46
<i>Mineral insulation in new climatic conditions in Slovakia</i>	
Ing. Vladimír Beňo	
9. ETICS s použitím izolantu z fenolickej pěny	50
<i>ETICS with using phenolic foam insulation</i>	
Ing. Oldřich Pozdílěk, Ing. Václav Kratochvíl	
10. Jaké vlastnosti budou mít minerální tepelné izolace v roce 2050?	54
<i>What properties will the mineral wool insulation have in 2050?</i>	
Ing. arch. Marcela Kubů; Ing. Lukáš Zelem, PhD.	
11. Biologická degradace tepelných izolací	58
<i>Biological degradation of the thermal insulation</i>	
doc. Ing. Šárka Šilarová, CSc., Ing. Zuzana Rácová	
12. Expandovaný polystyrén a obehové hospodárstvo	62
<i>Expanded polystyrene and circular economy</i>	
Ing. Marta Strapková, Ing. Frantisek Vörös	
13. Možnosti vývoje tepelně izolačních materiálů na bázi druhotných surovin použitelných v zateplovacích systémech stavebních konstrukcí	66
<i>Possibilities of the thermal insulation materials development based on secondary raw sources with utilization in thermal insulation systems of building constructions</i>	
doc. Ing. Jiří Zach, PhD., Ing. Vítězslav Novák	
14. Tepelně izolační výrobky pro ETICS – hodnota odolnosti proti protažení hmoždinky v expandovaném polystyrénu s grafitovými částicemi	72
<i>Thermal insulation products for ETICS – resistance value for pull through of anchors in expanded polystyrene with graphite</i>	
Ing. Pavel Svoboda	
15. Praktické posúdenie ETICS s diskontinuálnymi obkladmi ako vonkajšou vrstvou	76
<i>Practical assessment of ETICS performance with discontinuous claddings as exterior skin</i>	
Dawid Dębski, PhD., Macin Kulesza, MSc. Magdalena Wasiak, MSc; Ewa Sudoł, PhD. Michael Faatz, Dr. rer. nat.	
16. Praktická řešení požárně bezpečnostních požadavků při užití ETICS v ČR	80
<i>Practical solutions of fire safety requirements for the use of ETICS in the Czech Republic</i>	
Ing. Vladimír Vymětalík, PhD.	
17. Únosnosť kotiev pre ETICS s väčšími hrúbkami tepelných izolácií	84
<i>Load bearing capacity of anchors for ETICS with greater thicknesses of thermal insulation</i>	
Ing. Dana Bellušová	
18. Základ kvality ETICS: dokumenty o výrobku, projektovanie, zhotovenie a používanie	90
<i>Basis for the quality of ETICS: documents for product, planning, performance and use</i>	
Dipl.-Ing. Dr. techn. Clemens Hecht; Dipl.-Kaufmann Ralf Pasker	
19. Tvarová a statická stabilita ETICS	94
<i>Shape and static stability of the ETICS</i>	
Ing. Ladislav Valeš	

20. Kotvení ETICS v děrovaných cihelných blocích	98
<i>Anchoring of ETICS in perforated ceramic blocks</i>	
Ing. Zdeněk Kobza	
21. Možnosti a limity uplatnění PCM ve stavebních	102
<i>Possibilities and limits of PCM application in fabrics</i>	
Ing. Martin Zálešák, CSc., Ing. Jana Charvátová, PhD.; Ing. Martin Koláček, PhD.	
22. Střešní okna pro pasivní budovy z pohledu stavební fyziky	108
<i>Roof windows for passive buildings from the perspective of building physics</i>	
prof. Ing. Jan Tywoniak, CSc.	
23. Tepelně technický návrh dvojitých oken	112
<i>Thermal design of double windows</i>	
doc. Ing. Šárka Šilarová, CSc., Ing. Roman Jiráček, PhD.	
24. Problematika okraje izolačního skla a okenního křídla a možné trendy vývoje	116
<i>The issue of the insulating glass edge and window wings and possible trends of development</i>	
Maximilian Konradt	
25. Simulácia pripojovacej škáry okna s využitím HAM modelu a modelu teplotného poľa	120
<i>Simulation of window mounting detail using thermal field and HAM models</i>	
Ing. Marek Zozulák, PhD., prof. Ing. Dušan Katunský, PhD.	
26. Komparatívna analýza okenných konštrukcií osadených v experimentálnych komorách	124
<i>Comparative analysis of windows seated in test cell's exterior walls</i>	
Ing. Silvia Bizoňová, Ing. Miloslav Bagoňa	
27. Vplyv kotviacich systémov ťažkých fasád na tepelnú ochranu budov	128
<i>The effect of heavy facades anchoring systems on thermal protection of buildings</i>	
Ing. Peter Buday, PhD.	
28. Teoretická a experimentálna analýza atypických tepelných mostov v budovách	132
<i>Theoretical and experimental analysis of atypical thermal bridges in buildings</i>	
Ing. Rastislav Ingeli, PhD.	
29. Tepelné vazby – řešení v závislosti na hodnotě součinitele prostupu tepla U	136
<i>Thermal couplings – solution consequences depending on thermal transmittance</i>	
Ing. Karel Sedláček, PhD., Ing. Pavel Rydlo	
III. Stavebné konštrukcie a budovy, výpočtové a meracie metódy	141
<i>Building structures and buildings, calculation and measurement methods</i>	
30. Analýza experimentálnych a numerických výsledkov vybraných skladieb ľahkých obvodových plášťov na konkrétnom drevodome	142
<i>Analysis of experimental and numerical results of selected composites of light perimeter envelopes on a concrete dwelling</i>	
prof. Ing. Pavol Ďurica, CSc., Ing. Daniela Micháľková, doc. Ing. Ján Rybárik, PhD.	

31. Vybrané výsledky meraní experimentálnych skladieb ľahkých sendvičových obvodových plášťov drevodomov	148
<i>Selected results of measurements of experimental lightweight sandwich wall fragments of wooden houses</i>	
Ing. Veronika Kabátová, prof. Ing. Pavol Ďurica, CSc., Ing. Peter Juráš, PhD.	
32. Tepelno-vlhkostné správanie stavebných konštrukcií s vegetačnou vrstvou	154
<i>Thermal-moisture behavior of building structures with vegetation layer</i>	
doc. Ing. Marián Vertaľ, PhD., Ing. Katarína Čakyová, Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn., Azra Korjenic	
33. Těžká šikmá střecha	158
<i>The massive sloping roof</i>	
Ing. Pavel Heinrich; HELUZ cihlářský průmysl, v.o.s., ČR	
IV. Potreba a spotreba energie v budovách, výpočtové a meracie metódy	165
<i>Energy use and energy consumption in buildings, calculation and measurement methods</i>	
34. Vplyv tienenia na tepelnú bilanciu budovy	166
<i>Impact of shielding on the building's thermal balance</i>	
prof Ing. Ivan Chmúrny, PhD.	
35. Meranie difúzneho slnečného žiarenia a jeho vplyv na HAM simuláciu	172
<i>Diffuse solar radiation measurement and its influence on HAM simulation</i>	
Ing. Peter Juráš, PhD.	
36. Problematika letného prehrievania v budovách s takmer nulovou potrebou energie	178
<i>The issue of summer overheating in nearly zero energy buildings</i>	
Ing. Radoslav Ponechal, PhD.	
37. Význam hodinového výpočtového kroku v procese energetickej certifikácie a stanovenia reálnych úspor energie pri obnove budov do úrovne budov s takmer nulovou potrebou	184
<i>The sense of hourly calculation step for energy performance certification and for realistic energy savings estimation in renovation process towards NZEB</i>	
Ing. Jana Bendžalová, PhD.	
38. Stabilita tepelně akumulčních systémů na bázi PCMs	188
<i>Stability of latent heat storage systems with PCMs</i>	
doc. Ing. Milan Ostrý, PhD., Ing. Sylva Bantová, PhD.	
39. Hodnocení interního prostředí v pasivních domech z pohledu generací	192
<i>Evaluation of internal environment in passive houses from the generation perspective</i>	
prof. Ing. Josef Chybík, CSc.	
40. Hodnotenie parametrov vnútorného prostredia administratívnej budovy v zimnom období	198
<i>Evaluation of the internal environment parameters in an office building during the winter season</i>	
prof. Ing. Pavol Ďurica, CSc., Ing. Peter Barňák	

41. Vliv akumulčních konstrukcí na tepelnou stabilitu vnitřního prostředí budov	204
<i>The effect of the accumulation building structures on the thermal stability of the buildings indoor environment</i>	
Ing. Marcela Černíková, Ph.D., Ing. Vladan Panovec, Ph.D.	
42. Vzduchotesnost' ako klúčový faktor ovplyvňujúci funkčnosť budovy	210
<i>Airtightness as a key factor affecting the functionality of buildings</i>	
Ing. Milan Skokan	
43. Dopady opatrení hĺbkovej obnovy na spotrebu energie v bytovom dome	214
<i>Impacts of a deep renovation on energy consumption in an apartment house</i>	
prof. Ing. Zuzana Sternová, Ph.D., Ing. Roman Horečný	
Zoznam partnerov konferencie a vystavovateľov	220
<i>The list of participants and exhibitors</i>	

Vážené kolegyně a kolegovia,

Medzinárodná konferencia Tepelná ochrana budov 2019 je 20. konferenciou venovanou problematike tepelnotechnických vlastností stavebných konštrukcií a budov, ktoré vo veľkej miere ovplyvňujú aj potrebu a v konečnom dôsledku spotrebu energie budov na vykurovanie a chladenie.

Od roku 1970, kedy sa konala prvá konferencia so zameraním na stavebnú fyziku – stavebnú tepelnú techniku, uplynulo 49 rokov. Súčasne, uplynulo 57 rokov, čo sa v bývalom Československu stalo súčasťou spracovania projektovej dokumentácie posúdenie tepelnotechnických vlastností stavebných konštrukcií podľa technickej normy (od r. 1962). Normalizované požiadavky na potrebu tepla na vykurovanie bytových domov sa zaviedli v roku 1979.

Zavedením smernice 89/106/EHS do stavebného práva sa do posudzovania stavebných výrobkov a stavieb v jednotlivých štátoch zaviedli základné požiadavky obsahujúce podstatné vlastnosti vyžadujúce hodnotenie stavebných konštrukcií a budov z hľadiska úspor energie, hygieny, zdravia a životného prostredia. Smernicou 2002/91/EC sa zaviedla povinnosť energetickej certifikácie budov.

Okrem normalizovaných požiadaviek na hodnotu súčiniteľa prechodu tepla konštrukcií, musia sa splniť aj požiadavky na potrebu tepla na vykurovanie pri zohľadnení požadovanej výmeny vzduchu. Vylúčiť sa musí vplyv tepelných mostov.

Efektívnosť tepelnej ochrany je základným predpokladom na splnenie sprísnených požiadaviek na energetickú hospodárnosť jednotlivých kategórií budov. Od roku 2021 sa vyžaduje zabezpečenie výstavby nových a obnova existujúcich budov v úrovni budov s takmer nulovou potrebou energie.

Zameranie konferencie je preto na spresňovanie vstupných údajov výpočtov, ktoré sa majú uskutočniť podľa podmienok 2. generácie noriem súvisiacich s energetickou hospodárnosťou budov. Zameranie je na efektívnu tepelnú ochranu, na nové materiály, konštrukčné riešenia, meracie metódy a opatrenia vedúce k požadovanému zníženiu potreby tepla a energie.

Dear colleagues,

International conference Thermal Protection of Buildings 2019 is the 20th conference on the thermal properties of building structures and buildings, which greatly affect the need and ultimately the energy consumption of buildings for heating and cooling.

Since 1970, when the first conference focused on building physics – building thermal technics has taken place, 49 years have already passed. At the same time, it has been 57 years, since the assessment of thermal properties of building structures according to the technical standard (1962) when processing the design documentation, became a common feature in the former Czechoslovakia. Standardized requirements on heat need for heating were introduced in 1979.

By implementing Directive 89/106/EEC into the construction law, basic requirements have been introduced into the assessment of construction products and buildings, containing essential characteristics requiring the assessment of building structures and buildings in terms of the energy savings, hygiene, health and environment. Directive 2002/91/EC introduced an obligation for the energy certification of buildings.

Besides standardized requirements on U-value, requirements for heat need for heating must also be met, taking into account the required air change. The influence of thermal bridges must be excluded.

The effectiveness of thermal protection is a basic assumption for complying with tightened requirements regarding energy performance of individual building categories. Since 2021, the construction of new buildings and the renovated existing buildings at almost zero energy needs are required.

This year's conference is aimed at specification of the input data of the calculations to be carried out under the 2nd generation of EPB (Energy Performance of Buildings) Standards. The focus is on effective thermal protection, on new materials, design solutions, measurement methods and measures leading to the required reduction of heat and energy needs.

prof. Ing. Zuzana Sternová, PhD.
odborný garant konferencie

Doc. Ing. Jaroslav Řehánek, DrSc.
jeden ze zakladatelů oboru stavební tepelná technika
se v pracovní aktivitě dožívá 90ti let



Je velmi vzácné si v tomto věku zachovat plnou duševní svěžest, chuť do další vědecké práce a pokračovat tak nejen v celoživotním díle, ale i v předávání svých bohatých zkušeností mladší generaci.

Po celou dobu své činnosti se J. Řehánek věnoval především vědeckovýzkumné práci, ale zastával i řadu řídicích funkcí - vedoucího oddělení stavební tepelné techniky, později spojeného i s odborem stavební akustiky, vedoucího úseku teoretického a experimentálního výzkumu, vedoucího odboru výzkumu užitečných vlastností konstrukcí a staveb apod.

Jeho vědecká práce byla zaměřena na rozvoj teorie nestacionárního šíření tepla ve stavebních konstrukcích, rozvoj metod měření tepelně technických vlastností stavebních materiálů a konstrukcí, systémový výzkum v oblasti tepelné ochrany budov, rozvoj výpočtových metod a tvorba kritérií pro navrhování a ověřování stavebních konstrukcí a budov s vazbou na normalizační činnost.

J. Řehánek vypracoval v roce 1962 první ČSN 73 0540 „Navrhování stavebních konstrukcí z hlediska tepelné techniky“ a její následné změny a doplňky vydané v letech 1964 a 1979. S kolektivem svých spolupracovníků napsal v roce 1981 komentář k souboru tepelně technických norem vydaných v letech 1977 - 1979.

Jeho vědecko-výzkumná práce se promítá do rozsáhlé publikační činnosti. Je autorem několika desítek výzkumných zpráv a studií jejichž výsledky byly uplatněny v celostátních normách, směrnicích a v metodických pokynech. Zveřejnil přes 300 odborných statí. Společně s Ing. Antonínem Janoušem, napsal knihu „Tepelné ztráty budov a možnosti jejich snižování“ vydané v SNTL Praha ve dvou vydáních. Je autorem publikace „Zlepšování užitečných vlastností konstrukcí pozemních staveb“, vydané v SNTL v roce 1990, autorem publikace „Tepelná akumulace budov“ (ČKAIT-2002) a spoluautorem publikace „Tepelně-technické a energetické vlastnosti budov“ (GRADA-2002), která byla oceněna cenou Dr. Cihelky jako nejhodnotnější literární dílo se zaměřením na technická zařízení budov.

V letech 1966 až 1980 přednášel na Českém vysokém učení technickém problematiku stavební tepelné techniky. Spolu s Dr. Mouricem dal podnět ke zřízení postgraduálního studia na téma „Stavební fyzika budov“ na Stavební fakultě ČVUT v Praze. Je autorem několika vydání vysokoškolských skript pro výuku stavební tepelné techniky apod. Organizoval mnoho odborných kursů a odborných školení zaměřených na problematiku stavební tepelné techniky. J. Řehánek byl oponentem značného množství diplomových, aspirantských a doktorských prací. Soustavně se věnoval výchově vědeckých pracovníků v externím školícím pracovišti ČSAV.

V posledním období významným podílem přispěl ke zdárnému řešení úkolu Regenerace panelových budov "Stavební fyzika, energetika a požární bezpečnost panelových domů" a úkolu „Revitalizace montovaných skeletových objektů“. Byl hlavním řešitelem úkolu „Minimalizace energetické náročnosti při provozu budov“. V letech 2003-2007 se rozhodující měrou podílel na zdárném řešení úkolu „Syntéza vlastností budov a technických zařízení a jejich využití k minimalizování provozní energetické náročnosti budov při tvorbě zdravého životního prostředí“, který byl programovou radou Ministerstva průmyslu a obchodu zařazen na základě získaných výstupů do úkolů mezinárodního významu.

Významnou měrou přispěl k řešení „Zlepšení energetických vlastností obvodových plášťů budov minimalizováním problémů spojených s difuzí, filtrací a kondenzací vodní páry“ v rámci programu TANDEM Ministerstva průmyslu a obchodu. V současné době využívá své široké znalosti s nestacionárním vedením tepla při zpracovávání aktuálních studií pro budovy s téměř nulovou spotřebou energie.

Pôsobenie doc. Řehánka sa neorientovalo iba na rozvoj problematiky v Čechách, ale spolu s prof. Ing. Martinom Halahyjom, DrSc. aj na Slovensko, čiže na celé Československo. Doc. Řehánek svojou výskumnou, normotvornou a pedagogickou činnosťou ovplyvnil rozvoj stavebnej fyziky - tepelnej techniky. Vytvoril možnosti zaradenia tejto disciplíny ako teoretického základu navrhovania a posudzovania stavebných konštrukcií a budov.

Za všetkých bývalých i súčasných spolupracovníkov, za všetkých, ktorých odborný rast ovplyvnil, prajeme jubilantovi pevné zdravie, sústavnú erudovanosť a pracovný elán, ktoré sú príkladné aj mladšiu generáciu

Petr Kučera, Zuzana Sternová
Štrbské Pleso, 23. mája 2019.

**I. PRÁVNE A TECHNICKÉ PREDPISY
SÚVISIACE S TEPELNOU OCHRANOU
A ENERGETICKOU HOSPODÁRNOSŤOU
BUDOV**

***LEGAL AND TECHNICAL REGULATIONS
RELATED TO THERMAL PROTECTION
AND ENERGY PERFORMANCE OF
BUILDINGS***

NÁVRH ZMENY ZÁKONA O ENERGETICKEJ HOSPODÁRNOSTI BUDOV

Alena Ohradzanská¹

Abstract

There are two propositions in the legislative process transposing Directive (EU) 2018/844 of the European Parliament and of the Council amending Directive 2010/31/EU on energy performance of buildings and Directive 2012/27/EU on energy efficiency. Like the other Member States, the Slovak Republic must introduce into its law, by 10 March 2020 at the latest, the laws, regulations and measures to comply with this Directive.

Súčasťou balíka opatrení Čistá energia pre všetkých Európanov, ktorý bol prijatý v Bruseli 30. novembra 2016 a má tri hlavné ciele: urobiť z energetickej efektívnosti prioritu, dosiahnuť celosvetové vedúce postavenie v oblasti energie z obnoviteľných zdrojov a zabezpečiť spotrebiteľom spravodlivé podmienky je aj Smernica Európskeho parlamentu a Rady (EÚ) 2018/844 z 30. mája 2018, ktorou sa mení smernica 2010/31/EÚ o energetickej hospodárnosti budov a smernica 2012/27/EÚ o energetickej efektívnosti [1] (ďalej len „smernica“). Zmeny, ktoré smernica zavádza, majú prispieť k mobilizácii súkromných investícií, k tvorbe pracovných miest, k zvýšeniu miery pohodlia obyvateľov zlepšením vnútorného prostredia, ako aj k zmierneniu energetickej chudoby v dôsledku energetických úspor prameniacich z obnovy budov. Sektor budov je sektorom s najväčšou spotrebou energie v Európe a skrýva veľký potenciál úspor.

Ministerstvo dopravy a výstavby SR (ďalej len „ministerstvo“) je gestorm smernice a v rozsahu svojej pôsobnosti pripravilo návrh zákona, ktorým sa mení a dopĺňa zákon č. 555/2005 Z. z. o energetickej hospodárnosti budov a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov [2] (ďalej len „návrh zákona“). S rovnakým harmonogramom prípravy vypracovalo Ministerstvo hospodárstva SR návrh zákona, ktorým sa mení a dopĺňa zákon č. 314/2012 Z. z. o pravidelnej kontrole vykurovacích systémov a klimatizačných systémov a ktorým sa mení a dopĺňa zákon č. 321/2014 Z. z. o energetickej efektívnosti a o zmene a doplnení niektorých zákonov. Oba zákony budú do konca mája 2019 predložené na rokovanie vlády SR tak, aby mohol byť zabezpečený proces transpozície smernice v požadovanom termíne a to do 10. marca 2020.

Navrhovaná právna úprava spresňuje niektoré definície a zavádza nové (napr. systém automatizácie a riadenia budovy). Takzvaný „ukazovateľ inteligentnosti“, ktorý má slúžiť na hodnotenie technologickej pripravenosti budovy na interakciu s užívateľmi a s distribučnou sieťou, ako aj na efektívnu samoreguláciu sa v súčasnosti nezavádza. Komisia má prijať ešte do konca roka 2019 delegovaný akt, ktorým sa stanoví voliteľná schéma na určovanie stupňa inteligentnej pripravenosti budovy alebo jednotky budovy prispôbiť svoju prevádzku potrebám užívateľa a siete.

Dlhodobá stratégia obnovy fondu bytových a nebytových budov (ďalej len „stratégia obnovy budov“) nie je novou požiadavkou, pretože členské štáty mali povinnosť ju

¹ Ing. Alena Ohradzanská, Ministerstvo dopravy a výstavby Slovenskej republiky, Odbor stavebníctva, Námestie slobody č. 6, P.O.BOX 100, 810 05 Bratislava; e-mail: alena.ohradzanska@mindop.sk

vypracovať pôvodne na základe článku 4 smernice 2012/27/EÚ o energetickej efektívnosti. Stratégia obnovy fondu bytových a nebytových budov Slovenskej republiky bola vypracovaná a vládou SR schválená v roku 2014 podľa požiadavky zákona č. 321/2014 Z. z. o energetickej efektívnosti a o zmene a doplnení niektorých zákonov. Ministerstvo pripravuje novú stratégiu obnovy budov nakoľko sa spresnil jej obsah a tiež oproti doterajšej úprave s ohľadom na dlhodobý cieľ do roku 2050 v oblasti dekarbonizácie (zníženie emisií skleníkových plynov, zavádzanie inteligentných technických systémov budov, ako aj automatizácie a riadenia budov) bude rozšírená o míľniky na roky 2030, 2040 a 2050. Práve tieto míľniky, aj keď ako orientačné, majú veľký význam pri určovaní národného príspevku v oblasti energetickej efektívnosti (určenie energetických úspor dosiahnutých pri obnove vnútroštátneho fondu bytových a nebytových budov, tak verejných ako aj súkromných) v zmysle Nariadenia Európskeho parlamentu a Rady (EÚ) 2018/1999 z 11. decembra 2018 o riadení energetickej únie a opatrení v oblasti klímy.

Na podporu elektromobility sa zavádza požiadavka inštalácie nabíjacích staníc a infraštruktúry vedenia s cieľom umožniť neskoršiu inštaláciu nabíjacích staníc pri výstavbe nových budov alebo obnove existujúcich budov. Nová povinnosť je určená vlastníčkovi budovy a týka sa budov v súkromnom vlastníctve ale aj vo vlastníctve štátu. V prípade novej výstavby alebo obnovy existujúcej budovy, ktorá má viac ako 10 parkovacích miest sa musí zabezpečiť:

1. inštalácia jednej nabíjacej stanice v nebytovej budove a
2. príprava infraštruktúry vedenia s cieľom umožniť neskoršiu inštaláciu nabíjacích staníc
 - a) pri nebytovej budove na každom piatom parkovacom mieste
 - b) pri bytovej budove na každom parkovacom mieste.

Od 1. januára 2025 musia mať všetky nebytové budovy s viac ako 20 parkovacími miestami inštalovanú aspoň jednu nabíjajúcu stanicu pre elektrické vozidlá. Ako sa táto povinnosť dotkne štátneho rozpočtu nevieme presne vyčísliť. Predpokladáme, že výdavky budú zabezpečené v rozpočte jednotlivých subjektov v príslušnom roku inštalácie nabíjacej stanice, najneskôr do roku 2025. Pri nebytovej budove predpokladáme investičné náklady cca 4 000 eur spojené s inštaláciou jednej nabíjacej stanice (s výkonom od 3,5 – 22 kW, s počtom dvoch konektorov). Inštalácia nabíjacej stanice s vyšším výkonom a časom nabíjania kratším ako jedna hodina sa nepredpokladá.

Návrh zákona, okrem novej požiadavky na podporu elektromobility, neprináša významné zmeny. Ide skôr o spresnenia niektorých ustanovení, zavedenie novej definície a spresnenie obsahu dlhodobej stratégie obnovy budov.

Literatúra

- [1] Smernica Európskeho parlamentu a Rady (EÚ) 2018/844 z 30. mája 2018, ktorou sa mení smernica 2010/31/EÚ o energetickej hospodárnosti budov a smernica 2012/27/EÚ o energetickej efektívnosti (Ú. V. EÚ L 156, 19. 06. 2018)
- [2] Návrh zákona č. .../2019, ktorým sa mení a dopĺňa zákon č. 555/2005 Z. z. o energetickej hospodárnosti budov a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov

PŘIPRAVOVANÉ NOVINKY V LEGISLATIVĚ ČESKÉHO STAVEBNICTVÍ

Petr Kučera¹

Abstract

The paper describes the current status, benefits of discussing legislative documents, which will have a significant impact on the design, evaluation and implementation of buildings. These include the recodification of the Building Code, the Building Products Act and the amendment to the Energy Management Act. These documents respond to the comments of the European Commission on the Czech side, but at the same time they should resolve the disproportionately lengthy permitting procedure for building.

Na 19. ročníku konference jsem informoval o očekávaných změnách souvisejících s energetickým hodnocením budov v ČR s tím, že Česká republika se nachází v předvolebním období a je těžké odhadnout, zda v rámci této kampaně nevzniknou ještě některé další dokumenty, které více či méně ovlivní předpokládaný vývoj. Zásadními připravovanými dokumenty byla novela zákona č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií, Zákona o stavebních výrobcích a jejich použití do staveb a v neposlední řadě nový Stavební zákon. S politováním musíme konstatovat, že žádný z těchto dokumentů k dnešnímu dni nebyl ještě schválen, některé jsou zaparkované v poslancecké sněmovně, některé na úřadu vlády a některé nemají ukončený notifikační proces.

Největším evergreenem stavební legislativy v současné době je stavební zákon a s ním i rekodifikace stavebního práva. Současný stavební zákon má po 12 letech platnosti 24 novel. V délce procesu vydání stavebního povolení se Česká republika vyskytuje na velmi nelichotivém 156 místě ze 190 sledovaných. Je zřejmé, že tuto situaci nevyřeší novela jednoho zákona, ale hovoří se o rekodifikaci stavebního práva, která by měla přinést kýžený výsledek – jedna stavba, jedno povolení. Do tohoto procesu se angažuje sám premiér Andrej Babiš, který má představu, že nový stavební zákon bude schválen k 1. 1. 2021. Nový stavební zákon označil za jeden z nejdůležitějších zákonů, který chce jeho vláda prosadit. Věcný záměr zákona připravila Hospodářská komora ve spolupráci s MMR. Nový stavební zákon by měl zásadně zkrátit povolovací řízení staveb. Věcný záměr zákona slučuje územní řízení, stavební řízení a EIA do jednotného povolovacího procesu. Návrh zavádí tzv. fikci souhlasu, což znamená, že pokud se příslušný úřad nevyjádří do 30 dní, bude to považováno za kladné stanovisko.

Nový stavební zákon sjednocuje kompetence pod nově vytvořený Nejvyšší stavební úřad, který bude podřízeným orgánem MMR. V současnosti stavební řízení spadá pod devět ministerstev.

Nejvyšší stavební úřad bude nadřízeným orgánem krajských stavebních úřadů, jejichž územní pracoviště budou v dnešních obcích s rozšířenou působností. U nepovolených staveb v jejichž případě nebylo vydáno rozhodnutí o povolení stavby nebude možné dodatečně stavbu povolit, v těchto případech bude rovnou vydáno rozhodnutí o odstranění stavby. Zákon si klade za cíl i postupnou elektronizaci stavební agendy a

¹ Ing. Petr Kučera, CSc.; Centrum stavebního inženýrství a.s., Pražská 16, 102 00 - Praha 10, kucera@csias.cz

ukládání projektové dokumentace do centrálního úložiště. Do něj budou mít přístup stavební úřady i dotčené orgány, které získají přístup vždy k její aktuální verzi.

Věcný záměr zákona byl dán do připomínkového řízení a k danému termínu je podáno 1641 připomínek.

Dalším zákonem, který přinese významnou změnu do hodnocení je Zákon o stavebních výrobcích. Záměrem zákona bylo připravit jednotnou formu, která odstraní různé způsoby posuzování výrobků v harmonizované a neharmonizované oblasti a ve vyhláškách stanoví nezbytné fyzikální parametry, které jsou nezbytné pro projektanta k navržení bezpečného díla, zajišťující sedm základních požadavků na stavbu.

Připravené paragrafové znění tohoto zákona prošlo již připomínkovým řízením a Evropská komise při notifikujícím procesu požaduje upřesnit funkci České obchodní inspekce jako dozorujícího orgánu.

V pracovní verzi je připravena i Vyhláška o skupinách stanovených stavebních výrobků, která upravuje skupiny výrobků určených k posuzování a ověřování vlastností. Určuje systémy posuzování stálosti vlastností a požadavky na tyto systémy posuzování. Dále stanovuje podrobnosti k povinnostem hospodářských subjektů i autorizovaných osob a pravidla pro zveřejňování CZ prohlášení o vlastnostech, prohlášení distributorů o vlastnostech a prohlášení o veřejném uznávání na internetu.

Díky skutečnosti, že připravovaná novela zákona č. 406/2000 Sb. o hospodaření s energií reagovala na některé výtky Evropské komise na nedodržování požadavků na energetickou účinnost budov byla po obdržení opětovné stížnosti tato novela po roce zařazena na program v poslanecké sněmovně a aktuálně se v současnosti zabývá touto novelou hospodářský výbor Poslanecké sněmovny.

Hlavní úpravy zákona č. 406/2000 Sb. o hospodaření s energií spočívají v jasněji definovaných výrazech pro povinnosti zpracování energetických auditů budov. Povinnost zpracovat energetický audit mají dle současné právní úpravy velké podniky, které byly hodnoceny co do velikosti i s nadnárodními majetkovými vztahy. Nová úprava se omezí na majetkové vztahy pouze v rámci ČR a povinnost zpracování energetického auditu se bude týkat podniků s více než 250 zaměstnanci, ročním obratem 1,3 miliardy Kč. Výjimku budou tvořit firmy a podniky, které mají velmi nízkou spotřebu (pod 200 MWh ročně) naopak se však povinnost bude týkat i těch, kteří sice nesplňují podmínky velkého podniku, ale jejich spotřeba je velmi vysoká (nad 500 MWh ročně). Energetický audit bude možné nahradit zavedeným systémem hospodaření energií s příslušným certifikátem od Českého institutu pro akreditaci (ISO 5001).

Další významnou změnou novely zákona o hospodaření s energií je udělování oprávnění k výkonu energetických specialistů. Podle aktuálního znění zákona může získat oprávnění energetického specialisty pouze fyzická osoba. Na tu byly uplatňovány v případě pochybení postihy. Praxe však ukázala, že v mnoha případech došlo k zakládání právnických osob, které vykonávají tuto činnost, osoba s oprávněním energetického specialisty vystupuje jako jednatel, nicméně není možné právnickou osobu postihnout tak, jako osobu fyzickou. Z tohoto důvodu jsou v novém návrhu zákona stejné podmínky pro udělování statutu energetického specialisty nejen pro fyzické ale rovněž i pro právnické osoby. Ministerstvo průmyslu a obchodu dostane oprávnění v případě opakovaného správního deliktu odebrat nejméně jeden bod oprávnění k činnosti.

Změna se dotýká i příslušného vzdělávání energetických specialistů, které je povinné a jehož realizací bude nově pověřena Státní energetická inspekce. Každý energetický specialista (je v případě právnické osoby určená osoba), bude mít za povinnost absolvovat určitý počet vzdělávacích akcí zařazených do průběžného vzdělávání. Odpadá povinnost jedenkrát za tři roky absolvovat kurz se závěrečným testem, jehož kladný výsledek zakládá možnost dalšího působení, v případě negativního výsledku povinnost absolvovat ústní zkoušky, případně odebrání osvědčení.

Další oblastí novelizace je náprava výtky Evropské komise, která Českou republiku upozornila na neplnění povinností vystavování průkazu o energetické náročnosti v případě budov často navštěvovaných veřejností. V dosavadním znění zákona je tato povinnost stanovena pouze pro budovy orgánů veřejné moci. K odstranění možnosti uložení případné pokuty ČR za neplnění povinnosti jsou v novele zákona budovy vymezeny dle stavební legislativy jako stavby občanské vybavenosti, mezi které patří nejen stavby pro veřejnou správu ale i školy, hotely zdravotnická zařízení, nákupní centra atd.

Novela upravuje dosavadní výklad budovy s téměř nulovou spotřebou energie. Budova s téměř nulovou spotřebou energie je budova, jejíž energetická náročnost určená podle přílohy I. je velmi nízká. Téměř nulová či nízká spotřeba požadované energie by měla být ve značném rozsahu pokryta z obnovitelných zdrojů získaných v místě či v jeho okolí.

V loňském roce došlo k výrazné změně v organizaci vydávání tvorby norem. Byla zřízena Česká agentura pro standardizaci Úřadem pro technickou normalizaci metrologii a státní zkušebnictví jako státní příspěvková organizace. Agentura má zlepšit úroveň přístupu, zajistit pružnější a snažší financování tvorby norem. Je oprávněna vybírat úplatu za odborné služby jež vykonává. Náklady na tvorbu českých technických norem hradí ten, kdo požaduje jejich zpracování. Náklady na tvorbu českých technických norem přejímajících evropské normy, zpracované na základě požadavků ministerstev nebo jiných ústředních správních úřadů a náklady spojené s členstvím v mezinárodních a evropských normalizačních organizacích hradí stát.

Nový systém financování standardizace zajišťuje možnost investovat více finančních prostředků do tvorby norem a to jak do překladů evropských a mezinárodních norem, tak do posílení počtu a kvality norem čistě národních. Současně se předpokládá, že bude rozšířena nabídka produktů a služeb, např. vydávání komentovaných znění technických norem, nebo tzv. balíčků norem pro konkrétní oblasti.

Součástí uvedených změn je i skutečnost, že ceny přístupů k těmto normám již nejsou stanoveny vyhláškou č.486/2008 Sb., ale jsou nově stanoveny ceníkem vydaným Úřadem pro technickou normalizaci a státní zkušebnictví prostřednictvím věstníku.

Pokud platný právní předpis odkazuje na konkrétní technickou normu nebo normové hodnoty předpokládá se zavedení sponzorovaného přístupu k těmto normám. Tyto normy by měly být veřejně přístupné a průběžně aktualizovány.

Agentura ČAS byla na základě pověření ministra průmyslu a obchodu ČR určena i k realizaci významného množství opatření specifikovaných ve vládou schválené Koncepci zavedení BIM v České republice, která by měla umožnit v roce 2022 jednotnou komunikaci s jednotnými standardizovanými formáty dat.

Je třeba zdůraznit, že samotná legislativa reagující na nové impulsy je důležitým prvkem v procesu stavění. Současně však je nutné si uvědomit, že kvalitní stavba nemůže vzniknout bez kvalifikovaných pracovníků, kterých je v současné době katastrofální nedostatek a tento problém bohužel zatím není uspokojivě řešen.

Literatura

- [1] Novela zákona o hospodaření s energií č. 406/2000 Sb.
- [2] Zákon o stavebních výrobcích
- [3] Parlamentní listy 18. 4. 2019
- [4] Věcný záměr stavebního zákona

TEPELNÁ OCHRANA BUDOV – PODSTATNÉ RIEŠENIE NOVEJ VÝSTAVBY A OBNOVY BUDOV

Zuzana Sternová¹

Abstract

The gradual tightening of the value of the heat transfer coefficient of envelope building structures takes into account the requirements of EU regulations for improving energy performance of buildings, while respecting cost-optimal conditions. Standardized heat transfer coefficient requirements reflect the market development situation of construction products (especially windows). The provision of hygiene parameters, thermal comfort requirements and the energy use reduction requirements for heating from renewable sources are taken into account. The draft standardized requirements according to the consolidated text take into account a summary of the basic requirements for works, including the energy consumption of construction materials production..

Úvod

Systémové riešenie vlastností stavebných konštrukcií a budov vyplýva zo zavedenia požiadaviek na stavby a na stavebné výrobky podľa európskych predpisov. Smernicou (CPD) 89/106/EC [1] sa zaviedli *základné požiadavky* na stavby a stavebné výrobky, ktoré sa implementovali aj do stavebného zákona [2] v znení zákona č. 237/2000 Z. z. Od 1. júla 2013 CPD nahradilo Nariadenie EPaR (EÚ) č. 305/2011 (CPR) [3] so stanovením siedmich základných požiadaviek na stavby, medzi ktorými nezmenene platia základné požiadavky č. 3 a č. 6 súvisiace s tepelnotechnickými vlastnosťami stavebných konštrukcií a budov. Podľa prílohy I. predmetného nariadenia „Stavby musia byť ako celok a vo svojich častiach vhodné na zamýšľané použitie, a to najmä vzhľadom na zdravie a bezpečnosť ľudí počas ich celého životného cyklu. Stavby musia pri bežnej údržbe spĺňať nasledujúce základné požiadavky na stavby počas ekonomicky primeraného obdobia životnosti.“

Základná požiadavka č. 6 je spodrobnejšie zavedením smernice 2002/91/EC o energetickej hospodárnosti budov [4]. Čl. 4 určuje členským štátom (ČŠ) povinnosť prijať opatrenia na stanovenie *minimálnych požiadaviek na energetickú hospodárnosť budov*, pričom (podľa čl. 3) *sa majú brať do úvahy normy* uplatňované v ČŠ. Prepracovaným znením smernice 2010/31/EÚ o EHB [5] sa spresňuje, že ČŠ prijímú potrebné opatrenia na stanovenie minimálnych požiadaviek na energetickú hospodárnosť pre budovy alebo jednotky budov *s cieľom dosiahnuť nákladovo optimálne úrovne*.

Smernica o EHB sa v SR implementovala zákonom č. 555/2005 Z. z. o energetickej hospodárnosti budov a prepracovaná smernica zákonom v znení zákona č. 300/2012 Z. z. [6]. Energetická hospodárnosť budov (ďalej „EHB“) sa stanovuje výpočtom, ktorý má podľa § 3 ods. 3 zákona *zohľadniť charakteristiky stavebnej konštrukcie budovy, najmä tepelnotechnické vlastnosti obvodového a strešného plášťa a otvorových konštrukcií a tepelné straty spôsobené stavebnou konštrukciou* a spôsobom jej užívania, ale aj vnútorné prostredie vrátane projektovaných požiadaviek na vnútorné prostredie.

Nové budovy a aj obnovované budovy, ak je to funkčne, technicky a ekonomicky uskutočniteľné, musia spĺňať minimálne požiadavky na EHB určené technickými normami. Minimálne požiadavky na stavebné konštrukcie a budovy stanovuje STN 73 0540-2 [8]. *Po*

¹ prof. Ing. Zuzana Sternová, PhD., Technický a skúšobný ústav stavebný, n.o., Studená 3, 821 04 Bratislava; e-mail: sternova@tsus.sk

31. decembri 2020 je potrebné zabezpečiť výstavbu nových a obnovu existujúcich budov v energetickej úrovni takmer nulovej potreby energie. Budovou s takmer nulovou potrebou energie sa rozumie budova s veľmi vysokou energetickou hospodárnosťou. Takmer nulové alebo veľmi malé množstvo energie potrebné na užívanie takej budovy musí byť zabezpečené efektívnou tepelnou ochranou a vo vysokej miere energiou dodanou z obnoviteľných zdrojov nachádzajúcich sa v budove alebo v jej blízkosti.

Nadväzne na vyššie uvedené je treba konštatovať, že všetky časti obalu budovy majú spĺňať základné požiadavky na stavby, ktoré súvisia s tepelnotechnickými vlastnosťami a majú dopad na hygienu súvisiacu s výskytom vlhkosti na vnútornom povrchu stavebnej konštrukcie, ale aj energetickú hospodárnosť súvisiacu s tepelnými stratami ovplyvnenými najmä súčiniteľom prechodu tepla konkrétnej stavebnej konštrukcie.

Požiadavky a kritériá na obalové konštrukcie

Pre ČŠ vyplýva povinnosť stanoviť normalizované požiadavky na stavebné konštrukcie a budovu tak, aby sa jasne a jednoznačne potvrdilo splnenie základných požiadaviek č. 3 a č. 6. Normalizované (požadované) hodnoty tepelnotechnických vlastností stavebných konštrukcií a budov, ako aj základné kritériá požadované na budovy stanovuje STN 73 0540-2 [8]. V súčasnosti je po pripomienkovom konaní, odovzdané na vydanie, konsolidované znenie zahŕňajúce zmenu 1 a zmenu 2 normy, t.j. výsledky 1. a 2. fázy odvodenia nákladovo optimálnych úrovní minimálnych požiadaviek na EHB. Pri návrhu stavebných konštrukcií a budov sa požaduje splnenie nasledujúcich kritérií, ktoré súvisia s obalovými konštrukciami, ale jednoznačne ich splnenie sa musí preukázať pri otvorových konštrukciách. Jedná sa o kritériá:

- a) *minimálnych tepelnoizolačných vlastností stavebných konštrukcií,*
- b) *minimálnej teploty vnútorného povrchu,*
- c) *minimálnej výmeny vzduchu,*
- d) *maximálnej mernej potreby tepla na vykurovanie.*

Uvedené kritériá, normalizované požiadavky, uvádza technická norma a kritériá sú reprezentované podstatnými vlastnosťami nasledovne.

Vnútorne prostredie

V ostatnom období sa zanedbáva zohľadnenie podmienok vnútorného prostredia a dominuje preukazovanie úspor tepla/energie. Popritom súčasne s dopadom na zníženie tepelných strát, zlepšenie tepelnotechnických vlastností (U -hodnoty), sa zvyšuje teplota na vnútornom povrchu stavebných konštrukcií.

Vnútorne prostredie definuje teplota vnútorného vzduchu θ_{ai} ($^{\circ}\text{C}$) a relatívna vlhkosť φ_i (%), prípadne rýchlosť prúdenia vzduchu v_{ai} (m/s). Pre miestnosti so zreteľnými rozdielmi medzi teplotou vzduchu a strednou radiačnou teplotou treba rozlišovať hodnoty vnútornej výpočtovej teploty θ_i a teploty vnútorného vzduchu θ_{ai} . V súčasnosti sa navrhujú budovy s vysokými tepelnoizolačnými vlastnosťami obalových konštrukcií, čím sa znižuje rozdiel medzi teplotou vnútorného vzduchu a priemernou teplotou vnútorných povrchov v miestnostiach. Z týchto dôvodov možno vo väčšine prípadov pripustiť rovnakú nominálnu hodnotou priemernej teploty vnútorného vzduchu v miestnosti θ_{ai} ($^{\circ}\text{C}$) a vnútornej výpočtovej teploty θ_i ($^{\circ}\text{C}$).

Stavebné konštrukcie a budovy sa posudzujú pri uvažovaní normalizovaných podmienok vnútorného prostredia, pokiaľ vzhľadom na účel budovy/miestnosti nie je určené inak. Normalizované podmienky teploty vnútorného vzduchu stanovené technickou normou [8], ale aj STN 73 0540-3 [9] sú určené pre dlhodobý pobyt a neprerušované vykurovanie budov vlastnosťami: $\theta_{ai} = 20$ $^{\circ}\text{C}$ a relatívnej vlhkosti vnútorného vzduchu $\varphi_i = 50$ %. Relatívna vlhkosť 50 % v miestnostiach bytových budov a nebytových budov (napr. administratívne

budovy) sa zaviedla namiesto 60 % normou STN 73 0540-2 od roku 2002. Uvedená zmena bola v súlade s podmienkami uplatňovanými v okolitých štátoch (napr. Rakúsko a Nemecko). Hodnotenie rizika rastu plesní sa zaviedlo až normou STN 73 0540-2 platnou od 1. marca 2002.

Z vyššie uvedeného vyplýva pre vnútornú povrchovú teplotu stavebnej konštrukcie, že na ktoromkoľvek mieste jej povrchu musí byť teplota vyššia ako je teplota rizika rastu plesní a bezpečne vyššia ako je teplota rosného bodu. Uvedené platí bez ohľadu na lokalitu a vonkajšiu teplotu.

Vnútorná povrchová teplota

Požiadavky na vnútornú povrchovú teplotu ovplyvňovali hygienické požiadavky, tepelnotechnické požiadavky, ale aj úroveň poznania v oblasti tepelnej ochrany (v minulosti stavebnej tepelnej techniky). Požiadavky na priebeh vnútornej povrchovej teploty sa stanovili s uvažovaním výpočtových podmienok, od roku 1964 vždy podľa ČSN/STN 73 0540. Vnútorná povrchová teplota závisí od teploty vnútorného vzduchu $\theta_{ai} = 20\text{ °C}$ a teploty vonkajšieho vzduchu konkrétnej lokality [10]. V minulosti sa posudzovala pre dve teplotnej oblasti, ale so zohľadnením nadmorskej výšky, t.j. pre $\theta_e = -15$ (-18, -21) °C. Vývoj požiadaviek na vnútornú povrchovú teplotu odrážal potrebu zabezpečenia hygienických podmienok a podmienok tepelnej pohody.

Požiadavky vyplynuli z potreby zabezpečiť (použité sú ďalej symboly používané v minulosti vyjadrujúce teplotu, napr. $\theta_{si} = t_{ip}$) elimináciu vzniku kondenzácie na vnútornej povrchu (pre podmienky $t_i = 20\text{ °C}$, $\varphi = 60\%$) $t_{ip} \geq t_s = 12\text{ °C}$, odstránenie vplyvu negatívneho sálania (posudzované do roku 1983) $t_{ip} \geq 14\text{ °C}$, lebo sa malo zabezpečiť $t_i - t_{ip} \leq 6\text{ K}$. Malo sa tiež dosiahnuť, aby najnižšia teplota stanovená v závislosti na požadovanej hodnote tepelného odporu/súčiniteľa prechodu tepla (od roku 1984) obvodového plášťa $t_{ip} \geq 16,1\text{ °C}$ ($t_e = -15\text{ °C}$) a strešného plášťa $t_{ip} \geq 17,8\text{ °C}$ ($t_e = -15\text{ °C}$), pričom *priemerná teplota na vnútornej povrchu* plôch obklopujúcich miestnosť na splnenie rovnice tepelnej pohody pri uvažovaní teplote vnútorného vzduchu $t_i = 20\text{ °C}$ bola $t_p \geq 18\text{ °C}$.

Z hľadiska zabezpečenia hygienických podmienok sa pri otvorových konštrukciách hodnotí teplota rosného bodu na zasklení, ale zamedzenie rizika rastu plesní sa hodnotí na pripojovacej škáre a celom styku otvorovej konštrukcie s okolitou plnou stavebnou konštrukciou. Negatívne sálanie nepriaznivo ovplyvňuje užívateľa vo vzdialenosti približne 1,0 m. Odstránenie tohto vplyvu vyžaduje zvýšenie teploty vnútorného vzduchu. Zabezpečenie priemernej teploty plôch vymedzujúcich priestor nižšej ako 18 °C tiež vyžaduje zvýšenie vnútornej teploty v miestnosti a teda zvýšenie potreby energie na vykurovanie.

Požiadavky na U-hodnotu v závislosti na povrchovej teplote

Vnútornú povrchovú teplotu pri pôsobení normalizovanej vnútornej teploty ovplyvňuje súčiniteľ prechodu tepla. Tento má aj dominantný vplyv na tepelné straty uskutočňované stavebnou konštrukciou. Dosiahnuť teplotu na vnútornej povrchu aspoň 14 °C vylučujúcu pocit negatívneho sálania vyžaduje, v závislosti na pôsobení vonkajšej teploty -11 až -20 °C, dosiahnuť hodnotu súčiniteľa prechodu tepla U od 1,5 po 1,2 W/(m².K). Ak by sa na celom povrchu (plných a transparentných stavebných konštrukcií) mala dosiahnuť priemerná teplota 18 °C zabezpečujúca pri vnútornej teplote $\theta_{ai} = 20\text{ °C}$ tepelnú pohodu, v závislosti na pôsobení vonkajšej teploty -11 až -20 °C je potrebné zabezpečiť hodnotu súčiniteľa prechodu tepla U od 0,5 po 0,4 W/(m².K). Zníženie priemernej teploty pod 18 °C znamená príslušne zvýšiť vnútornú teplotu nad 20 °C. Uvedená skutočnosť nepriaznivo ovplyvní potrebu energie na vykurovanie. Vplyvom konštrukčnej tvorby, materiálovej skladby, ale aj nákladovej efektívnosti je potrebné rozlišovať v prítomnosti stanovenia požiadaviek na hodnotu súčiniteľa prechodu tepla. Hodnoty súčiniteľa prechodu tepla otvorových konštrukcií v úrovni $U = 0,4$ a $0,5\text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ sa v súčasnosti nedajú dosiahnuť. Na stavebný trh sa uvádzajú otvorové konštrukcie s hodnotou súčiniteľa prechodu tepla $U = 0,61$ (0,62) W/(m².K).

Z uvedeného vyplýva, že na dosiahnutie priemernej teploty na vnútornom povrchu stavebných konštrukcií obklopujúceho vykurovaný priestor musia ostatné konštrukcie (najmä obvodový a strešný plášť) dosiahnuť hodnoty lepšie ako je $U = 0,4$ a $0,5 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ podľa podielu jednotlivých konštrukcií na celkovej ploche obalových konštrukcií. Uvedený princíp sa rešpektuje pri stanovovaní požiadaviek na hodnotu súčiniteľa prechodu tepla podľa STN 730540-2 [8]. Postupné znižovanie (sprísňovanie) požiadaviek na hodnotu súčiniteľa prechodu tepla vytvára priaznivé podmienky na zabezpečovanie postupného znižovania potreby tepla na vykurovanie, splnenie energetického kritéria podľa [8], ale aj požiadaviek na EHB, tried energetickej hospodárnosti podľa úrovni výstavby stanovených v zákone č. 555/2005 Z. z. [6] a vyhlášky MDVRR SR č. 364/2012 Z. z. [7]. *Vytvára podmienky na zabezpečenie požiadavky tepelnej pohod, na ktorú sa bral ohľad v minulosti.*

Parametre otvorových konštrukcií sa deklarujú podľa STN EN 14351-1+A1. Súčiniteľ prechodu tepla sa podľa tejto normy stanovuje na stavebný výrobok rozmeru $1,23 \times 1,48 \text{ m}$, ako deklarovaná hodnota. Podľa rovnakého vzťahu, ovplyvneného súčiniteľmi prechodu tepla rámu U_f , zasklenia U_g a lineárneho stratového súčiniteľa ψ sa hodnotia aj otvorové konštrukcie konkrétnych rozmerov. Vlastnosti týchto konštrukcií musia spĺňať príslušné požiadavky stanovené v tab. 2 STN 73 0540-2.

Vylúčenie kondenzácie vodnej pary na vnútornom povrchu zasklenia ovplyvňuje kvalita dištančného rámika, ale samozrejme tepelnotechnická kvalita, teda hodnota súčiniteľa prechodu tepla U_g zasklenia. Povrchové teploty ovplyvňuje kvalita riešenia pripojovacej škáry, ale aj celej oblasti styku. Teplotu na vnútornom povrchu v oblasti styku ovplyvňuje aj poloha osadenia otvorovej výplne, teda konštrukčné riešenie detailu. Z hľadiska posúdenia tepelnotechnickej kvality a vylúčenia vzniku hygienických nedostatkov je posúdenie pomocou teplotného faktora ťažkopádne.

Nákladovo optimálne minimálne požiadavky na EHB

SR zaviedla nadväzne na implementáciu smernice 2010/31/EÚ [5] prechodné obdobie s postupným sprísňovaním požiadaviek na nízkoenergetickú úroveň výstavby od 1.1.2013 (obvodový plášť $U \leq U_N = 0,32 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$, otvorové konštrukcie $U \leq U_N = 1,40 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$), ultranízkoenergetickú úroveň výstavby od 1.1.2016 (obvodový plášť $U \leq U_N = 0,22 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$, otvorové konštrukcie $U \leq U_N = 1,00 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$). Stanovené boli aj cieľové odporúčané hodnoty, ktoré mali platiť ako normalizované od 1.1.2021 pre úroveň výstavby s takmer nulovou potrebou energie.

Z uvedeného vyplýva, že na plné stavebné konštrukcie sú stanovené prísnejšie požiadavky ako na otvorové konštrukcie. Splnením požiadaviek na nízkoenergetickú úroveň výstavby sa neodstráni negatívne sálanie zasklenými plochami. Pociť negatívneho sálania sa odstráni až pri požiadavkách na ultranízkoenergetickú úroveň výstavby, pričom sa aj bezpečne dosiahne eliminácia vzniku hygienických nedostatkov. Tepelné straty otvorovými konštrukciami sú 4,5-krát vyššie ako obvodovým plášťom budovy.

V roku 2013 sa uskutočnil výpočet nákladovo optimálnych úrovni minimálnych požiadaviek na energetickú hospodárnosť budov [12], ktorý spočíval v stanovení požiadaviek na súčiniteľ prechodu tepla obalových konštrukcií budovy U vo $\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ a na globálny ukazovateľ primárnej energie. Samotných budov sa objektivizovane týkajú požiadavky na hodnotu súčiniteľa prechodu tepla, ktoré ovplyvňujú tepelné straty, potrebu tepla a potrebu energie na vykurovanie.

Z výpočtov súčasnej čistej hodnoty, pre viac ako štyritisíc kombinácií balíkov opatrení, nákladovo optimálna hodnota súčiniteľa prechodu tepla obvodového plášťa bola $0,21$ (normalizovaná $U_N = 0,22 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$), strešného plášťa $0,18$ (normalizovaná od 1.8.2016 $U_N = 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$), otvorových konštrukcií $0,9$ (normalizovaná $U_{W,N} = 1,0 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$). Všetky zavedené normalizované požiadavky na ultranízkoenergetickú úroveň výstavby vyhovujú podmienke 15% odchýlky od výpočtovo stanovenej nákladovo optimálnej hodnoty. Uvedené požiadavky platia v súčasnosti na ultranízkoenergetickú úroveň výstavby. Splnenie požiadaviek na potrebu tepla na vykurovanie vyžaduje uplatnenie spätného využitia tepla rekuperáciou.

K termínu 31.3.2018 sa vykonala 2. fáza odvodenia nákladovo optimálnych minimálnych požiadaviek na energetickú hospodárnosť budov s takmer nulovou potrebou energie [13]. Výsledkom výpočtov súčasnej čistej hodnoty balíkov opatrení bolo ponechanie požiadaviek na hodnotu súčiniteľa prechodu tepla plných častí obalu budovy a sprísnenie požiadavky na otvorové konštrukcie s cieľovou maximálnou hodnotou $U_{W,N} \leq 0,85 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$. Zabudovanie otvorových konštrukcií s lepšími tepelnotechnickými vlastnosťami, navrhovanými v zmene 2 STN 73 0540-2 [14] ako cieľové odvodené hodnoty súčiniteľa prechodu tepla $U_{W,N} \leq 0,65 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ vedú k ďalšiemu zníženiu potreby tepla na vykurovanie, ale nie sú zatiaľ nákladovo efektívnymi riešeniami. To isté platí pre plné konštrukcie obalu budovy.

Konsolidované znenie STN 73 0540-2

Zmena 2 STN 73 0540-2 sa spracováva ako konsolidované znenie, ktoré má nahradiť STN 73 0540-2: 2012 a zmenu 1, ktorá platila od 1. augusta 2016. Konsolidované znenie zahŕňa znenie STN 73 0540-2: 2012 a zmenu 1 a je spracované v znení zmeny 2 STN 73 0540-2: 2012. Konsolidované znenie zahŕňa znenie STN 73 0540-2: 2012 a zmenu 1 a je spracované v znení zmeny 2 STN 73 0540-2: 2012. Vložená je kapitola 2 Normatívne odkazy. Uvádza odkazy na normy na energetickú hospodárnosť budov 2. generácie.

Pôvodné kapitoly 2 až 8 sú kapitolami 3 až 9. Stanovuje odporúčané hodnoty súčiniteľa prechodu tepla (U_{r1}) ako normalizované hodnoty na budovy ultranízkoenergetickej úrovne výstavby podľa zmeny 1 od 1.1.2016 a cieľové požiadavky ako normalizované požiadavky (U_{r2}) na budovy s takmer nulovou potrebou energie od 1.1.2021. Uvádza aj prísnejšie cieľové požiadavky ako odporúčané (U_{r3}) na budovy s takmer nulovou potrebou energie. Stanovuje požiadavky na súčiniteľ prechodu tepla okien v šikmej strešnej konštrukcii a ľahkých obvodových plášťov pre všetky energetické úrovne výstavby. Rozširuje možnosti použitia hodnôt zvýšenia súčiniteľa prechodu tepla vplyvom tepelných mostov. Uvádza požiadavku na uskutočnenie výpočtu potreby tepla na vykurovanie a chladenie mesačnou alebo hodinovou metódou.

Normalizované požiadavky na obvodový a strešný plášť zostávajú aj po 31. decembri 2020 stanovené rovnakými hodnotami ako platili pre ultranízkoenergetickej úroveň výstavby. Sprísňuje sa požiadavka na otvorové konštrukcie ($U \leq 0,85 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$). Stanovili sa aj cieľové odporúčané požiadavky na budovy s takmer nulovou potrebou energie.

Predpokladá sa nadobudnutie účinnosti konsolidovaného znenia STN 73 0540-2 najneskoršie od 1. augusta 2019.

Záver

Technickými normami zavedené požiadavky na kritérium minimálnych tepelnotechnických vlastností stavebných konštrukcií obalu budovy (súčinitele prechodu tepla), na hygienické kritérium (eliminovanie kondenzácie vodnej pary a rastu plesní na vnútorných povrchoch stavebných konštrukcií) ako aj na energetické kritérium (potreby tepla a energie na vykurovanie) sa súčasne preukazuje splnenie základnej požiadavky č. 3 Hygiena, zdravie a životné prostredie ako aj základnej požiadavky č. 6 Energetická hospodárnosť a udržiavanie tepla.

Postupné sprísňovanie požiadaviek na hodnotu súčiniteľa prechodu tepla obalových stavebných konštrukcií zohľadňuje požiadavky vyplývajúce z predpisov EÚ na zlepšovanie energetickej hospodárnosti s rešpektovaním podmienok nákladovej optimálnosti. Normalizované hodnoty požiadaviek na súčiniteľ prechodu tepla odzrkadľujú situáciu vývoja stavebných výrobkov (najmä okien) na trhu. Zohľadňuje sa zabezpečenie hygienických parametrov, požiadaviek na tepelnú pohodu a plnenie požiadaviek na zníženie množstva energie na vykurovanie, ktoré sa má zabezpečiť z obnoviteľných zdrojov. Návrh normalizovaných požiadaviek podľa konsolidovaného znenia zohľadňuje súhrn základných požiadaviek na stavby vrátane energetickej náročnosti na výrobu stavebných materiálov.

Literatúra

- [1] Smernica 89/106 EHS z 21. decembra 1988 o aproximácii zákonov, nariadení a administratívnych opatrení členských štátov súvisiacich so stavebnými výrobkami
- [2] Zákon č. 50/1976 Zb. o územnom plánovaní a stavebnom poriadku (stavebný zákon) v znení zákona 237/2000 Z. z. a v znení neskorších zmien
- [3] Nariadenie Európskeho EPaR(EÚ) č. 305/2011 o harmonizovaných podmienkach uvádzania stavebných výrobkov na trh
- [4] Smernica č. 2002/91/ES Európskeho parlamentu a Rady zo 16. decembra 2002 o energetickej hospodárnosti budov (Ú. v. ES L 1, 4.1.2003, s. 65 – 71
- [5] Smernica č. 2010/31/EÚ Európskeho parlamentu a Rady z 19. mája 2010 o energetickej hospodárnosti budov, prepracované znenie, Ú. v. L 153, 18.6.2010, s. 13 – 35
- [6] Zákon č. 555/2005 Z. z. o energetickej hospodárnosti budov a v znení zákona č. 300/2012 Z. z. z 18. septembra 2012, ktorým sa mení a dopĺňa zákon č. 555/2005 Z. z. o energetickej hospodárnosti budov a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov
- [7] Vyhláška MDVRR SR č. 364/2012 Z. z. z 12. novembra 2012, ktorou sa vykonáva zákon č. 555/2005 Z. z. o energetickej hospodárnosti budov v znení neskorších predpisov (v znení vyhlášky č. 324/2016 Z. z.)
- [8] STN 73 0540-2: 2012/Z1: 2016 Tepelná ochrana budov. Tepelnotechnické vlastnosti stavebných konštrukcií a budov. Časť 2: Funkčné požiadavky
- [9] STN 73 0540-3: 2012 Tepelná ochrana budov. Tepelnotechnické vlastnosti stavebných konštrukcií a budov. Časť 3: Vlastnosti prostredí a stavebných výrobkov
- [10] STN EN ISO 13790/NA Energetická hospodárnosť budov. Výpočet potreby energie na vykurovanie a chladenie. Národná príloha, 2010
- [11] STN EN 14351-1+A1: 2017 Okná a dvere. Norma na výrobky, funkčné charakteristiky. Časť 1 (74 6180)
- [12] Technické a ekonomické aspekty nákladovo optimálnych opatrení zabezpečenia energetickej hospodárnosti budov (vedecko-technická služba), Etapa 01-14, Poskytovateľ dotácie: Ministerstvo dopravy, výstavby a regionálneho rozvoja Slovenskej republiky, zák. č. 10110134/TSÚS-Z-230/2950/ 2011/MDVRR SR. Bratislava: TSÚS, 2013
- [13] Druhá fáza odvodenia nákladovo optimálnej úrovne minimálnych požiadaviek na energetickú hospodárnosť budov s takmer nulovou potrebou energie. Bratislava: TSÚS, 2018, č. 02/RÚ/2018/10180003-O/VaV
- [14] STN 73 0540-2: 2012/Z1 + Z2: 2019 Konsolidované znenie: Tepelná ochrana budov. Tepelnotechnické vlastnosti stavebných konštrukcií a budov. Časť 2: Funkčné požiadavky. Návrh apríl 2019

NOVÉ NORMY NA ENERGETICKÚ HOSPODÁRNOSŤ BUDOV A NOVÉ PRÁVNE PREDPISY V TECHNICKEJ NORMALIZÁCIÍ V SLOVENSKEJ REPUBLIKE

Eva Marsová¹

Abstract

The contribution presents new standards on energy performance of buildings and information on new legislation in the field of technical standardization.

Úvod

Súbor noriem a sprievodných technických správ na energetickú hospodárnosť budov (EHB) druhej generácie bol vypracovaný na základe mandátu M/480, ktorý udelili CEN Európska komisia a Európske združenie voľného obchodu na vypracovanie noriem na podporu smernice 2010/31/EÚ, ktorou sa prepracovala smernica 2002/91/ES o energetickej hospodárnosti budov (EPBD).

Cieľom novej právnej úpravy, t. j. zákona č. 60/2018 Z. z. zo 6. februára 2018 o technickej normalizácii, ktorý je účinný od 1. 4. 2018, je ustanoviť samostatný a komplexný legislatívny rámec plne pokrývajúci oblasť technickej normalizácie, vychádzajúci z požiadaviek harmonizovanej európskej legislatívy a z požiadaviek aplikačnej praxe.

Podstata noriem a sprievodných technických správ na EHB druhej generácie

Smernica 2010/31/EÚ, ktorou sa prepracovala smernica 2002/91/ES o energetickej hospodárnosti budov (EPBD), podporuje zlepšenie energetickej hospodárnosti budov v rámci Európskej únie, pri zohľadnení všetkých druhov potreby energie (vykurovanie, osvetlenie, chladenie, klimatizácia, vetranie) a vonkajšie klimatické a miestne podmienky, ako aj požiadavky na vnútorné prostredie a nákladovú efektívnosť (článok 1).

Prepracovanie EPBD vyvolalo potrebu prehodnotiť jestvujúce normy a preformulovať a pridať normy tak, aby sa stali jednoznačné a kompatibilné. Navyše vzhľadom na rozdiely v klíme, kultúre a tradícií výstavby, typoch budov ako aj vzhľadom na rozdiely v politických a právnych rámcoch, ktoré zahŕňajú typ a úroveň kontroly kvality a jej vyžadovania na národnej alebo regionálnej úrovni bolo potrebné, aby sa poskytol podrobný prehľad o voľbách, hraničných podmienkach a vstupných údajoch, ktoré je potrebné definovať na národnej alebo regionálnej úrovni. Preto bol vydaný mandát M/480 na vypracovanie zodpovedajúcich normalizačných dokumentov, ktorým je súbor noriem EHB.

Súbor noriem EHB zohráva kľúčovú úlohu pri podpore EPBD Európskej únie. Smernica Európskeho parlamentu a Rady (EÚ) 2018/844 z 30. mája 2018, ktorou sa mení smernica 2010/31/EÚ o energetickej hospodárnosti budov a smernica 2012/27/EÚ o energetickej efektívnosti, zavádza viac či menej povinné používanie týchto noriem v členských štátoch EÚ ako základ pre ich národné právne predpisy na energetickú hospodárnosť budov. Silnejšia úloha noriem EHB vyplýva aj zo znenia prílohy č. 1 smernice 2018/844, kde sa uvádza: „Členské štáty opíšu svoju vnútroštátnu metodiku výpočtu podľa národných príloh zastrešujúcich noriem, a to ISO 52000-1, 52003-1, 52010-1, 52016-1 a 52018-1, vypracovaných na základe mandátu M/480 udelenému Európskemu výboru pre normalizáciu (CEN). Toto ustanovenie nepredstavuje právnu kodifikáciu týchto noriem.“

Spoločné pravidlá pre celý súbor noriem EHB

Vypracovanie súboru noriem EHB sa riadi spoločnými pravidlami, ktorých cieľom bolo zabezpečenie potrebnej celkovej jednotnosti a vzájomnej spojitosti v terminológii, prístupe, vo vzťahoch vstup-výstup a formátoch pre celý súbor noriem EHB pri ich vypracovaní. Tieto pravidlá sú uvedené v technických špecifikáciách CEN/TS 16628: 2014 Energetická hospodárnosť budov. Základné princípy pre súbor noriem EHB a CEN/TS 16629: 2014 Energetická hospodárnosť budov. Podrobné technické pravidlá pre súbor noriem EHB. Podľa definície musí každá norma EHB, ako európska tak aj medzinárodná, spĺňať požiadavky uvedené v zastrešujúcej norme EHB, ktorou je norma EN ISO 52000-1: 2017 Energetická hospodárnosť budov. Zastrešujúce posúdenie energetickej hospodárnosti budov (EHB). Časť 1: Všeobecný rámec a postupy (ISO 52000-1: 2017), a v technických špecifikáciách uvedených vyššie.

¹ Ing., Eva Marsová, Úrad pre normalizáciu, metrológiu a skúšobníctvo SR, Štefanovičova 3, P. O. BOX 76, 810 05 Bratislava 15, eva.marsova@normoff.gov.sk

Modulárna štruktúra

Súbor noriem EHB je modulárny a flexibilný, čo je ideálny základ pre budúcnosť, ktorý umožní zahrnúť budúce inovácie, nové poznatky a nové požiadavky trhu. Táto štruktúra tiež umožňuje a uľahčuje postupnú implementáciu v akomkoľvek národnom alebo regionálnom kontexte. Modulárna štruktúra pozostáva z nasledujúcich modulov a príslušných noriem a normalizačných dokumentov:

Modul M1 Zastrešujúce normy: EN ISO 52000-1, CEN ISO/TR 52000-2, EN ISO 52003-1, CEN ISO/TR 52003-2, EN ISO 52010-1, EN ISO/TR 52010-2, ISO 17772-1, ISO/TR 17772-2, EN 16798-1, CEN/TR 16798-2, EN 15459-1, CEN/TR 15459-2;

Modul M2 Budovy (ako také): EN ISO 52016-1, CEN ISO/TR 52016-2, EN ISO 52017-1, EN ISO 52018-1, CEN ISO/TR 52018-2, EN ISO 6946, EN ISO 10077-1, EN ISO 10077-2, EN ISO 10211, EN ISO 12631, EN ISO 13370, EN ISO 13786, EN ISO 13789, EN ISO 14683, CEN ISO/TR 52019-2, EN ISO 52022-1, CEN ISO/TR 52022-2, EN ISO 52022-3;

Modul M3 Vykurovacie systémy: súbor EN 15316, súbor CEN/TR 15316-6, EN 15500-1, CEN/TR 15500-2, EN 12098-1, EN 12098-3, EN 12098-5, CEN/TR 12098-6, CEN/TR 12098-7, EN 12831-1, CEN/TR 12831-2, EN 15378-1, CEN/TR 15378-2, EN 15378-3, CEN/TR 15378-4;

Modul M4 Chladiace systémy: EN 16798-9, CEN/TR 16798-10, EN 16798-13, CEN/TR 16798-14, EN 16798-15, CEN/TR 16798-16, EN 16798-17, CEN/TR 16798-18;

Modul M5 Systémy vetrania: EN 16798-3, CEN/TR 16798-4, EN 16798-5-1, EN 16798-5-2, CEN/TR 16798-6, EN 16798-7, CEN/TR 16798-8;

Modul M8 Systémy teplej vody: EN 12831-3, CEN/TR 12831-4;

Modul M9 Osvetlenie: EN 15193-1, CEN/TR 15193-2;

Modul M10 Automatizované riadenie a regulácia budovy: EN 15232-1, CEN/TR 15232-2, EN 16946-1, CEN/TR 16946-2, EN 16947-1, CEN/TR 16947-2;

Modul M11 PV, Vietor: EN 15316-4-10.

Prehľad o prijatí noriem EHB do sústavy STN a spôsobe ich prevzatia sa môže zistiť na webovom sídle úradu (www.unms.sk), na portáli noriem.

Národné prílohy

V normách EHB bolo potrebné, aby sa harmonizované postupy oddelili od vnútroštátnych alebo regionálnych možností, hraničných podmienok, vstupných údajov a odkazov na iné normy EHB. Toto sa dosiahlo pomocou zaradenia dvoch príloh do každej normy EHB:

- normatívnej prílohy A so vzorom karty údajov na výber vstupov a metód;
- informatívnej prílohy B s predvoľbami v kartách údajov na výber vstupov a metód.

Normatívna príloha A je vo forme rámcového vzoru, ktorý je nevyplnený, na voľby, vstupné údaje a odkazy na iné normy EHB. Informatívna príloha B je vo forme rámcového vzoru z prílohy A doplnený o jeden súbor predvoľieb, vstupných údajov a odkazov na iné normy EHB. Vo všeobecnosti platí, že každý používateľ noriem EHB si môže vytvoriť svoju kartu údajov podľa prílohy A, t. j. nadradí si predvoľby a hodnoty z prílohy B. Napríklad privátne strany si môžu vzájomne odsúhlasiť v ich privátnej zmluve používanie akéhokoľvek špecifického súboru volieb a hodnôt vo vyplnenej karte údajov podľa vzoru v prílohe A) na posúdenie energetickej hospodárnosti na ich privátne použitie. Vnútroštátne alebo regionálne orgány môžu predpísať špecifický súbor volieb a hodnôt podľa vzoru v prílohe A, ktorý bude povinný a ktorý nahradí predvoľby a vstupné hodnoty v prílohe B na posúdenie energetickej hospodárnosti v kontexte národných/regionálnych predpisov, politik alebo národných tradícií. To znamená, že:

- vnútroštátne alebo regionálne orgány pripraví karty údajov obsahujúce národné alebo regionálne hodnoty a voľby v súlade so vzorom v prílohe A; alebo
- národný normalizačný orgán doplní alebo zahrnie národnú prílohu k tomuto dokumentu (prílohu NA) v súlade so vzorom v prílohe A, v ktorom uvedie národné alebo regionálne hodnoty a voľby v súlade právnymi predpismi.

Príloha A

Vzor v prílohe A sa môže použiť na rôzne aplikácie napr. projekt novej budovy, energetickú certifikáciu novej budovy, obnovu existujúcej budovy a energetickú certifikáciu existujúcej budovy a na rôzne typy budov napr. malé budovy alebo jednoduché budovy a veľké alebo zložité budovy. Na rozlíšenie hodnôt a volieb pre rôzne aplikácie alebo typy budov sa môžu:

- pridať stĺpce alebo riadky (pre každú aplikáciu jeden stĺpec alebo riadok), ak to umožňuje vzor; alebo

- zahrnúť viaceré verzie jednej tabuľky (pre každú aplikáciu jedna tabuľka), ktoré sú očíslované postupne ako a, b, c,... Napríklad: tabuľka NA.3a, tabuľka NA.3b.

Príloha B

Príloha B každej normy EHB poskytuje jeden kompletný súbor dobrovoľných informatívnych volieb pre všetky možnosti, hraničné podmienky a vstupné údaje. Tento súbor sa nazýva súbor predvolieb. Tieto predvolby však nie sú založené na rozsiahlych štúdiách, ktoré by zahŕňali národné preferencie a obmedzenia, a predstavujú len „najlepší odhad odborníkov“ („experts best guess“). Použitím prílohy B postup na výpočet celkovej energetickej hospodárnosti sa tak stáva úplne využiteľný. Súbor predvolieb môže prevziať akákoľvek krajina alebo región ako ich súbor národných alebo regionálnych volieb.

Národné karty údajov

Na poskytnutie flexibilitnosti pri uplatňovaní súboru noriem EHB je potrebné mať jasne identifikované možnosti a národné údaje, ktoré zohľadňujú rozdiely v klíme, kultúre a tradícii stavania, typoch budov ako aj rozdiely v politických a právnych rámcov, ktoré zahŕňajú typ a úroveň kontroly kvality a jej vyžadovania. Príkladom môžu byť klimatické údaje, ktoré sa majú vypracovať na národnej a/alebo regionálnej úrovni v národnej karte údajov pre vstupné údaje. Možnosti a údaje na národnej úrovni sa môžu zahrnúť aj do národnej prílohy/národných príloh označených príloha NA, príloha NB atď.

Holistický (celostný) prístup

Holistický alebo systémový prístup, ktorý sa zvolil pri vypracovaní nových noriem EHB, znamená, že sa berú do úvahy všetky typy potreby energie spojené s budovou (vykurovanie, osvetlenie, chladenie, klimatizácia, vetranie) a vonkajšie klimatické a lokálne podmienky, ako aj požiadavky na vnútorné prostredie. Celková energetická hospodárnosť budovy alebo skupiny budov môže byť silne ovplyvnená niekedy zložitými a dynamickými interakciami medzi týmito rôznymi aspektmi. Holistický prístup je kľúčovým nástrojom na stanovenie a hodnotenie politických cieľov. Jasné a konzistentné politické ciele zohrávajú dôležitú úlohu pri budovaní inovácií v sektore stavebníctva.

Z holistického pohľadu sa v normách EHB berie do úvahy vnútorné prostredie, konštrukcia budovy, tepelné vlastnosti, solárne vlastnosti, množstvo tepla, systémy (na vykurovanie, chladenie a klimatizáciu, na prípravu teplej vody, vetranie, osvetlenie, zvlhčovanie a odvlhčovanie, automatizované riadenie a reguláciu budovy) a zdroje obnoviteľnej energie. Holistický prístup zahŕňa potreby, využitie, výpočet, meranie, kontrolu, návrh budovy, nové a existujúce budovy, certifikáciu a označovanie, jednoduché aj zložité budovy.

Používatelia noriem EHB

Posúdenie energetickej hospodárnosti budov sa vykonáva z rôznych dôvodov:

- na posúdenie súladu so stavebnými predpismi vzhľadom na predpísanú potrebu energie alebo súvisiace množstvo;
- na zvýšenie transparentnosti transakcií v oblasti nehnuteľností prostredníctvom certifikácie energetickej hospodárnosti a/alebo zobrazenia úrovne energie;
- na monitorovanie energetickej hospodárnosti budovy a jej technických stavebných systémov;
- na podporu plánovania dodatočných opatrení, ktoré možno prijať na základe predpokladaných úspor energie, ktoré by vyplynuli z rôznych opatrení.

Používatelia noriem EHB sú najmä regulačné orgány (tvorcovia politiky), stavebníctvo a majitelia a obyvatelia budov.

Tvorcovia politiky získajú nástroje, ktoré im umožňujú prijímať opatrenia v zastavanom prostredí a kvantifikovať, koľko týchto opatrení by znížilo energiu spotrebovanú v budovách.

Stavebníctvo, inžinieri a projektanti môžu zlepšiť energetickú účinnosť svojich návrhov, stavebných výrobkov a systémov. Súbor noriem zohľadňuje tieto súčasné a budúce výrobky, systémy a návrhy. V dôsledku holistického prístupu sa minimalizuje riziko suboptimálnych riešení na úrovni stavebných prvkov. Týmto spôsobom priemysel vie, kam smerovať inovácie.

Majitelia a obyvatelia budov môžu porovnávať s ostatnými budovami a predpovedať potenciál zlepšenia energetických úspor.

Vypracovanie noriem EHB

Normy EHB vypracovali technické komisie Európskeho výboru pre normalizáciu CEN a Medzinárodnej organizácie pre normalizáciu ISO či už spoločne v rámci tzv. Viedenskej dohody ako EN ISO alebo súběžne ako pôvodné európske normy (EN) a pôvodné medzinárodné normy

(ISO), avšak v čo najtesnejšej korelácii tak, aby sa v budúcnosti mohli prijať ako normy EN ISO.

Doteraz sa vypracovalo 17 noriem EHB ako EN ISO zastrešujúce normy EHB a normy EHB na budovy a stavebné prvky. CEN vypracoval ďalších 30 noriem EHB ako pôvodné EN. Takmer všetky boli prijaté a publikované v roku 2017.

Normy EHB majú vyhradené označenie v rozsahu ISO 52000 až ISO 52150, ktorý je rezervovaný pre normy EHB, preto v blízkej budúcnosti výraz normy radu ISO 52000 sa stane ekvivalentným výrazu normy EHB. Takéto označenie môžu mať iba také normy, ktoré budú v súlade so špecifickými požiadavkami uvedeným vyššie.

V Slovenskej republike technickými orgánmi, do ktorých pôsobnosti spadá oblasť energetickej hospodárnosti budov, je najmä technická komisia TK 58 Tepelná ochrana budov a TK 92 Vykurovacie a chladiace systémy v budovách. Členovia týchto technických orgánov sa tiež vyjadrovali k návrhom noriem EHB v príslušných etapách ich vypracovania na európskej (medzinárodnej) úrovni, najmä vo verejnom prerokovaní a finálnom hlasovaní, ako aj pri ich prijímaní do sústavy slovenských technických noriem (STN) pri navrhovaní ich názvov v štátnom jazyku a spôsobe prevzatia do sústavy STN. V prípade prevzatia prekladom do štátneho jazyka sa tiež vyjadrovali k návrhom príslušných STN preložených do štátneho jazyka v rámci pripomienkového konania.

Vypracovanie sprievodných technických správ

Vzhľadom na možné riziko, že nemusia byť správne pochopené účely a obmedzenia noriem EHB, vypracovali sa aj sprievodné technické správy, ktoré detailne vysvetľujú používateľom noriem EHB ich podstatu a kontext, aby sa správne pochopili, aplikovali a implementovali na národnej alebo regionálnej úrovni.

Preto každá norma EHB je sprevádzaná informatívnou technickou správou, v ktorej sa uvádza zhromaždený informatívny obsah, aby sa zabezpečilo jasné oddelenie normatívneho a informatívneho obsahu ako aj zníženie počtu strán v aktuálnych normách a uľahčilo sa porozumenie súboru noriem EHB.

Nové právne predpisy v technickej normalizácii

Predmetom novej právnej úpravy, t. j. zákona č. 60/2018 Z. z. je úprava základných pojmov v súlade s nariadením Európskeho parlamentu a Rady (EÚ) č. 1025/2012 z 25. októbra 2012 o európskej normalizácii (ďalej len „nariadenie“), pôsobnosť ÚNMS SR ako slovenského národného normalizačného orgánu, pôsobnosť poradného orgánu predsedu, ktorým je Rada pre technickú normalizáciu, hlavné princípy a postup pri tvorbe slovenských technických noriem (ďalej len „STN“) a technických normalizačných informácií (TNI), zapojenie zainteresovaných strán prostredníctvom technických komisií do tvorby STN, výdavky na tvorbu STN a TNI poskytovanie STN a TNI a iných technických noriem, spôsob ochrany STN a TNI a s tým súvisiaci dohľad nad dodržiavaním zákona a ukladanie pokút.

Zákon definuje základné pojmy v technickej normalizácii, ktoré vychádzajú z nariadenia, a ďalšie pojmy pre potreby technickej normalizácie na národnej úrovni, ktoré predstavujú výsledky normalizačnej činnosti, a to technická norma, slovenská technická norma, technická normalizačná informácia, pôvodná slovenská technická norma a pôvodná slovenská technická normalizácia, ich zmena a oprava atď., a ďalej pojmy úzko súvisiace s postupmi a činnosťami nevyhnutnými na tvorbu a spracovanie týchto dokumentov. Ustanovuje značku slovenskej technickej normy STN, predbežnej slovenskej technickej normy STN P a technickej normalizačnej informácie TNI.

Deklaruje, že dodržiavanie slovenskej technickej normy alebo slovenskej technickej normalizačnej informácie je dobrovoľné a striktné uvádza, že technická norma nie je technickým predpisom. Toto ustanovenie je dôležité na pochopenie rozdielu medzi dobrovoľným používaním technických noriem a povinnosťou dodržiavať všeobecne záväzný právny predpis (technický predpis). S týmto súvisí aj ustanovenie, že slovenská technická norma a technická normalizačná informácia sa nesprístupňuje podľa zákona č. 211/2000 Z. z. o slobodnom prístupe k informáciám a o zmene a doplnení niektorých zákonov (zákon o slobode informácií) v znení neskorších predpisov, keďže technické normy sa poskytujú za úhradu. Ďalej zákon vymedzuje pôsobnosť Úradu pre normalizáciu, metrológiu a skúšobníctvo Slovenskej republiky (ďalej len „úrad“) ako ústredného orgánu štátnej správy v oblasti technickej normalizácie a ustanovuje požiadavky, ktoré musí zabezpečiť slovenský NNO, ktorým je úrad.

Zákon definuje poradné orgány úradu v technickej normalizácii a to Radu pre technickú normalizáciu a technické komisie. Na zabezpečenie nezávislosti slovenského NNO je pri úrade zriadená Rada pre technickú normalizáciu (ďalej len „rada“), ktorej poslaním je najmä dohliadať na dodržiavanie zakladajúcich zásad normalizačnej činnosti, ktorými sú koherencia,

transparentnosť, otvorenosť, konsenzus, dobrovoľné uplatňovanie, nezávislosť od osobitných záujmov a efektívnosť, uznaných Svetovou obchodnou organizáciou (WTO) v oblasti technickej normalizácie a citovaných v nariadení. Technická komisia je odborný poradný orgán úradu ako NNO, ktorý sa podieľa na tvorbe STN a iných činnostiach spojených s technickou normalizáciou.

Zákon upravuje postupy NNO pri tvorbe STN alebo TNI, ktorý pozostáva z krokov zostavenia plánu technickej normalizácie, v ktorom úrad určí spôsob prijatia do sústavy STN, ktorým je prevzatie prekladom do štátneho jazyka, bez prekladu do štátneho jazyka alebo bez prekladu do štátneho jazyka s anotáciou v štátnom jazyku, spracovania návrhu STN alebo TNI a jej prijatia a oznámenia vo Vestníku úradu. Rovnako tak upravuje proces zmeny, opravy a rušenia STN alebo TNI. Pri tvorbe STN alebo TNI v štátnom jazyku úrad uplatňuje kritériá, ktoré schvaľuje RTN.

Podľa ďalších ustanovení zákon upravuje oblasť výdavkov na tvorbu STN alebo TNI v štátnom jazyku a výdavkov na ich poskytovanie v prípade, že sa STN uvádza priamo v texte všeobecného právneho predpisu.

Keďže ochrana STN je vylúčená z autorského zákona (zákon č. 185/2015 Z. z.), spôsob ochrany STN a TNI ustanovuje zákon o technickej normalizácii. Na označenie iného dokumentu sa nesmú používať ustanovené značky STN, STN P alebo TNI. V tejto súvislosti sa v zákone uvádza, čo sa rozumie pod pojmom neoprávnené rozmnoženie a neoprávnené rozšírenie STN a TNI alebo ich častí. Ďalej je ustanovené, že za neoprávnené rozmnoženie alebo rozšírenie STN alebo TNI sa nepovažuje citácia časti STN alebo časti TNI, ak na citáciu časti slovenskej technickej normy alebo technickej normalizačnej informácie na základe žiadosti udelil súhlas úrad ako slovenský NNO a informácia o STN alebo TNI, ktorá bola oznámená vo vestníku alebo na webovom sídle úradu. Zákon upravuje podmienky odplatného a bezodplatného udelenia súhlasu na citovanie a podrobnosti žiadosti na udelenie súhlasu.

V ďalšom znení zákon ustanovuje podrobnosti poskytovania STN, TNI a inej technickej normy a v neposlednom rade uvádza ustanovenia týkajúce sa riešenia priestupkov a správnych deliktov.

Podľa splnomocňovacieho ustanovenia úrad vydá všeobecne záväzný predpis, v ktorom sa ustanovia podrobnosti o výške úhrady pre používateľov za poskytovanie STN, TNI, inej technickej normy a jej zmeny a vestníka, za činnosti spojené s poskytovaním, minimálnu výšku úhrady za poskytnutie služby stn-online atď. a podrobnosti týkajúce sa udelenia súhlasu na citovanie časti STN alebo TNI. Týmto predpisom je Vyhláška ÚNMS SR č. 76/2019 Z. z. zo 4. marca 2019 o výške úhrady za poskytovanie technickej normy, ktorá je účinná od 1. 4. 2019 (ďalej len „vyhláška“).

Poskytovanie, šírenie a rozmnožovanie STN a TNI v súlade s európskymi princípmi, ktoré slovenskému NNO vyplývajú z členstva v európskych normalizačných organizáciách (CEN, CENELEC, ETSI), nemôže byť voľné najmä z dôvodu zabezpečenia ochrany používateľov technických noriem, a tým aj ochrany spotrebiteľa, s cieľom zabrániť šíreniu technických noriem, ktoré sú pozmenené alebo neaktuálne, ako aj z dôvodu zabezpečenia ochrany práv tvorcov noriem, ktorými sú medzinárodné normalizačné orgány, európske a národné normalizačné organizácie. Úrad je preto oprávnený vyberať úhradu za poskytovanie STN, TNI a iných technických noriem a ich zmien. Ďalej vyhláška ustanovuje výšku a zľavu z úhrady za poskytovanie STN, TNI a iných noriem a ich zmien, ako aj výšku úhrady za iné činnosti spojené s činnosťou úradu ako sú definované v zákone.

Vyhláška tiež ustanovuje výšku úhrady za udelenie súhlasu na odplatné citovanie podstatnej časti a nepodstatnej časti jednej STN alebo jednej TNI. Ustanovuje sa, čo je citovanie podstatnej a nepodstatnej časti STN alebo TNI, pričom za citovanie podstatnej časti STN alebo TNI sa rozumie viac ako 1 strana formátu A4 a najviac 20 % z celkového rozsahu STN alebo TNI, a za citovanie nepodstatnej časti STN alebo TNI sa rozumie najviac 1 strana formátu A4 z celkového rozsahu STN a TNI. Ďalej sa definuje rozsah citácie a čo sa nezapočítava do rozsahu citácie. Vyhláška ďalej spresňuje podrobnosti žiadosti o udelenie súhlasu, podmienky udelenia, časové súvislosti udelenia súhlasu a vzory žiadosti o odplatné a bezodplatné citovanie.

Záver

Cieľom príspevku bolo predstaviť súbor noriem na energetickú hospodárnosť druhej generácie (súbor noriem EHB), dôvod ich vypracovania a ich modulárnu štruktúru, možnosti zohľadnenia národných alebo regionálnych podmienok v národných prílohách ako aj predstaviť novú právnu úpravu technickej normalizácie, ktorú reprezentuje samostatný zákona o technickej normalizácii a príslušný vykonávací predpis.

Literatúra

- [1] EN ISO 52000-1: 2017 Energy performance of buildings - Overarching EPB assessment - Part 1: General framework and procedures (ISO 52000-1: 2017). [Energetická hospodárnosť budov. Zastrešujúce posúdenie energetickej hospodárnosti budov (EHB). Časť 1: Všeobecný rámec a postupy (ISO 52000-1: 2017).]
- [2] Smernica 2010/31/EÚ ktorou sa prepracovala smernica 2002/91/ES o energetickej hospodárnosti budov (EPBD)
- [3] Smernica 2018/844, ktorou sa mení smernica 2010/31/EÚ o energetickej hospodárnosti budov a smernica 2012/27/EÚ o energetickej efektívnosti
- [4] Webové sídlo EPB CENTER (<https://epb.center/>)
- [5] Zákon č. 60/2018 Z. z. o technickej normalizácii
- [6] Dôvodová správa k návrhu zákona o technickej normalizácii (všeobecná časť)
- [7] Vyhláška č. 76/2019 Úradu pre normalizáciu, metrológiu a skúšobníctvo Slovenskej republiky o výške úhrady za poskytovanie technickej normy
- [8] Dôvodová správa k návrhu vyhlášky Úradu pre normalizáciu, metrológiu a skúšobníctvo Slovenskej republiky o výške úhrady za poskytovanie technickej normy (všeobecná časť)

TEPELNÁ OCHRANA A ENERGETICKÁ NÁROČNOST KULTURNĚ CENNÝCH BUDOV

Jiří Šála¹

Abstract

The paper deals with the links to the long-term energy efficiency strategy of Directive (EU) 2018/844, amending Directive 2010/31/EU on the energy performance of buildings and Directive 2012/27/EU on energy efficiency, from May last year, which highlight the focus for renovation of the existing buildings. These should become, in the long term, almost zero-energy buildings and at the same time buildings with a healthier indoor environment (in this context, with well solved thermal protection).

The paper highlights the solution of culturally valuable buildings. The technical and technological solution of building changes suitable for these specific buildings has the importance of pilot projects as they give a chance to be used for the entire scope of the building stock. The examples of renovations acceptable for heritage protection are given.

Úvod

Ve Směrnici evropského parlamentu a rady 2018/844/EU, kterou se mění směrnice 2010/31/EU o energetické náročnosti budov a směrnice 2012/27/EU o energetické účinnosti (EPBD III), je jedním ze základních cílů při výstavbě nových budov a změnách dokončených budov (podle evropských dokumentů „renovacích budov“) **přechod k energeticky vysoce účinnému fondu budov.**

Silný důraz je proto kladen na renovace stávajícího fondu budov, v němž je vnímán hlavní potenciál pro plnění vysoké energetické účinnosti budov, spolu s výraznějším uplatňováním obnovitelných zdrojů energie k zajištění dekarbonizovaného energetického systému. Přitom je prostřednictvím budov s velmi nízkou energetickou náročností zajišťováno zdravé vnitřní prostředí v budovách spolu s vyšší mírou komfortu a pohody uživatelů. V této souvislosti se nehovoří jen o energetické náročnosti, ale zdůrazňuje se jak optimalizovaná tepelná a vlhkostní ochrana budovy, včetně územních souvislostí, tak energeticky účinné technické systémy a jejich chytré provozování, obvykle s automatizovaným řízením technických systémů schopným systémových interakcí jak v rámci budovy, tak v rámci vyšších územních celků.

Rozsah renovací se předpokládá průměrně 3 % stavebního fondu ročně, jejich energetická efektivnost se zajišťuje uplatněním standardu téměř nulové spotřeby energie upraveného pro renovace budov. Pro tento účel se zpracovávají krátkodobé (2030), střednědobé (2040) a dlouhodobé (2050) cíle v rámci požadované národní strategie renovací. Do roku 2050 by mělo být v EU dosaženo snížení emisí skleníkových plynů v rozsahu 80 až 95 %.

Součástí renovačních plánů je i hledání vhodných řešení ke snižování energetické náročnosti historických budov a sídel, včetně potřebných materiálových, technických a technologických inovací. Tato oblast renovací je pro Českou republiku, s výrazným podílem kulturně cenných budov, mimořádně významná.

Nový je také zvýrazněný urbanistický přístup k celostnímu (holistickému) řešení nízké energetické náročnosti, představovaný mimo jiné zdůrazněním potřebného zajištění schopnosti budov začlenit se do chytrých sítí prvků stavebního fondu, propojeného s řešením energeticky úsporné bezkarbonové mobility a s cíleným využitím přírodních možností k účinnému hospodaření s vodou a zmírnění přehřívání budov.

¹ Ing. Jiří Šála, CSc., Nitranská 19, 130 00 Praha 3 – Vinohrady, e-mail: salamodi@volny.cz

Zavedení Směrnice 2018/844/EU v jednotlivých státech se musí zajistit do 10. března 2020 změnou národních právních a správních předpisů (u nás změnou zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, ve znění pozdějších předpisů, a jeho prováděcích předpisů).

Hlavním ukazatelem pro certifikaci energetické náročnosti budov bude podle EPBD III vypočtená spotřeba primární energie v kWh/(m²·a). To se projeví v mírné úpravě grafického znázornění průkazu.

Pro EPBD III požadované zvýšení transparentnosti certifikace budou v protokolu průkazu uvedeny všechny vstupní údaje výpočtového hodnocení.

Požadavek bude nadále vyjadřován prostřednictvím referenční budovy, jejíž použití se pro tento účel osvědčilo.

Požadavek EPBD III na zvýšení výsledné kvality budov s téměř nulovou spotřebou energie se může promítnout do zákona uplatněním dostupných kontrolních postupů při navrhování a provádění obálky budovy a energeticky účinných technických systémů (technický dozor stavebníka zajišťující jak vytykáací řízení a přejímku projektové dokumentace, tak následné průběžné dozоровání provádění stavby, popř. i pomoc při výběru zhotovitele a smluvního zajištění výstavby).

Požadavky na nové budovy

Připravuje se mírná změna požadavků současné úrovně nových budov s téměř nulovou spotřebou energie, která se projeví u některých vybraných druhů budov, pro něž současné nastavení požadavků vede k nedostatečné energetické účinnosti.

Při navrhování a provádění nových budov na této úrovni se plně uplatní postupy osvědčené u pasivních domů, včetně použitých materiálů, prvků a technických systémů.

Bude třeba buď nově definovat referenční požadavky na průmyslové a výrobní provozy, dílenské provozovny, zemědělské budovy a jiné specifické budovy (např. stanovení specifických referenčních hodnot pomocí energetického posudku za jasně definovaných podmínek), nebo zavést hodnocení a certifikaci těchto budov pomocí energetických auditů (tedy hodnocení energetické náročnosti budovy na základě měření, jak uvádí i EPBD III).

Požadavky na změny dokončených budov

U dokončených budov je třeba požadavky nastavit tak, aby převažovaly rozsáhlé renovace s úsporami energie 30 až 60 %, popř. i více. (v závislosti na výchozí energetické náročnosti budovy, čím je horší výchozí energetický stav budovy, tím vyšší jsou dosažitelné procentuální úspory, což požadavek musí zohlednit).

Rozsáhlé renovace přitom lze provádět najednou (preferuje se), nebo prostřednictvím promyšlených postupných etap naplňujících celkové řešení.

Při rozsáhlých renovacích budov se doporučuje tento postup:

- a) Důkladná inventura dostupných doporučených opatření navrhovaných k dosažení pasivního standardu (pod heslem – když se má provést stavební úprava, tak pořádně, je-li to možné); všechny vybraná opatření musí splňovat podmínku technické, funkční a ekonomické vhodnosti;
- b) Vytvoření vhodných souborů doporučených opatření pro případné etapy;
- c) Projednání a korekce navrhovaných souborů opatření s vlastníky budov na základě nákladové analýzy (včetně využití dostupných podpor ve vhodných kombinacích);
- d) Zpracování projektové dokumentace, její vytykáací řízení a přejímka vlastníkem budovy (případně zastoupeným technickým dozorem stavebníka), následně i přejímka zhotovitelem (proveditelnost, zkušenosti z praxe);
- e) Provedení stavby, s dostupnými kontrolami kvality a ověřením energetické certifikace před předáním do užívání;
- f) Předání budovy do užívání, včetně provozních podmínek správného užívání budovy (především pro energeticky účinné technické systémy); na provozní podmínky mohou být vázány záruky.

Příklady dobré praxe:

- a) Pro plánování renovací vyvinul a testuje Pasivhaus Institut certifikační dokument EnerPHit Retrofit Plan (ERP), což je strukturovaný plán dodatečných opatření, tvořící samostatný soubor k PHPP, který je určený jako podklad pro rozhodování vlastníka budovy a k zadání stavební projektové dokumentace;
- b) Míra připravenosti budov na chytrá řešení se může dobrovolně vyjadřovat „ukazatelem připravenosti na chytrá řešení SRI (smart readiness indicator); toto hodnocení má připravit Evropská komise do konce roku 2019.

Požadavky na změny kulturně cenných budov

Platí zde vše, co bylo uvedeno výše, pouze výběr doporučených opatření a popř. jejich modifikace se řídí požadavky a pravidly památkové péče. Tím se výběr doporučených opatření významně zúží a u památkově chráněných budov to vede k užívání specifických materiálů a řemeslných technologií.

Energeticky nejslabším místem historických budov bývají okna. Všimneme si jich proto blíže.

Dvojitá stávající okna

Staršími typy jsou obložkové dvojitá okna, nejčastěji se však setkáme s novějšími špaletovými okny.

Velmi častá úprava byla náhrada dvojitých oken s jednoduchým zasklením jednoduchými okny s dvojskly (dříve i okny zdvojenými). Toto řešení, vydávané výrobcem oken za lepší, je častým zdrojem vad a poruch, neboť je v něm zakomponována chybná návaznost na stěnu, v důsledku čehož vznikají plísňe na ostěních a v nadpraží. Zároveň je to řešení s extrémně zvýšenou energetickou náročností, díky špatně řešené tepelné vazbě okno×stěna.

Výhodnější je repase dvojitých oken, popř. návrat k původnímu konceptu dvojitých oken, včetně řešení vazeb na přilehlé stěny. Tento koncept řešení je vhodný i pro budovy s téměř nulovou spotřebou energie NZEB (Nearly Zero Energy Building), neboť:

- a) Použitím běžně dostupných izolačních dvojskel s měkkým nízkoemisním pokovením, argonem mezi skly a izolačním distančním rámečkem lze snadno zvýšit zasklení na troj- i čtyř-násobné;
- b) Místo jednoduchého rámu 68 až 108 mm hloubky je zde 250 až 350 mm okenních rámu s deštěním, což je již velmi příznivá tepelná vazba u jednovrstvé stěny (zdíva);
- c) Snadné stínění roletami/žaluziemi mezi okny ($\eta \approx 50\%$), které nemění vnější vzhled oken;
- d) Umožní plnit požadavky památkářů při zajištění NZEB.

Při repasi dvojitých oken existují čtyři základní možnosti:

- a) Využití stávajících rámu, dvojsklo vně (snadno řešitelné);
- b) Využití stávajících rámu, dvojsklo uvnitř (nutno vnitřní křídlo bezpečně těsnit);
- c) Výměna dožilých vnějších rámu a křidel (vystaveny povětrnosti, nejčastěji dožilé);
- d) Výměna dožilých dvojitých oken.

Sklobetonová stěna

Nejčastěji se nahrazuje okny s jemnějším členěním. V kombinaci se zateplením celého obvodu ostění, včetně parapetu a nadpraží.

Zajímavou možností je doplnění další sklobetonové stěny – vytvoření dvojitě sklobetonové stěny. Zachová se tím původní vzhled. Díky sklobetonovým panelům lze snadno provést a účinek je překvapivě velmi dobrý (i díky příznivé tepelné vazbě).

Odvhlčení zdíva pod terénem

Velmi dobrého výsledku lze docílit vnější vzduchovou izolací s odtahem vzduchu komínovým efektem v kombinaci s drenáží. Pro odtah může sloužit falešný dešťový svod,

**II. STAVEBNÉ MATERIÁLY A ICH VLASTNOSTI
ZABEZPEČUJÚCE TEPELNÚ OCHRANU
BUDOV**

***CONSTRUCTION MATERIALS, THEIR
PROPERTIES ENSURING THE THERMAL
PROTECTION OF BUILDINGS***

MULTIKRITERIÁLNÍ POROVNÁNÍ TEPELNÝCH IZOLACÍ

Pavel Zemene¹

Abstract

Each and every building material has its strengths and shortcomings. In practice, we often encounter a comparison of different materials based on only one parameter, which leads to misleading conclusions. The so-called multicriterial analysis is used for objective comparison. And this method was used to compare different thermal insulation products.

Úvod

Přínos izolačních materiálů k udržitelné výstavbě je v rámci diskusí o globálním oteplování a změně klimatu nezpochybnitelný. Ekologické vlastnosti izolačních materiálů v kontextu životního cyklu celé budovy závisí na dvou faktorech: dopadech na životní prostředí souvisejících s výrobou materiálů a energie ušetřené během provozu budovy. Pokud je budova izolovaná, musí být vynaloženo více energie na výrobu izolačních materiálů. Na druhou stranu je snížena energetická náročnost na vytápění budovy. Kromě energetického aspektu izolačních materiálů jsou důležité další faktory hodnocení jejich udržitelnosti. Několik indikátorů a parametrů bylo vybráno podle jejich udržitelnosti a relevance a prezentováno pomocí pavučinových diagramů, což je obecně uznávaná metodika pro zobrazování kvalitativně odlišných parametrů. Případová studie zahrnuje typické aplikace v budovách a pokrývá nejběžnější izolační materiály pro tyto aplikace.

Cíl studie

Cílem studie bylo vypracování multikriteriálního hodnocení a srovnání výsledků pro různé izolační materiály. Studie se zabývá pouze produkty, které jsou v současné době dostupné na trhu. Výsledkem je hodnocení přínosu k udržitelnosti, stejně jako vodítko k výhodám a nevýhodám různých izolačních materiálů používaných v budovách. Tato zpráva se snaží poskytnout důkladný a objektivní základ pro takové srovnání. Studie je určena široké veřejnosti včetně odborníků v oblasti stavebnictví jakož i osobám s rozhodovací pravomocí, politickým skupinám, sdružením a různým zúčastněným stranám. Studie zdůrazňuje význam izolačních materiálů z hlediska udržitelnosti a poskytuje vodítko pro výběr izolačních materiálů. Studie byla koncipována jako srovnávací hodnocení nejdůležitějších izolačních materiálů v běžných aplikacích. Pro zajištění čitelnosti a srozumitelnosti studie jsou výsledky shrnuty a ilustrovány pomocí pavučinových diagramů jednoduchým a transparentním způsobem, což umožňuje rychlé pochopení výsledků.

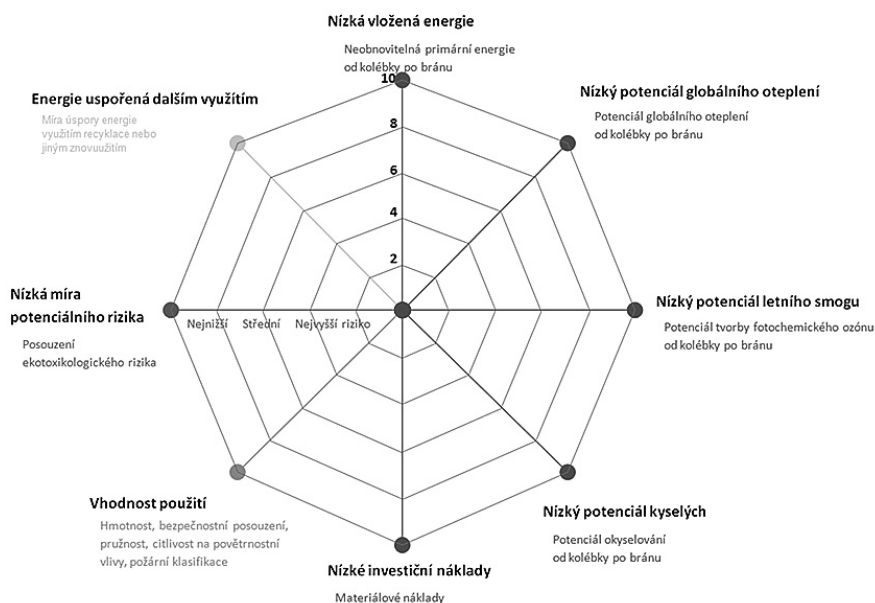
Jak fungují pavučinové diagramy

Pavučinový diagram je užitečný pro grafické znázornění různých kritérií konzistentním způsobem. Složitě problémy lze vizualizovat jednoduše podle určitých zásad:

1. Výběr kritérií představuje celý životní cyklus včetně všech aspektů, které jsou důležité v souladu s běžnými postupy a normami.

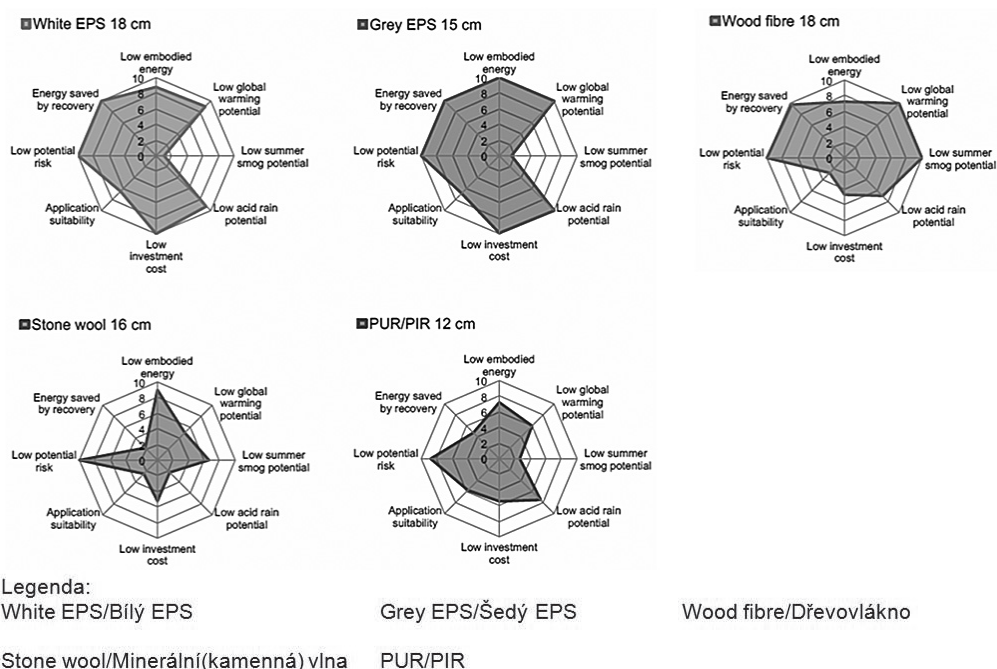
¹ Ing. Pavel Zemene, Ph.D., Sdružení EPS ČR, Souběžná 380, 278 01 Kralupy nad Vltavou, e-mail: info@eps-cr.cz, www.eps-cr.cz

2. Každé kritérium je znázorněno na jeho vlastní ose.
3. Kritéria vycházejí z objektivních charakteristik a srovnatelných údajů, na kterých se shodla většina odborníků v oblasti LCA a environmentálního výzkumu.
4. Interpretace je intuitivní, ukazující nejlepší hodnoty na vnější straně každé osy. To se odráží v terminologii pojmenování os kladnými vlastnostmi.
5. Diagram porovnává výsledky pro konkrétní aplikaci. Proto není možné porovnávat pavučinové diagramy mezi různými aplikacemi.

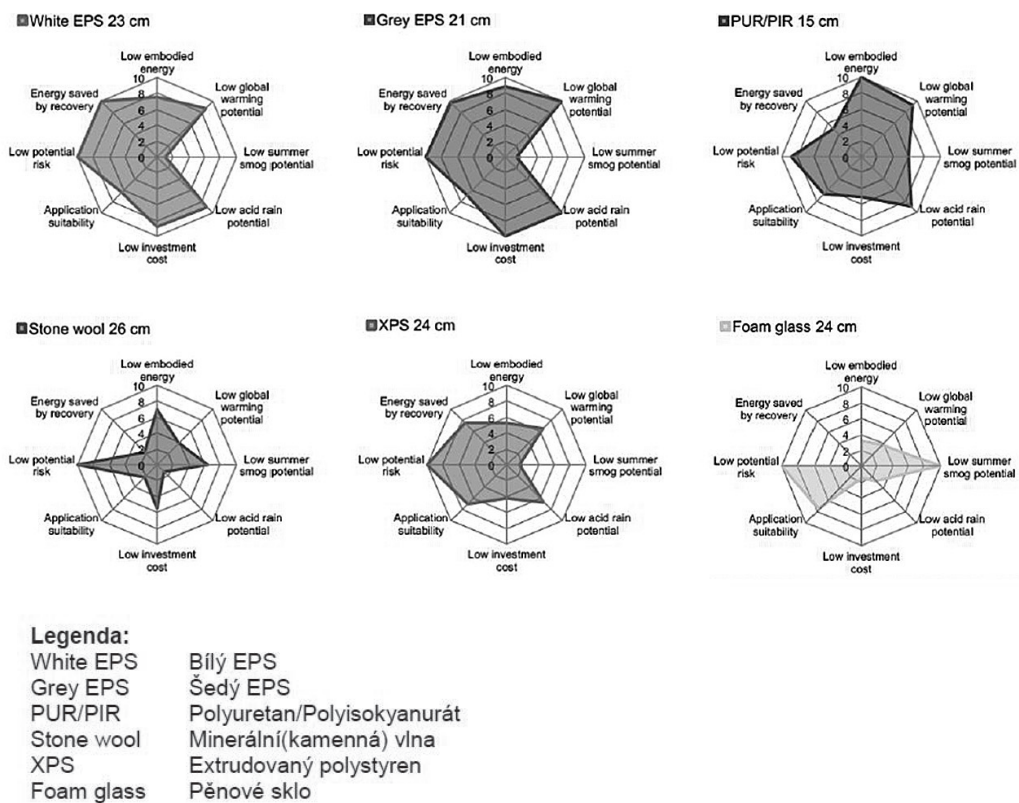


Obr. 1 Pavučinový diagram pro tepelné izolace

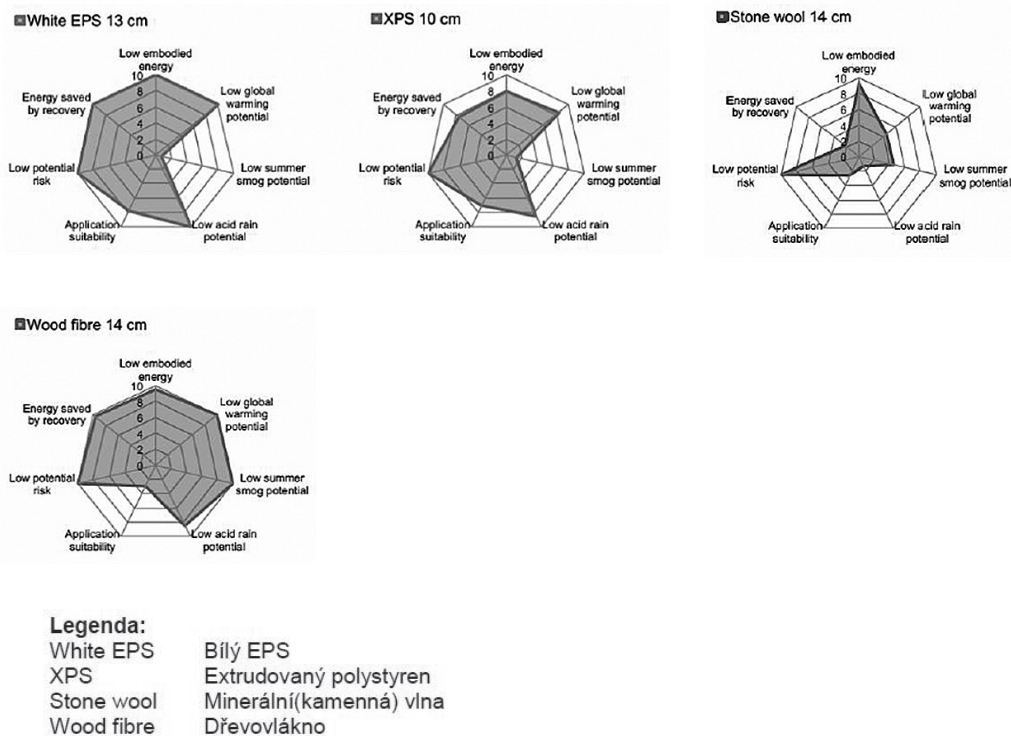
Příklady výsledků porovnání tepelně izolačních materiálů



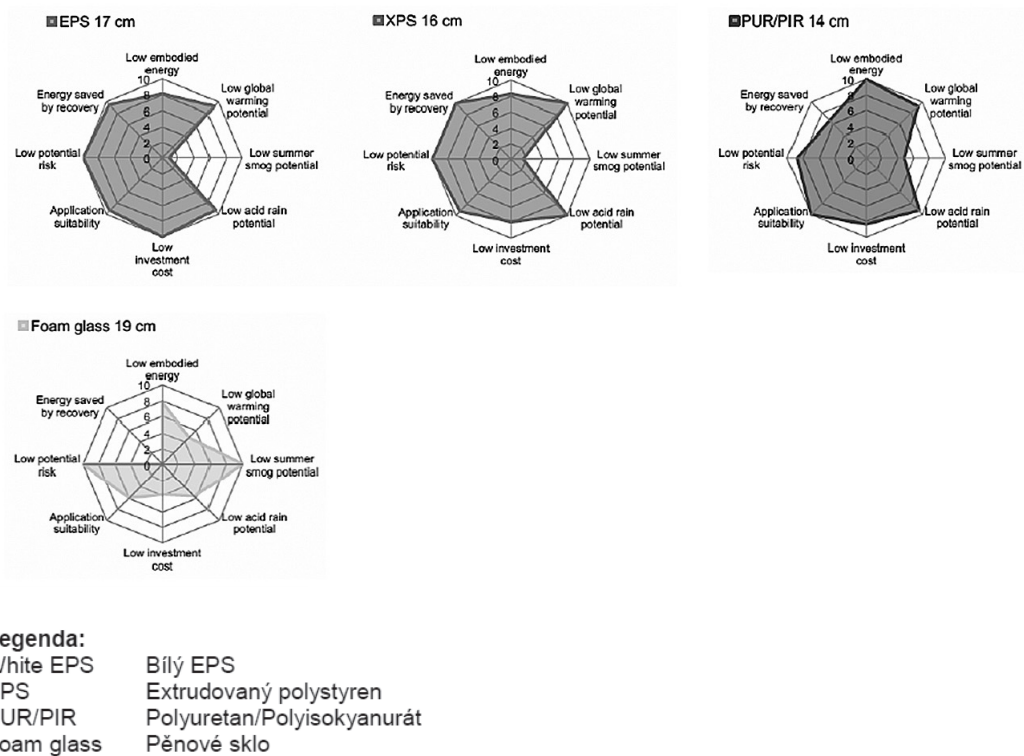
Obr. 2 Pavučinové diagramy pro ETICS (Vnější tepelně izolační kompozitní systém)



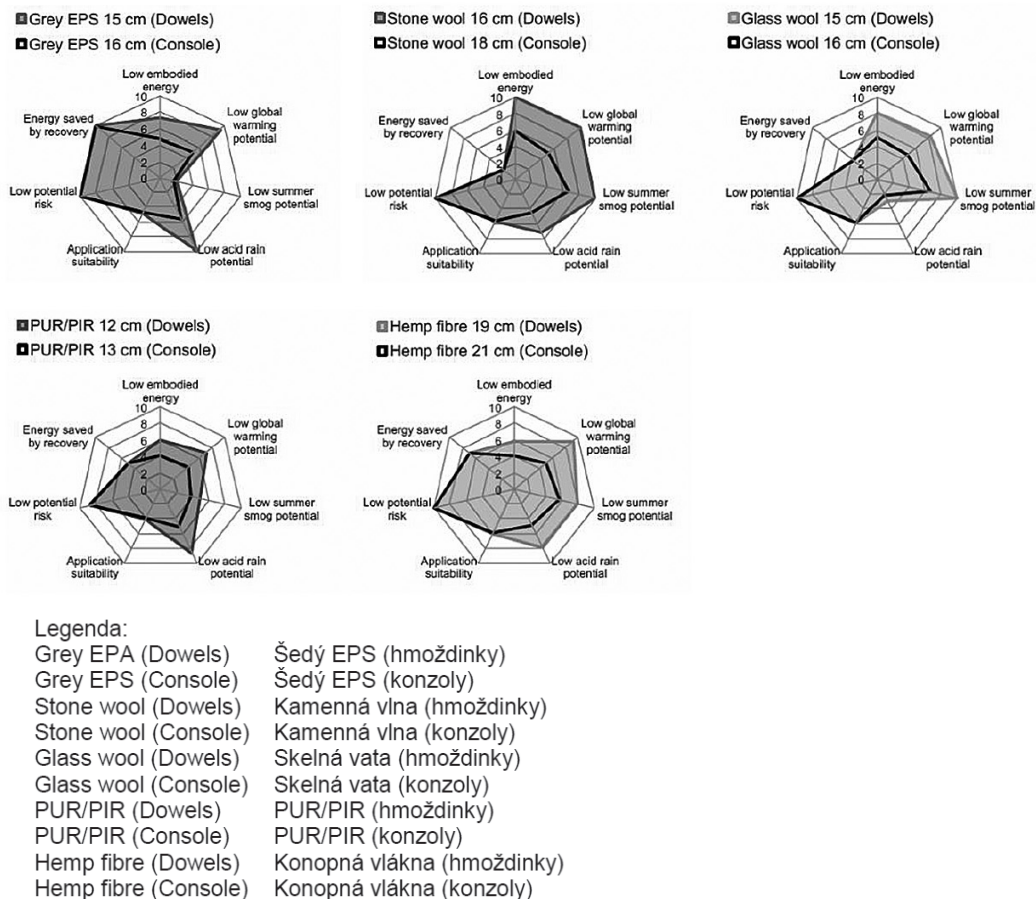
Obr. 3 Pavučinové diagramy pro izolace plochých střech



Obr. 4 Pavučinové diagramy pro izolace plochých střech



Obr. 5 Pavučinové diagramy pro izolace soklu



Obr. 6 Pavučinové diagramy pro izolace v odvětraných fasádách

Závěr

1. Metodicky je důležité a nezbytné porovnávat soubor izolačních materiálů v konečné aplikaci v budově. Toto je v této studii dosaženo hodnocením na základě stejného tepelného odporu (hodnota R) pro danou aplikaci, včetně všech nezbytných opatření k upevnění izolačního materiálu. Tento přístup by měl být předpokladem pro všechny srovnatelné úvahy o udržitelnosti izolačních materiálů.
2. Neexistuje žádný jedinečný materiál, který by byl nejlepší ve všech aplikacích. Pěnové materiály vyrobené z plastů a vláknité materiály vyrobené z minerálních nebo přírodních vláken mají své odlišné vlastnosti (výhody a nevýhody), jsou více či méně vhodné pro konkrétní aplikaci. Výběr správného izolačního materiálu proto není obecný výběr, ale výběr učiněný na základě konkrétních požadavků.
3. Izolační materiály založené na přírodních vláknech nemusí mít nutně lepší výsledky udržitelnosti než jiné materiály. Izolační materiály na bázi dřevěných nebo konopných vláken ne vždy vykazují výhody oproti izolacím ze strukturálních pěn nebo minerálních vláken, pokud se podíváme na objektivní výsledky založené na dostupných datech LCA a izolačních charakteristikách. Dokonce i pokud jde o neobnovitelnou primární energii, mají plasty při pohledu na fasádní izolace nižší nároky než přírodní vlákna.
4. Pro zjednodušené shrnutí: EPS je příznivější než ostatní izolační materiály v aplikaci ETICS. V aplikaci pro ploché střechy se středním zatížením mohou být nejudržitelnější volbou EPS a PUR. V ostatních aplikacích mohou být výsledky odlišné. Různé materiály mají často výhody v jedné oblasti a naopak v jiné oblasti může být jejich použití považováno za méně příznivé z hlediska udržitelnosti. Neexistuje izolace, která by byla nevhodnější ve všech aplikacích.

Tato studie uvádí výsledky environmentálního hodnocení vybraných kritérií ve víceparametrových pavučinových diagramech.

Autoři jsou přesvědčeni, že tento přístup je nevhodnější. Umožňuje čtenáři zvolit parametry podle jejich významu pro konkrétní stavební projekt. Je také průhlednější než jakýkoli souhrnný přístup "jednoho skóre nade všemi".

Literatura

- [1] Visuelle Darstellung der Nachhaltigkeits- und Anwendungsaspekte von Warmedammstoffen, U. Kasser, M. Klingler, D. Savi commissioned by Swisspor AG, 2009, updated 2011 and 2013
- [2] EU Commission Staff Working Document, Accompanying document to the proposal for a recast of the energy performance of buildings directive (2002/91/EC), Summary of the impact assessment
- [3] Eurostat online database: <http://ec.europa.eu/eurostat/data/database>
- [4] European Energy Agency, Greenhouse gas emissions by sector in EU 27, 2009, all greenhouse gases (CO2 equivalent), greenhouse gas data viewer, <http://www.eea.europa.eu/>
- [5] Non-renewable primary energy used for the production of materials
- [6] Optimale Dammstärken bei Wohngebäuden bezüglich Minimierung der Umweltbelastung, Manz H. et. al, HSLU commissioned by Swiss Federal Office of Energy SFOE, 2015
- [7] Effizienzstrategie in Faktor Heft 36, Ragonesi M., Wärmeschutz

- [8] Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings
- [9] Minergie is the Swiss label for low energy consuming buildings, approx. < 125 MJ/m²a, depending on the size and the use of the building.

KEYMARK – EVROPSKÁ ZNAČKA PRO TEPELNĚ IZOLAČNÍ MATERIÁLY

Vlastimil Kučera¹

Abstract

The paper describes the European brand KEYMARK, which includes accredited laboratories, certification authorities, which, by meeting the specific conditions of the KEYMARK certification scheme, guarantee superior accuracy of thermal conductivity determination.

Co znamená KEYMARK pro tepelně izolační materiály?

KEYMARK je výsledkem přísného dobrovolného certifikačního systému vyvinutého a vlastněného evropskými normalizačními orgány CEN a CENELEC.

KEYMARK je značka, která poskytuje nejen důkaz o shodě výrobku s evropskými normami (CE), ale zároveň zahrnuje pravidelné testování výrobků a provádění kontrol systému výroby třetími nezávislými stranami, které jsou součástí certifikačního schématu KEYMARK.

Certifikáty KEYMARK vydávají certifikační orgány, které splňují specifické požadavky KEYMARKu. Předpisy stanovují nejen zásady certifikace KEYMARK, ale i pravidla pro zmocnění certifikačních orgánů a akreditace zkušebních laboratoří, které se chtějí stát součástí schématu KEYMARK.

U tepelně izolačních výrobků je nejvýznamnější charakteristikou tepelná vodivost, která je v rámci KEYMARKu ověřována pouze v registrovaných zkušebních laboratořích, které musí v rámci požadavků KEYMARK prokazovat svou schopnost přesného měření.

Tato se prokazuje formou pozitivního auditu ze strany auditorů KEYMARKu a zároveň výsledky při porovnávacích měřeních na anonymních vzorcích s referenčními laboratořemi, kde musí odchylka při měření pro střední teplotu 10 °C být v rozsahu max. 1,5 %.

Kdo může KEYMARK používat?

Každý výrobce, dovozce nebo dodavatel společně s výrobcem mohou mít zájem o získání práva používat pro své produkty označení KEYMARK. Předpokladem je naplnění požadavků systému certifikace KEYMARK. Poté může být u konkrétního produktu ke značce CE připojena i značka KEYMARK.

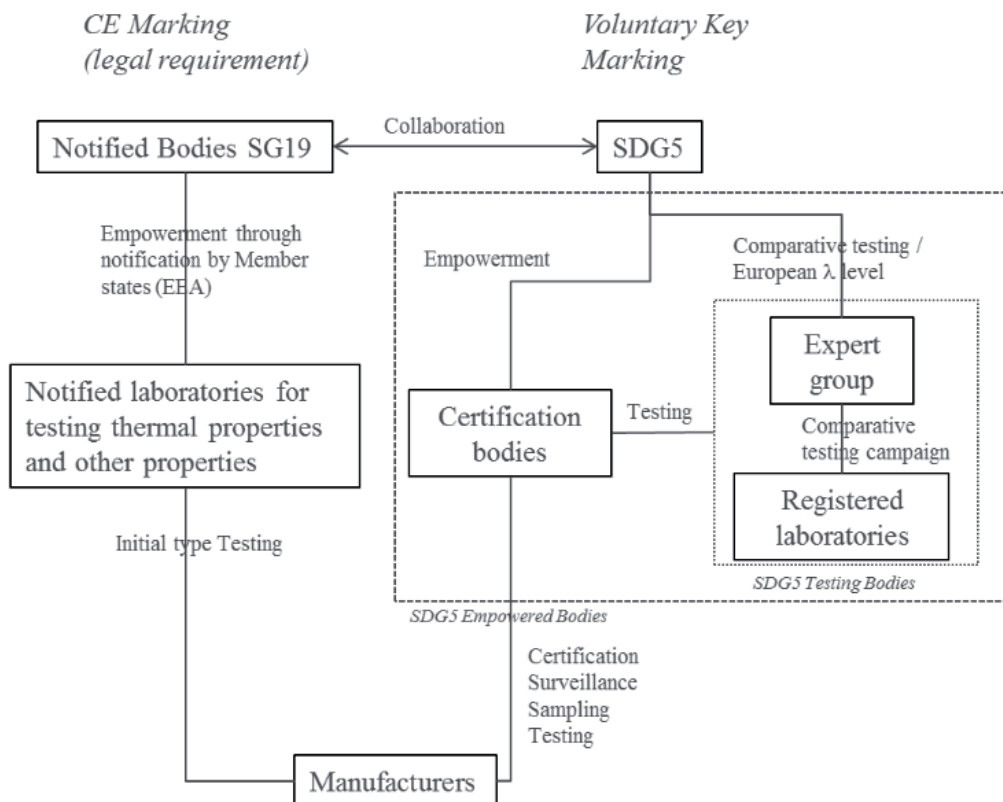
Právo označovat výrobky značkou KEYMARK je udělováno prostřednictvím k tomu pověřenými certifikační orgány.

Jak funguje certifikace KEYMARK?

Pokud výrobce projeví zájem o certifikaci KEYMARK, pak je připravena a provedena počáteční inspekce výroby a počáteční zkoušky typu produktu.

Poté je výrobce každoročně kontrolován formou dohledu nad výrobou a ověřováním tepelné vodivosti v akreditovaných laboratořích, které jsou zároveň součástí certifikačního schématu KEYMARK. Schéma KEY MARK certifikace je uvedeno na obr.1.

¹ Ing. Vlastimil Kučera, Ph.D., Centrum stavebního inženýrství a.s., Pražská 16, 102 00 Praha 10, e-mail: v.kucera@csias.cz



Obr. 1 Schema KEYMARK certifikace a jeho porovnání s CE označením shody

Shrnutí a přínosy KEYMARK

KEYMARK je vlastně organizovaný a účinný systém monitorování trhu (podrobné testování a inspekční systém související s kvalitou výroby prováděný třetími stranami splňujícími nadstandardní požadavky na přesnost a tím plnícími kriteria KEYMARK). Z tohoto důvodu je dobrovolná certifikace výrobku zdokumentována KEYMARKem důležitým nástrojem pro zvýšení důvěry zákazníka. Zároveň je KEYMARK Evropská značka založená na myšlence „Jednou testováno a certifikováno, přijato všude“.

MINERÁLNA IZOLÁCIA V NOVÝCH KLIMATICKÝCH PODMIENKACH NA SLOVENSKU

Vladimír Beňo¹

Abstract

Naučili sme sa ako zateplovať budovy, aby boli energeticky hospodárne z pohľadu tepelnej ochrany. Avšak je čas naučiť sa navrhovať budovy z pohľadu klimatických zmien. Treba sa zamyslieť nad riešeniami, ktoré znížia dopady týchto vplyvov na nás ako užívateľov. Udržateľná urbanizácia je kľúčom k úspešnému rozvoju. Pomôcť môžu najmä zelené strechy, ktoré zvýšia plochy verejnej zelene, čím sa zvýši retencia vody v zástavbe. Systém extenzívnej zelenej strechy Urbanscape má vo svojom jadre špeciálnu minerálnu izoláciu, ktorá má výbornú schopnosť zadržiavania vody. Tento systém s nízkou hmotnosťou je aplikovateľný na takmer každú strešnú konštrukciu. Využitie špeciálneho substrátu z minerálnej vlny GreenRoll je však možné aj pri krajinných terénnych úpravách, dopravnej infraštruktúre, ale aj pri pestovaní plodín.

Úvod

Podľa organizácie spojených národov v súčasnej dobe žije v mestskej zástavbe až 4,2 miliárd obyvateľov, pričom v roku 2050 to bude až 68% svetovej populácie. Keďže svet pokračuje v urbanizácii, trvalo udržateľný rozvoj závisí čoraz viac od úspešného riadenia rastu miest. Mnohé krajiny budú čeliť výzvam pri uspokojovaní potrieb rastúceho mestského obyvateľstva vrátane bývania, dopravy, energetických systémov a inej infraštruktúry. Rozrastajúca sa zástavba na úkor zelene má vplyv na vznik tepelných ostrovov v mestách, znečistenie ovzdušia, častejších povodní a taktiež erózie a vysušania pôdy. Kľúčové je zamyslieť sa už pri urbanistickom plánovaní nad plochou zelene, ktorú vieme dostať najmä na strechy novej zástavby [1].

Klimatické zmeny na Slovensku

Rovnako tak ako vo svete, aj na Slovensku je trend presídľovania sa do väčších miest, kde sú lepšie príležitosti pre komfortnejší život. V súčasnej dobe žije na Slovensku približne 54 % ľudí v mestách, pričom v roku 2050 by to malo byť až 65 %. Ani Slovensko nie je výnimka a prejav klimatických zmien začíname pociťovať všeci.

Najviac citelné sú zmeny teploty vonkajšieho vzduchu a množstva atmosferických zrážok. Medzi rokmi 1901 až 2010 bol nárast ročnej priemernej teploty vzduchu na Slovensku o 1,6 °C, z čoho o 1 °C bolo v období od roku 1961. V spomínanom období boli výrazné prejavy tzv. vln horúčav, kedy vonkajšie teploty presahovali 30 °C. V porovnaní s obdobím 1951-80 by podľa viacerých scenárov a modelov mala ročná priemerná teplota do roku 2100 vzrásť až o 2-4 °C. Ročné úhrny zrážok v období medzi rokmi 1901 až 2010 poklesli o 10 %, pričom od roku 1961 v letných mesiacoch bol nárast o 5 %. Vplyvom klimatických zmien rastie extrémna 1- a 5-denných úhrnov zrážok, čo sa prejavuje výskytom silných búrok a silného vetra. Prevažne v zime a na jar rastie dĺžka suchých období bez zrážok. Zhoršujú sa podmienky zavlažovania a klesá vlhkosť pôdy.

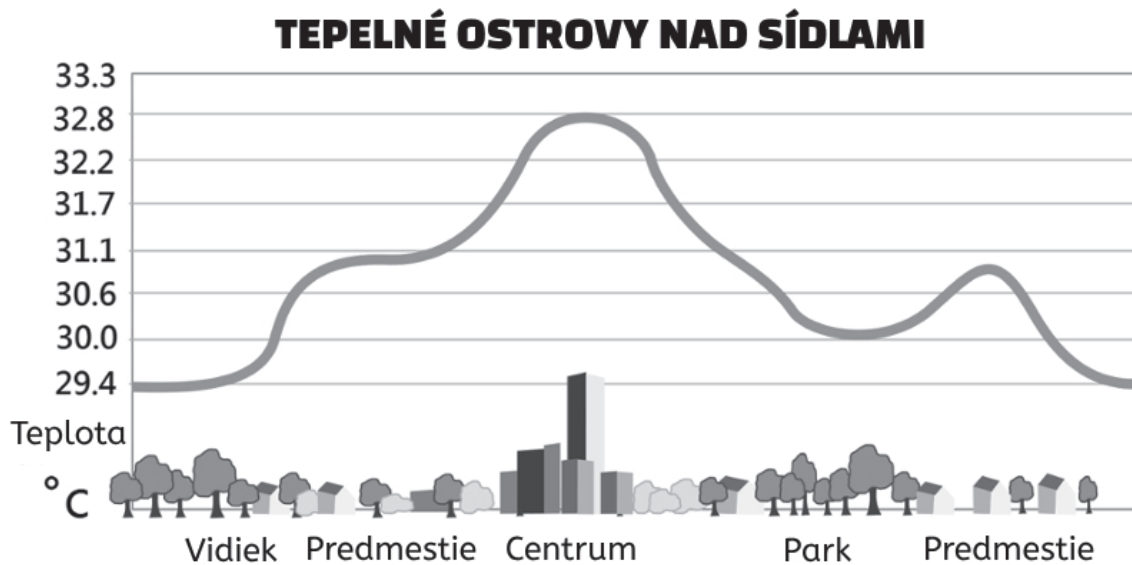
Zvyšovanie teploty má za následok zvyšovanie teplotného stresu, rast úmrtnosti v populácii, menšiu dostupnosť pitnej vody a eutrofizáciu stojatých vôd. Naopak, pozitívne môže byť vnímané vytvorenie vhodnejších podmienok pre teplomilné rastliny. Nedostatočné množstvo zrážok bude mať vplyv na nedostatok pitnej a úžitkovej vody, zníženie produkčnej schopnosti pôdy, s čím súvisí nedostatok potravín. Taktiež je väčšia pravdepodobnosť vzniku požiarov [2,3].

¹ Ing. Vladimír Beňo, Knauf Insulation, s.r.o., Železničný rad 24, 968 14 Nová Baňa, vladimir.beno@knaufinsulation.com

Ako môžu pomôcť zelené strechy

Zelené strechy predstavujú jedinečný spôsob, ako nahradiť čiastočne zastavanú plochu zeleňou. Môžu mať veľký vplyv na úsporu energie najmä v období chladenia a zároveň znižujú teplotu zastavaných miest.

UHI (Urban Heat Islands obr.1) – tepelné ostrovy sú definované ako zastavané plochy, ktoré majú vyššie teploty v porovnaní s vidiekom, resp. zazelenanou krajinou. Podľa mnohých štúdií vplyv tepelného ostrova negatívne ovplyvňuje nielen obyvateľov mestského prostredia, ale aj pridružené ekosystémy nachádzajúce sa ďaleko od miest. Tepelné ostrovy prispievajú k skleníkovému efektu, a teda ku globálnemu otepľovaniu. Jedna vec je jasná - každé väčšie mesto sa v lete stáva čoraz teplejšie a pravidelne láme teplotné rekordy.



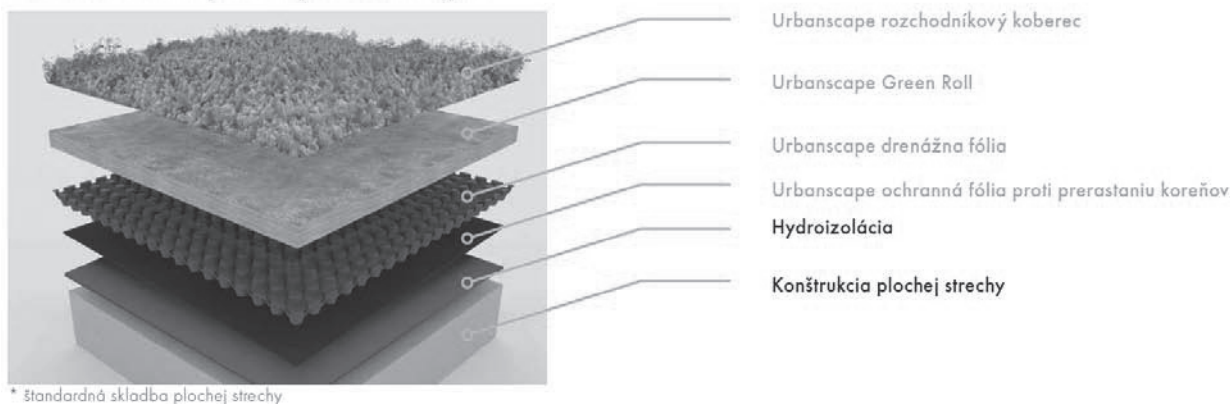
Obr. 1 Tepelné ostrovy nad zastavanou oblasťou [4]

Ako môžu zelené strechy pomôcť počas týchto prebiehajúcich horúčav v Európe? Chladienie vonkajších povrchov budov by malo byť prioritou všetkých mestských oblastí po celom svete a zelené strechy by sa mali stať jedným z najbežnejších nástrojov boja proti tepelným ostrovom. Preto je dôležité pochopiť, ako môžu zelené strechy chladiť vnútorné prostredie. Dva najkritickejšie prvky, ktoré potrebujeme, aby sme pochopili, ako a prečo zelené strechy zlepšujú výkonnosť striech a lepšie pôsobia proti účinkom tepelných ostrovov, sú tienenie a zadržiavanie atmosferických zrážok. Rastliny na streche poskytujú prirodzený tieň a zároveň odrážajú slnečné žiarenie od povrchu strechy. Zároveň zachytávajú určité množstvo vody, čo je základ evapotranspirácie, čím sa znižujú teploty vzduchu a vytvára sa chladiaci účinok na okolité prostredie. Preto sa musíme uistiť, že navrhne zelenú strechu, ktorá bude mať dostatok vody rozptýlenej v rastových médiách. Tým sa predĺži doba schnutia a strecha sa úplne nevysuší.

System extenzívnej zelenej strechy Urbanscape

Urbanscape® systém zelenej strechy je inovatívny, ľahký a jednoducho inštalovateľný systém s vysokou kapacitou zadržiavania vody, určený pre zelené strechy na bytových, nebytových a priemyselných budovách najmä v mestských oblastiach. Dáva novú hodnotu úlohe budov v rámci urbanistického plánovania. Systém extenzívnej zelenej strechy Urbanscape sa skladá zo štyroch základných vrstiev. Je to koreňová membrána, odvodňovací systém, špeciálny substrát z minerálnej izolácie GreenRoll a rozchodníkový koberec Sedum-mix. Výhodou rozchodníkového koberca je, že strecha je po aplikácii ihneď zelená a nie je potrebné čakať 1-2 roky kým sa rastlinky rozrastú.

Skladba zelenej strechy Urbanscape



Obr. 2 Skladba extenzívnej zelenej strechy Urbanscape

Výhody systému Urbanscape

Vďaka svojej nízkej hmotnosti, len 80kg/m^2 , v plne nasiaknutom stave je vhodný aj na staršie budovy a drevostavby. Aplikácia je možná na každú nosnú konštrukciu ako betónovú, tak aj oceľovú a drevenú. Dôležité je uvedomiť si, že podklad musí tvoriť kvalitne zhotovená hydroizolačná vrstva. Jednoduchá aplikácia Urbanscape znižuje realizačné náklady až o 30 % v porovnaní s tradičným riešením. Pretože extenzívne strechy sú takmer bezúdržbové a vo väčšine prípadov bez potreby závlahy, aplikácia je možná aj na budovy s komplikovanou dostupnosťou. Navyše, systém je bezpečný, pretože je overený na odolnosť voči vetru do 138 km/h a trieda reakcie na oheň substrátu z minerálnej vlny GreenRoll je A1.

Systém Urbanscape má navyše ďalšie environmentálne, ekonomické a sociálne benefity. Okrem toho, že znižuje vplyv UHI, v letných mesiacoch znižuje zaťaženie kanalizačných systémov o 70-95 %. Kanalizácie sa tak nepreplňujú a nedochádza k záplavám v mestských častiach. Zvýšená retencia strechy môže do budúcnosti znamenať úsporu na poplatkoch za odvod zrážkovej vody do kanalizácie. Ako každá zelená strecha, je prínosom najmä pri redukcii oxidu uhličitého v atmosfére, keďže môže každoročne zachytiť už na 1 m^2 až 5 kg CO_2 . Rastliny svojím povrchom nielen absorbujú oxid uhličitý, ale aj rôzne mikroskopické častičky zo znečisteného ovzdušia. Ročne to môže byť až $0,2\text{ kg}$ na m^2 zelenej plochy. Naakumulovaná voda v stavebnej konštrukcii priaznivo ovplyvňuje nielen okolitú atmosféru evapotranspiráciou, ale v letných mesiacoch znižuje potrebu chladenia vo vnútorných priestoroch pod strešnou konštrukciou. Napriek mylnej predstave, že rastliny svojimi korenkami ničia hydroizoláciu, opak je pravdou. Pokiaľ je povlaková krytina zrealizovaná správne a je zabezpečená odolnosť voči prerastaniu koreňov, zelená strecha vytvára „UV filter“ pred degradáciou hydroizolácie. Ukázalo sa, že zelené strechy majú trojnásobnú životnosť. Navyše rastliny neslúžia len ako kryt, ale dávajú streche prirodzený vzhľad, novú funkciu využiteľnosti strechy a navyše redukujú hluk v zástavbe.

Výpočet zrážkovej bilancie

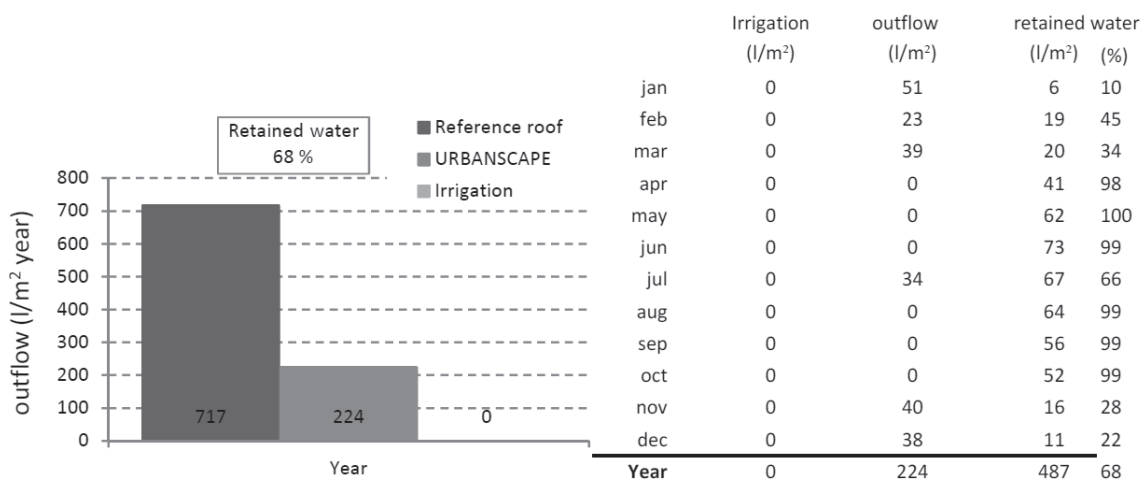
Ako navrhnuť vhodnú zelenú strechu na boj proti konštantným, prebiehajúcim tepelným vlnám a UHI? Univerzita v Ľubľane spolu s tímom Urbanscape zaradili hodnotenie výkonnosti Urbanscape Green Roof UHI do nástroja Urbanscape Performance Evaluation Tool (v skratke PET). Nástroj Urbanscape PET pomáha so správnym návrhom zelenej strechy Urbanscape s cieľom dosiahnuť maximálny potenciál redukcie UHI. PET softvér bol navrhnutý na meranie a definovanie výkonnosti zelenej strechy v rôznych klimatických zónach a nadmorských výškach.

Urbanscape Performance Evaluation Tool je založený na výsledkoch dvojročnej štúdie in-situ rôznych typov systémov zelenej strechy Urbanscape v rôznych klimatických podmienkach. Na základe výsledkov tejto rozsiahlej štúdie sme schopní definovať ekonomické a environmentálne výhody zelenej strechy z hľadiska:

- energetickej hospodárnosti v lete (chladiaci účinok),
- energetickej hospodárnosti v zime (tepelnizolačné vlastnosti),
- výkonnosti retencie dažďovej vody,
- výkonnosti pri znižovaní efektu tepelného ostrova.

Pre vzorový výpočet zrážkovej bilancie pre stavbu v lokalite Žilina sa navrhla štandardná skladba jednoplášťovej plochej strechy na betónovom strope s hrúbkou tepelnej izolácie 280 mm. Na streche sa uvažuje so skladbou Urbanscape s hrúbkou minerálneho substrátu GreenRoll 40 mm. Pri takejto skladbe je maximálny obsah zadržanej vody okolo 45 l/m², pričom sa neuvažuje so zavlažovacím systémom. Vstupné údaje sú nasledovné: úhrn zrážok pre lokalitu Žilina sa uvažuje 717 l/(m².rok), priemerná ročná teplota 8,7 °C, priemerná ročná relatívna vlhkosť 76 % a priemerná ročná intenzita slnečného žiarenia 1083 kWh/(m².rok).

Z výstupu vyplýva, že z 1 m² bežnej strechy je odvedených 717 litrov vody do dažďovej alebo verejnej kanalizácie, naproti čomu pri zelenej streche Urbanscape je to len 224 litrov ročne.



Obr. 3 Graf výslednej zrážkovej bilancie zo software Urbanscape PET

V období medzi aprílom až októbrom (s výnimkou júla) je zrejmé, že zelená strecha Urbanscape zadržala vo svojej konštrukcii a využila všetky prijaté zrážky, bez potrebného dodatočného zavlažovacieho systému.

Záver

Príspevok nemal cieľ ľudí vystrašiť, avšak zamyslieť sa dopredu nad správnym návrhom nielen tepelnizolačného obalu budovy ako takého, ale aj pridanej hodnoty v prostredí, v ktorom sa budova nachádza. Ak urobíme správny krok hneď na začiatku, nebudeme musieť riešiť konzekvencie vzniknuté nedostatočným časom na prípravu projektu. Extenzívne zelené strechy, ako aj systém Urbanscape, môžu prispieť výrazným podielom k udržateľnosti urbanizácie.

Literatúra

- [1] <https://www.un.org/development/desa/en/news/population/2018-revision-of-world-urbanization-prospects.html>
- [2] <https://population.un.org/wup/Country-Profiles/>
- [3] Jozef Pecho, Alexander Ač: Vplyv klimatických zmien na bývanie a užívanie budov; SKGBC 2016
- [4] Tepelné ostrovy, zdroj https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Urban_heat_island.svg, preložené do slovenského jazyka

ETICS S POUŽITÍM IZOLANTU Z FENOLICKÉ PĚNY

Oldřich Pozdílek¹; Václav Kratochvíl²

Abstract

The article describes the course of fire presentation of the external thermal insulation wall system using Kingspan Kooltherm® K5 Contact facade board from hardened phenolic foam. The presentation was performed on the basis of a test method according to ISO 13785-2 Fire-reaction tests for facades, Part 2: Large-scale test.

Příspěvek popisuje průběh požární prezentace vnějšího zateplovacího stěnového systému s využitím Kingspan Kooltherm® K5 Kontaktní fasádní deska z tvrzené fenolické pěny v systému společnosti Saint-Gobain Construction Products CZ a.s., divize Weber v prostoru požární zkušebny ve Veselí nad Lužnicí, PAVUS, a.s. Dne 27. září 2017 byla v požární zkušebně autorizované osoby PAVUS, a.s. provedena prezentace vnějšího tepelně izolačního kontaktního fasádního systému WeberTherm Plus Ultra (ETICS) s produktem Kingspan Kooltherm® K5 Kontaktní fasádní deska na bázi tvrzené fenolické pěny.

Předem je nutné zmínit, že tento systém je sám o sobě hodnocen třídou reakce na oheň B-s1, d0 s indexem šíření plamene po povrchu $i_s = 0 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ a byl již úspěšně otestován požární zkouškou středního rozsahu dle ČSN ISO 13785-1 při zátěži 100 kW po dobu 30 minut. Z toho vyplývající závěrem je, že systém může být aplikován na objekty s požární výškou do 22,5 m bez provedení požárních pásů tloušťky 900 mm ucelenou sestavou třídy reakce na oheň A1 nebo A2 (ČSN 73 0810 odstavec 3.1.3.3).

Nyní k vlastní prezentaci. Prezentace byla provedena na bázi zkušební metody podle podmínek ISO 13785-2 Zkoušky reakce na oheň pro fasády, Část 2: Zkouška velkého rozměru. Předmětem prezentace byl vzorek systému ETICS s otvorem v místě topeniště pece. Ve vzorku byly použity tepelněizolační desky na bázi tuhé fenolické pěny Kingspan Kooltherm® K5 Kontaktní fasádní deska tl. 140 mm.

Kingspan Kooltherm® K5 Kontaktní fasádní deska, technické vlastnosti:

Součinitel tepelné vodivosti λ_D	0,021 W/(m.K) (tloušťka <45 mm) 0,020 W/(m.K) (tloušťka 45-120 mm) 0,021 W/(m.K) (tloušťka > 120 mm)
Pevnost v tlaku	$\geq 100 \text{ kPa}$ při 10% deformaci
Faktor difuzního odporu μ	35
Objemová hmotnost	ca. 35 kg/m^3
Povrch	Textilie na bázi skla oboustranně
Jádro	Tuhá fenolická pěna
Rozměry plošné	1200 × 400 (mm)
Výrobní tloušťky	20-30-40-50-60-70-80-90-100 (mm) 120-140-160-180-200 (mm)
Úprava hran	rovná
Rozměrová stabilita	< 1 % (48h; -20,70, 70 °C; 90%r.v.)
Reakce na oheň	C, s2, d0 (B-s1, d0 v ETICS aplikacích)

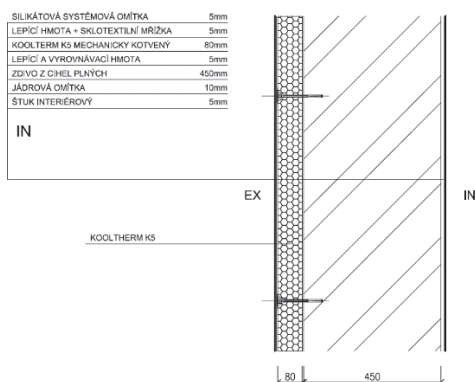
¹ Ing. Oldřich Pozdílek, Kingspan Insulation, Sokolovská 270, Praha 9, oldrich.pozdilek@kingspan.com

² Ing. Václav Kratochvíl, Ph.D., MBA, znalec

KINGSPAN KOOLTHERM K5 APLIKACE V ETICS

$$U = 0,219 \text{ W/m}^2\text{K} < 0,22 = U_{r \text{ SK}}$$

EX



Výrobce fasádních desek Kingspan Kooltherm® K5 Kontaktní fasádní deska je Kingspan Insulation B.V., Lorentzstraat 1, 7102 JH Winterswijk, Nederland.

Prezentace požární bezpečnosti zkušební tělesa proběhla v otevřeném laboratorním prostředí zkušebny dne 27. září 2017 za těchto povětrnostních podmínek:

- teplota okolního vzduchu 19 až 20 °C,
- relativní vlhkost vzduchu 54 až 64 %,
- rychlost větru 0,2 až 0,7 m/s,
- místní atmosférický tlak 977 hPa.

Montáž zkušební vzorku byla provedena firmou Saint-Gobain Construction Products CZ a.s., divize Weber, Praha, Česká republika. Zkušební těleso bylo zhotoveno na otevřeném prostranství požární zkušebny při okolní teplotě, vlhkosti vzduchu a při montáži bylo průběžně dle potřeby chráněno před povětrnostními vlivy. Následoval 30-ti denní proces zrání vzorku. Předmětem prezentace bylo ověření chování fasádního systému s cílem zjištění jeho stavu po dobu 30 minut při požárním namáhání energií 3 MW. Celý systém byl osazen termočlánky podle následujícího schématu, které je uvedeno v Protokolu o zkoušce reakce na oheň.

SCHÉMA ROZMÍSTNĚNÍ TC A DST NA ZKUŠEBNÍM TĚLESE



Legenda:

- T1 + T3 TC umístěny ve výšce 0,05 m nad okenním otvorem ZT
- T4 + T7 TC umístěny na povrchu ve výšce 4,0 m nad okenním otvorem ZT
- T8 + T11 TC umístěny ve středu tloušťky izolantu ve výšce 4,0 m nad okenním otvorem ZT
- T, 1, 8 DST umístěny na povrchu ve výšce 0,8 m nad okenním otvorem ZT
- 2 DST umístěn na povrchu ve výšce 1,8 m nad okenním otvorem ZT
- 3, 4, 5, 6 DST umístěny na povrchu ve výšce 3,8 m nad okenním otvorem ZT

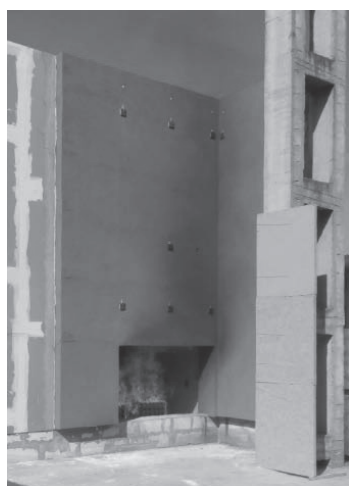
Prezentace probíhala podle podmínek zkušebních předpisů, to znamená u všech výrobkových sestav bez ohledu na výrobce a ukončuje se, jakmile horní okraj zkušebního tělesa extenzivně hoří plamenem nebo po 30 minutách; rozhodující je jev, k němuž dojde jako k prvnímu.

V průběhu prezentace bylo zjištěno, že fasádní systém splnil předpokládanou funkci tím, že v průběhu prezentace, tedy před koncem časového limitu 30 minut, nedošlo k výše uvedenému jevu „horní okraj zkušebního tělesa extenzivně hoří plamenem“. Dále nedošlo k plošnému šíření plamene po povrchu ani uvnitř vzorku a nedošlo k překročení limitních teplot vzorku během sledovaného časového rozpětí. Průběhy teplot jsou v Protokolu o průběhu zkoušky uvedeny takto:

Naměřené hodnoty teplot (°C) a vypočtené hustoty tepelného toku (kW/m²) na zkušebním tělese

Čas t (min)	TC umístěné na hlavní a boční stěně zkušebního tělesa										TC umístěné ve středu tloušťky izolace zkušebního tělesa					DST umístěné na hlavní a boční stěně zkušebního tělesa pro výpočet tepelného toku W									
	Teploty v 0,05 m (°C)					Teploty v 4,0 m (°C)					TC v 4,0 m					Tepelný tok W v 0,6 m a 1,6 m (kW/m ²)					Tepelný tok W v 3,6 m (kW/m ²)				
	T1	T2	T3	T _{prům}	T4	T5	T6	T7	T _{prům}	T8	T9	T10	T11	T _{prům}	7	1	8	2	W _{prům}	3	4	5	6	W _{prům}	
-2	34	36	34	35	38	39	42	46	41	26	26	25	23	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
-1	34	36	35	35	38	39	42	45	41	26	25	25	23	25	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
0	35	38	36	36	38	39	42	46	41	26	25	25	23	25	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
1	34	36	34	35	38	38	42	46	41	26	25	25	23	25	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
2	34	35	33	34	38	38	41	46	41	26	25	25	23	25	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
3	63	59	64	62	38	39	43	48	42	26	25	25	24	25	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	
4	86	94	108	96	39	43	48	55	46	26	25	26	24	25	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	
5	92	131	161	128	39	45	55	64	51	26	25	26	24	25	1	4	1	3	2	1	2	2	1	1	
6	105	165	223	164	41	54	69	81	61	26	25	26	24	25	2	7	1	4	3	1	2	3	2	2	
7	186	259	299	248	43	60	88	106	74	26	25	26	24	25	3	12	1	6	6	1	2	5	3	3	
8	346	390	485	407	47	72	122	149	98	26	25	26	24	25	6	23	1	11	10	1	3	7	6	4	
9	519	521	586	542	51	89	157	182	120	26	25	26	24	25	9	33	1	16	15	2	4	10	8	6	
10	509	640	748	632	55	104	183	214	139	26	25	26	24	25	11	42	2	22	19	3	6	14	11	8	
11	644	828	816	763	67	145	250	290	188	26	27	26	24	26	14	70	4	39	31	3	8	24	20	14	
12	633	792	809	745	75	167	306	345	223	26	31	26	25	27	16	72	7	44	35	3	10	25	22	15	
13	644	820	856	773	81	173	351	395	250	26	39	27	25	29	16	80	13	44	39	3	9	28	24	16	
14	681	837	884	801	88	188	445	579	325	26	47	28	26	32	18	89	27	51	46	3	10	29	27	17	
15	686	806	848	780	101	198	511	571	345	26	53	30	28	34	20	83	41	47	48	3	11	28	26	17	
16	728	838	861	809	110	207	523	598	360	26	58	33	31	37	23	94	60	48	56	3	9	30	28	18	
17	723	834	857	805	114	216	502	577	352	26	62	37	36	40	25	93	83	46	62	3	9	27	26	16	
18	752	822	855	810	114	223	509	581	357	26	65	42	42	44	25	94	85	43	62	3	8	26	26	16	
19	771	851	865	829	114	232	506	576	357	26	67	47	48	47	25	95	97	41	65	3	8	27	27	16	
20	714	836	841	797	113	236	494	546	347	27	69	52	54	51	23	84	107	36	62	3	7	22	23	14	
21	717	820	838	792	110	234	487	544	344	28	71	57	60	54	19	72	100	28	55	2	6	20	21	12	
22	711	794	822	776	110	241	481	537	342	29	73	61	64	57	18	71	98	28	54	2	7	19	20	12	
23	668	773	818	753	109	240	476	533	339	31	74	65	68	60	15	61	96	22	49	2	5	18	18	11	
24	656	748	794	733	108	237	465	518	332	33	75	68	71	62	12	52	98	19	45	2	5	15	16	9	
25	594	675	740	670	108	235	405	450	299	36	77	70	73	64	10	36	102	15	41	2	4	10	12	7	
26	550	646	709	635	107	230	407	462	302	38	78	72	75	66	8	30	91	12	35	2	4	9	10	6	
27	518	603	678	600	105	220	398	449	293	40	78	75	77	68	6	21	84	9	30	1	3	8	10	6	
28	486	521	633	547	105	218	389	444	289	42	79	77	79	69	6	19	84	9	29	1	3	8	9	5	
29	435	502	596	511	104	213	362	404	271	44	80	79	81	71	5	16	76	8	26	1	3	6	8	5	
30	408	498	594	500	103	207	357	400	267	46	80	80	83	72	4	15	65	7	23	1	3	5	7	4	

Začátek a konec časového intervalu 30 min. průběhu požární prezentace jsou prezentovány níže:



Lokálně vznikly na plošném povrchu omítky v oblasti kolem otvoru pece dvě kavery rozměru cca 100 x 100 mm v místech intenzivního šlehání plamene z otvoru pece a cca 100 mm délky v části nárožní hrany nadpraží otvoru pece, které je rovněž testem extrémně namáháno.

Oba tyto jevy potvrzují nutnost řešit v rámci vlastní montáže sestavy následující:

- v oblasti nároží nadpraží a ostění otvoru kontrolovat při montáži dokonalou celistvost nárožního systémového profilu včetně kvality nanášení povrchových vrstev a výztužné sklotextilie,
- v ploše kontrolovat při montáži tloušťku a celistvost povrchového tmelu, kvalitu provedení výztužné sklotextilie a tloušťku a celistvost povrchové systémové omítky,
- dodržet předepsané montážní postupy, zejména pak požadavky na povětrnostní podmínky a teploty vhodné pro provádění všech komponentů sestavy ETICS.

V článku byly použity materiály společnosti Kingspan Insulation B.V., Lorentzstraat 1, 7102 JH Winterswijk, Nederlands.

JAKÉ VLASTNOSTI BUDOU MÍT MINERÁLNÍ TEPELNÉ IZOLACE V ROCE 2050?

Marcela Kubů, Lukáš Zelem¹

Abstract

This article is focused on boundary conditions for calculation of design values of coefficient of thermal conductivity of mineral wool from declared values according to standard ISO 10 456, which was used as template for calculation. The boundary conditions are based on standard STN 73 0540 and on research of humidity of mineral wool and older measurements of mineral wool humidity via Association of mineral wool producers.

Úvod

Minerální vlna se jako izolační materiál ve stavebnictví používá už déle než 70 let. Výroba prvního čedičového vlákna byla zahájena už v roce 1954 v bývalém Československu, a to ve sklárně Nová Baňa. Výrobci své produkty neustále inovují, aby byly využitelné v co nejširším spektru odvětví, a je tedy logické, že za několik desetiletí dosáhly minerální izolace výrazných zlepšení, která se projevila nejen na jejich tepelněizolačních vlastnostech. Je přirozené, že i v budoucnu se charakteristiky izolací budou měnit a výrobci se budou snažit o jejich optimalizaci a přesné stanovení na základě jednoduchých, v praxi použitelných postupů. Abychom mohli alespoň částečně odhadnout budoucí vývoj, musíme se podívat do minulosti, na současný stav a také na budoucí požadavky. Dnes, když svět doslova prahne po energii, se klade vysoký důraz na energetickou náročnost budov. Hlavním kritériem pro obalové konstrukce je součinitel prostupu tepla U , který je přímo závislý na základní charakteristice tepelněizolačních materiálů, tj. na součiniteli tepelné vodivosti λ . Výrobci stavebních materiálů uvádějí jeho deklarovanou hodnotu λ_D , ale pro praxi je mnohem podstatnější správné určení návrhové hodnoty součinitele tepelné vodivosti λ .

Jaké minerální izolace se vyráběly v minulosti?

Evropské sdružení výrobců minerální izolace EURIMA provedlo ve spolupráci s výzkumným ústavem v Mnichově Forschungs Institut für Wärmeschutz e.V. celoevropský projekt [1] zabývající se tepelněizolačními a mechanickými vlastnostmi minerální izolace vyrobené, resp. zabudované ve stavbách před více než dvaceti lety. Z výsledků vyplynulo, že součinitel tepelné vodivosti minerální izolace je v reálných podmínkách na stavbě dlouhodobě lepší, než uváděly deklarované hodnoty.

Dále byl hodnocen obsah vlhkosti v minerální izolaci. Bylo prokázáno, že objem vlhkosti se pohybuje hluboko pod hranicí 1,0 % objemové hmotnosti. Bez nadsázky lze říci, že už před několika desetiletími uměli výrobci velmi přesně a s mírou bezpečnosti stanovit vlastnosti svých produktů.

Applikace	Typ izolace	Doba izolace na stavbě	Součinitel tepelné vodivosti λ [W/(m.K)]	
			Deklarová hodnota	Naměřená hodnota
Fasáda	Kamenná vlna	21 let	0,042	0,038
Plochá střecha	Kamenná vlna	25 let	0,040	0,037
Plochá střecha	Kamenná vlna	25 let	0,040	0,038
Provětrávaná fasáda	Skelná vlna	>30 let	0,032	0,032
Provětrávaná fasáda	Skelná vlna	33 let	0,035	0,032

Tab. 1 Tepelná vodivost dlouhodobě zabudovaných minerálních izolací, výzkum EURIMA, podrobnosti viz [1]

¹ Ing. arch. Marcela Kubů, Ing. Lukáš Zelem, PhD., Asociácia výrobcov minerálnych izolácií z.z.p.o., Račianska 88B, 831 02 Bratislava, info@mineralnaizolacia.sk

Jaké izolace se vyrábí dnes?

Abychom byli objektivní, musíme nejdříve popsat současné možnosti výpočtu tepelněizolačních charakteristik. Pro určení návrhové hodnoty součinitele tepelné vodivosti λ z deklarované hodnoty λ_D se využívají tři způsoby:

a) Stanovení návrhové hodnoty součinitele tepelné vodivosti λ prostřednictvím normy STN 73 0540-3, tabulky 16 [2]. Tento způsob určení ale považujeme v současné době a pro současně vyráběné výrobky za velmi nepřesný, protože mnoho moderních výrobků se v tabulce 16 nenachází. Navíc je nutné určit další vlastnosti materiálu, které obvykle nejsou k dispozici, jelikož je výrobcem nemusí deklarovat a především proto, že jsou zavádějící pro určení tepelněizolačních vlastností minerální izolace. Hlavním kritériem se tedy nestává základní tepelněizolační vlastnost materiálu, jakou je deklarovaná hodnota součinitele tepelné vodivosti λ_D , ale jeho objemová hmotnost ρ . Návrhová hodnota součinitele tepelné vodivosti λ je nadhodnocená na stranu bezpečnosti někdy i o více než 30 %, čímž se návrh stává značně neekonomický.

b) Stanovení návrhové hodnoty součinitele tepelné vodivosti λ prostřednictvím paušálního zhoršení jeho deklarované hodnoty λ_D o 7 až 10 % na základě empirických znalostí. Tento návrh se sice odvíjí od deklarované hodnoty součinitele tepelné vodivosti λ_D , avšak projektant není krytý normovým výpočtem.

c) Stanovení návrhové hodnoty součinitele tepelné vodivosti λ prostřednictvím přepočtu podle normy ISO 10 456 [3]. Takto stanovená návrhová hodnota součinitele tepelné vodivosti λ zohledňuje vliv teploty, vlhkosti prostředí, stárnutí výrobku a je dobrou aproximací reálného stavu, což potvrzuje i průměrné zhoršení deklarované hodnoty součinitele tepelné vodivosti o cca 11 %. Zároveň se jedná o normový výpočet, který poskytuje potřebnou oporu pro projektanty.

Stanovení návrhových hodnot součinitele tepelné vodivosti λ podle normy ISO 10 456 [3]

Norma ISO 10 456 určuje způsob stanovení návrhových hodnot součinitele tepelné vodivosti λ , který zohledňuje nejen deklarované hodnoty součinitele tepelné vodivosti, ale také vlhkost, teplotu a stárnutí materiálu. Přepočet je založený na převodním faktoru stárnutí a na převodních teplotních a vlhkostních faktorech podle vzorce (1):

$$\lambda = \lambda_D \times F_a \times F_T \times F_m \quad (1)$$

kde je λ - návrhová hodnota součinitele tepelné vodivosti [W/(m.K)];
 λ_D - deklarovaná hodnota součinitele tepelné vodivosti [W/(m.K)];
 F_a - převodní faktor stárnutí (-);
 F_T - převodní teplotní faktor (-);
 F_m - převodní vlhkostní faktor (-).

Stanovení převodních faktorů vyžaduje znalost minerálních izolací a jejich chování ve skladbě, nicméně norma nabízí poměrně jasný návod, jak hodnoty určit.

Převodní teplotní faktor F_T

Převodní teplotní faktor F_T je funkčně závislý na teplotě prostředí, ve kterém je daný tepelněizolační materiál zabudovaný, a na typu tepelněizolačního materiálu a je vyjádřením exponenciální funkce (2):

$$F_T = e^{f_t \cdot (T_2 - T_1)} \quad (2)$$

kde je f_t - převodní teplotní součinitel (1/K);
 T_1 - teplota prvního souboru podmínek (°C, K);
 T_2 - teplota druhého souboru podmínek (°C, K).

Převodní teplotní součinitel f_t

Převodní teplotní součinitel f_t je závislý na typu tepelněizolačního materiálu, který pro výrobky z minerální izolace dělíme do třech skupin na základě tuhosti materiálu – rouna,

rohože a volná vlákna/desky/tuhé desky. Převodní teplotní součinitelé f_t pro minerální vlnu jsou uvedeny v tabulce A.1 ISO 10456.

Teplota souboru podmínek T_1 a T_2

Pro stanovení hodnot T_1 musíme znát okrajové podmínky, za kterých byla stanovená deklarovaná hodnota součinitele tepelné vodivosti λ_D . Výrobci minerálních izolací hodnotu běžně dávají, lze tedy uvažovat:

$$T_1 = 10 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Pro stanovení hodnot T_2 musíme znát vnitřní návrhovou teplotu vzduchu v zimním období a povrchovou teplotu izolace na její teplé straně. Tuto hodnotu můžeme však stanovit s velkou rezervou na straně bezpečnosti podle průměrné měsíční venkovní teploty v otopném období. Hodnotu T_2 lze stanovit na základě výpočtu:

$$T_2 = \left(\frac{t_2 + t_1}{2} \right) = \left(\frac{20,0 \text{ } ^\circ\text{C} + 3,86 \text{ } ^\circ\text{C}}{2} \right) = 11,93 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Převodní vlhkostní faktor F_m

Převodní vlhkostní faktor F_m je funkčně závislý na vlhkosti prostředí, ve kterém je daný tepelněizolační materiál zabudovaný. Taktéž je vyjádřením exponenciální funkce buď prostřednictvím hmotnostní vlhkosti anebo objemové vlhkosti. V tomto případě uvažujeme s objemovou vlhkostí podle vztahu (3):

$$F_m = e^{f_\psi \cdot (\psi_2 - \psi_1)} \quad (3)$$

kde je f_ψ - převodní součinitel pro objemovou vlhkost (1/K);

ψ_1 - objemová vlhkost v prvním souboru podmínek (kg/m^3 , m^3/m^3);

ψ_2 - objemová vlhkost v druhém souboru podmínek (kg/m^3 , m^3/m^3).

Převodní součinitel pro objemovou vlhkost f_ψ a objemovou vlhkost v prvním souboru podmínek ψ_1 lze snadno stanovit z tabulek normy ISO 10 456.

Objemová vlhkost v druhém souboru podmínek ψ_2 již vyžaduje znalosti praxe a chování materiálů po zabudování do stavby. Tomuto tématu se však věnuje mnoho výzkumných prací, a i výrobci stavebních hmot sledují a měří chování po zbudování, tedy vliv vlhkosti.

Sorpce a zadržování vlhkosti ve struktuře tepelněizolačních materiálů se věnovali například M. Jerman a R. Černý [4]. Jedním ze závěrů studie bylo, že maximální objemová vlhkost vlivem 97 % relativní vlhkosti vzduchu byla přibližně $\psi_2 = 0,55 \text{ kg}/\text{m}^3 \approx 0,00055 \text{ m}^3/\text{m}^3$ pro materiály na bázi minerálních vláken.

Podobné výsledky byly získány také z měření CSI (Centrum stavebního inženýrství) pro Asociaci výrobců minerální izolace v ČR. Na jejich základě je možné stanovit maximální objemovou vlhkost $\psi_2 = 0,80 \text{ kg}/\text{m}^3 \approx 0,00080 \text{ m}^3/\text{m}^3$ vlivem sorpce materiálu s různou objemovou hmotností ρ .

Hodnoty sorpce vodní páry však dosahují relativně nízké úrovně, proto se na určení maximální objemové vlhkosti pro výpočet převodního vlhkostního faktoru F_m použily výsledky měření objemové vlhkosti materiálu zohledňující i kondenzaci vlhkosti. Kondenzací vlhkosti v tepelněizolačním materiálu na bázi minerálních vláken se věnovala práce T. Vrány a F. Björk [5]. Cílem bylo zjistit množství kondenzátu při teplotě exteriéru $-20 \text{ } ^\circ\text{C}$ a teplotě interiéru $20 \text{ } ^\circ\text{C}$ se 100 % relativní vlhkostí vzduchu interiéru. Z naměřených hodnot objemových vlhkostí je možné zobecnit maximální objemovou hmotnost v tepelněizolačním materiálu přibližně $\psi_2 = 10 \text{ kg}/\text{m}^3$ (přibližně $\psi_2 \approx 0,010 \text{ m}^3/\text{m}^3$) pro všechny typy tepelněizolačních materiálů na bázi minerálních vláken s různou objemovou hmotností.

Na základě uvedených skutečností je pro převodní vlhkostní faktor F_m a pro následný výpočet uvažovaná hodnota objemové vlhkosti materiálu pro druhý soubor podmínek jako:

$$\psi_2 = 0,025 \text{ m}^3/\text{m}^3$$

Tato hodnota objemové vlhkosti je stanovená jako 2 až 2,5 – násobné zhoršení výsledků udávaných z výzkumů, aby byl výpočet převodního vlhkostního faktoru F_m na straně bezpečnosti.

Převodní faktor stárnutí F_a

Na základě výsledků průzkumu Eurima lze převodní faktor stárnutí ve výpočtu uvažovat jako neutrální konstantu, která neovlivňuje výslednou hodnotu, tedy

$$F_a = 1$$

Shrnutí – tabulka návrhových hodnot součinitele tepelné vodivosti

Cílem naší snahy je korektní přepočítání deklarovaných hodnot součinitele tepelné vodivosti λ_D na návrhové hodnoty tak, aby byla zachována kvalita moderních tepelněizolačních materiálů na bázi minerální vlny a aby tento postup byl obecně využitelný pro všechny stavební hmoty i v budoucnu. Převodní tabulka je vytvořena z nejhorších, resp. nejvyšších návrhových hodnot součinitelů tepelné vodivosti pro jednotlivé deklarované hodnoty součinitele tepelné vodivosti. Jedná se o maximálně zjednodušenou verzi, která řeší problém se zařazením tepelněizolačních materiálů na bázi minerálních vláken. Samotný výpočet tepelného odporu R však bude na straně bezpečnosti.

Dekl. součinitel tepelné vodivosti	Návrhový součinitel tepelné vodivosti	Dekl. součinitel tepelné vodivosti	Návrhový součinitel tepelné vodivosti	Dekl. součinitel tepelné vodivosti	Návrhový součinitel tepelné vodivosti	Dekl. součinitel tepelné vodivosti	Návrhový součinitel tepelné vodivosti
λ_D	λ	λ_D	λ	λ_D	λ	λ_D	λ
W/(m.K)	W/(m.K)	W/(m.K)	W/(m.K)	W/(m.K)	W/(m.K)	W/(m.K)	W/(m.K)
0,030	0,033	0,034	0,038	0,038	0,042	0,042	0,047
0,031	0,035	0,035	0,039	0,039	0,044	0,043	0,048
0,032	0,036	0,036	0,040	0,040	0,045	0,044	0,049
0,033	0,037	0,037	0,041	0,041	0,046	0,045	0,050

Tab. 2 Zjednodušená převodní tabulka deklarovaných a návrhových hodnot součinitele tepelné vodivosti.

Budoucnost minerálních izolací ~ závěr příspěvku

Stanovení návrhových hodnot součinitele tepelné vodivosti λ podle STN 73 0540–3 (tab. 16 a 17) má za následek degradaci nejlepších a nových výrobků z minerální vlny plošně o více jako 20 %, v některých případech dokonce až o 39 %.

Přesto je předpoklad, že výrobci minerálních izolací budou svoje výrobky nadále inovovat, což může vést k zvětšení propasti mezi praxí a teorií. Abychom mohli v budoucnu navrhovat efektivní a ekonomicky optimální tloušťky izolací bude nutná změna přístupu v hodnocení jejich současné účinnosti s ohledem na budoucí trendy v průmyslové výrobě.

Literatura

- [1] Eurima, „European Insulation Manufacturers Association,“ Eurima, 2016. [Online]. Available: https://www.eurima.org/uploads/ModuleXtender/Publications/168/2017-02-21_EURIMA-55YearsOfUse_Info_Sheet_V08_final.pdf.
- [2] STN 73 0540 - 3 Tepelná ochrana budov. Teplenotechnické vlastnosti stavebních konstrukcí a budov. Část 3: Vlastnosti prostředí a stavebních výrobků. 2016.
- [3] STN EN ISO 10 456 Stavební materiály a výrobky. Tepelno-vlhkostné vlastnosti. Tabulkové návrhové (výpočtové) hodnoty a postupy na stanovení deklarovaných a návrhových hodnot tepelnotechnických veličin (ISO 10456: 2007). 2008.
- [4] M. Jerman a R. Černý, „Effect of moisture content on heat and moisture transport and storage properties of thermal insulation materials,“ Energy and Buildings, %1. vyd.53, pp. 39-46. 2012.
- [5] F. Björk a T. Vrána, „Frost formation and condensation in stone–wool insulations,“ Construction and Building Materials, %1. vyd.23, pp. 1775-1787. 2009.

BIOLOGICKÁ DEGRADACE TEPELNÝCH IZOLACÍ

Zuzana Rácová¹; Šárka Šilarová²

Abstract

In recent times, only a small part of new development's facades is constructed without a thermal insulation layer. Even the old development is being refurbished with a layer of added insulation. In some cases, an insulation system ETICS is being used, using this system leads to an increase of thickness of the thermal insulation. This paper is reviewing a range of thermal insulation systems (used on the exterior walls) with respect to their capability to promote or inhibit moulds growth. The discussion is focused on polymeric foams (PS), mineral fibres but also the more environmentally friendly materials such as hemp fibre, straw, paper etc. The latter organic material based materials are prone to harbour spores of moulds and therefore are potentially harmful for the inhabitants of such insulated buildings. This risk is further magnified due to the thermo-humidity cycle.

Úvod

Kontaminace stavebních materiálů mikroorganismy je problém, který se nevyhýbá žádným ze stavebních materiálů a to ani těm používaných jako tepelné izolanty.

Biologické napadení může být potenciálním rizikem jak pro samotnou konstrukci z hlediska statického, tak i estetického. Objekty jsou napadány bakteriemi, řasami, plísněmi apod. Problematika se však netýká jen historických staveb a biofilmu na kamenném zdivu, ale i novostaveb. Plísně nenapadají jen materiály jako omítky, sádkokartonové desky, ale i materiály na bázi dřeva a čedičových vláken [1, 2]. Z tohoto důvodu je potřeba najít vhodnou ochranu proti napadení těmito mikroorganismy. V současné době se jako ochrana stavebních materiálů před biologickými činiteli používají biocidní látky schválené Evropskou unií, došlo tedy k úpravě trhu s biocidy. Některé z dlouhodobě běžně používaných biocidů musely být modifikovány, aby nařízení vyhovovaly. Ideálně by měla být zvolena taková ochrana, která by nepředstavovala zdravotní riziko pro osoby a zvířata pohybující se v jejím okolí a nebyla ekotoxická. V předchozích studiích byly testovány jako možné biocidní substance přídatky iontů mědi, stříbra a zinku a nanočástice stříbra a diamantu [3].

Materiálová základna tepelně izolačních materiálů je velmi obsáhlá. Je tvořena jak materiály na čistě přírodní bázi (jako například izolační desky ze slámy, konopí apod.), tak i materiály průmyslově zpracovanými (polystyren, pěnové sklo, minerální vlákna atd.). Dalším pohledem na dělení tepelných izolací je z hlediska obnovitelnosti zdroje pro jejich výrobu. Příkladem izolantů z obnovitelných zdrojů je dřevovláknitá izolace, izolace ze slámy, konopí, ovčí vlákno, papír. Pokud bychom uvažovali, že odpadní skleněné střepy použijeme na výrobu pěnového skla, je možné ho teoreticky také zařadit do této skupiny. Ze zdrojů neobnovitelných se ve stavební praxi používají izolace jako minerální vlákno (čedič) a polystyren (ropa).

Pro ilustraci měnících se jednotlivých parametrů je v tabulce 1 uvedena skupina tepelných izolačních materiálů. Sjednocujícím parametrem izolantů je součinitel prostupu tepla $U = 0,25 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, což odpovídá doporučené hodnotě součinitele prostupu tepla pro budovy s převažující návrhovou vnitřní teplotou θ_{im} v intervalu 18 °C až 22 °C včetně pro vnější stěny (Normové hodnoty součinitele prostupu tepla jednotlivých konstrukcí dle ČSN 73 0540-2:2011 Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky) [4].

V tabulce jsou uvedeny vybrané materiály tepelných izolací, k nimž jsou přiřazeny fyzikální vlastnosti – objemová hmotnost, tepelná vodivost a doporučená hodnota součinitele prostupu tepla $U = 0,25 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Na základě těchto známých parametrů byla získána potřebná tloušťka tepelné izolace a hmotnost jednoho metru čtverečního této izolace.

¹ Ing. Zuzana Rácová, Katedra konstrukcí pozemních staveb, Fakulta stavební, ČVUT v Praze, Thákurova 7/2077, 166 29 Praha 6 – Dejvice, zuzana.racova@fsv.cvut.cz

² doc. Ing. Šárka Šilarová, CSc., Katedra konstrukcí pozemních staveb, Fakulta stavební, ČVUT v Praze, Thákurova 7/2077, 166 29 Praha 6 – Dejvice, silarova@fsv.cvut.cz

Tab. 1 Tepelné izolace a jejich parametry

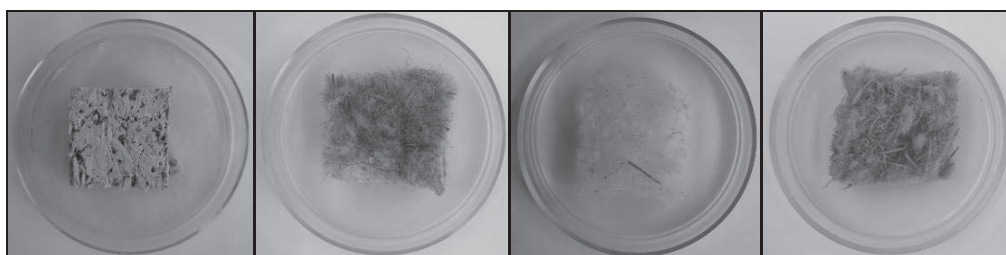
Materiál tepelné izolace	ρ [kg/m ³]	λ [W/(mK)]	U [W/(m ² .K)]	d [m]	Hmotnost 1m² [kg/m ²]
Expandovaný polystyren	25	0,036	0,25	0,14	3,60
Minerální vlna	60	0,036		0,14	8,64
Skleněná vlna	20	0,040		0,16	3,20
Pěnové sklo	100	0,036		0,14	14,00
Dřevěná vlna	75	0,043		0,17	12,90
Celulóza	55	0,040		0,16	8,80
Ovčí vlna	30	0,040		0,16	4,80
Sláma	150	0,064		0,26	38,40

Z výše jmenovaných biodeteriogenům byla jako hodnotící kritérium pro tuto studii zvolena skupina plísní. A to především díky rychlosti růstu a snadnějšímu monitoringu růstu a identifikovatelnosti přítomných kmenů. Předkládaný příspěvek je zaměřen na analýzu vzorků izolantů odebíraných in-situ a také laboratorní experiment srovnávající tepelně izolační materiály vzhledem k náchylnosti na růst a rozvoj plísní.

Metodika

První část studie je zaměřena na analýzu vzorků tepelných izolantů in-situ odebraných z bytových objektů ve středních Čechách. Odběr vzorků byl proveden jako stěr sterilním tamponem z plochy izolačního materiálu o velikosti 100 x 100 mm po odstranění finálního omítkového souvrství. Analyzovanými materiály byly expandovaný polystyren a minerální vlákna. Vzorek byl následně přenesen do Petriho misky na sterilní kultivační půdu (121 °C, 20 minut). Byl použit agar podle Czapka Doxe (OXOID, Velká Británie). Kultivace kmenů přítomných mikroskopických vláknitých hub (plísní) probíhala v inkubátoru při teplotě 23 ± 3 °C po dobu 10 dnů. Byl sledován růst plísní a procento pokrytí plochy agaru plísněmi.

Pro další experiment byly použity tepelné izolace uvedené v tabulce 2 (jednotlivé typy dřevovláknitých desek se liší způsobem výroby a objemovou hmotností rostoucí od I do III, mechanickou pevností a odolností). Z izolačních desek byly zhotoveny vzorky o rozměrech 30 x 30 mm. Čtvercové vzorky izolací byly bez další úpravy umístěny do sterilních skleněných krystalizačních misek se sladivým agarem (OXOID, Velká Británie). Misky byly umístěny do inkubátoru při teplotě 23 ± 3 °C po dobu 30 dnů. Příklad uspořádání vzorku je uveden na obrázku 1. Byl sledován růst plísní a procento pokrytí plochy agaru plísněmi. Po kulvací proběhla identifikace na základě signifikantních znaků pozorovaných pod optickým mikroskopem Olympus BX41 a srovnáním s identifikačními klíči [5, 6, 7]. Růst plísní na vzorcích izolací byl sledován pod mikroskopem a vizuálně. Stupnice použitá pro hodnocení růstu v obou studiích byla následující: 1' - ojedinělý růst viditelný pouze pod mikroskopem, 1 - růst viditelný pouze pod mikroskopem, 2 - růst viditelný pouhým okem, pokrývající méně než 25 % povrchu, 3 - růst viditelný pouhým okem, pokrývající méně až 50 % povrchu, 4 - značný růst pokrývající více než 50 % povrchu [8].



Obr. 1 Vzorky tepelných izolací; zleva konopný beton, len, ovčí vlna, dřevovláknno

Tab. 2 Tepelné izolace a monitoring růstu plísní

Tepelná izolace	Den po inokulaci							
	2	6	10	14	18	22	26	30
Minerální vlna	0	0	1'	1	2	2	3	3
EPS	0	0	1'	1'	1	1	2	3
Konopný beton	0	0	0	0	0	0	1'	1'
Len	0	1'	1	1	2	2	2	2
Ovčí vlna	0	0	0	1'	1	1	1	2
konopí s bico vláknem	0	0	1'	1'	1	2	2	2
Konopí s kukuřičným škrobem	0	1'	1	2	2	2	3	3
Dřevovláknno I	0	0	1'	1	2	2	3	3
Dřevovláknno II	0	0	0	1'	1'	1	2	2
Dřevovláknno III	0	0	0	0	1'	1'	1	2
Sláma	0	1'	1	2	2	3	3	3
Papír	0	0	1'	1'	1	2	2	2

Výsledky

Výsledkem první z prováděných studií, kdy byly prováděny stěry z tepelných izolací ve stávajících kontaktních zateplovacích systémech, hovořily jasně ve prospěch izolace z polystyrenových desek. Ve vzorcích opatřených z izolací z polystyrenu i minerální vlny byly identifikovány následující kmeny plísní: *Alternaria sp.*, *Cladosporium sp.*, *Mucor sp.*, *Aureobasidium sp.* a *Fusarium sp.* Po deseti dnech od počátku kultivace vzorků bylo vyhodnoceno procento pokrytí povrchu agarů v Petriho misce. Vzorky z minerální vlny dosahovaly v průměru stupně 4, což odpovídá pokrytí plísněmi více než z 50 %. Misky se vzorky opatřené z polystyrenových desek byly v průměru hodnoceny stupněm 3. Jinými slovy plísně byly viditelné pouhým okem a pokrývaly méně než z 50 %.

Při laboratorním monitoringu růstu plísní na tepelných izolacích v krystalizačních miskách byla potvrzena přítomnost těchto kmenů plísní: *Alternaria sp.*, *Penicillium sp.*, *Aspergillus sp.*, *Cladosporium sp.*, *Mucor sp.*, *Aureobasidium sp.* a *Fusarium sp.* U vzorků s podílem dřevěné složky byla identifikována i *Trichoderma sp.*

Průběh rozvoje plísní v čase na povrchu jednotlivých izolací je zachycen v tabulce 2. První pozorovatelný růst plísní pod mikroskopem byl pozorován u vzorků z ovčí vlny, konopné izolace s kukuřičným škrobem a slámy. Nejdéle růstu plísní odolával vzorek z konopného betonu.

Závěr

Z uvedených výsledků vyplývá, že ani jeden typ izolačního materiálu není zcela imunní vůči rozvoji plísní. Na základě analýzy vzorků izolantů odebíraných in-situ a výsledků laboratorních experimentů nelze tedy doporučit bez znalosti podmínek na stavbě jeden izolant. Pro volbu konkrétního izolačního materiálu je nutné zohledňovat více faktorů včetně jeho umístění na fasádě a typu stavby, tepelný odpor materiálu, jeho mechanickou a požární odolnost, šetrnost materiálu k životnímu prostředí, manipulaci, cenu apod.

Positivní výsledky ve prospěch polystyrenu mohou být zkresleny v důsledku rozdílné orientace fasád, z nichž byly vzorky odebírány a také skutečnost, že minerální vlákna vykazovala již během odběru zvýšenou vlhkost, což je jeden z důležitých faktorů ovlivňující rozvoj plísní v materiálu.

Identifikované druhy v obou z prezentovaných studií patří mezi běžně se vyskytující plísně. Pro zdravého jedince by neměla být krátkodobá expozice těmto plísním nebezpečná. Dalším výstupem obou studií je potvrzená vyšší náchylnost materiálů na rostlinné bázi oproti izolaci z ovčího vlákna, minerální vlně nebo polystyrenu. Výsledek odolnosti konopného betonu byl podpořen vyšší hodnotou pH materiálu.

Je nutné zmínit, že vzorky byly během experimentu vystaveny ideálním podmínkám pro rozvoj plísní (zvýšená vlhkost vzduchu, teplota a dostatek živin). Takovým podmínkám není materiál na stavbě běžně vystaven, ale je nutné předcházet výskytu plísní především zabráněním kontaktu materiálu před i po zabudování zvýšené vlhkosti (vzdušné i zkondenzované) nebo s dešťovými srážkami.

Poděkování

Příspěvek vznikl za podpory Studentské grantové soutěže ČVUT v Praze SGS19/144/OHK1/3T/11.

Literatura

- [1] Rácová, Z. - Ryparová, P.: Závislost výskytu plísní na relativní vlhkosti na různých typech materiálů, Sborník konference Nanomateriály a nanotechnologie ve stavebnictví 2016, Praha (2016) 108 - 112.
- [2] Rácová, Z. - Richter, J. - Staněk, K. - Ryparová, P.: Sorption Properties and Susceptibility to Mould Growth of Wood-Based Materials Used in Modern Crawl Spaces. In CESB 2016 - Central Europe Towards Sustainable Building 2016: Innovations for Sustainable Future. Praha: GRADA PUBLISHING, 2016. pp. 1264-1271.
- [3] Rácová, Z. - Tichá, P. - Ryparová, P.: The Biocidal Protection of Timber by Polyvinyl Alcohol Nanofiber Textiles Doped by Silver Ions, NANOCON 2016 Conference Proceedings. Ostrava: TANGER (2017) 246-250.
- [4] ČSN 73 0540-2:2011 Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky
- [5] Fassatiová, O.: Plísně a vláknité houby v technické mikrobiologii, Státní nakladatelství technické literatury, 1979, Praha
- [6] Olaf C. G. Adan, Robert A. Samson, Fundamentals of mold growth in indoor environments and strategies for healthy living, Springer Science & Business Media (2011)
- [7] Sorensen, W. G.: Fungal spores: hazardous to health, Environ. Health Perspect. 107 (1999) 469-472
- [8] ČSN EN ISO 846 Plasty – hodnocení působení mikroorganismů

EXPANDOVANÝ POLYSTYRÉN A OBEHOVÉ HOSPODÁRSTVO

Ing. Marta Strapková¹, Ing. František Vörös²

Abstract

The transition to a more circular economy, where the value of products, materials and resources is maintained in the economy for as long as possible, and the generation of waste minimized, is an essential contribution to the EU's efforts to develop a sustainable, low carbon, resource efficient and competitive economy. Such transition is the opportunity to transform economy and generate new and sustainable competitive advantages for Europe.

EPS is collected through a Europe-wide network of collection points, organized both by local authorities and commercial enterprises. Recycling saves money, energy and reduces the impact on the environment. In most EU countries, EPS is not considered waste, but a valuable resource. Producers of EPS have used integrated chain management principles for decades.

Úvod

Od roku 1941, kedy bol v americkej firme DOW vyrobený prvý expandovaný polystyrén technológiou vytlačania (XPS) a následne v roku 1950 v nemeckej firme BASF vyrobený prvý expandovateľný (EPS) polystyrén vo forme guľičiek so 6 – 7 % nadúvadla, ktorý bol následne procesom predpeňovania a vypeňovania na tvarovky alebo bloky EPS, sa vyšplhala svetová produkcia spotreby týchto ľahčených polymérov k hodnote 8 mil. ton za rok [1]. V Európe sa v súčasnosti spotrebováva ročne 1,8 mil. ton EPS, 0,5 mil. ton XPS a 0,1 mil. ton XPS vo forme fólií. V SR sa jedná o 31 tis. ton EPS, a neznáme množstvo XPS fólií. Do roku 2022 sa prognózuje každoročný rast spotreby expandovaných polystyrénov o 3,7 %. Typickou vlastnosťou expandovaného polystyrénu (EPS) je nízka objemová hmotnosť v rozmedzí 10 - 35kg/m³, spôsobená bunkovou štruktúrou polystyrénu s obsahom 95 – 98 % vzduchu.

Aplikácie

Hlavnými aplikačnými segmentami pre EPS v Európe sú obaly s podielom 25 % a tepelné izolácie pre stavebníctvo s podielom 74 %. Zostávajúci podiel sa týka aplikácií ako napr. ochranné helmy, detské autosedačky, modely pre domácich majstrov a výplne do sedadiel. XPS dosky sa spotrebovávajú výhradne v stavebníctve a XPS fólie výhradne v obaloch na potraviny.

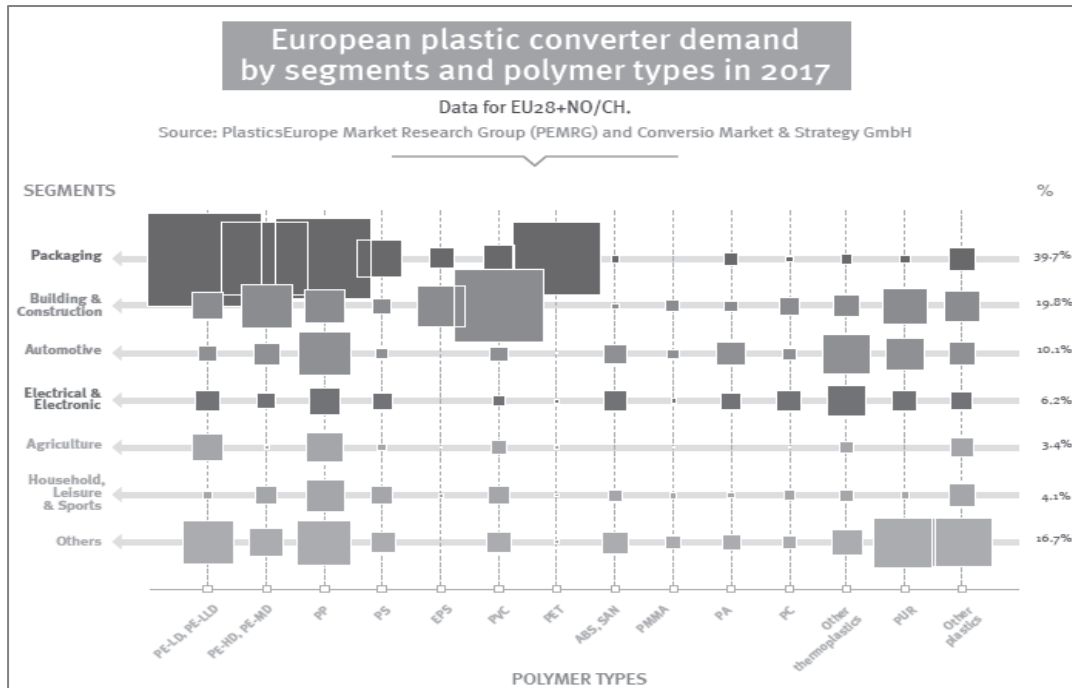
Ešte v roku 1990 sa vyrábalo vo svete 35 tis. ton EPS, v roku 2010 to už bolo 5 mil. ton. Dynamický rast spotreby je zviazaný s rozvojom aplikácií ako izolačného materiálu v stavebníctve. Prvý zateplený dom sa realizoval v roku 1959 v Berlíne s hrúbkou EPS 40 mm.

Aplikácie v stavebníctve vyžadujú potrebu znížiť horľavosť prídavkom retardéra horenia. Do roku 2015 sa používal v Európe ako retardér horenia hexabromocyklohexán (HBCDD), ktorý bol v rámci tzv. Štokholmskej dohody zaradený medzi perzistentné organické látky. V predstihu, konkrétne od 1.7.2015, prešiel jediný výrobca suroviny EPS v ČR - firma Synthos Kralupy a od 1.1.2016 všetci členovia Združenia EPS SR na výrobu a spracovanie suroviny s iným, ekologickým retardérom horenia [2]. Odpady z týchto EPS bude možné recyklovať, aj skládkovať. Staršie EPS a XPS s obsahom HBCDD nemožno recyklovať ani skládkovať, musia sa likvidovať energeticky. Avšak vzhľadom k tomu, že

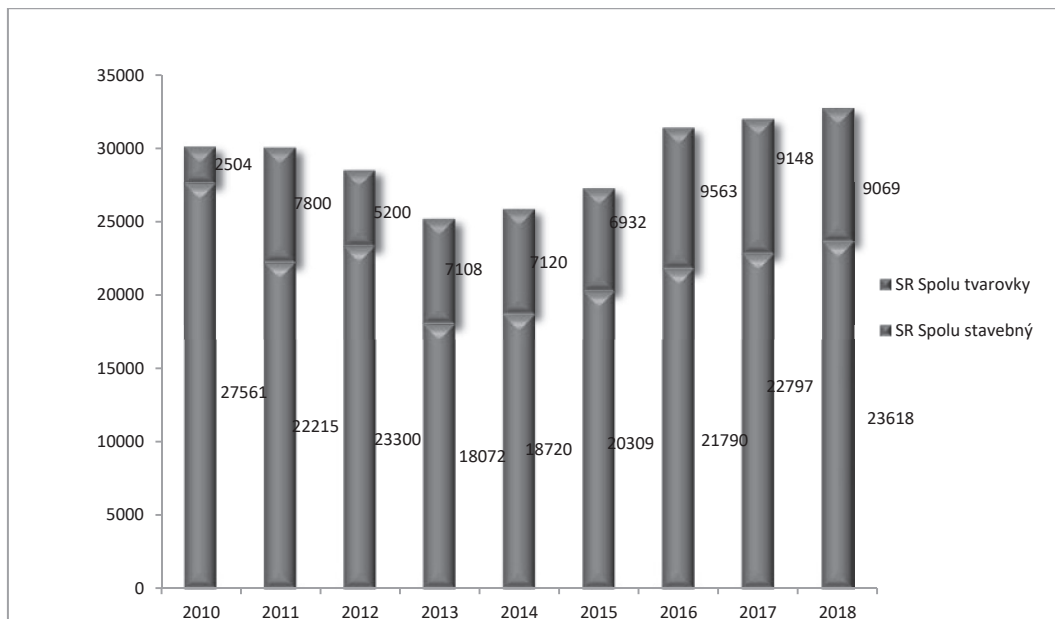
¹ Ing.Marta Strapková, Združenie EPS SR, Fraňa Mojtu 23, 949 07 Nitra, e-mail: info@epsr.sk

² Ing.František Vörös, Sdružení EPS ČR, Na Cukrovaru 74,27801 Kralupy nad Vltavou, info@epsr.cz

využitie aplikácií EPS s HBCDD v rámci zatepľovania s ETICS začalo vo väčšom rozsahu až po roku 1990 a životnosť týchto tepelných izolácií je min. 50 rokov, možno očakávať väčšie množstvo demolácií EPS s obsahom HBCDD až po roku 2040.



Obr. 1 – Spotreba plastov v EÚ podľa aplikácií



Obr. 2 – Spotreba EPS v SR v oblasti stavebníctva a obalov. Zdroj Združenie EPS SR

V sektore obalov je aplikovaný EPS vo forme ľahkých tvaroviek, napr. ako prepravky pre morské produkty, ďalej ako ochranné obaly pre citlivý tovar, najmä elektronické prístroje. V týchto aplikáciách sa používa EPS bez retardéra horenia, ktorý je odsúhlasený aj pre aplikácie pre styk s potravinami. Laická, ale bohužiaľ aj odborná verejnosť si často

zamieňajú expandovaný polystyrén (vyrobený z guľčiek) s polystyrénom XPS, ktorý je vyrobený vytlačáním a následne tepelne tvarovaný napr. na boxy na potraviny. Takýmto spôsobom sa EPS dostal menovite ako jediný typ plastov medzi tzv. jednorazové plastové odpady znečisťujúce pláže a moria a k následnému zákazu používania [3].

Využitie odpadov

V rámci udržateľného vývoja komodity sa členská základňa EPS už niekoľko rokov venuje problematike využitia EPS po skončení životnosti. Tento produkt patrí medzi 100% recyklovateľné plasty, ak neobsahuje prímеси. Má pridelený recyklačný trojuholník s číslom 6. V roku 2011 zadala asociácia EUMEPS prvý prieskum výskytu EPS odpadov v členských štátoch a pokračovala v roku 2017, kedy agentúra Conversio vykonala celoeurópsky prieskum. Zo štúdie spoločnosti Conversio [6] "Post-Consumer Waste Generation and Management in European Countries" zo 6.7.2018 vyplýva, že v EÚ bolo celkom vytriedených 527 tis. ton EPS odpadov, z toho 388 tis. ton bolo z obalových aplikácií, zvyšok zo stavebných aplikácií. Energeticky bolo využité 40 % odpadu, 33 % bolo skládkovanie a 27 % sa recykluje (13 % ako EPS, 14 % ako PS). Celkom 7 krajín EÚ recykluje viac ako 30 % EPS odpadov, priemer za EÚ je 27 %, SR je pod priemerom s 24 %.

Dňa 11.1.2018 podpísali v Bruseli 4 signatári, vrátane Plastics Europe, dobrovoľný záväzok na prevenciu a spôsob využitia plastových odpadov na zlepšenie životného prostredia [4]. V rámci platformy SCS - Styrenics Circular Solutions sa zamerajú aj na prevenciu úniku plastových granúl z výroby, z distribúcie a spracovania plastov, ďalej k nulovému skládkovaniu plastov a na zvýšenie podielu recyklácie, vrátane recyklácie chemickou cestou.

Dobrovoľný záväzok

V auguste 2018 sa konalo v Miláne zasadnutie Európskej asociácie výrobcov a spracovateľov EPS - EUMEPS a národných asociácií, kde sa prijal „Dobrovoľný záväzok výrobcov EPS a jeho spracovateľov v rámci asociácie EUMEPS“ [5]. Následne bol dokument zaslaný na prejednanie v EK, ktorá 3.3.2019 spracovala správu, z ktorej vyplýva, že bolo podaných 70 „Dobrovoľných záväzkov“ od rôznych Združení. Celkovo sa stanovil cieľ do roku 2025 zrecyklovať 10 miliónov plastových odpadov. Problémom však je, že tento záväzok je zatiaľ len na uplatnenie 6,4 mil. ton recyklátu.

Na splnenie tohto sľubu EUMEPS kladie požiadavky rôzneho druhu na EÚ a národných zákonodarcov. To, či EÚ i národné authority podmienkam združenia vyhovejú a nebudú regulovať používanie produktov z EPS, sa momentálne nedá predpovedať. Čo ale EÚ sľubuje, je podpora so vzbudením záujmu po recyklátoch, keďže dopyt je v súčasnosti nižší ako ponuka. Medzi hlavné príčiny patrí napríklad nedôvera k materiálovej čistote a nezávadnosti, či nedostatočné finančné výhody. Očakávajú sa zmeny v úprave niektorých protichodných zákonov, ako aj poskytnutie nových nástrojov v rámci hodnotenia kvality recyklovaných materiálov, či ekonomické stimuly.

Jedným z členov EUMEPS je aj slovenské Združenie EPS SR, ktoré už začalo podnikať prvé kroky pre dosiahnutie odvážneho recyklačného cieľa. Predpokladá, že v roku 2025 by mohol podiel recyklácie na Slovensku dosiahnuť viac ako 50 % a to v oblasti obalového expandovaného polystyrénu, ako aj stavebného. Na Slovensku už aj v súčasnosti existuje viacero príkladov dobrej praxe na efektívne nakladanie s EPS odpadom.

Konkrétne výsledky EUMEPS sú v nasledujúcej tabuľke.

Tab. 1 – Dobrovoľný záväzok EUMEPS

Zdroj EPS odpadu	Poly-mér	Zdroj informácií	Závä-zok (%)	Celkové množstvo (tony)		Kvalita	Zapojené nové technológie
				Odpad EPS	Recyklo-vané		
Izolačné obaly, napr. fish boxy	EPS	Štúdia Conversio 2017	50%	140 000	70 000	Vysoká kvalita EPS	Potenciál kvality na styk s potravinami (EPS SURE)
Ochranné obaly	EPS	Štúdia Conversio 2017	50%	230 000	115 000	Štandardná kvalita EPS	
Stavebné demolácie	EPS-FR	Odhad trhu v roku 2025	27%	150 000	40 000	Vysoká kvalita EPS	PolyStyrene Loop-odstránenie HBCD a recyklácia brómu a chemická recyklácia
Nové budovy a obnova budov	EPS-FR	Štúdia Conversio 2017	80%	40 000	32 000	Štandardná kvalita EPS	
Cestné staviteľstvo; Nové budovy a demolácie	EPS		90%				
Celkom			46%	560 000	257 000		

Súčasťou plnenia ambiciózneho cieľa je vytvorenie spolupráce Združenia EPS SR s neziskovou organizáciou - Inštitút cirkulárnej ekonomiky. Cieľom spolupráce je v prvom kroku zabezpečiť transparentnosť údajov a informácií o množstvách EPS, ako množstvo vyrobeného tak aj recyklovaného materiálu a potenciál splnenia cieľa obehovosti na slovenskom trhu. Jedným z výstupov bude návrh, ako zefektívniť zber a dopravu materiálu k spracovateľom, napríklad od zberných dvorov. Ďalej bude potrebné zadefinovať bariéry a potencionálne výzvy v tejto oblasti.

Jednou z ďalších významných prekážok na zavedenie triedeného zberu odpadového EPS je, že v právnej úprave SR a aj EÚ sa problematika EPS rieši všeobecne v rámci plastov. V katalógu odpadov neexistuje samostatná kategória (a katalógové číslo) pre EPS. Z toho dôvodu národné štatistiky neobsahujú údaje o vzniku, zbere a recyklácii odpadového EPS. Preto je prvoradé vyčísliť a transparentniť materiálové toky EPS. To by sa malo udiť s pomocou legislatívnych nástrojov, ale aj Združenia EPS SR, a spolupracou s INCIEN. Bez štatistických údajov je ťažké sledovať tento prúd odpadov a prijímať opatrenia na zlepšenie nakladania s ním, či už organizačné alebo finančné.

Záver

V rámci dobrovoľného záväzku sa asociácia EUMEPS prihlásila k zvýšeniu podielu recyklovaného EPS na 46 % do roku 2025. Združenie EPS SR bude v rámci svojho Dobrovoľného záväzku na dosiahnutí tohto cieľa intenzívne spolupracovať.

Literatúra

- [1] Vörös, F., Udržiteľné plasty: Polystyreny, plasty a kaučuk, 49, 2012, č. 3, s. 63
- [2] Vörös, F. F., Jak naložit s odpadním polystyrenem ze stavebních aplikací v souladu s platnou legislativou, Odpadové fórum 19, 2018, č. 3, s. 20
- [3] Vörös, F., Legislativa k odpadním plastům ignoruje fakta, www.prumyslovaekologie.cz, 16.2.2019
- [4] www.plasticseurope.org: Plastics 2030 – Plastics Europe’s Voluntary Commitment to increasing circularity and resource efficiency
- [5] Csefalvayová, P., Dobrovoľný záväzok voči EÚ: Expandovaný polystyrén sa môže stať plne obehovým plastom, www.asb.sk

MOŽNOSTI VÝVOJE TEPELNĚ IZOLAČNÍCH MATERIÁLŮ NA BÁZI DRUHOTNÝCH SUROVIN POUŽITELNÝCH V ZATEPLOVACÍCH SYSTÉMECH STAVEBNÍCH KONSTRUKCÍ

Jiří Zach¹; Vítězslav Novák²; Petra Zachová³; Pavel Třísko⁴

Abstract

The need for the use of thermal insulation materials for building insulation together with the growing demands for thermal protection of buildings is constantly increasing. From the perspective of sustainable development in the construction industry and in terms of reducing CO₂ emissions, it is also necessary to look for technologies and products using easily renewable and secondary raw materials in the field of thermal insulation materials. In the field of thermal insulation of external cladding of building structures, especially in the use of external thermal insulation composite systems ETICS, it is quite complicated to use alternative insulations, since these insulation usually do not satisfy the required reaction-to-fire properties, and usually show high water absorption. The paper describes the results of the development of new types of fibrous thermal insulation based on recycled textile fibers with improved reaction to fire values and reduced water absorption, which can be used for thermal insulation of buildings with lower fire height.

Úvod

Tepelně izolační materiály jsou součástí všech novodobých stavebních konstrukcí v oblasti občanské výstavby. Jejich spotřeba meziročně stále stoupá [1]. Vzhledem, ke stále zpřísňující se evropské legislativě [2,3,4] dochází i ke změnám v legislativních předpisech států EU, včetně České republiky i Slovenska. Dochází ke zvyšování požadavků v oblasti tepelné ochrany budov a změnám v oblasti environmentální požadavků na stavební materiály do konstrukcí zabudovávaných, včetně změn v oblasti nakládání s odpady. Z těchto důvodů začíná být i v oblasti tepelně izolačních materiálů snaha o využívání alternativních surovin a dochází tak k vývoji nových stavebních materiálů na bázi druhotných a snadnoobnovitelných surovin.

Využití alternativních tepelně izolačních materiálů při zateplování stavebních konstrukcí je však (s přihlédnutím k současným požadavkům na stavební konstrukce i zateplovací systémy) poměrně složité. V případě organických izolantů na bázi druhotných surovin je základním problémem vysoká nasákavost a často také reakce na oheň v třídě F, kdy tyto dvě vlastnosti nedovolují využít tyto izolanty při izolaci z vnější strany obvodového pláště. Z pohledu požadavků ČSN 73 0810 [1] je nutné pro použití izolantů při zateplení alespoň jednopodlažních budov dosáhnout třídy reakce na oheň E nebo vyšší. Z pohledu tepelně izolačních vlastností jsou však izolanty na bázi druhotných surovin velice zajímavé, především izolanty vyráběné z recyklovaných textilních vláken. Tyto izolanty je možné vyrábět v relativně nízkých objemových hmotnostech ve srovnání s minerálně vláknitými izolanty a při správné volbě složení a výrobní technologie mohou tyto izolanty vykazovat i lepších tepelně izolačních vlastností než minerálně vláknité izolanty (hodnota součinitele tepelné vodivosti může být rovna až 0,03 W/(m.K)) [5].

¹ doc. Ing. Jiří Zach, Ph.D., Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Veveří 95, 602 00 Brno, zach.j@fce.vutbr.cz

² Ing. Vítězslav Novák, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Veveří 95, 602 00 Brno, novak.v@fce.vutbr.cz

³ Ing. Petra Zachová, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Veveří 95, 602 00 Brno

⁴ Ing. Pavel Třísko, RETEX a.s., U Nádraží 894, 672 01 Moravský Krumlov, trisko@retex.cz

Vývoj izolačních materiálů na bázi textilních vláken

Předmětem společných výzkumných prací VUT v Brně a firmy RETEX, a.s. byl vývoj izolačních materiálů na bázi druhotných textilních vláken pocházejících, jak z recyklovaných oděvů, tak i z recyklovaného technického textilu. V rámci vývoje izolačních materiálů byla navržena řada receptur textilních izolací s velmi dobrými tepelně izolačními vlastnostmi, bylo zjištěno, že nejperspektivnější cestou k výrobě izolačních materiálů optimálních vlastností je využití směsi přírodních (bavlněných) a syntetických vláken (polyesterových), a to, jak z pohledu ceny, tak i z pohledu výsledných užitných vlastností. Jedním z hlavních výzkumných úkolů je však vývoj technologie modifikace vláken tak, aby bylo dosaženo snížení nasákavosti a zlepšení reakce na oheň výsledného izolantu. Pro tyto výzkumné práce byly zajištěny vzorky primární a recyklované bavlny, a dále vzorky recyklovaných polyesterových vláken.

Pro požární zkoušky byla zvolena primární bavlna a směs recyklované bavlny a polyesteru s převažujícím podílem bavlny (recyklované oděvy s podílem bavlny k polyesteru cca 70:30) ve firmě vláken, která byla upravena a následně z nich po vysušení byla připravena zkušební tělesa. V případě snižování nasákavosti (hydrofobizace) vláken byly použity hotové izolanty s různým podílem polyesteru a bavlny (v obou případech recyklovaných). Byl použit materiál na čistě bavlněné bázi, materiál na čistě polyesterové bázi a materiál s kombinací bavlny a polyesteru 50:50.

V oblasti hydrofobizace byly zvoleny následující přípravky:

- Draxil 153 – hydrofobizační přípravek k hydrofobizaci dřeva (na bázi silanů) – 25 % přípravku hmotnostně,
- (3-aminopropyl) trimethoxysilan – 25 % roztoku o koncentraci 6 %,
- Hexadecyltrimethoxysilan technický – 25 % roztoku o koncentraci 6 %,
- Tris (2-methoxyethoxy)(vinyl) silan – 25 % roztoku o koncentraci 6 %,
- Silres BS 16 – vodný roztok methylsilikonátu draselného – 25 % roztoku o koncentraci 6 %,
- Silres BS 1042 – vodní emulze reaktivního polydimethylsiloxanu - 25 % roztoku o koncentraci 6 %.

Pro práce v oblasti zlepšení reakce na oheň izolantů byly použity následující přípravky:

- Tetraboritan sodný dekahydrát (Borax) – 3 % hmotnostně,
- Uhličitan sodný – 3 % hmotnostně,
- Dihydrogenfosforečnan amonný – 3 % hmotnostně.

Přípravky byly aplikovány vždy nástřikem na izolant nebo na vlákna a izolanty byly před měřením vysušeny a poté ponechány za laboratorních podmínek (teplota +23 °C a relativní vlhkost 50 %).

Metodika prováděných experimentů

V oblasti studia možné hydrofobizace vláknitých izolantů bylo provedeno nejprve stanovení úhlu smáčení na přisedlé kapce (sessile drop technique). Jedná se o stanovení úhlu smáčení přímou metodou, jejíž princip je v měření úhlu z profilu kapky okulárem. Kapka, o přesně dané velikosti, je nejdříve na vzorek aplikována pipetou, následně se mikroskopem zaostří a pořídí se její snímek. Z něj je posléze pomocí manuálního vyhodnocovacího programu získána hodnota kontaktního úhlu, přičemž získanými body dojde k vykreslení vzniklé kapky [6]. Z hodnot kontaktního úhlu přisedlé kapky je možné následně stanovit povrchovou energii.

Pro stanovení povrchové energie bylo využito nepřímé metody, jejíž princip spočívá v měření kontaktního úhlu přisedlé kapky na sledovaném povrchu. Povrchovou energii (1) je možné stanovit dle acid–base (Lifshitz–Van der Waals) metody. Zároveň dojde ke stanovení parametrů electron–acceptor a electron–donor povrchové energie, kdy povrchová energie se skládá právě z apolárních γ^{LW} [J/m²] a polárních γ^{AB} [J/m²] komponent. LW je celková Lifshitz–Van der Waals interakce a AB je acid–base nebo electron–acceptor/electron–donor interakce.

$$\gamma^{total} = \gamma^{LW} + \gamma^{AB} \quad (1)$$

Měření probíhalo na přístroji See System, který pomocí CCD kamery zaznamená snímek, který lze analyzovat (obr. 1). Na snímku dojde vždy k přesnému definování trojfázového rozhraní (pevná látka – kapalina – plyn) a ohraničení rozhraní přisedlé kapky a okolního plynného prostředí. Na základě těchto údajů lze stanovit jednotlivé tečny na trojfázovém rozhraní a tím i kontaktní úhel mezi kapalinou a pevnou látkou. Následně je pomocí acid–base (Lifshitz–Van der Waals) metody stanovena povrchová energie.



Obr. 1: Měření kontaktního úhlu na přístroji See System

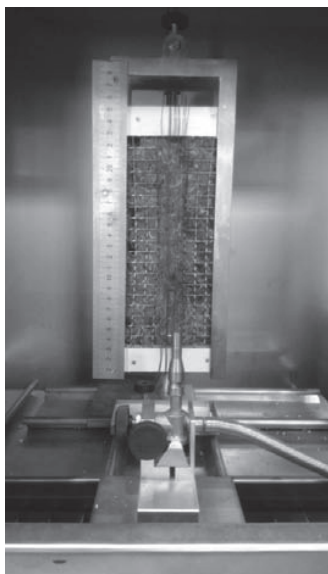
Dále bylo provedeno na vybraných vzorcích stanovení krátkodobé nasákavosti při částečném ponoření dle ČSN EN 1609 [7]. Z naměřených hodnot byla stanovena krátkodobá nasákavost při částečném ponoření W_p [kg/m²] dle vztahu (2):

$$W_p = \frac{m_{24} - m_0}{A_p} \quad (2)$$

kde:

- m_{24} ... hmotnost zkušební tělesa po 24 hodinovém částečném ponoření [kg],
- m_0 ... hmotnost suchého zkušební tělesa [kg],
- A_p ... spodní plocha zkušební tělesa [m²].

Dále pak bylo v oblasti retardérů hoření provedeno základní stanovení reakce na oheň zkouškou malým zdrojem plamene dle ČSN EN ISO 11925-2 [8]. Z modifikovaných vláken byla vytvořena zkušební tělesa požadovaných rozměrů a objemové hmotnosti (jednotně) 60 kg/m³. Pro zkoušku bylo zvoleno působení plamene na povrch vzorku po dobu 30 sekund. Bylo pozorováno, zda došlo k plamennému hoření, tvorbě hořících kapek nebo částic. Dále bylo pozorováno, zda došlo u špičky plamene k dosažení 150 mm nad místem jejího působení. V případech, kdy nenastalo dosažení výšky 150 mm, byla zaznamenána reálné dosažená výška po 30 sekundách.



Obr. 2 Zkouška malým zdrojem plamene

Výsledky experimentálních prací a jejich diskuze

V rámci experimentálních prací byla provedena úprava vláken a vláknenných izolantů nástřikem hydrofobizačních přípravků a retardérů hoření. Vzorčky byly vždy ponechány týden volně vysychat za laboratorních podmínek a poté byly vzorky dosušeny při teplotě +105 °C do konstantní hmotnosti.

Bylo provedeno stanovení povrchové energie. Toto měření představuje relativně jednoduchou a rychlou cestu, jak vyhodnotit hydrofobizační účinek jednotlivých přípravků na upravovaná vlákna. Měření bylo provedeno na vzorcích s převažujícím podílem bavlny, které vykazovaly nejvyšší nasákavosti. Výsledky měření jsou uvedeny v následující tabulce:

Tab. 1 Výsledky stanovení úhlu smáčení na přisedlé kapce

Č	Přípravek	Povrchové napětí kapky γ [mJ/m ²]
0	Referenční bez ošetření	32,53
1	Draxil 153	4,48
2	(3-aminopropyl) trimethoxysilan	13,10
3	Hexadecyltrimethoxysilan technický	neměřitelné
4	Tris (2-methoxyethoxy)(vinyl)silan	neměřitelné
5	Silres BS 16 (vodný roztok methylsilikonátu draselného)	20,75
6	Silres BS 1042 (vodní emulze reaktivního polydimethylsiloxanu)	neefektivní

Při experimentálních prací došlo v případě přípravků 3, 4 a 6 (Hexadecyltrimethoxysilan technický, Tris (2-methoxyethoxy)(vinyl)silan a Silres BS 1042) k rychlému vsáknutí kapky a smáčecí úhel byl proto neměřitelný. Při těchto úpravách tedy izolant vykazoval horších vlastností než bez samotné úpravy, kde se povrchové napětí změřit podařilo. Tyto přípravky tedy byly označeny jako nevhodné pro daný typ materiálu a byly z experimentálních prací vyloučeny. Proběhla aplikace zbylých přípravků 1, 2 a 5 na vzorky s obsahem polyesteru a na všech upravených zkušebních vzorcích bylo provedeno stanovení krátkodobé nasákavosti při částečném ponoření dle ČSN EN 1609 (měření bylo provedeno na vzorcích o tloušťce 40 mm a ploše 200 x 200 mm). Výsledky jsou uvedeny v následující tabulce č. 2:

Tab. 2 Výsledky zkoušek krátkodobé nasákavosti

Č.	Přípravek	Izolant	Krátkodobá nasákavost při částečném ponoření W_p [kg/m ²]
0	Referenční (bez úpravy)	PES	0,66
		50 % Bavlna a 50 % PES	5,06
		Bavlna	10,20
1	Draxil 153	PES	0,13
		50 % Bavlna a 50 % PES	3,00
		Bavlna	9,33
2	(3-aminopropyl) trimethoxysilan	PES	0,58
		50 % Bavlna a 50 % PES	4,80
		Bavlna	9,85
5	Silres BS 16 (vodný roztok methylsilikonátu draselného)	PES	0,61
		50 % Bavlna a 50 % PES	5,42
		Bavlna	10,67

Jak je patrné z výše uvedených výsledků, účinek byl u jednotlivých přípravků závislý na složení izolantu. V případě izolantu na bázi PES se podařilo snížit nasákavost z 0,66 kg/m² na 0,13 kg/m³ u přípravku Draxil 153. Tyto hodnoty jsou plně srovnatelné s nasákavostí minerálně vláknitých izolantů na trhu. Hodnota je nižší než 1 kg/m², proto lze tvrdit, že tyto izolanty jsou použitelné i do aplikací, kde přichází do přímého styku s vlhkostí. V případě vzorků se směsí bavlny a PES (50:50) došlo sice ke snížení nasákavosti z hodnoty 5,06 kg/m² na 3,00 kg/m² u přípravku Draxil 153, hodnota je však stále vyšší než 1 kg/m², izolanty tedy ani po úpravě nevykazují dostatečně nízkou nasákavost pro použití do prostředí, kde budou v kontaktu s vlhkostí. U vzorků na bázi bavlny došlo prakticky k nejnižšímu snížení nasákavosti, a to z 10,20 kg/m² na 9,33 kg/m² u přípravku Draxil 153. Zde se potom jevila provedená úprava prakticky jako neúčinná.

V oblasti zlepšení reakce na oheň u izolantů byla provedena zkouška malým zdrojem plamene dle ČSN EN ISO 11925-2 na zkušebních tělesech z vláken vytvořených dle požadavků ČSN EN ISO 11925-2 a o objemové hmotnosti 60 kg/m³. Výsledky měření jsou uvedeny v následující tabulce:

Tab. 3: Výsledky zkoušek malým zdrojem plamene

Č.	Přípravek	Vlákna	Čas [s] pro dosažení 150 mm výšky plamene	Výška špičky plamene
0	Referenční (bez úpravy)	Bavlna	-	115
		70 % Bavlna a 30 % PES	4	150
1	Tetraboritan sodný dekahydrát (Borax)	Bavlna	-	55
		70 % Bavlna a 30 % PES	-	103
2	Uhlícitan sodný	Bavlna	-	88
		70 % Bavlna a 30 % PES	9	150
3	Dihydrogenfosforečnan amonný	Bavlna	-	113
		70 % Bavlna a 30 % PES	-	140

Jak je z výsledků uvedených v tabulce č. 3 patrné, čistá bavlna vykazuje relativně dobré vlastnosti z hlediska reakce na oheň a ve zvolené objemové hmotnosti 60 kg/m³ ji lze zařadit do třídy reakce na oheň minimálně E (doba vystavení účinkům plamene byla 30 sekund, což je pro tuto třídu více než požadovaných 15 sekund dle ČSN EN 13501-1 [9]). V případě směsi bavlny a PES dochází ke zcela zásadnímu zhoršení reakce na oheň a neošetřený vzorek je možné klasifikovat pouze třídou F (jako hořlavý).

Při aplikaci retardérů hoření došlo ve většině případů ke zlepšení požárních vlastností modifikovaných vzorků vláken. U čisté bavlny se jako nejúčinnější jevil tetraboritan sodný, kdy došlo ke snížení výšky špičky plamene za dobu 30 sekund ze 115 mm na 55 mm. V případě směsi recyklované bavlny a PES došlo k účinnému snížení hořlavosti u vzorků s tetraboritanem sodným a dihydrogenfosforečnanem amonným. V obou případech došlo ke zlepšení reakce na oheň minimálně pro dosažení stupně E. Jako účinnější se i v této aplikaci jeví tetraboritan sodný, u kterého došlo ke snížení výšky plamene na 103 mm za 30 sekund.

Závěr

V rámci experimentální práce byl proveden výzkum v oblasti modifikace organických vláken tak, aby bylo dosaženo snížení nasákavosti a zlepšení reakce na oheň tepelných izolantů z nich vyráběných. Výzkumné práce byly provedeny na vzorcích primární a recyklované bavlny, a dále vzorky recyklovaných polyesterových vláken. Pro požární zkoušky byla použita primární bavlna a směs recyklované bavlny a PES v poměru 70:30. Vlákna byla modifikována roztoky tetraboritanu sodného, uhlícitanu sodného a dihydrogenfosforečnanu amonného. Na vzorcích modifikovaných vláken bylo provedeno stanovení reakce na oheň zkouškou malým zdrojem plamene, přičemž bylo zjištěno, že výrazně lepších vlastností dosahuje primární bavlna než bavlna ve směsi s PES vláken získávaná rozvlákňováním starých oděvů. Bylo zjištěno, že nejúčinnější modifikací je použití nástřiku tetraboritanem sodným, přičemž u primární i recyklované bavlny s podílem PES vláken lze dosáhnout reakce na oheň E nebo lepší.

V případě úpravy vláken pro snížení nasákavosti výsledného izolantu byly pro experimentální práce využity hotové izolanty vyrobené ve firmě Retex s různým obsahem bavlny a PES vláken. Pro experimentální práce byly použity přípravky: Draxil 153, (3-aminopropyl)trimethoxysilan, Hexadecyltrimethoxysilan, Tris(2-methoxyethoxy)(vinyl)silan, Silres BS 16 a Silres 1042. V počáteční fázi jevil jako nejlepší přípravek Draxil 153 na bázi silanů. U izolantů ošetřených tímto přípravkem byly zjištěny i nejnižší krátkodobé nasákavosti při částečném ponoření. Jako velmi účinný se jevil tento přípravek u vzorků na bázi PES vláken. U vzorků s podílem bavlny nebo u čistě bavlněných vzorků byla účinnost tohoto přípravku nedostatečná. Problémem tu však byla pravděpodobně nevhodná aplikace na finální izolant namísto modifikace samotných vláken před zpracováním do podoby izolantů. U dalších navazujících výzkumných prací bude tedy ověřena účinnost hydrofobizerů aplikovaných přímo na vlákno buď ve formě nástřiku, nebo namáčení.

Celkově dosažené výsledky dokazují, že lze u izolantů na bázi organických vláken z recyklovaného textilu dosahovat takových vlastností, aby je bylo možné aplikovat jako tepelné izolanty do obvodových plášťů, a to i v případech, kdy bude docházet k jejich kontaktu z vlhkostí. Pro dosažení optimálních vlastností je dobré mimo samotnou úpravu vláken také použít směs bavlněných a PES vláken, čímž je možné dosáhnout poměrně významného snížení nasákavosti.

Poděkování

Přspěvek byl vytvořen v rámci řešení projektu č. LO1408 "AdMaS UP – Pokročilé stavební materiály, konstrukce a technologie" podporovaného Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy v rámci účelové podpory programu „Národní program udržitelnosti I" a projektu MPO FV20127 „Vývoj a výzkum pokročilých tepelně a akusticko izolačních materiálů na bázi odpadního textilu a přírodních vláken“

Literatura

- [1] Ricciu R., Besalduch L.A., Galatioto A., Ciulla G., Thermal characterization of insulating materials, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2018, s. 1765-1773, ISSN 1364-0321.
- [2] ROZHODNUTÍ EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY č. 406/2009/ES ze dne 23. dubna 2009 o úsilí členských států snížit emise skleníkových plynů, aby byly splněny závazky Společenství v oblasti snížení emisí skleníkových plynů do roku 2020, Úřední věstník Evropské unie L 140/136 (5. června 2009).
- [3] SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY 2009/28/ES ze dne 23. dubna 2009 o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů a o změně a následném zrušení směrnic 2001/77/ES a 2003/30/ES, Úřední věstník Evropské unie L 140/16 (5. června 2009).
- [4] SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY 2012/27/EU ze dne 25. října 2012 o energetické účinnosti, o změně směrnic 2009/125/ES a 2010/30/EU a o zrušení směrnic 2004/8/ES a 2006/32/ES. Úřední věstník Evropské unie L 315/1 (14. listopadu 2012).
- [5] Zach J., Peterkova J., Novak V., Utilization of natural-based raw sources for vacuum insulation production, 18th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2018, 2018, s. 445-452, ISSN 1314-2704.
- [6] Navrátil Z., Buršíková V., Stahel P., Zvěřina P., On the analysis of surface free energy of DLC coatings deposited, Czechoslovak Journal of Physics, 2004, s. 877-882, ISSN 1572-9486.
- [7] ČSN EN 1609: Tepelněizolační výrobky pro použití ve stavebnictví - Stanovení krátkodobé nasákavosti při částečném ponoření. Praha: Evropský výbor pro normalizaci, 2013.
- [8] ČSN EN ISO 11925-2, Zkoušení reakce na oheň – Zápalnost stavebních výrobků vystavených přímému působení plamene – Část 2: Zkouška malým zdrojem plamene, Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.
- [9] ČSN EN 13501-1, Požární klasifikace stavebních výrobků a konstrukcí staveb - Část 1: Klasifikace podle výsledků zkoušek reakce na oheň, Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2007.

TEPELNĚIZOLAČNÍ VÝROBKY PRO ETICS – HODNOTA ODOLNOSTI PROTI PROTAŽENÍ HMOŽDINKY V EXPANDOVANÉM POLYSTYRÉNU S GRAFITOVÝMI ČÁSTICEMI

Pavel Svoboda¹

Abstract

Lately one of the most used thermal insulation product for the ETICS has been expanded polystyren (EPS) with a trace addition of graphite particles, also commonly known as „EPS Grey“. This presentation deals with the calculation rules to the design mechanical fixings of ETICS using this EPS, in terms of pull-through resistance of anchor.

ÚVODNÍ ČÁST

V posledních obdobích je jedním z velmi často používaných tepelněizolačních výrobků pro ETICS expandovaný polystyrén (EPS) s grafitovými částicemi, ve všeobecnosti nazývaný „šedý EPS“. Jeho vzrůstající četnost použití byla a je daná především jeho zlepšenými tepelně technickými vlastnostmi, umožňující aplikovat v mnohých případech potřebné cca o 18 % menší tloušťky tepelné izolace (v principu se těchto lepších tepelně izolačních vlastností podařilo dosáhnout přidáním stopové přísady grafitu, ovlivňující průchodnost tepelného záření). Na druhou stranu začátky stavebních realizací z předmětného šedého EPS přinesly i negativní zkušenosti s vyšší povrchovou teplotou těchto desek, což vyústilo do následných požadavků na jejich vhodné balení, skladování a především pak na zabezpečení zvýšené ochrany před působením přímého slunečního záření (např. používáním ochranných sítí) při provádění ETICS na stavbě.

Kromě těchto základních požadavků, řešilo naše profesní sdružení tj. Cech pro zateplování budov ČR, z.s., dále jen CZB, i vhodnost některých lepicích hmot na tyto fasádní desky s grafitovými částicemi a v poslední době potom i vliv na odolnost proti protažení hmoždinky, tj. jaká výpočtová pravidla aplikovat pro navrhování mechanického upevnění ETICS při použití právě tohoto „šedého EPS“ a to právě z hlediska odolnosti proti protažení hmoždinky.

Už před časem se naše profesní sdružení CZB podrobně zabývalo problematikou odolnosti proti protažení hmoždinky u klasického bílého fasádního EPS, kdy byly zkoušeny a porovnávány dopady na výsledky protažení u těchto fasádních EPS jak s deklarovanými hodnotami pevnosti v tahu kolmo k rovině desky TR100, tak s hodnotami TR150 a s tloušťkami 60 mm a 100 mm [4], [5]. Na uvedené jsme potom navázali se zkouškama u šedého fasádního EPS.

Tak jak u předchozích zkoušek, byly i tyto provedeny opět stejnou zkušebnou, byly opět provedeny postupem podle ETAG 004 [3] s kovovou modelovou hmoždinkou o průměru talířku 60mm, osazenou ve vzorcích šedého fasádního EPS tloušťky 100 mm a o deklarované hodnotě TR100 [6], [7]. Ve smyslu ČSN 73 2902 [1] se odolnost proti protažení hmoždinky ve spáře mezi deskami tepelněizolačního výrobku (R_{joint}) uvažuje hodnotou 80% odolnosti v ploše desky tepelněizolačního výrobku (R_{panel}), a tak zkouška odolnosti proti protažení hmoždinky byla provedena pouze v ploše desky tepelněizolačního výrobku.

¹ Ing.Pavel Svoboda, Cech pro zateplování budov ČR,z.s., Zelený pruh 1294/52, 149 00 Praha, ČR
svobodapa@volny.cz

VÝSLEDKY ZKOUŠEK

Vyhodnocení odolnosti proti protažení hmoždinky s talířkem průměru 60 mm a tl. tepelně izolačního výrobku 100 mm je v připojené tab. 1:

Tab. 1

Tepelně izolační výrobek	Vyhodnocení dle ČSN 73 2902 a tl. 100 mm					Vyhodnocení dle ČSN EN 1990 a tl. 100 mm					
	$R_{\text{panel,zk}}$	$k_k^{2)}$	$\gamma_{M,b}$ 3)	$R_{d,732902}$	deform. při $R_{d,732902}$	σ_n	k_n $p=0,95$	R_g	$\gamma_{M,b}$	$R_{d,1990}$	deform. při $R_{d,1990}$
Jedn.	N	-	-	N	mm	N	-	N	-	N	mm
EPS TR 100 ¹⁾	736	0,8	1,2	491	18	45	2,82	609	1,2	507	cca 19
EPS TR 150 ¹⁾	1104	0,8	1,2	736	16	54	2,91	947	1,2	789	cca 19
ŠedýEPS TR 100	823	0,8	1,2	549	17	38	2,91	712	1,2	594	cca 20

- 1) Výsledky dřívějších zkoušek;
- 2) Dle národní ČSN 73 2902 souč. pro stanovení char. hodnoty odolnosti proti protažení R_{panel} a R_{joint} uvedených prům. hodnotou výsledků zkoušek; uvažuje se hodnotou 0,8;
- 3) Souč. bezp. upevnění při spolupůsobení hmoždinky na kontaktu s deskami tepelněizolačního výrobku stanovený dle ČSN 73 2902;

Z hodnot průměrných deformací při tloušťce tepelněizolačních výrobků 100 mm na úrovni návrhové síly odolnosti proti protažení talířku hmoždinky o průměru 60 mm je z výše uvedené tabulky zřejmé, že jak zkoušený bílý fasádní EPS TR100, tak šedý fasádní EPS TR100 se chovají velmi podobně (jen zkoušené vzorky šedého EPS TR100 byly nepatrně tužší – měly o něco vyšší objemovou hmotnost, o něco vyšší pevnost kolmo k rovině desky a pevnost v ohybu – a proto síla na protažení je i vyšší).

Z dříve provedeného souboru zkoušek [5] zaměřených na šetření vlivu tloušťky desek tepelněizolačního výrobku z bílého fasádního EPS, vyplynulo, že při tloušťce předmětného EPS 100 mm je nutné pro hodnotu odolnosti proti protažení hmoždinky uplatnit redukční součinitel $k_{\text{red}} = 0,7$.

V další, níže uvedené tabulce tab. 2 je potom uvedeno uplatnění tohoto redukčního součinitele na odolnosti proti protažení hmoždinky a to i u nyní zkoušeného šedého fasádního EPS TR100.

Tab. 2

Tepelně izolační výrobek	$R_{\text{panel,zk}}$	Návrhová hodnota odolnosti při tl. 100 mm		k_{red}	Návrhová hodnota odolnosti redukovaná na tl. 60 mm		Prům. deformace při redukované návrh. odolnosti ²⁾	
		$R_{d,732902}$	$R_{d,1990}$		$R_{d,732902,\text{red}}$	$R_{d,1990,\text{red}}$	$R_{d,732902,\text{re}}$	$R_{d,1990,\text{red}}$
Jedn.	N	N	N	-	N	N	mm	mm
EPS TR 100 ¹⁾	736	491	507	0,7	344	355	5	8
EPS TR 150 ¹⁾	1104	736	789	0,7	515	552	5	7
ŠedýEPS TR 100	823	549	594	0,7	384	416	6	8

- 1) Výsledky dřívějších zkoušek;
- 2) Hodnoty deformace odečteny z grafů průběhů deformace.

Z úrovně deformace uváděné v tabulce (při návrhové odolnosti redukované na tl. 60mm) a z grafického průběhu deformace při zkoušce, vyplývá dosahování velmi podobných hodnot deformace u bílého fasádního EPS a u šedého EPS (oba s TR 100). Bílý fasádní EPS TR150 dává při podobné deformaci o něco vyšší hodnoty odolnosti proti protažení.

ZÁVĚRY

1/ Z porovnání průběhu deformace desky tepelněizolačního výrobku při zkoušce odolnosti proti protažení s bílým fasádním EPS a s fasádním šedým EPS vyplývá, že chování těchto obou výrobků je velmi podobné.

Uvedené potom umožnilo pravidla pro použití zkoušek odolnosti proti protažení hmoždinky a jejich redukce podle tloušťky zkoušeného tepelněizolačního výrobku odvozená ze zkoušek pro bílý fasádní EPS, využít i pro fasádní šedý EPS.

2/ Za potřebný podklad pro stanovení návrhových hodnot odolnosti proti protažení hmoždinky je potom možno použít jednu z následujících variant :

a/ buď použít výsledků zkoušek dosažených na fasádním bílém EPS, avšak tyto redukovat – a to s ohledem na materiálovou odlišnost v důsledku použití grafitu a na dosud nižší znalost chování šedého fasádního EPS, převodním součinitelem $\eta = 0,9$ (podle ČSN EN 1990, čl. 6.3.3.) ;

b/ a nebo použít výsledky zkoušek odolnosti proti protažení hmoždinky dosažené příslušnou zkouškou na šedém fasádním EPS;

3/ Za základní tloušťku pro stanovení odolnosti proti protažení hmoždinky je nutno i u šedého fasádního EPS **považovat 60 mm**. Pokud se pro zkoušky použije větší tloušťka, je potřebné zjištěnou hodnotu odolnosti proti protažení redukovat stejným způsobem a stejnou hodnotou součinitele k_{red} (viz tab.2), jako u fasádního bílého EPS.

Poznámka 1:

Obecně lze uvést, že fasádní šedý EPS TR100 na bázi grafitových částic se při protažení hmoždinky vlastním průběhem deformace podobal spíše průběhu u bílého fasádního EPS TR150, ale šedý fasádní EPS TR100 vykazoval větší deformaci při srovnatelné únosnosti nebo nižší únosnost při srovnatelné deformaci.

Poznámka 2:

Cech pro zateplování budov ČR vyvinul a již delší dobu provozuje výpočtový program/ pomůcku pro stanovení počtu hmoždinek v ETICS podrobným výpočtem dle ČSN 73 2902 [1] na základě zvolených charakteristik objektu, tepelněizolačního výrobku a hmoždinky. V současnosti, pro potřebné výpočty se šedým fasádním EPS začal v tomto výpočtovém programu uplatňovat výše uváděný postup 2a/, tj. využití výsledků zkoušek na fasádním bílém EPS s potřebnou redukcí $\eta = 0,9$.

Literatura

- [1] ČSN 73 2902:2011 Vnější tepelně izolační kompozitní systémy (ETICS) – Navrhování a použití mechanického upevnění pro spojení s podkladem.
- [2] ČSN EN 1990 Eurokód : Zásady navrhování konstrukcí.
- [3] ETAG 004 – Řídící pokyn pro evropská technická schválení vnějších tepelně izolačních kompozitních systémů s omítkou (ETICS).
- [4] Zpráva o výsledcích zkoušek č.060-040283, vydal Technický a zkušební ústav stavební Praha s.p., pobočka Brno, 16.12.2014.
- [5] Zpráva č.060-040526 o posouzení hodnoty odolnosti proti protažení hmoždinky v závislosti na tloušťce tepelné izolace z EPS TR150 a TR100, vydal Technický a zkušební ústav stavební Praha s.p., pobočka Brno, 22.12.2014.
- [6] Zpráva o výsledcích zkoušek č.060-047129, vydal Technický a zkušební ústav stavební Praha s.p., pobočka Brno, 19.7.2018.
- [7] Technická zpráva č. 060-047340 – posouzení hodnoty odolnosti proti protažení hmoždinky v expandovaném polystyrénu s grafitovými částicemi, vydal Technický a zkušební ústav stavební Praha s.p., pobočka Brno, 8.10.2018.

PRACTICAL ASSESSMENT OF ETICS PERFORMANCE WITH DISCONTINUOUS CLADDINGS AS EXTERIOR SKIN

Dawid Dębski¹; Marcin Kulesza²; Magdalena Wasiak³;
Ewa Sudoł⁴; Michael Faatz⁵

Abstract

External Thermal Composite Insulation Systems (ETICS) are the most common way of increasing thermal performance of buildings. European Assessment Document (EAD) for systems with discontinuous claddings as exterior skin has been recently developed and brought new requirements for such systems. Here we present the results of our study of ETICS prepared with four different cladding materials (ceramic tiles – standard and large format, natural stone, concrete tiles), particularly focusing on the assessment of impact resistance. Impact resistance was determined with the use of the set of hard and soft bodies, according to the procedure described in EAD.

Introduction

The reduction of energy use and greenhouse gases (GHG) emission has been one of the most important and consistent goals for the European countries in the last 30 years. The majority of actions are focused on increasing the thermal efficiency of buildings, as buildings are responsible for approximately 40% of the whole energy use in the European Union. Despite many actions taken in the last years, it is estimated, that over than 75% of the buildings are still ineffective energy-wise [1].

The simplest and most common way of increasing the thermal performance of buildings are the ETICS systems. The idea of ETICS systems was developed over 60 years ago, and their long-term performance has been proven ever since [2]. Typical ETICS system comprises of the set of thermal insulation and construction chemistry materials to mount the thermal insulation materials on façades of buildings. Typically cement-based mortars serve as adhesives and base coats, expanded polystyrene (EPS) or mineral wool (MW) serve as a thermal insulation material, and cement- or polymer-based coatings serve as a finishing layer that protects the whole system from weathering.

On the European level the requirements for ETICS systems, ensuring their long-term performance had been developed and published in the year 2000 [3]. The ETAG document has been revised and amended twice since 2000 and still is a document that is used for the purpose of issuing the European Technical Assessment for the ETICS systems in Europe. ETAG 004 covers solely the cement- or polymer-based coatings as finishing layers.

The European market for ETICS systems is significant, as there are over 210 million buildings in the EU. Over 40% of those buildings were built before 1960, and over 90% of them were built before 1990, when standards of the thermal performance were lower or not established at all [4]. Today, to meet the current requirements for buildings and reduce the energy use, over 244 million square meters are insulated annually in Europe. High demand for the ETICS systems powers the development of new ideas, therefore in July 2017 the new European Assessment Document for ETICS systems with discontinuous claddings as exterior skin were published by European Organisation for Technical Assessments (EOTA), bringing new requirements to this particular variant of ETICS systems [5]. The

¹ Dawid Debski, PhD, Atlas sp. z o.o. 91-421 Lodz, ul. Kilinskiego 2, dawid.debski@atlas.com.pl

² Marcin Kulesza, MSc, Atlas sp. z o.o. 91-421 Lodz, ul. Kilinskiego 2, marcin.kulesza@atlas.com.pl

³ Magdalena Wasiak, MSc, Building Research Institute, 00-611 Warsaw, ul. Filtrowa 1, m.wasiak@itb.pl

⁴ Ewa Sudoł, PhD, Building Research Institute, 00-611 Warsaw, ul. Filtrowa 1, e.sudol@itb.pl

⁵ Michael Faatz, Dr. rer. nat., Wacker Chemie AG, Johannes-Hess-Straße 24, 84489 Burghausen, michael.faatz@wacker.com

general requirements are based on current experience with ETICS and are similar or the same. However the requirements has introduced a soft body impact test that was designed to assess the performance of the system during soft body impact with the maximum force of 400 J.

Materials and methods

To assess the performance of ETICS we have prepared the specimen according to EAD 040287-00-0404. The specimen was built on an approx. 2.5x3.5 m wall with applied ETICS system with following layers:

- cementitious adhesive intended for use in ETICS
- EPS boards T1-L2-W2-Sb5-P5-BS100-DS(N)2-DS(70,-)2-TR100 according to EN 13163 standard
- glass fibre reinforcement mesh with mass per unit area equal to 150 g/m²
- cementitious base coat intended for use in ETICS
- tile adhesives at least C2TE class according to EN 12004 standard
- cladding elements
 - o large format (1.2x1.2 m) ceramic tiles BII_a class according to EN 14411 standard
 - o medium and small format (0.6x0.6 m and 0.3x0.3 m) ceramic tiles BII_a class according to EN 14411 standard
 - o natural sandstone tiles 0.3x0.2 m according to EN 1469 standard
 - o concrete tiles 0.2x0.1 m according to EN 14992 standard
- cementitious grout CG2WA according to EN 13888 standard

One of the specimens prepared for the study has been shown on Figure 1. The specimens underwent the hydrothermal cycles according to EAD requirements:

- heat-rain cycles (80 cycles, 6 hours each cycle), comprising the following phases:
 - o heating to 70±5 °C in 1 hour and maintaining this temperature for 2 hours,
 - o spraying for 1 hour with 1,5±0,5 l/min water of temperature 15±5°C,
 - o 2 hours of drainage at 20±5°C,
- heat-cold cycles (5 cycles of 24 hours), comprising the following phases:
 - o exposure to 50±5°C (rise for 1 hour) and maximum 30% RH for 7 hours (total of 8 hours),
 - o exposure to -20±5 °C (fall for 2 hours) for 14 hours (total of 16 hours)



Fig.1 The specimen used in the study. The specimen was prepared from (starting from the left): ceramic tiles, 0.6x0.6 m size; natural sandstone cladding, 0.3x0.2 m size; ceramic tiles, 0.3x0.3 m; concrete tiles 0.2x0.1 m size. All the claddings were glued to the wall with C2TE class tile adhesives according to EN 12004 standard.

Subsequent to the hydrothermal cycles the specimen was left for at least 7 days for drying, after drying period the visual check (blistering, detachment, loss of adhesion,

formation of cracks etc.) was done, and the bond strength tests and impact resistance tests according to EAD requirements were carried out on the specimen.

Results and discussion

The bond strength of different cladding types was tested as described in EAD procedure, Annex H. Prior to the test, the selected areas of cladding were cut into squares with dimensions 50x50 mm. Metal plates were glued to the surface with a fast setting epoxy adhesive, and the pull-off test was performed. Regardless the cladding type and tile adhesive used, all the systems have fulfilled the minimum requirements of adhesion to the surface and exceeded the 0,08 N/mm². Out of 30 tests performed on the specimen 21 of the samples has shown solely cohesive rupture or adhesive and cohesive rupture, the failure has occurred in thermal insulation layer indicating that expanded polystyrene has been the weakest layer of the system, as expected.

Impact resistance tests of different cladding types was tested as described in EAD procedure, Annex G. The procedure of the assessment of impact resistance of ETICS system with discontinuous cladding includes the hard and soft body impacts. As a hard bodies two steel balls of different size and weight (0.5 and 1.0 kg) are used. The steel balls are dropped from a different height to hit the specimen with the energy of 1, 3 and 10 J. This procedure conforms with the procedure typically used in ETICS with renderings.

Soft body impact test is performed with the use of small and large soft bodies of different size and weight (3.0 kg and 50.0 kg) dropped from an appropriate height to impose the impact of 10, 60, 100 and 400 J.

We have performed all the energy impacts on all of the cladding types on the specimen. All of the systems, regardless the used tile adhesive or the cladding type has passed all of the impact tests. Most of the impacts has ended causing no destruction of the surface – some superficial damage has occurred in 3 out of 18 trials when hard body of energy equal to 10 J was used, however there were no signs of significant deterioration of the surface or penetration into other layers of the system. Small hard body and small and large soft bodies has not damaged the specimen in any the particular trials.

According to EAD, the results of the hard and soft body impact test allows to assign the ETICS system to one of the four categories of impact resistance that correspond to the degrees of exposure in use. In case of the ETICS used in the study all of the specimens can be assigned to the Category I, what confirms the possibility to use the system in zones readily accessible at ground level to the public and vulnerable to hard body impacts but not subjected to abnormally rough use (e.g. façade bases in buildings sited in public locations such as squares, schoolyards or parks). According to EAD description of this Category, cleaning gondolas can also be used on the façade with Category I ETICS system.

Conclusions

The assessment methods described in EAD for ETICS with discontinuous claddings as exterior skin are meant to assess the performance of the system taking into account a working life of the kit of 25 years. Therefore the assessment methods and the requirements for the system are prohibitive. Usually the weakest component of the ETICS, including systems with discontinuous claddings as exterior skin, is the thermal insulating material, due to its low tensile strength perpendicular to faces.

Despite high complexity of the method proposed in EAD, designed for impact resistance assessment for systems with discontinuous claddings, the method gives similar results for different types of claddings, or tile adhesives used to mount the claddings to the system. Rigid thermal insulating material, serving as a support for the claddings, ensures the high impact resistance performance if proper quality materials and construction chemistry products are used.

Hard body impact test, adopted from the ETAG 004 for ETICS with renderings is the most onerous step of the assessment, as the claddings are usually made out of brittle materials.

Acknowledgment

The study was supported by a grant no. POIR.02.01.00-00-0350/16 from the Ministry of Investment and Economic Development within the Action 2.1: Support for investments in R&D infrastructure of enterprises supported by the European Union within European Structural and Investment Funds, through the Smart Growth programme.

Bibliography

- [1] Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings.
- [2] Lengsfeld, K., Krus, M., Künzel, H., Helmut Künzel, H.: Assessing the long-term performance of applied External Thermal Insulation Composite Systems (ETICS), Fraunhofer Institute for Building Physics IBP REPORT, 2015, 539.
- [3] ETAG 004 Guideline for European Technical Approval of External Thermal Insulation Composite Systems (ETICS) with rendering, EOTA, 2013.
- [4] Pasker, R: The European ETICS market - Do ETICS sufficiently contribute to meet political objectives?, 4th European ETICS-Forum, Warsaw, 5th October 2017.
- [5] EAD 040287-00-0404 Kits for External Thermal Insulation Composite System (ETICS) with panels as thermal insulation product and discontinuous claddings as exterior skin, EOTA, 2018.

PRAKTICKÁ ŘEŠENÍ POŽÁRNĚ BEZPEČNOSTNÍCH POŽADAVKŮ PŘI UŽITÍ ETICS V ČR

Vladimír Vymětalík¹

Abstract

The design of fire safety in thermal insulation of buildings is governed by the requirements of ČSN 73 0810. The paper deals with the application of selected requirements of ČSN 73 0810 in creating and implementation of external thermal insulation composit system (ETICS).

Úvod

Návrh opatření z hlediska požární bezpečnosti při zateplování budov v ČR se řídí stanovenými požadavky ČSN 73 0810. Příspěvek se zabývá uplatněním požadavků ČSN 73 0810 při užití ETICS na zateplení fasády na vybraném bytovém domě s ohledem na sousední budovy, na dodatečně navržené okenní otvory na schodišti (úniková cesta) a na oblasti vyplývající z geometrie budovy.

Popis budovy

Jedná se o rohovou sekci řadového bytového domu prostorově uskočeného od sousedících budov postaveného v roce 1987 v panelové soustavě VVÚ-ETA – Středočeská pórobetonová varianta. Bytový dom má 8 nadzemních podlaží a 1 technické podlaží s konstrukční výškou 2,8 m. Na budově již byly vyměněny výplně otvorů v bytových podlažích a zateplena část uliční a dvorní fasády bytového domu.



Obr. 1 Pohled na uliční fasádu budovy



Obr. 2 Pohled na dvorní fasádu budovy

Navrhovaná opatření na obálce budovy

Cílem obnovy obálky budovy je sanace a zateplení obalových konstrukcí v rozsahu výměna výplní otvorů, provedení nových výplní otvorů na schodišti na dvorní fasádě budovy, zateplení fasády v nadzemní i podzemní části budovy, provedení nové skladby podlah lodžii a zábradlí v lodžích, provedení nových klempířských prvků, provedení nové bleskosvodné soustavy, provedení souvisejících stavebních úprav.

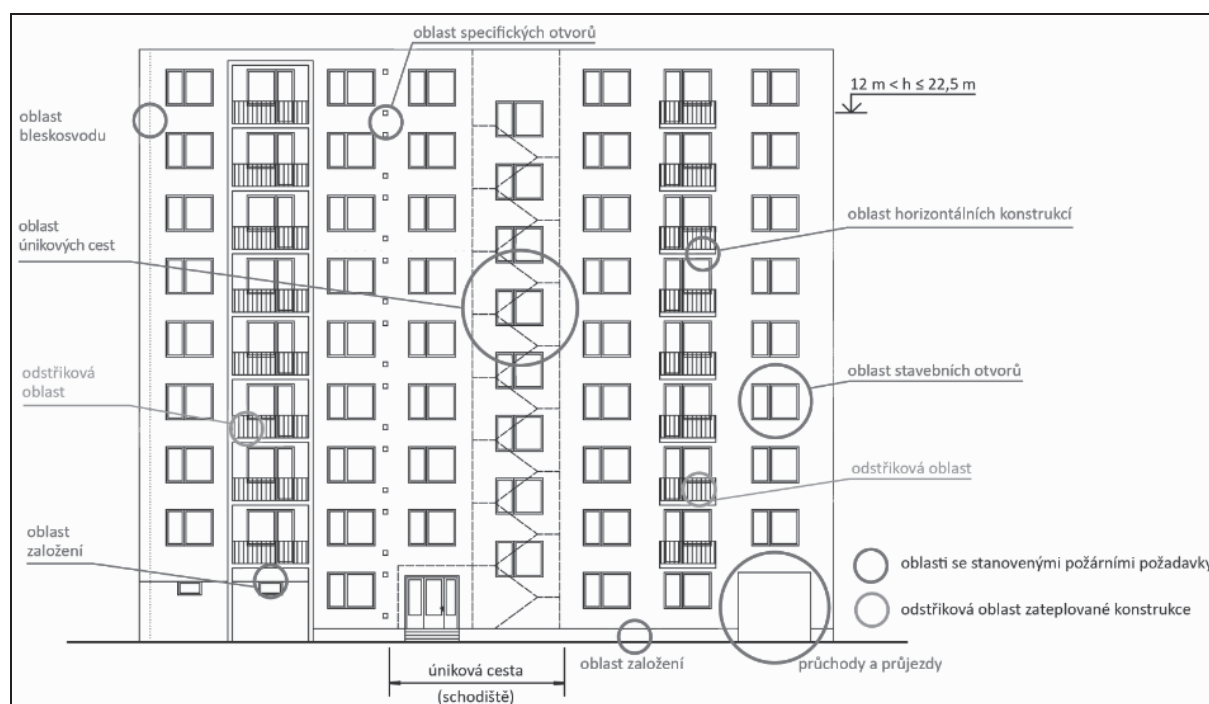
¹ Ing. Vladimír Vymětalík, Ph.D., Cech pro zateplování budov ČR, z.s., Zelený pruh 1294/50, Praha 4
czb@czb.cz

Požárně bezpečnostní řešení

Z hlediska požární ochrany má bytový dom 8 nadzemních podlaží. Vstup do budovy je na úrovni 1. NP. Vzdálenost od podlahy prvního nadzemního podlaží k podlaze posledního užitého nadzemního podlaží je $h_p = 19,60$ m. Vnější zateplení se musí z hlediska požární bezpečnosti navrhovat a následně realizovat dle stanovených zásad pro skupinu bytových domů a jejich částí tzn. budovy s požární výškou $12,0 \text{ m} < h \leq 22,5 \text{ m}$. Musí být splněny tyto minimální požadavky:

- ETICS třídy reakce na oheň alespoň B,
- tepelněizolační výrobek třídy reakce na oheň alespoň E,
- povrchová vrstva s indexem šíření plamene po povrchu $i_s = 0 \text{ mm/min}$,
- kontaktní spojení ETICS se zateplovanou konstrukcí.

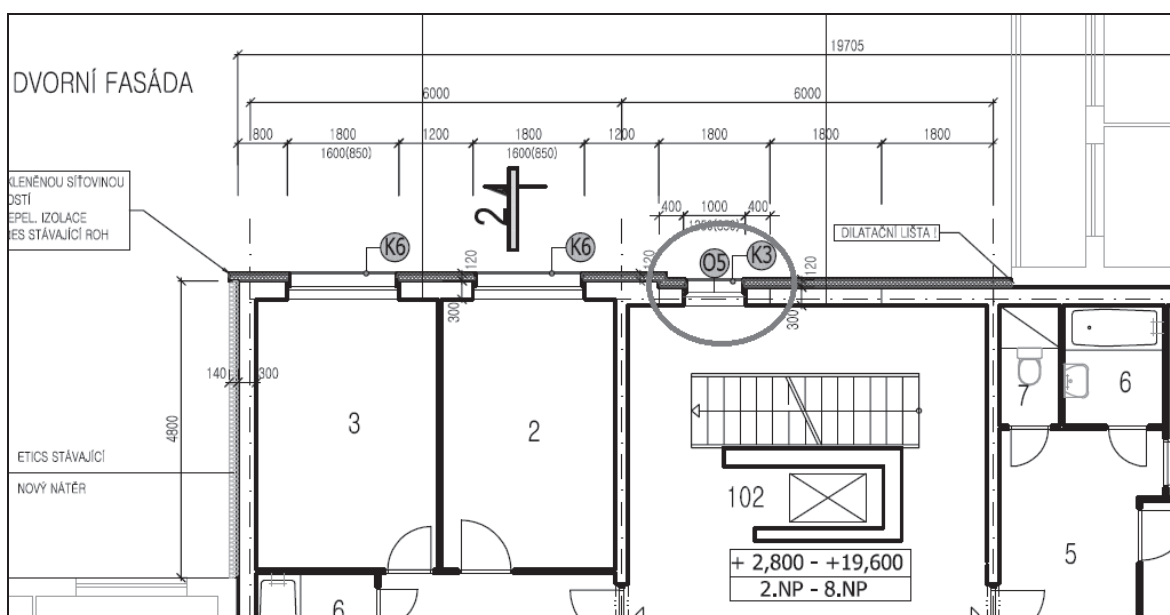
Také musí být řešeny vybrané oblasti se stanovenými požárními požadavky. Na obrázku č.3 jsou graficky znázorněny oblasti, které vyžadují řešení.



Obr. 3 Řešené oblasti u budovy s požární výškou $12,0 \text{ m} < h \leq 22,5 \text{ m}$

Dvorní fasáda budovy

Požárně bezpečnostní řešení dvorní fasády souvisí se skutečností, že je navrženo provedení nových okenních otvorů na schodišti (úniková cesta) a fasáda přímo navazuje na jiný (sousední) objekt. Musí být splněn požadavek na vnější zateplení třídy reakce na oheň A1 nebo A2 v oblasti únikové cesty a v požárně nebezpečném prostoru jiné budovy. Požárně nebezpečný prostor od nových otvorů na schodišti nezasahuje sousední budovu. Požárně nebezpečný prostor od přilehlých výplň otvorů jiného (sousedního) bytového domu zasahuje do dvorní fasády, ale nezasahuje nové otvory na schodišti.

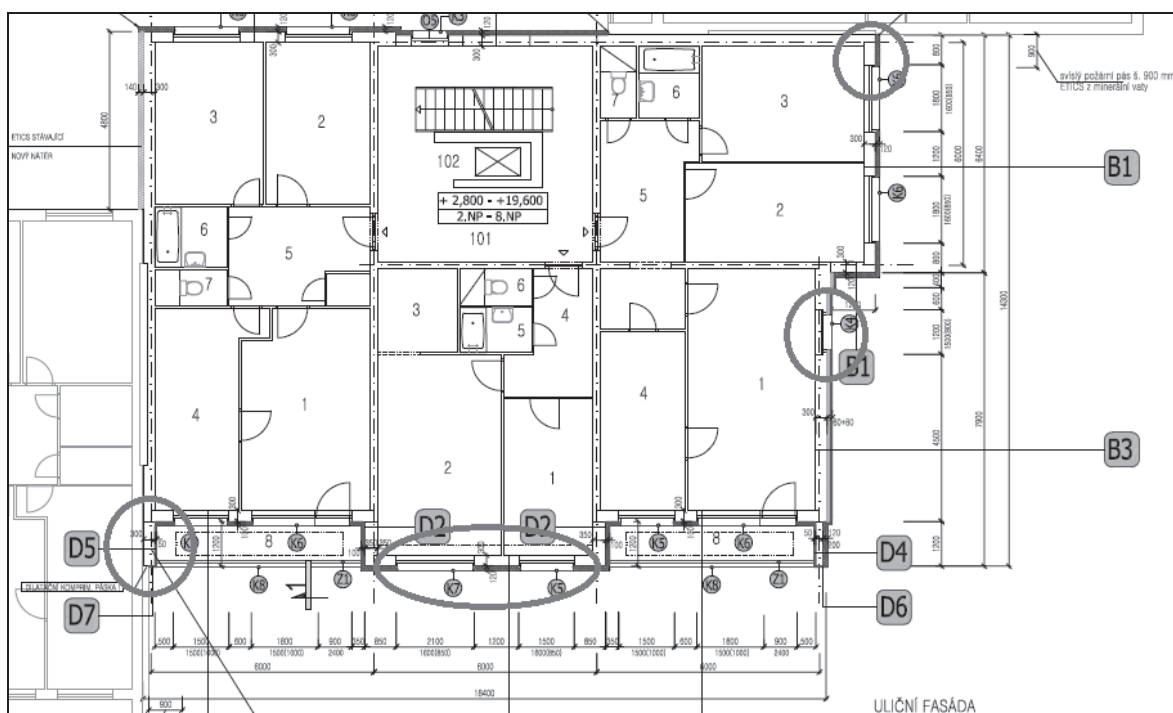


Obr. 4 Půdorys 2. NP - 8. NP s vyznačením polohy nových okenních otvorů na schodišti na dvorní fasádě

S ohledem na výše uvedené požárně bezpečnostní požadavky a obecná pravidla pro provádění ETICS bylo na celou plochu dvorní fasády navrženo vnější zateplení s třídou reakce na oheň A2 tzn. ETICS s tepelněizolačním výrobkem z minerální vlny. V oblastech zateplované fasády, kde by mohla odstříkující voda způsobit degradaci tepelněizolačního výrobku byl navržen tepelněizolační výrobek se sníženou nasákavostí s třídou reakce na oheň E v souladu s ČSN 73 0810.

Uliční fasáda budovy

Požárně bezpečnostní řešení zateplení uliční fasády souvisí s geometrií bytového domu a s návazností na jiné (sousední) budovy.



Obr. 5 Půdorys 2. NP – 8. NP s vyznačením řešených oblastí z požárně bezpečnostního hlediska na uliční fasádě

Vnější zateplení plochy fasády mimo lodžie bylo navrženo s třídou reakce na oheň B tzn. ETICS s tepelněizolačním výrobkem z pěnového polystyrenu. V místech předpokládaného možného působení účinků požáru tj. v oblasti stavebních otvorů bylo použito ekvivalentní řešení ve smyslu ČSN 73 0810 vyhovující zkoušce ČSN ISO 13785-1. Jedná se o vyhovující řešení detailu nadpraží a ostění stavebních otvorů, na které je vystaveno tzv. Požárně klasifikační osvědčení. Tato úprava bude použita i v místě zdvojení ETICS. Založení vnějšího zateplení je pod terénem s krycí vrstvou - vnějšího souvrství ETICS v oblasti změny tloušťky tepelněizolačního výrobku.

Vnější zateplení plochy fasády v lodžích bylo navrženo s třídou reakce na oheň B tzn. ETICS s tepelněizolačním výrobkem z pěnového polystyrenu. V oblasti únikové cesty u vstupu a ve vazbě na jiný (sousední) objekt bylo v souladu s ČSN 73 0810 navrženo vnější zateplení s třídou reakce na oheň A2 tzn. ETICS s tepelněizolačním výrobkem z minerální vlny.

Z důvodu geometrie spodního líce lodžiového panelu (střední plocha lodžiového panelu je zapuštěná a kónická) bylo navrženo vnější zateplení stropu lodžie pouze v šířce 200 mm podél zateplované plochy fasády lodžie k vytápěnému prostoru a to s třídou reakce na oheň B tzn. ETICS s tepelněizolačním výrobkem z pěnového polystyrenu. Jedná se o pás zateplené plochy podél obvodové stěny v šířce do 0,3 m, kde jsou povoleny i výrobky s třídou reakce na oheň odpovídající požadavkům na navazující obvodovou konstrukci dle ČSN 73 0810.

Ve specifické části stavebních objektů tzn. v oblasti mezi jednotlivými stavebními objekty bylo navrženo vnější zateplení v šířce 900 mm s třídou reakce na oheň A2 tzn. ETICS s tepelněizolačním výrobkem z minerální vlny.

V oblastech zateplované fasády, kde by mohla odstříkující voda způsobit degradaci tepelněizolačního výrobku byl navržen tepelněizolační výrobek se sníženou nasákavostí s třídou reakce na oheň E v souladu s ČSN 73 0810.

Vedení svislého svodu bleskosvodu na uliční fasádě bude provedeno ve vzdálenosti min. 0,1 m od povrchu vnějšího zateplení v souladu s ČSN 73 0810.

Závěr

Správné uplatnění požárně bezpečnostních požadavků dle ČSN 73 0810 vyžaduje nejenom znalost samotné požární problematiky, ale i detailní studium geometrie bytového domu včetně případné návaznosti na jiné budovy a znalost technologie provádění ETICS.

Literatúra

- [1] Publikace "Zásady řešení zateplení objektů pro navrhování a provádění ETICS ve smyslu ČSN 73 0810:2016", Ing. Vladimír Vymětalík, Ph.D., Ing. Radek Weigner; Praha, 2017
- [2] ČSN ISO 13785-1 Zkoušky reakce na oheň pro fasády – Část 1: Zkouška středního rozměru
- [3] ČSN 73 0810 Požární bezpečnost staveb – Základní ustanovení

ÚNOSNOSŤ KOTIEV PRE ETICS S VÄČŠÍMI HRÚBKAMI TEPELNÝCH IZOLÁCIÍ

Dana Bellušová¹

Abstract

The contribution deals with the experiment verifying the load bearing capacity of anchors for ETICS with thermal insulation of higher thicknesses. In connection with the increase of the requirements for the energy performance of buildings, the thermal insulation thicknesses are increased to meet the design conditions.

Úvod

ETICS s omietkou (ďalej len ETICS) sa uvádza na trh na Slovensku a v krajinách Európskej únie ako stavebný výrobok zložený z komponentov. Výrobca ETICS je zodpovedný za ETICS vrátane komponentov ETICS. Výrobca ETICS prezentuje ETICS prostredníctvom deklarácie parametrov. Parametre sa získavajú technickým posudzovaním podľa harmonizovanej technickej špecifikácie ETAG 004.

Vzhľadom na požiadavku zvyšovať energetickú hospodárnosť budov dochádza pri zatepľovaní obvodových plášťov budov k zväčšovaniu hrúbky tepelnej izolácie v ETICS z dôvodu splnenia požiadaviek na tepelnoizolačné parametre obvodových stien. Z tohto dôvodu vznikajú požiadavky od výrobcov/zhotoviteľov ETICS na zabudovanie väčších hrúbok tepelnej izolácie v ETICS. Pri väčších hrúbkach tepelnej izolácie, až do hodnoty 200 mm, pôsobenie vlastnej tiaže tepelnej izolácie a ostatných komponentov v ETICS má nezanedbateľný vplyv na únosnosť v porovnaní s používaním tepelnej izolácie menších hrúbok napr. 60 až 80 mm.

Legislatívna zmena

Nariadenie o stavebných výrobkoch 305/2011 opisuje postup pre posudzovanie stavebného výrobku ETICS. Technická špecifikácia ETAG 004 (www.eota.eu) platná pre posudzovanie parametrov ETICS je momentálne v štádiu konverzie na harmonizovanú technickú špecifikáciu EAD 040083-00-0404. EAD 040083-00-0404 v plnom rozsahu nahradí doteraz platný predpis ETAG 004 dňom uverejnenia v úradnom vestníku EÚ.

Predpis na kotviace prvky do ETICS ETAG 014, podľa ktorého sa vydalo množstvo európskych technických posúdení sa konvertoval do nového predpisu – európskeho hodnotiaceho dokumentu EAD 330196-01-0604 (www.eota.eu). Výrobcovia plastových kotiev do ETICS vykonávajú posudzovanie parametrov podľa aktuálneho EAD 330196-01-0604 s možnosťou CE označenia.

Predpis na sklotextilné mriežky EAD 040016-00-0404 (www.eota.eu) sa pripravil v EOTA ako samostatne hodnotiaci dokument pre významný komponent ETICS. Dokument slúži ako podklad pre výrobcov sklotextilných mriežok na posúdenie parametrov s možnosťou CE označenia.

Použitie ETICS

ETICS sa používa v zmysle ETAG 004 ako:

- lepený,
- lepený s pomocným kotvením,
- **mechanicky kotvený s pomocným lepením,**
- **mechanicky kotvený ETICS.**

¹ Ing. Dana Bellušová, Technický a skúšobný ústav stavebný, n.o., Studená 3, 82104 Bratislava, e-mail: bellusova@tsus.sk

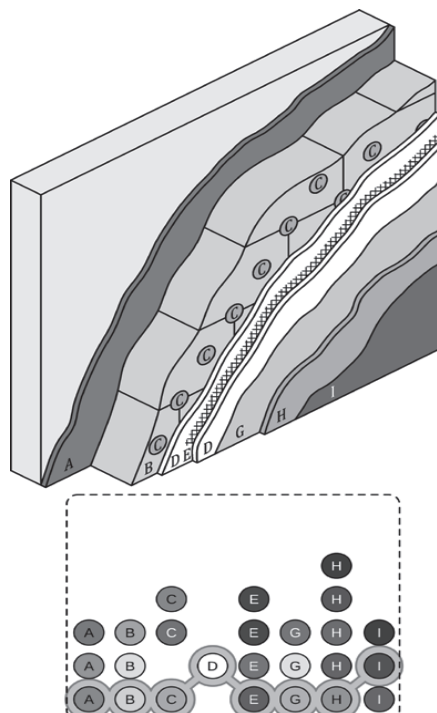
Definícia a skladba ETICS

Vonkajší zložený tepelnoizolačný systém s omietkou v zmysle predpisu ETAG 004 (i pripravovaného EAD 040083-00-0404) je zostava zložená z komponentov ETICS, a to z lepiacej malty, tepelnej izolácie, kotviacich prvkov, výstužnej základnej vrstvy so sklotextilnou mriežkou, penetračnej vrstvy, povrchovej vrstvy, prípadne dekoratívnej vrstvy.

Skladba mechanicky upevneného ETICS s doplnkovým lepením je na obrázku 1.

Vysvetlivky

A lepiaca malta, B tepelná izolácia,
C kotviace prvky – tanierové, D základná vrstva,
E sklotextilná mriežka, G penetračný náter,
H povrchová vrstva, I dekoratívna vrstva



Obr. 1 - Príklad ETICS mechanicky upevneného s kotviacimi prvkami s doplnkovým lepením

Komponenty ETICS – kotviace prvky a tepelná izolácia – posudzované parametre

Kotviace prvky – tanierové sa na účel použitia v ETICS posudzujú podľa skúšobných metód stanovených v Európskom hodnotiacom dokumente EAD 330164-01-0604 (konverzia z ETAG 014) „Plastové kotvy na pripevnenie ETICS s omietkou“ a podľa ETAG 004 (i pripravovaného EAD 040083-00-0404):

- vyvlečenie kotviacich prvkov,
- skúška statického bloku,
- skúška pretvorenia,
- skúška nadvihovania vetrom.

Kotviace prvky sa navrhujú v ETICS za účelom prenosu vodorovného zaťaženia vetrom. To, aké zaťaženie kotviace prvky prenesú, je výsledkom horeuvedených skúšok. Existujúce skúšobné postupy sú postačujúce na stanovenie odolnosti ETICS na sanie vetrom. Kotviace prvky podľa EAD 330164-01-0604 sa neposudzujú na prenos vertikálneho zaťaženia.

Tepelná izolácia sa navrhuje v posledných rokoch vzhľadom na tepelnú ochranu stavebných konštrukcií do ETICS s väčšími hrúbkami. Výrobcovia tepelných izolácií začali ponúkať tepelné izolácie s lepšími tepelnoizolačnými parametrami a väčšími hrúbkami. Zlepšovanie tepelnotechnických vlastností tepelných izolácií má za následok znižovanie niektorých mechanicko-fyzikálnych parametrov tepelných izolácií (napr. objemová hmotnosť, pevnosť v ťahu kolmo na rovinu dosky, šmykové parametre a iné).

Zvyšovanie hrúbky tepelnej izolácie znamená v ETICS riziko zabezpečenia odolnosti voči vertikálnemu zaťaženiu. Jestvujúce skúšobné metódy podľa ETAG 004 - vyvlečenie kotviacich prvkov, skúška statického bloku, skúška nadvihovania vetrom sú metódy na posúdenie ETICS na odolnosť proti vetru. Vyžadujú sa na overenie ETICS mechanicky upevneného kotviacimi prvkami a pomocným lepením.

Tepelná izolácia má deklarované vlastnosti:

- objemová hmotnosť (ak výrobca požaduje),
- pevnosť v ťahu kolmo na rovinu dosky (za sucha),
- pevnosť v ťahu kolmo na rovinu dosky (za mokra) (ak sa vzťahuje),
- pevnosť v šmyku (ak sa vzťahuje),
- šmykový modul (ak sa vzťahuje) a iné.

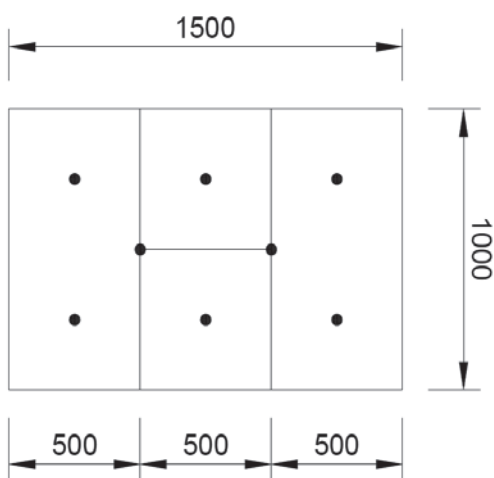
Odolnosť ETICS proti vertikálnemu zaťaženiu

Predpis ETAG 004 nezahŕňa vlastnosť „Odolnosť ETICS proti vertikálnemu zaťaženiu“. Preto výrobcovia ETICS s omietkovým systémom takýto parameter nepoznajú a ani ho nedeklarujú.

TSÚS v rámci výskumného projektu v spolupráci s výrobcom ETICS vytvoril 4 konfigurácie (skladby ETICS bez povrchového súvrstvia) a vykonal skúšanie podľa existujúcej skúšobnej metódy „Skúška pretvorenia“ (únosnosť mechanického upevnenia) podľa ETAG 004. Táto skúška nie je priamo určená na overenie charakteristiky „Odolnosti ETICS proti vertikálnemu zaťaženiu“, avšak dá sa použiť na overenie pretvorenia ETICS na zaťaženie pri porušení. Podľa požiadaviek ETAG 004 sa skúška štandardne nevyžaduje, pretože výrobca spĺňa všetky požiadavky na to, aby skúšku nepotreboval (pozri ETAG 004, čl. 5.1.4.2).

Popis skúšobných vzoriek:

Výrobca pripravil v TSÚS pod dohľadom pracovníkov skúšobného laboratória pobočky v Bratislave štyri vzorky o rozmeroch 1500 mm x 1000 mm podľa inštrukcií uvedenej v skúšobnej metóde v ETAG 004, čl. 5.1.4.2.1 (obrázok č. 1). Všetky vzorky mali spoločné to, že rozmer vzorky bol rovnaký a použila sa rovnaká hrúbka tepelnej izolácie 200 mm z dosiek minerálnej vlny s pozdĺžnym vláknom.



Obr. 1. – Rozmery uloženia dosiek z minerálnej vlny na betónový podklad



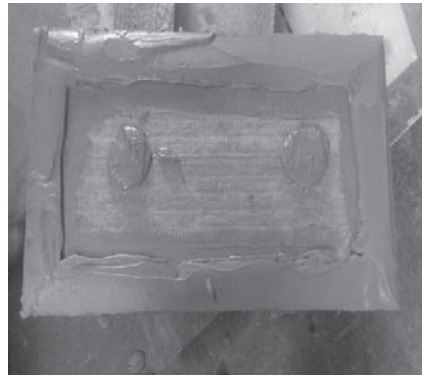
Obr. 2. – Pohľad na vzorku uchytenú v skúšobnom zariadení

Podrobný popis vzorky č. 1:

Na dosku z betónu s hladkým povrchom o rozmere 1 000 mm x 2 000 mm a hrúbke 100 mm sa položili na doraz dve dosky minerálnej vlny s upraveným rozmerom 500 mm x 1000 mm a dve dosky s upraveným rozmerom 500 mm x 500 mm (MW- EN 13162 - T5-CS(10)40-TR15-WS-WL(P)-MU1, hrúbka 200 mm) podľa obrázka 1. Piesok sa aplikoval na betónovú dosku pod dosky tepelnej izolácie, aby sa mohla vzorka posúvať (pozri obrázok 2). Dosky tepelnej izolácie sa upevnili skrutkovacími kotviacimi prvkami podľa obrázka 3. Následne sa aplikovala základná vrstva, do ktorej sa zatlačila sklotextilná mriežka s plošnou hmotnosťou 145 g/m² podľa pokynov výrobcu ETICS. Sklotextilná mriežka prečnievala na oboch stranách vzorky viac ako 300 mm.



Obr. 3 – Aplikácia piesku na betónovú dosku skúšobnej vzorky č. 1



Obr. 4 – Aplikácia lepiacej malty na tepelnú izoláciu skúšobnej vzorky č. 3



Obr. 7 – Porušenie kotviacich prvkov na vzorke č. 2 (bez lepiacej malty)

Podrobný popis vzorky č. 2:

Vzorka zhodná s popisom vzorky č. 1 s tým rozdielom, že sa aplikoval iný typ dosiek minerálnej vlny, a to MW- EN 13162 - T5-CS(10)30-TR10-WS-WL(P)-MU1.

Podrobný popis vzorky č. 3:

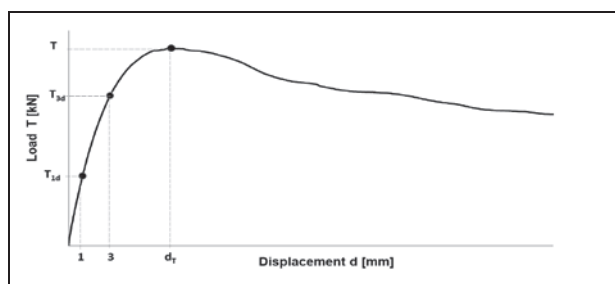
Na betónovú dosku s hladkým povrchom o rozmere 1 000 mm x 2 000 mm a hrúbke 100 mm sa nalepili dve dosky minerálnej vlny s upraveným rozmerom 500 mm x 1000 mm a dve dosky s upraveným rozmerom 500 mm x 500 mm (MW- EN 13162 - T5-CS(10)40-TR15-WS-WL(P)-MU1, hrúbka 200 mm) podľa obrázka 1. Lepiaca malta sa aplikovala na dosky tepelnej izolácia a doska sa prilepila na betónový podklad podľa obrázka 4. Dosky tepelnej izolácie sa upevnili skrutkovacími kotviacimi prvkami podľa obrázka 2. Následne sa aplikovala základná vrstva, do ktorej sa zatlačila sklotextilná mriežka podľa pokynov výrobcu ETICS. Sklotextilná mriežka prečnievala na oboch stranách vzorky viac ako 300 mm.

Podrobný popis vzorky č. 4:

Vzorka zhodná s popisom vzorky č. 3 s tým rozdielom, že sa aplikoval iný typ dosiek minerálnej vlny, a to MW- EN 13162 - T5-CS(10)30-TR10-WS-WL(P)-MU1.

Skúšobný postup:

Skúšobný postup bol v súlade so skúšobnou metódou podľa ETAG 004, čl. 5.1.4.2.1. ETICS – 4 konfigurácie bez penetračnej vrstvy a povrchovej vrstvy bol zaťažený simulovaným vertikálnym zaťažením vetra 2 000 Pa vo vertikálnom smere prostredníctvom penového bloku a záťaže. Súčasne sa postupne zaťažovali všetky skúšobné vzorky prostredníctvom sklotextilnej mriežky horizontálnym ťahovým zaťažením s riadenou deformáciou rýchlosťou 1 mm/min. Počas skúšky sa zaznamenali hodnoty absolútneho pretvorenia skúšobných vzoriek vzhľadom na betónovú dosku a hodnoty odpovedajúcich zaťažení. Snímače pretvorenia sa umiestnili na sklotextilnej mriežke v tesnej blízkosti všetkých štyroch rohov dosky z minerálnej vlny a tiež na sklotextilnej mriežke v strede spodnej zadnej hrany minerálnej dosky (vzdialenejšia hrana od upínacích čelustí). Závislosť deformácie od zaťaženia až do porušenia sa zaznamenala v digitálnej forme a grafická interpretácia závislosti týchto dvoch sledovaných veličín je vykreslená v grafickej forme, z ktorej sa vyhodnotilo pretvorenie U_e zodpovedajúce medzi pružnosti. Z krivky sa taktiež vyhodnotila sila zodpovedajúca deformácii 1 mm a 3 mm podľa obrázka 5.

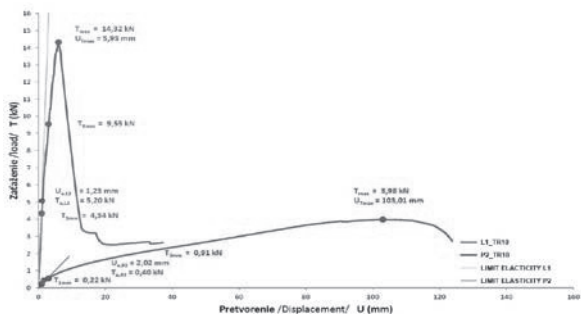


Obr. 5 – Krivka závislosti deformácie (displacement) od zaťaženia (load)

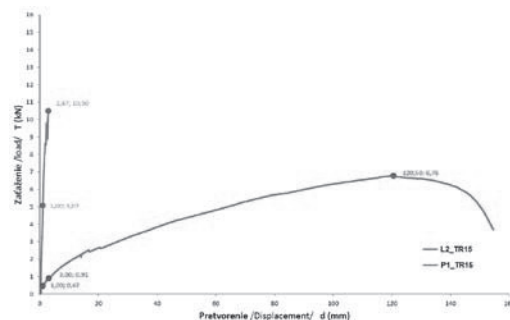
Relevantné parametre komponentov ETICS nanesené na vzorke č. 1 až 4 sú uvedené v tabuľke 1.

Tabuľka 1 – Deklarované a namerané parametre tepelnej izolácie

Charakteristika	Deklarovaný parameter	Nameraný parameter
<i>Tepelná izolácia podľa STN EN 13162-MW-TR15 (skúšobná vzorka 1 a 3)</i>		
Pevnosť v ťahu kolmo na rovinu dosky (STN EN 1607:2013)	TR15	25,7 kPa
Objemová hmotnosť tepelnej izolácie (STN EN 1602)	-	115,9 kg/m ³
Pevnosť v šmyku tepelnej izolácie (STN EN 12090)	-	16,1 kPa
Modul pružnosti v šmyku tepelnej izolácie (STN EN 12090)	-	586 kPa
<i>Tepelná izolácia podľa STN EN 13162-MW-TR10 (skúšobná vzorka 2 a 4)</i>		
Pevnosť v ťahu kolmo na rovinu dosky (STN EN 1607:2013)	TR10	17,3 kPa
Objemová hmotnosť tepelnej izolácie (STN EN 1602)	-	95,1 kg/m ³
Pevnosť v šmyku tepelnej izolácie (STN EN 12090)	-	8,7 kPa
Modul pružnosti v šmyku tepelnej izolácie (STN EN 12090)	-	372 kPa



B závislosť pretvorenia od zaťaženia – vzorka č. 2
D závislosť pretvorenia od zaťaženia – vzorka č. 4



A závislosť pretvorenia od zaťaženia – vzorka č. 1
C závislosť pretvorenia od zaťaženia – vzorka č. 3

Obr. 6 – Krivky závislosti deformácie (displacement) od zaťaženia (load) na vzorkách 1 až 4

Tabuľka 2 - Výsledky skúšky pretvorenia ETICS

Vzorka č.	1	2	3	4
	Betónový podklad Piesok MW-TR15 (hrúbka 200 mm) Kotvenie Výstužná základná vrstva	Betónový podklad Piesok MW-TR10 (hrúbka 200 mm) Kotvenie Výstužná základná vrstva	Betónový podklad Lepiacia malta MW-TR15 (hrúbka 200 mm) Kotvenie Výstužná základná vrstva	Betónový podklad Lepiacia malta MW-TR10 (hrúbka 200 mm) Kotvenie Výstužná základná vrstva
Max. sila T_{max}	6,78 kN	3,98 kN	-	14,32kN
Deformácia pri max. sile $U_{T,max}$	120,5 mm	103,1 mm	-	5,95 mm
Sila odpovedajúca deformácii 1 mm T_{1mm}	0,47 kN	0,22 kN	5,07 (mriežka sa pretrhla)	4,34 kN
Sila odpovedajúca deformácii 3 mm T_{3mm}	0,91 kN	0,55 kN	-	9,55 kN
Sila na 1 kotvu odpovedajúca deformácii 3 mm $T_{1/3mm}$	0,11 kN	0,07 kN	- *	1,19 kN
Závislosť pretvorenia od zaťaženia	A	B	C	D
	Závislosti A, B, C, D pozri nad Tab. 2			

Záver a odporúčania

Na základe experimentálne získaných výsledkov vodorovných posunutí dosiek ako segmentov ETICS, odpovedajúcich hodnôt skúšobnej sily a zistených porušení je možné formulovať nasledovné závery, resp. odporúčania:

- So zväčšujúcou sa hrúbkou tepelnej izolácie v ETICS sa zväčšuje veľkosť vplyvu sily, ktorá pôsobí v rovine ETICS a je reprezentovaná vlastnou tiažou ETICS, ktorá spôsobí zväčšenie zaťaženia na kotviace prvky a pôsobí ako spojité momentové zaťaženie, ktoré prispieva k zväčšeniu zaťaženia pôsobiaceho kolmo na rovinu ETICS.
- Z obrázkov, na ktorých sa porovnali pracovné diagramy skúšaných vzoriek ETICS s tepelnými izoláciami rovnakých parametrov, ale usporiadaných na skúšobnej vzorke s lepiacou maltou a bez lepiacej malty, avšak pre obidva prípady s kotviacimi prvkami, je evidentný mimoriadne významný prínos lepiacej malty na veľkosť vzniknutej sily, ktorá pôsobí na jeden kotviaci prvok aj na veľkosť posunutia pri rovnakých zaťažovacích stavoch.
- Z porovnania získaných výsledkov identického spôsobu uchytenia ETICS, ale s použitou tepelnou izoláciou rozdielnych parametrov pevnosti v ťahu kolmo na rovinu je evidentný rozdiel v porovnaní experimentálne zistených hodnôt veľkosti posunutí v smere dosky ako aj v silách, ktoré pri rovnakom zaťažení pôsobia na jednu kotvu v prospech tepelnej izolácie TR15. V prípade porovnania veľkostí síl, ktoré pôsobia na jednu kotvu sa jedná o rozdiel približne 50% v prospech tepelnej izolácie TR15.
- Na vypracovanie záverov, ktoré by sa mohli použiť pri navrhovaní potrebného počtu kotviacich prvkov pre ETICS pri použití tepelnej izolácie väčších hrúbok a s uvažovaním rozdielnej kvality tepelnej izolácie vyrobenej na báze MW je potrebné vykonať väčší počet experimentálnych meraní.
- Tepelná izolácia z minerálnej vlny so zmenšujúcou sa objemovou hmotnosťou výrazne ovplyvňuje znižovanie mechanických vlastností ako sú pevnosť v ťahu kolmo na rovinu dosky a pevnosť v šmyku a modul pružnosti v šmyku. Otázkou ostáva, či sa mechanické vlastnosti menia so zväčšujúcou sa hrúbkou tepelnej izolácie. Požiadavka ETAG 004: 2013 predpisuje skúšku pevnosti v šmyku a modul pružnosti v šmyku tepelnej izolácie s hrúbkou 60 mm. Pravdepodobne takto získaný parameter nie je reprezentatívny i pre hrúbku tepelnej izolácie napr. 200 mm.
- Jestvujúce kotviace prvky použiteľné do ETICS samostatne bez použitia lepiacej malty dostatočne nezabezpečujú prenos vertikálneho zaťaženia ETICS (pozri obr. 7). Lepiaca malta v mechanicky upevnenom ETICS s doplnkovým lepením má výrazný podiel na prenose vertikálneho zaťaženia ETICS. Lepiaca malta je preto neopomenuteľným komponentom ETICS i v ETICS mechanicky upevnenom s pomocným lepením. Overenie parametrov lepiacej malty a ETICS s lepiacou maltou je požadujúce.

Literatúra

- [1] ETAG 004: 2013 „Vonkajší tepelnoizolačný zložený systém (ETICS) s omietkou“, www.eota.eu
- [2] Európsky hodnotiaci dokument EAD 330164-01-0604: 2016 „Plastové kotvy vyrobené z pôvodného alebo nepôvodného materiálu na pripevnenie vonkajších tepelnoizolačných kontaktných systémov (ETICS) s omietkou, www.eota.eu
- [3] Európsky hodnotiaci dokument EAD 040016-00-0404: 2016 „Mriežka zo sklenených vlákien na vystužovanie omietok na báze cementu, www.eota.eu
- [4] Záverečná správa č. 20-18-0558, Overenie parametrov šmykovej únosnosti a pretvorenia na ETICS, Technický a skúšobný ústav stavebný, n.o., Studená 3, 821 04 Bratislava, 29.11.2018

BASIS FOR THE QUALITY OF ETICS: DOCUMENTS FOR PRODUCT, PLANNING, PERFORMANCE AND USE

Clemens Hecht¹; Ralf Pasker²

Abstract

Mind the gap! CE marked ETICS can be legally placed on the market all across Europe. Technical assessment, DoP and CE do not answer the question, if the ETICS is good or bad or fit for the intended use. At Member States' level there should be national regulation in place, describing under which circumstances a specific ETICS can be used, minimum requirements have to be laid down, etc. The EAE Technical Committee will elaborate ideas and proposals how such national regulation may look like to make sure, that reliable quality, durability and safety of systems is achieved!

From ETAG to EAD and the new European ETICS standard

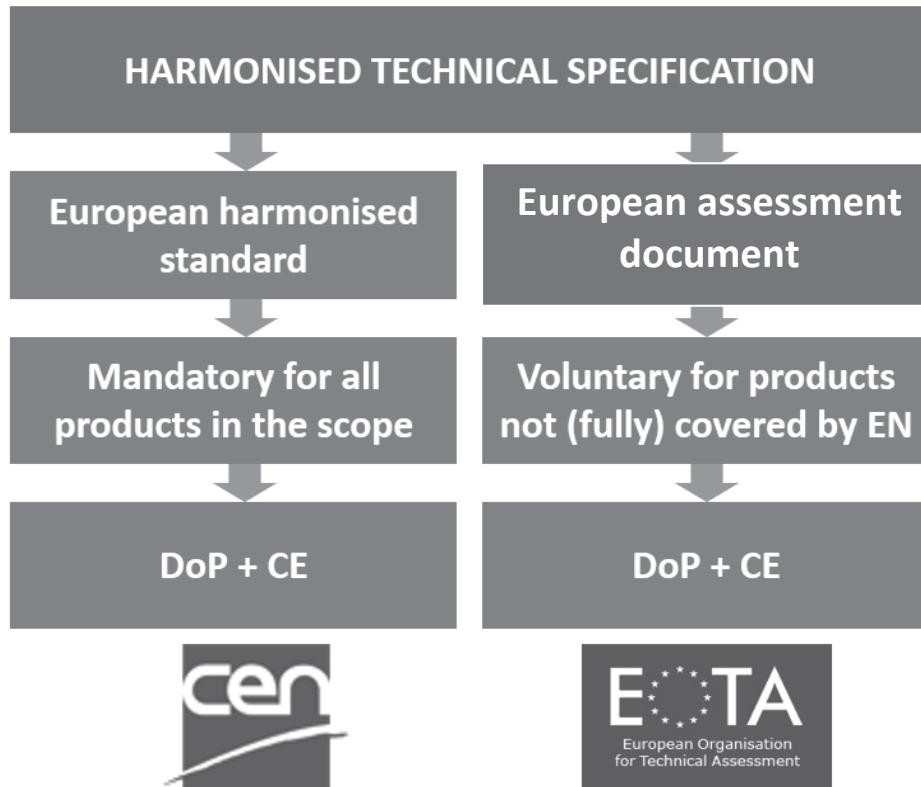
The main objective of the EU Construction Products Regulation (CPR) is to foster the free movement of goods in the Single Market. To achieve this, the Construction Products Regulation follows some basic principles:

- Harmonised „technical language“ for the Single Market
 - ➔ products are assessed in the same way and their performance is expressed in a harmonized manner to achieve comparability
- Declaration of performance + CE marking
 - ➔ products placed on the Common Market with a CE mark comply with the respective harmonised European technical specification; the free movement of such products accross European borders is guaranteed
- Planners and designers have to check the fitness of the product for the intended use, including national requirements
- Requirements for the construction works
 - ➔ The definition of requirements happens at national level

There are two ways to achieve CE marking:

¹ Dipl.-Ing. Dr.techn. Clemens Hecht, ARGE Qualitätsgruppe Wärmedämmsysteme, Wiedner Hauptstrasse 63, 1043 Vienna/Austria, info@waermedaemmsysteme.at

² Dipl.-Kaufmann Ralf Pasker, European Association for ETICS (EAE), Bld Reyerslaan 80, 1030 Brussels/Belgium, info@ea-etics.com



ETICS standard

For the standardisation of ETICS we have at the moment the following situation.

- Product standard: prEN 17237 - ETICS specification
- Since years the product standard is „under construction“. More than 1200 comments have been received after the first enquiry. They are almost discussed and solved meanwhile.

In addition, a series of supporting standards (test methods) was elaborated. Most of these are already published (see status below):

- EN 16383 Hygrothermal behavior: published
- EN 13496 Glass fibre meshes: published – will soon be revised
- EN 16382 Pull-through resistance: published
- EN 16724 ETICS Mounting & fixing: published
- EN 13497 Impact resistance: will be published until end 2018
- EN 17101 PU foam adhesives: will be cited until end 2018
- EN 13495 Foam block and displacement test: expected mid 2019
- EN 13494 Tensile bond strength: expected mid 2019

For the ETICS standardization next steps are preparatory meetings of CEN/TC88/WG18 to elaborate proposals how to solve the remaining comments received. At the moment we have a solution how to handle the situation. These preparatory meetings are followed by plenary meetings of CEN/TC88/WG18 to decide upon all proposed changes. A new task occurred just recently: how to include anchors to the specification standard as reference shall not be given to EADs?

Due to the amount of comments received a strong focus to solve all comments. The new HAS consultant has already been involved to achieve compliance with the formal requirements of the Construction Products Regulation. The next enquiry is intended to be published approximately in late summer 2019 and the citation not before the first half of 2021 (estimation).

Transition of ETAG 004 to EAD

The first version of ETAG 004 for ETICS had been published in March 2000. The latest revision was in February 2013. More than 1000 ETAs have been issued under this regime. As ETAG 004 has been elaborated in times of the Construction Products Directive, it does formally not fully comply with the principles and terms of the Construction Products Regulation today. ETAG 004 can only be used until publishing of EAD for issuing ETAs (the same applies for all remaining ETAGs). Therefore a transition of ETAG 004 to an EAD is in progress with significant contribution of EAE.

The EAD was finalized by the EOTA working group in charge in early March 2019. All participants agreed to follow a two stage approach.

- first stage:
publication without significant technical amendments compared to ETAG 004 to ensure the same technical basis for ETAs issued before and after citation of the new EAD (version „00“)
- second stage:
revision of version “00” will focusing on technical changes which were discussed during preparation of version „00“

The new European facade fire tests

European facade fire test – a (never) ending story? The assessment of facades and products for facades has been examined already in 2005. Several Member States apply national test methods to assess the behavior of facades or facade claddings. EOTA had already undertaken to develop a European assessment method because most of the products which were concerned by the facade fire performance issue were kits for facades for which a number of manufacturers had applied for a European Technical Approval.

The work of EOTA resulted in a draft Technical Report N073. It proposed two test methods:

- one based on a large scale facade assessment method (based mainly on BS 8414-1) and
- a second one with a significantly smaller fire load (based upon a method which is today applied in Germany, Austria, and Switzerland).

The draft has never been set into force as no common agreement could be achieved among Member States.

In 2015 the European Commission took action. The EC services reviewed the situation and have presented the issues and the choices on the way forward to the Member States and the industry in the meeting of the Advisory Group in May 2015. Some Member States are in favor of having only one test method, others are in favor of allowing for two different fire loads. In 2016 there was a European Commission tender to run a research project to evaluate the current situation and to list all test methods in place in Member States. In 2017 the project team started the research and in summer 2018 the final report was published with one proposed method and one alternative method.

For further proceedings the European Commission plans to invite experts from Member States, fire experts and other stakeholders to a Round Table to clarify the further proceedings.

The EAE has a clear position:

- Until now only experience with tests performed according to DIN 4102-20 and BS 8414 and no experience with tests according to the alternative method.
- Use of test results obtained until now has to be ensured to avoid unnecessary burden to the industry.
- Member States need to agree that they will accept test results obtained according to European test methods.

The question is, how safety requirements for the construction works falling under the responsibility of Member States according to the principles of the CPR can or shall be considered, e.g. inclusion of fire stopps in the test rig (see above)!

TVAROVÁ A STATICKÁ STABILITA ETICS

Ladislav Valeš¹

Abstract

The content of the paper first presents an overview of the requirements of existing regulations and standards for ETICS from the point of view of maintaining the shape and static stability of the mounted ETICS strata for the planned life of the work. Directive ETAG 004: 2013 for the ETICS, which is currently in the final phase of conversion, contains two static fastening concepts of ETICS to the supporting substrate: Concept of glued system (with supplementary mechanical fastening) and the concept of a mechanically fastened system (with additional bonding). Comparing the test and verification procedures outlined here both fastening concepts conclude that for mechanically fixed ETICS with additional bonding, i.e. for ETICS compositions with tensile strength of insulation (TR) of less than 30 kPa, this directive does not verify any systemic an element for capturing loads from self-weight and from heat-volume changes, i.e. carrier load-bearing element acting vertically. This conceptual mistake of the ETAG 004 leads to the risk of malfunctions and consequential damage that is related to growing the design thickness of the thermal insulation layer increases. Subsequent are then listed proposals to reduce this risk in the transition period until the error described is eliminated national and European ETICS regulations.

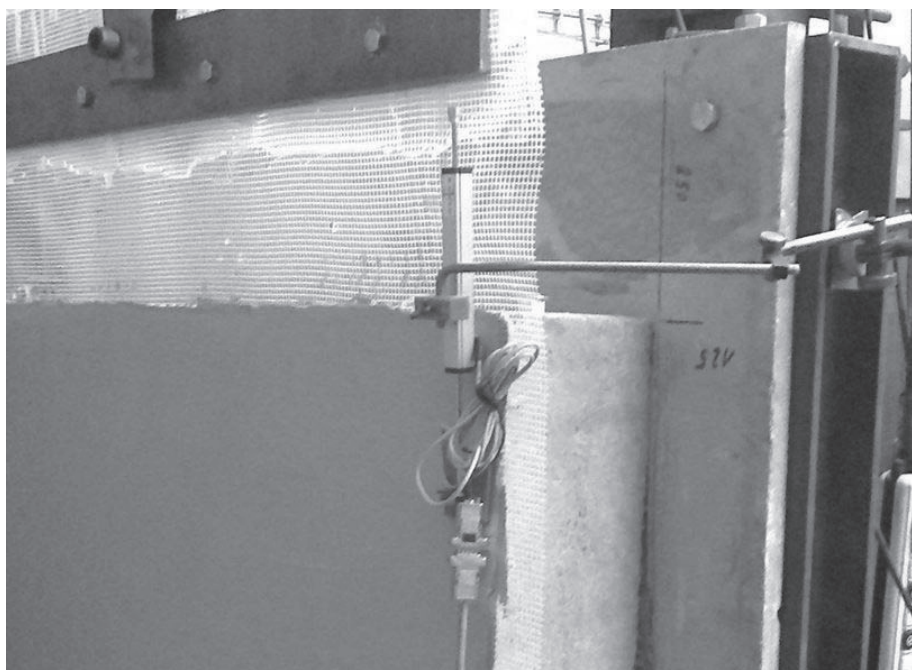
Tvarová a statická stabilita ETICS

Problematikou návrhu a posouzení tvarové a statické stability systémů ETICS se dlouhodobě zabývají směrnice ETAG 004 a ETAG 014, které jsou postupně transformovány do směrnic EAD. Zatímco směrnice ETAG 014 již transformací prošla v roce 2016 (EAD 330196-00-0604), transformace směrnice ETAG 004 je nyní v závěrečné fázi. Proto i v současné době pracujeme s tímto dokumentem, jehož vznik se váže k roku 2000. Článek 4.4. směrnice ETAG 004:2013 stanoví, že ...“ETICS musí být odolný proti kombinovanému namáhání, vyvolávanému užitným zatížením, jako je vlastní tíha, teplota, vlhkost a smršťování, i pohyby konstrukce a zatížení větrem...” Pro účinky vlastní tíhy pak směrnice ve stejném článku doplňuje, že „...ETICS musí být samonosný bez nebezpečných přetvoření...“. Je celkem logické, že tyto požadavky musí zajišťovat způsob upevnění ETICS k nosnému podkladu. Směrnice ETAG 004 zná dva způsoby upevnění ETICS: Lepení nebo mechanické upevnění pomocí kotev. V praxi se nejčastěji vyskytují systémy lepené s doplňkovým mechanickým upevněním nebo systémy mechanicky upevněné s doplňkovým lepením. Rozborem článku 6.1.4.1.3 lze odvodit závěr, že pokud soudržnost lepicí hmoty a izolantu je nižší, než 0,03 MPa, je nutno takový ETICS připevnit mechanicky. Do této kategorie tedy padají všechny systémy ETICS s izolantem TR 30 a nižší (EN 13162). Rozborem článků 5.1.4.1.2 a 5.1.4.1.3 směrnice ETAG 004:2013 je možno dále zjistit, že zkouška soudržnosti mezi lepicí hmotou a podkladem stejně jako zkouška soudržnosti mezi lepicí hmotou a izolantem je předepsána pouze pro lepené systémy. Z výsledků experimentálních zatěžovacích zkoušek lepených systémů ETICS dojdeme k závěru, že lepený spoj v případě izolantu EPS a izolantu MW s příčnou orientací vlákna (lamela z MW) s rezervou vlastní návrhovou hmotnost souvrství ETICS vynese. Jiná je situace při ověřování mechanicky upevněného ETICS s doplňkovým lepením, kdy podle směrnice ETAG 004:2013 je jediným systémově ověřovaným nosným prvkem mechanická kotva (v praxi obvykle plastová talířová kotva podle ETAG 014).

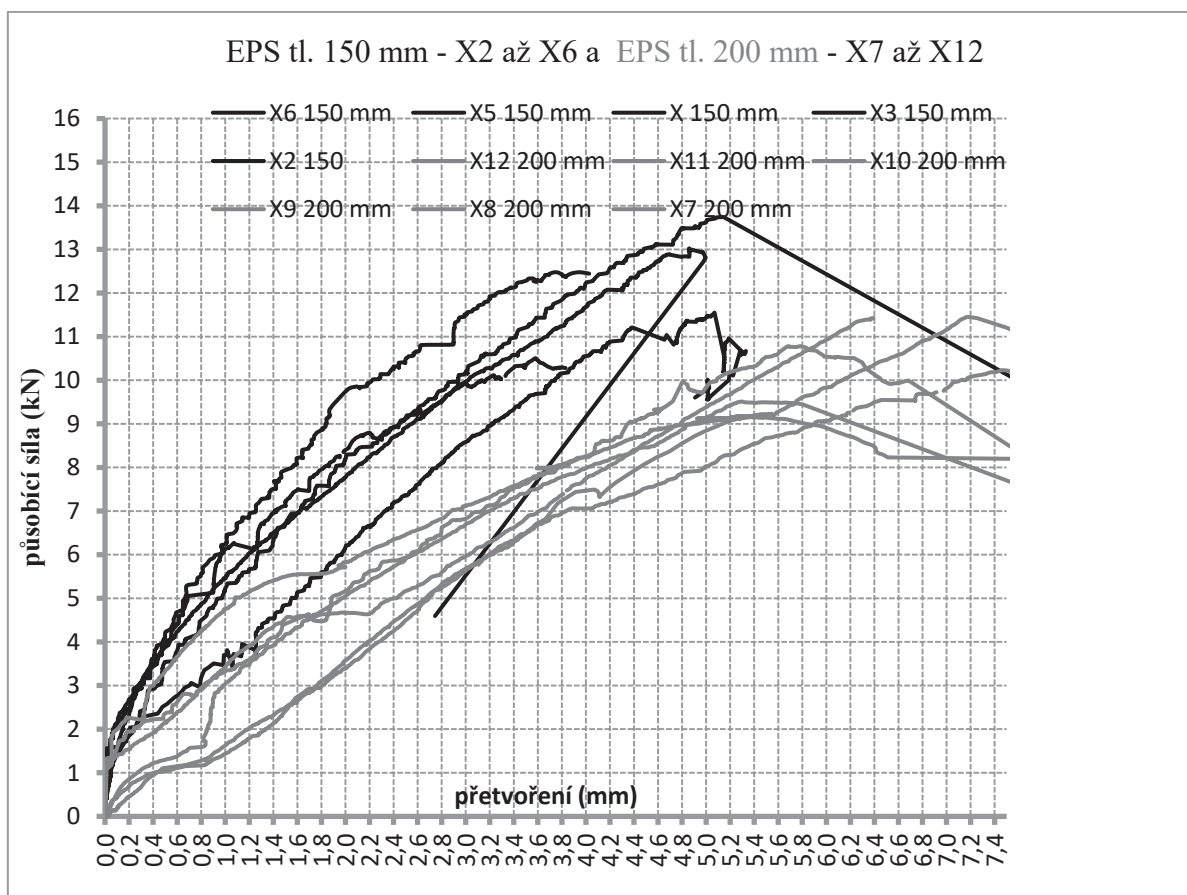
V případě záměru využít kotvy podle ETAG 014 pro záchyt svisle působících zatížení narazíme nejprve na bariéru administrativní, protože aktuální znění směrnice pro plastové kotvy pro ETICS (EAD 330196-00-0604:2016 jako výsledek konverze ETAG 014) striktně vyžaduje, aby zatížení od vlastní tíhy ETICS nepřenášely tyto kotvy, ale adheze ETICS k podkladu. Experimentální zatěžovací zkoušky i stavební praxe (rozbory příčin vícečetných defektů charakteru svislého posunu ETICS) prokázaly, že plastové talířové kotvy, uvedené na trh podle požadavků ETAG 014, skutečně nejsou schopné v případě ztráty nosné funkce lepeného spoje mezi deskou izolantu a nosným podkladem dlouhodobě blokovat deformaci mechanicky upevněného ETICS. Problém se projevuje postupným svislým posunem celého souvrství ETICS směrem dolů, doprovázeným vznikem charakteristických trhlin v povrchových vrstvách ETICS. Tato porucha byla až dosud v praxi popsána pouze u sestav ETICS s izolantem MW s převážně podélnou orientací vláknů. Vznik a rozvoj tohoto defektu ovlivňuje vedle popsané predispozice několik dalších faktorů, mezi hlavními lze uvést nevhodnou vzájemnou polohu kotev v desce a lepicích bodech pod deskou izolantu, zvýšené teplotní namáhání souvrství ETICS v důsledku příliš tmavého odstínu povrchové úpravy a především zatékání srážkové vody do souvrství ETICS shora. Uvedená zjištění logicky vedou ke snahám začít navrhovat a ověřovat lepený spoj i u mechanicky upevněných systémů. K tomu je nutno zjistit vedle únosnosti lepeného spoje mezi tepelným izolantem a podkladem také smykovou pevnost a smykovou tuhost (modul pružnosti ve smyku) tepelného izolantu. Tyto materiálové charakteristiky se aktuálně zjišťují podle normy EN 12 090:2013. Vzhledem k rozměru zkoušených vzorků (podle EN 13162 je to pro desky z MW předepsán rozměr vzorku 200 x 100 x tloušťka desky v mm) lze získat relevantní hodnoty smykové pevnosti pouze pro vzorky do určité tloušťky. Proto směrnice ETAG 004 zavedla v roce 2000 konvenci zkoušet smykovou pevnost izolantu na deskách tloušťky 60 mm. Tato tloušťka je dnes ve stavební praxi významně překonaná stávajícími požadavky na tepelný odpor obvodového pláště budov. Podle výsledků zkoušek smykové pevnosti na větších tloušťkách desek izolantu je dnes již možno považovat za prokázané, že smyková pevnost tepelného izolantu i jeho modul pružnosti ve smyku se s rostoucí tloušťkou fasádní desky snižují. Pokud by tedy projektant pracoval při posuzování tvarových změn ETICS s izolantem tloušťky 200 mm s hodnotami smykové pevnosti a tuhosti, zjištěnými postupem podle ETAG 004:2013 na deskách tloušťky 60 mm, pak pracuje s hodnotami nesprávnými. Ocitáme se tedy v situaci, kdy pro návrh a posouzení statické a tvarové stability systému ETICS v tloušťkách odhadem nad 100 mm nemá projektant relevantní návrhové hodnoty. Je proto třeba bez odkladu začít zkoušet smykovou pevnost izolantu na deskách aktuálně užívaných tlouštěk, nejlépe na deskách, odpovídajících maximální návrhové tloušťce ETICS. Pro potřebu posouzení tvarových změn ETICS na vnějším líci se s v současné době jeví jako jedna z nouzových možností vydat ke každému ETICS pracovní diagram ve smyku pro maximální návrhovou tloušťku ETICS (jehož vypracování zadá výrobce ETICS pro určenou tloušťku izolantu). Setrvání v popsaném stavu bez zajištění nápravy reálně hrozí v dohledné době vznikem zbytečných škod. Bylo by proto vhodné shromáždit dosud získané zkušenosti a zahájit jednání mezi kompetentními úřady a zkušebními laboratořemi o aktualizaci metodiky pro získání relevantních hodnot smykové pevnosti a tuhosti izolantu pro ETICS. Na základě získaných výsledků je poté třeba stanovit limity použitelnosti konkrétního izolantu pro ETICS (typ a jemu odpovídající maximální tloušťka izolační desky). Zkušenosti z defektoskopické praxe dále ukazují, že má význam u každého vzorku, zkoušeného na smykovou pevnost, zjistit a uvést tloušťku desky, typ izolantu, objemovou hmotnost, pevnost v tlaku (CS) a pevnost v tahu (TR) s cílem popsat vzájemné korelace těchto hodnot pro potřeby kontroly kvality ve stavební praxi.



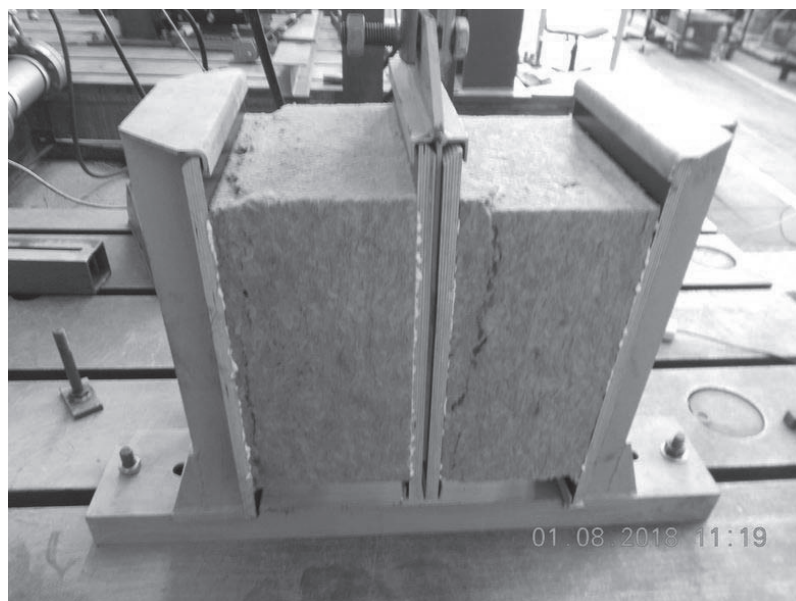
Obr. 1 Příprava zkoušky pro vypracování pracovního diagramu ETICS ve smyku. Je použita celá deska izolantu. Smyk je vnášen do vzorku tahem za výztužnou tkaninu základní vrstvy podle konceptu směrnice ETAG 004.



Obr. 2 Zkušební postup pro vypracování pracovního diagramu ETICS ve smyku na vzorku celé desky izolantu. Deformace vzorku od smykového zatížení je snímána a vynášena do grafu ve vazbě na velikost smykové síly.



Obr. 3 Svazky křivek pracovního diagramu ve smyku pro izolant EPS 70 F tloušťky 150 mm a 200 mm. Z tohoto diagramu lze vypočítat hodnotu modulu pružnosti izolantu ve smyku pro zkoušený konkrétní ETICS a orientačně zjistit svislý posun po přitížení fasádního líce ETICS zvolenou tíhou povrchové úpravy. Za mez elasticity se považuje posun do 1 mm.



Obr. 4 Pokusy o stanovení pevnosti izolantu ve smyku na vzorku větších rozměrů (300 x 420 x 200 mm/tl.), připraveném jako zdvojené uspořádání podle EN 12 090:2013, dávají podobné výsledky jako standardní vzorek. Potvrdily však znovu trend poklesu smykové pevnosti a tuhosti izolantu s rostoucí tloušťkou desky.

KOTVENÍ ETICS V DĚROVANÝCH CIHELNÝCH BLOCÍCH

Zdeněk Kobza¹

Abstract

All building technologies can be a problem in the hands of inexperienced or irresponsible persons. This assertion, in the absence of skilled workers, the state of Czech education, the number and level of apprentices under preparation, applies across the entire building industry. Unfortunately.

Úvod

ETICS si jako hojně využívaná technologie ve stavebnictví získala svou oblibu mimo jiné v důsledku neustále se zpřísnujících požadavků na tepelněizolační vlastnosti obvodových stěn budov, zvyšujících se cen energie a pro svoji spolehlivost a trvanlivost. Spolehlivá a trvanlivá technologie šetří náklady na vytápění a podílí se na snižování znečišťování životního prostředí. Spolehlivá a trvanlivá ale bude jen za předpokladu, že je či byla správně prováděna.

Za poslední roky, kromě jiného také v důsledku neustálých tlaků ze strany CZB ČR, odborné stavební veřejnosti, institucí a výrobců, došlo ke kvalitativnímu pokroku v provádění ETICS. Bohužel v posledním období, poznamenaném nedostatkem kvalifikovaných pracovníků ve stavebnictví, opět dochází k nárůstu případů, kdy jsou zaznamenány poruchy této technologie. Nutno říci, že na vině není vesměs produkt (ETICS), ale lidský faktor.

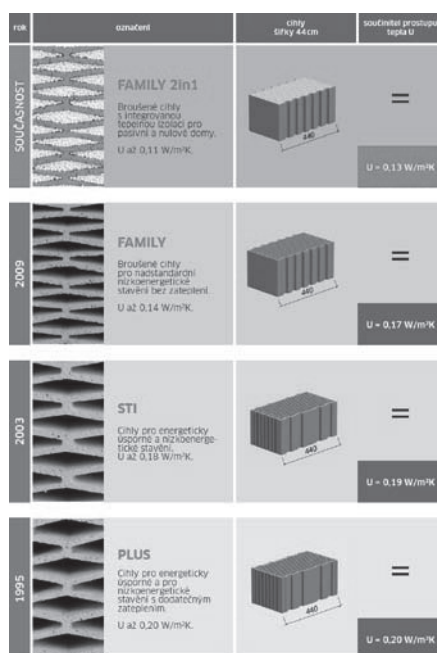
Podklad z děrovaných cihel

Děrovaný cihelný podklad je po betonu jeden z nejčastějších (spolu s podklady E), ke kterému se kotví ETICS. Oblíbený stavební materiál, který EAD zařazuje do kategorie C (zdivo nebo dílce z dutých nebo děrovaných cihel, cihelných bloků nebo tvárnic) z hlediska rozlišování podkladu pro kotvení, má dnes svá specifika. Za poslední dvacetiletí se dynamicky rozvíjel. Dávno pryč je doba, kdy se pod pojmem děrovaná cihla myslela CDm (cihla děrovaná, voštinka o rozměrech 113 x 118 x 240 mm). Požadavky na parametry moderního cihelného bloku pro obvodové zdivo ovlivnily požadavky a vývoj zejména normy ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky. Obsah tohoto předpisu zásadně ovlivnil výrobce při konstrukci těchto bloků (objemová hmotnost bloku, objemová hmotnost střepu, pevnost bloku, tepelněizolační vlastnosti) viz obr. 1.

Pokud pozorně nastudujeme aktuální ETA jednotlivých hmoždinek (od různých výrobců, vydaných různými notifikovanými institucemi), zjistíme, že popis cihelných bloků – jejich parametry a konstrukce, do kterých mají být kotveny hmoždinky pro ETICS – je v drtivé většině naprosto odlišný od dnes většinou používaných bloků určených k zateplení. Tedy k dosažení požadovaných tepelně izolačních parametrů dle ČSN 73 0540-2.

Vzhledem k tomu, že parametry a konstrukce dnešních cihelných děrovaných bloků jsou diametrálně odlišná od specifikací uvedených v tabulce 1, nelze používat pro stanovení počtu kotev přichycujících ETICS k podkladu hodnoty N_{Rk} uvedené v ETA, tabulka C, ale je nutno použít hodnoty získané tahovými zkouškami in situ.

¹ Ing. Zdeněk Kobza, HELUZ CIHLÁŘSKÝ PRŮMYSL, V. O.S., kobza@heluz.cz



Obr. 1 Vývoj tepelně technických parametrů děrovaných tepelně izolačních bloků pro obvodové zdivo

Tab. 1 Druhy podkladů v specifikovaných v ETA, přílohy B a C (poznámka HLz = Hochlochziegel - svisle děrovaná cihla)

	Popis cihelného bloku	Tloušťka obvodové stěny (mm)	Objemová hmotnost (kg/m³)	Pevnost bloku (N/mm²)
1	svisle děrované pálené cihly např. DIN 105-100:2012-01, EN 771-1:2011, HLz; dutiny 15-50%	ND	≥1000	12
2	svisle děrované pálené cihly dle EN 771-1:2011, HLz; dutiny 15-50%	12	1400	12
3	svisle děrované pálené cihly dle EN 771-1:2011, HLz; dutiny 15-50%	12	≥1600	48
4	Vertikálně děrovaná cihla s hliněným střepem dle Önorm B6124, dutiny 15-50%	10,3	≥900	15
5	Vertikálně děrovaná cihla s hliněným střepem dle Önorm B6124, dutiny 15-50%	10,3	≥900	10
6	Vertikálně děrovaná cihla s hliněným střepem dle EN 771-1, dutiny 15-50%	10,3	≥700	12
7	Vertikálně děrovaná cihla s hliněným střepem dle EN 771-1, dutiny 15-50%	10,3	≥700	10
8	Vertikálně děrovaná cihla s hliněným střepem dle EN 771-1, dutiny 15-50%	10,3	≥900	10
9	Děrované cihly HLz, DIN 105-100:2012-01 nebo EN 771-1:2011, dutiny 15-50%	≥ 12	1200	12
10	Děrované cihly HLz 250x380x235 EN 771-1:2011	≥ 10,3	ND	ND
11	Cihly děrované HLzB-1.0 shodné s DIN 105	13	≥950	≥12
12	konkrétní produkt 1 25	10	≥800	15
13	konkrétní produkt 2 25	12	≥800	15

Způsob montáže hmoždinek

Únosnost kotev pro ETICS v děrovaných cihelných blocích je závislá zejména na:

- konstrukci hmoždinek
- způsobu montáže hmoždinek
- typu cihelného bloku
- způsobu přípravy otvoru pro kotvení hmoždinek
 - způsob vrtání
 - typ vrtáku
 - kvalita vrtáku
 - kvalita provádění otvoru (přítlak, kolmost na podklad)

Způsob montáže je zásadní pro únosnost kotev v děrovaných blocích. Nekvalitně vyvrtaný otvor je mnohdy příčinou smazání výhod v únosnosti šroubovacích hmoždinek v cihelných blocích (obr. 2).



Obr. 2 Otvory pro osazení kotev ETICS. Vlevo - nekvalitně provedený otvor např. vrtáním s příklopem, oštipaný s nepravidelným tvarem a vpravo správně provedený otvor čistého kruhového tvaru.

Častá chyba, a to zejména realizátorů, spočívá v jejich přesvědčení, že pokud jsou naměřeny stejné hodnoty únosnosti hmoždinek, vyjdou také stejné počty hmoždinek pro kotvení. To je veliký omyl, neboť metodika výpočtu pro stanovení počtu hmoždinek na kotvení ETICS používá koeficient bezpečnosti γ_{Mc} (součinitel bezpečnosti upevnění při montáži hmoždinky). Ten je pro kotvení zatlučkových hmoždinek odlišný od koeficientu pro šroubovací hmoždinky.

Závěr, doporučení

1. Jak již bylo uvedeno, je nesprávné v současné době využívat pro stanovení počtu hmoždinek ke kotvení ETICS v podkladech typu C (děrovaný cihelný blok) hodnoty N_{Rk} , uvedené v ETA, pokud není podklad v souladu se specifikací podkladu přílohy B příslušné ETA. Hodnoty běžně uváděné v ETA nerespektují konstrukci a technické parametry dnešních děrovaných bloků používaných k zateplení pomocí ETICS.
2. Je vhodné, aby příslušné úřady vnesly změny vyplývající z vývoje cihelných děrovaných bloků do svých předpisů a legislativy. Nabízí se otázka, kdo by měl tyto skutečnosti napravit.
3. Je vhodné, aby v jednotlivých ETA začala být daleko podrobněji popisována problematika přípravy provádění otvorů pro kotvení kotev ETICS. Příprava otvorů zásadním způsobem ovlivňuje hodnoty únosnosti hmoždinek v tahu z cihelných děrovaných bloků.

4. Začněme seriózní diskuzi, zda je vhodné, aby se zatluokací hmoždinky stále používaly ke kotvení ETICS u děrovaných cihelných bloků.

Přes všechny zde popsané skutečnosti lze konstatovat, že: “Podklad obvodové stěny z cihelných děrovaných bloků (podklad typu C dle EAD) je při pečlivě vrtaných - připravovaných otvorech a v současnosti používaných zejména šroubovacích kotev pro ETICS (určených pro podklady C) spolehlivý“. Pokud se najdou jedinci nesdílející toto stanovisko, nabízí se jako varianta jednovrstvé obvodové zdivo. Cihelné bloky dnes nabízené na trhu mají návrhové parametry součinitele prostupu tepla $U_{\text{design, mas}}$ až 0,11 W/(m².K).

Literatura

- [1] European Assessment Document – EAD 330196-01-0604, EOTA July 2017.
- [2] Zákon č. 22/1997 Sb. o technických požadavcích na výrobky.
- [3] ČSN 73 2902 Vnější tepelně izolační kompozitní systémy (ETICS) – Navrhování a použití mechanického upevnění pro spojení s podkladem, duben 2011.
- [4] ČSN 73 2901 Provádění vnějších tepelněizolačních kompozitních systémů (ETICS), září 2017.
- [5] ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky, říjen 2011.
- [6] ETA jednotlivých výrobců hmoždinek určených pro kotvení ETICS.

MOŽNOSTI A LIMITY UPLATNĚNÍ PCM VE STAVBÁCH

Hana Charvátová¹; Martin Zálešák²; Martin Koláček³

Abstract

The paper is focused on the possibility of using PCM (Phase Change Materials) to increase the thermal accumulation of buildings. Basic possibilities and limits of PCM application are described. Furthermore, the results of testing the PCM DuPont Energain panel in laboratory conditions at the FAI TBU in Zlín are presented. Finally, computer simulations are used for study of the influence of sheathing on the temperature conditions in the tested room of the wooden building in the summer.

Úvod

Problematika tepelné akumulace budov patří v současné době k aktuálním tématům řešeným ve stavebnictví. Snižování spotřeby energie ve stavbách vede jednak ke změně izolačních vlastností jednotlivých konstrukcí (snižování energetické provozní spotřeby), a také ke snižování vstupní energie potřebné pro jejich výrobu a následnou stavební činnost (vloženou energii). To vede k častějším aplikacím lehkých stavebních konstrukcí na bázi dřeva a tepelného izolantu s plošnou hmotností nižší než 200 kg/m². Dále jsou především u administrativních budov zvyšovány plochy prosklených konstrukcí v obvodových pláštích. Oba trendy znamenají zvýšené požadavky na strojní chlazení v letním a přechodném období roku, což kontraproduktivně zvyšuje jednak provozní spotřebu energie na chlazení uloženou energii do výroby chladících zařízení a zvýšené investiční náklady, náklady na servis a údržbu. Při použití klimatizace se abnormálně zvyšují požadavky na vnitřní technické prostory. Jednou z možností řešení těchto problémů je zvýšení akumulačních parametrů budovy, a tím i omezení požadavků na chladící výkon chladících zařízení, případně k jejich úplnému vyloučení. Možností je samozřejmě více, ale jedna z nich je použití materiálů s významnými tepelně akumulačními vlastnostmi. Takovéto materiály mohou být takzvané PCM (Phase Changing Materials), tedy materiály s fázovým přechodem při vhodných teplotách fázového přechodu. Použití a možnost využití těchto materiálů je zkoumána již celou řadu let, o čemž svědčí řada publikačních výstupů mnoha světových databází. Využitím a uplatněním těchto materiálů se zabývá i výzkumné středisko CEBIA-tech Fakulty aplikované informatiky, Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně.

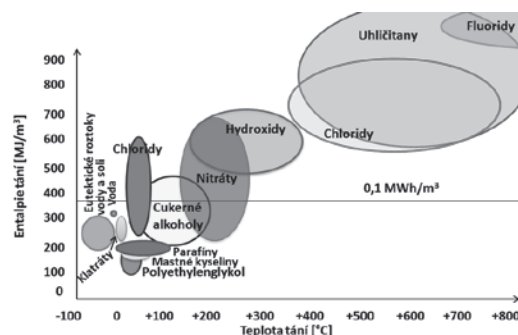
Základní charakteristika PCM materiálů

V podstatě všechny existující známé materiály mění své skupenství z pevné do kapalné fáze při určitých teplotních a tlakových podmínkách. Jak již bylo uvedeno, důležité parametry z hlediska praktické využitelnosti materiálu ve stavbách jsou teplota fázové přeměny, entalpický obsah fázového přechodu, cyklická stabilita a možnost aplikace materiálu do vhodného nosiče. Dalšími samozřejmými požadavky je, aby tyto materiály nebyly toxické a naopak byly odolné vůči okolním vlivům (koroze, únik materiálu). Na obrázku 1 jsou uvedeny teploty fázového přechodu některých materiálů. Jak je z obrázku patrné, výběr materiálu se značně snižuje při teplotách v rozsahu -50 °C až 100 °C, připadajících v úvahu při jejich aplikaci ve stavbách a technických zařízeních.

¹ Ing. Hana Charvátová, Ph.D., Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta aplikované informatiky, Nad Stráněmi 4511, 760 05 Zlín, Česká republika, charvatova@utb.cz

² Ing. Martin Zálešák, CSc., Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta aplikované informatiky, Nad Stráněmi 4511, 760 05 Zlín, Česká republika, zalesak@utb.cz

³ Ing. Martin Koláček, Ph.D., Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta aplikované informatiky, Nad Stráněmi 4511, 760 05 Zlín, Česká republika, kolacek@utb.cz



Obr. 1 Teploty fázové změny tání – tuhnutí některých materiálů [3].

Klasifikace PCM materiálů

Základní rozdělení PCM na základě chemického složení je na organické anorganické a eutektika. Existuje však mnoho dalších členění a kategorií, jak je patrné z obr. 2. Organické materiály lze rozdělit na sloučeniny s parafíny a sloučeniny bez parafínů. Hlavní výhodou těchto materiálů je, že vykazují dlouhou cyklickou stálost a teplotní stabilitu bez fázové segregace a krystalizace s minimálním nebo žádným přechlazením. Latentní teplo, které mohou tyto materiály absorbovat, se pohybuje v rozmezí 170 kJ/kg až 270 kJ/kg v teplotním rozsahu 5 °C až 80 °C. Jsou tak vhodné v širokém spektru oblasti budov a solárních zařízení. Sloučeniny neobsahující parafíny jsou mastné kyseliny, estery, alkoholy a glykoly. Tyto materiály obvykle disponují schopností akumulovat velké množství latentního tepla, mají velmi nízkou tepelnou vodivost, jsou hořlavé, toxické a nestálé při vyšších teplotách.

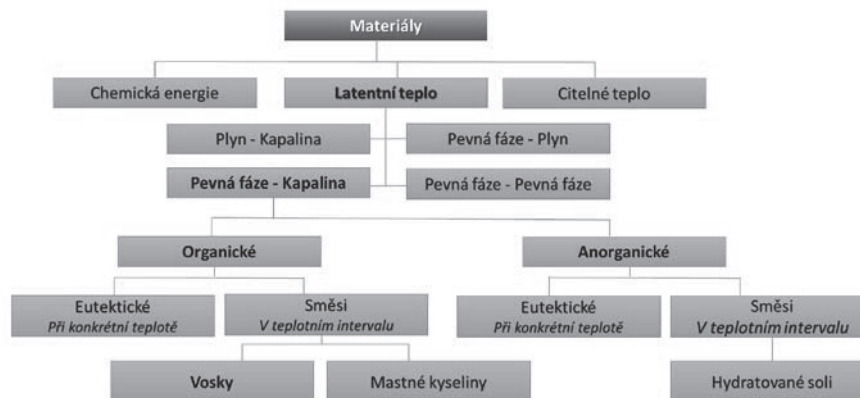
PCM materiály založené na anorganických látkách jsou především hydráty solí a kovy. Hlavní výhodou hydrátů solí je nízká cena, která je rozhodující v mnoha projektech a aplikacích. Dále se vyznačí velkým latentním teplem a jejich tepelná vodivost je až 2 x vyšší u organických PCM. Hydráty solí však vykazují velký vliv přechlazení, nekongruentnost tání a také špatnou tepelnou stabilitu. Kovy jsou velmi obtížně uplatitelné PCM z důvodu vysoké hustoty (například galium s teplotou tání 29 °C má hustotu 5900 kg/m³).

Eutektika představují směs dvou látek, jejichž krystaly vznikají souběžně v procesu tuhnutí. Vznik čistého eutektika je způsoben míscím poměrem obou složek, při kterém je teplota tuhnutí směsi nejnižší. Výhodou eutektik je chemická stabilita a naopak nevýhodou je korozivní vlastnost. Objemová změna procesu tání a tuhnutí je kolem 5-10 %.

Specifické vlastnosti PCM

Mezi specifické vlastnosti PCM patří podchlazení (Supercooling, Subcooling). Tento stav nastane v PCM, když je materiál podchlazen pod teplotu fázové přeměny a nenastane proces tuhnutí. Akumulovanou energii mnohdy nelze využít, podmínky okolního vzduchu způsobí nefunkčnost celého systému PCM. Běžně se využívá nočních hodin, kdy teplota vzduchu v místnosti klesne, PCM se ochladí pod teplotu fázové změny a akumulovaná energie by se tak měla snadno uvolnit do okolního prostředí. K tomuto stavu však právě vlivem podchlazení mnohdy nedochází. Nejčastěji se tento jev vyskytuje u hydrátů solí. Do hydrátů solí se proto dodávají nukleační činidla, která omezují vznik podchlazení. Hydráty solí se také doporučuje aplikovat tam, kde je zajištěno mechanické míchání, zapouzdření do kapslí nebo přidání zahušťovadel, které zabrání sedimentaci solí na dno.

Usazování solí, tedy nekongruentnost (nesourodost) tání hydrátů solí, způsobuje také podchlazení, ale především snižují množství látek, které mění skupenství a pohlcují nebo uvolňují latentní teplo.



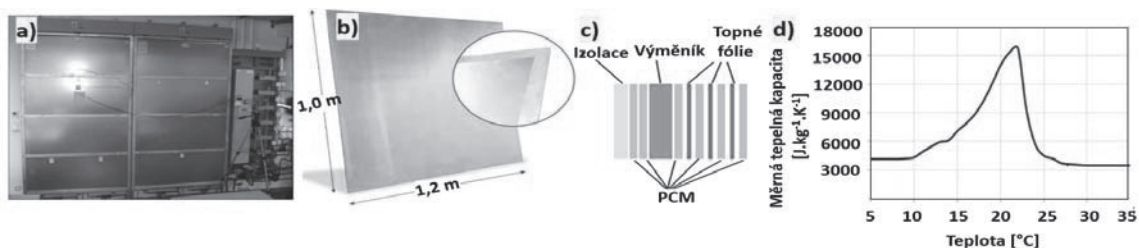
Obr. 2 Klasifikace PCM materiálů.

PCM materiály v oboru techniky prostředí a stavebnictví

Základní aplikace PCM v oboru je cyklický proces změny skupenství. Pokud však v materiálu nastává nekongruentnost tání, cyklické využití PCM vede k degradaci materiálu a ke snižování latentního tepla. Tyto materiály je proto nutné testovat pro dlouhodobou stabilitu akumulačních vlastností a následně využít těchto poznatků k modifikaci samotného materiálu ve výrobě nebo v aplikaci s vhodným nosičem nebo jeho zapouzdřením. Zapouzdření obsahuje krycí a obalovou část materiálu. Požadavky na zapouzdřující materiál jsou jeho vysoká hodnota tepelné vodivosti, vysoká emisivita povrchu a dále vhodné mechanické vlastnosti. Některé PCM nepodléhají podchlazování ani nekongruentnosti tání, avšak jejich schopnost zajistit proces tání a tuhnutí v krátkém čase je omezena nízkou tepelnou vodivostí daného materiálu a také tepelně technickými vlastnostmi krycího obalu. Obalový materiál má však také vliv na životnost akumulačního systému, a také na možnost úniku PCM. Na stabilitu tepelně akumulačního materiálu má zásadní vliv těsnost, stabilita obalového materiálu v kontaktu s PCM, kompatibilita při možném styku s PCM po jeho možném úniku. Důležitým aspektem aplikace je forma aplikace daného materiálu ve stavebních prvcích a zařízeních (v nosičích). Fázová změna, která může způsobovat u některých typů PCM změnu pevného stavu na kapalné, tak mnohdy eliminuje možnost aplikovat tyto materiály do stavebních prvků.

Základními metodami zapouzdření PCM materiálů je makro, mikro a molekulární zapouzdření. Metoda makro zapouzdření byla využívána už v počátcích vývoje těchto materiálů. Jednalo se například o zapouzdření velkého množství hydrátů soli v tekuté formě, které bylo umístěno v plastových obalech. Problematická však byla manipulace s těmito formami, kde bylo nutné dbát zvýšené opatrnosti, aby nedošlo k narušení pouzdra.

Technologie mikro zapouzdření využívá PCM formou příměsí do stavebních prvků, jako jsou sádkartóny, tvárnice, cihly a nebo i formou nátěru [4]. Forma dané příměsí může být formou mikrokapslí, ty mohou být rozptýleny, jak v pevných látkách formou prášku, tak i v kapalině. Molekulární zapouzdření umožňuje velmi vysokou koncentraci polymerní sloučeniny PCM materiálu. Systémy sloužící ke skladování tepelné energie jsou označovány Thermal Energy Storage (TES). V závislosti na použité technologii takový systém umožňuje přebytečnou tepelnou energii skladovat a následně ji použít. Volba pro vhodnou aplikaci se odvíjí od několika zásadních parametrů, a to: doba uskladnění, cena, teplota, množství nashromážděné energie a tepelné ztráty celého systému. Mnoho studií potvrdilo schopnost PCM eliminovat špičkové zatížení budov [4]. Nicméně zlepšení tepelné setrvačnosti budovy pomocí TES PCM závisí na klimatických podmínkách, orientaci budovy, typu konstrukce budovy a vlastnostech použitého PCM.



Obr. 3 Testovaná soustava panelů PCM: a) soustava akumulčních panelů; b) deska PCM Dupont Energain; c) skladba panelů; d) závislost měrné tepelné kapacity PCM Dupont Energain na teplotě.

Dalšími možnostmi využití PCM v budovách je aplikace v chladicích zařízeních. Předmětem výzkumu PCM se v posledních letech staly také transparentní prvky, ve kterých jsou tyto materiály využívány [4]. Takto uložené materiály fázové změny představují zásobníky latentního tepla, které jsou vystaveny přímému slunečnímu záření. Dochází k absorbování části tepla před tím, než prostoupí do místnosti. Během absorpcce dochází k fázové změně PCM a některé materiály následně mohou propouštět část světelného záření. Propustnost slunečního záření je odlišná pro pevný i kapalnou stav PCM. Správná aplikace PCM v transparentních prvcích může snížit tepelné ztráty a zároveň zajistit tepelnou pohodu.

Výzkum využití PCM na pracovišti

Hlavním předmětem výzkumné činnosti byly panely PCM DuPont Energain na bázi parafínového vosku. Tento panel je tvořen krycím hliníkovým obalem, uvnitř kterého je uloženo tepelně akumulční jádro založeno na bázi parafínu. Směs je tvořena z 60 % parafínovým voskem a 40 % je směsný polymer etylenu. Využívá se molekulárního zapouzdření, kdy technologie využívá vysokou koncentraci polymerní sloučeniny PCM. Během fázové změny nedochází k přechodu v kapalnou fázi. Tyto panely se vyrábí v rozměrech 1000 x 1198 x 5,26 mm (viz obr. 3b).

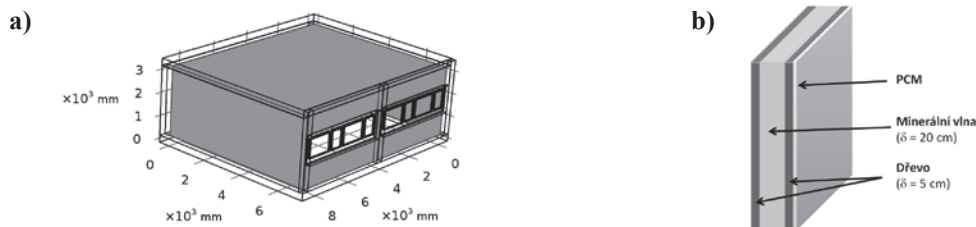
Teplota tání tohoto materiálu se pohybuje v rozmezí 21 – 22 °C. Během procesu změny fáze dochází ke značné změně efektivní měrné tepelné kapacity PCM a také ke změně tepelné vodivosti. Efektivní měrná tepelná kapacita panelu PCM DuPont Energain je 70 kJ/kg, celková měrná tepelná kapacita v rozsahu 14-30 °C je 170 kJ/kg, součinitel tepelné vodivosti v je pro pevnou fázi 0,18 W/(m·K) a pro kapalnou fázi 0,14 W/(m·K). Závislost měrné tepelné kapacity na teplotě akumulčního materiálu Dupont Energain je zobrazena na obr. 3d [4].

Výsledky výzkumu

Výzkum na panelech vrstev Dupont™ Energain

Soustava akumulčních panelů je umístěna v laboratoři U54/307 na FAI UTB ve Zlíně. Místnost o rozměrech 7,3 x 8,65 x 3 m je svou prosklenou částí orientována na jih. Zařízení obsahující PCM panely je tvořeno dvěma sestavami (viz obr. 3a). Tepelná soustava, která byla složená z těchto akumulčních panelů, je tvořená 12 akumulčními deskami v 6 vrstvách a dvou řadách (viz obr. 3c). Mezi vrstvami jsou umístěny topné fólie, které mají příkon 150 W/m² a také trubkový výměník pro ohřev celé sestavy.

Výsledky měření prokázaly hodnotu časové konstanty 6,5 hodin v teplotním rozsahu 22 °C teplota vzduchu v místnosti a 35 °C teplota akumulčního panelu. Při nejvyšší povrchové teplotě 35 °C byl tepelný tok z povrchu 65 W/m². „Nabití“ těchto panelů, které trvalo v případě ohřevu topnými fóliemi 85 minut, tak zajistilo podobu 6,5 hodin povrchovou teplotu v rozsahu 35 až 27 °C. Při aplikaci pod krycí vrstvou je tedy možné panely využít pro podlahové vytápění s maximální povrchovou teplotou 32 °C.



Obr. 4 Studovaný model dřevostavby: a) nákres studované místnosti. Modrá barva označuje pokrytí PCM (strop, obvodové stěny); b) Struktura stěn místnosti.

Důležitým faktorem procesu uvolnění energie z panelu jsou povrchové konvektivní parametry. Opláštění PCM materiálu je tvořeno lesklou hliníkovou fólií, a ta vlivem velmi nízké hodnoty emisivity způsobuje velmi malou hodnotu radiační složky součinitele přestupu tepla. Způsob povrchové úpravy a navýšení emisní hodnoty způsobí znatelnější uvolnění tepelné energie provázený poklesem časové konstanty. Experimentálně byla provedena úprava povrchu panelů nátěrem na černou tabulovou barvu. Hodnota součinitele přestupu tepla se tím až zdvojnásobila, ovšem časová konstanta panelu klesla o 1 hodinu. Účinnost těchto panelů tak částečně záleží na zvoleném svrchním materiálu (sádkokarton, podhled nebo podlaha).

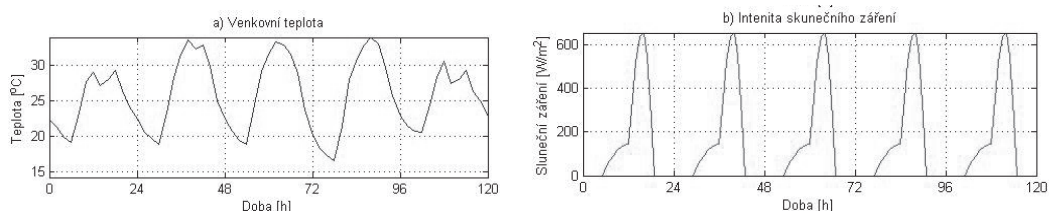
Výzkum aplikace panelu Dupont™ Energain v místnosti

Jedním z požadavků na zvýšení tepelně akumulačních parametrů místnosti je opláštění vnitřních povrchů konstrukcí tepelně akumulačními panely. V současné době probíhají simulace vlivu opláštění na teplotní podmínky pro studovanou místnost dřevostavby, jejíž model je znázorněn na obr. 4. Simulace byly prováděny v programu COMSOL Multiphysics [4] pro dobu 5 dní letního období. Uvažovaná teplota venkovního vzduchu a intenzita slunečního záření je graficky znázorněna na obr. 5. Termofyzikální vlastnosti prvků modelu jsou uvedeny v tabulce 1.

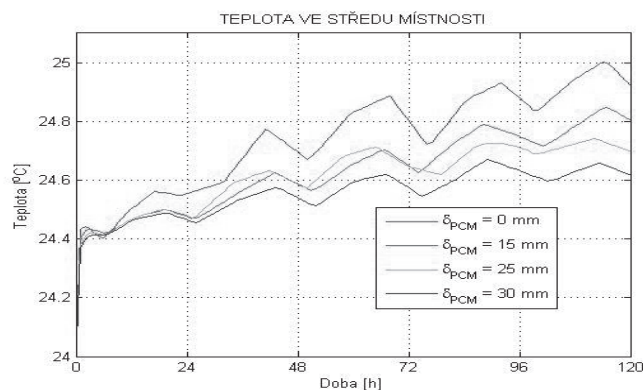
Materiál	Součinitel tep. vodivosti [W/(m.K)]	Hustota [kg/m ³]	Měrná tep. kapacita [J/(kg.K)]	Emisivita [1]
Dřevo	0,180	400	2510	0,89
Minerální vlna	0,064	200	880	-
PCM	0,160	800	9000	0,99
Sklo	0,760	2600	810	0,96

Tabulka 1 Termofyzikální vlastnosti materiálů studovaného modelu.

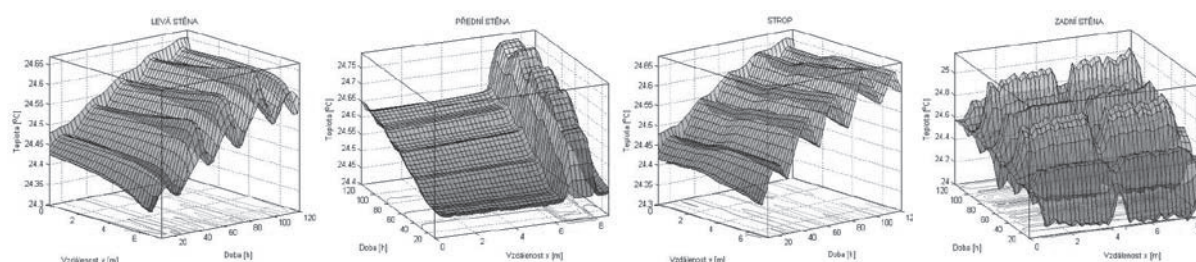
Vlastnosti vzduchu uvnitř místnosti byly do modelu vloženy automaticky z databáze programu COMSOL Multiphysics. Uvažovaná počáteční teplota vzduchu v místnosti byla u prováděných simulací 24 °C, teplota všech sousedních místností po dobu simulace byla 25 °C. Součinitel přestupu tepla uvnitř dřevostavby byl 8 W/(m².K). Součinitel přestupu tepla vně dřevostavby byl 23 W/(m².K). Podmínky simulace zahrnují řadovou místnost dřevostavby, kdy pouze jedna stěna sousedí s venkovním prostředím.



Obr. 5 Podmínky simulací: a) teplota venkovního vzduchu [5]; b) intenzita slunečního záření [6].



Obr. 6 časový vývoj teploty vzduchu v místnosti v závislosti na tloušťce PCM materiálu pokrývajícího povrchy vnitřních stěn.



Obr. 7 Časový vývoj teploty povrchu stěn místnosti pro tloušťku PCM 30 mm.

Výsledky postupného ohřevu v závislosti na tloušťce PCM jsou uvedeny na obr. 6. Předběžné výsledky ukazují, že pouhá jedna vrstva aplikace těchto panelů u lehké konstrukce má poměrně malý vliv na tepelně akumulční parametry. Na obr. 7 je ukázán časový vývoj teploty povrchu stěn místnosti pro tloušťku PCM 30 mm. V současné době probíhá další simulace kdy bude uvažováno s celou stavbou a jejím chováním.

Závěr

Obecně lze konstatovat, že integrování PCM do obálky budovy má pozitivní vliv na tepelnou a energetickou náročnost. Při aplikaci je však třeba zvážit správný reality a to v závislosti na parametřích budovy místností její využití klimatických podmínkách a vlastnostech PCM.

Poděkování

Tato práce byla podpořena Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy České republiky v rámci projektu Národní program udržitelnosti č. LO1303 (MSMT - 7778/2014).

Literatura

- [1] SKOVAJSA, Jan, KOLÁČEK, Martin, ZÁLEŠÁK, Martin. Phase Change Material Based Accumulation Panels in Combination with Renewable Energy Sources and Thermoelectric Cooling. *Energies*, 2017, roč. 10, č. 2, s. 1-18. ISSN 1996-1073.
- [2] KOLÁČEK, Martin, CHARVÁTOVÁ, Hana, SEHNÁLEK, Stanislav. Experimental and Numerical Research of the Thermal Properties of a PCM Window Panel. *Sustainability*, 2017, roč. 9, č. 7, ISSN 2071-1050.
- [3] KOLÁČEK, Martin. *Využití tepelně akumulčních panelů typu PCM ve specifických aplikacích oboru techniky prostředí*. Doktorská disertační práce. UTB ve Zlíně, 2018.
- [4] CHARVÁTOVÁ, Hana, PROCHÁZKA, Aleš, ZÁLEŠÁK, Martin. Computer Simulation of Temperature Distribution during Cooling of the Thermally Insulated Room. *Energies*, 2018, 11, s. nestránkováno. ISSN 1996-1073.
- [5] *In-počasí* [online]. [cit. 2019-03-29]. Dostupné z: <https://www.in-pocasi.cz>.
- [6] ČSN 73 0540-3. *Tepelná ochrana budov - Část 3: Návrhové hodnoty veličin*. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha, 2005.

STŘEŠNÍ OKNA PRO PASIVNÍ BUDOVY Z POHLEDU STAVEBNÍ FYZIKY

Jan Tywoniak¹

Abstract

Paper deals with the roof windows from the building physics point of view. In the first part, main phenomena are discussed in comparison with vertical windows in walls. In the second part, own development of a roof window fulfilling the criteria for use in the energy optimized buildings is presented. This development performed together with an innovative industrial partner was based on in parallel running hygro-thermal calculations and followed by measurements. The thermal transmittance of such component in the range of 0.7 – 0.5 W/(m²K) is reachable. However, the thermal coupling window-roof still play a significant role by traditional position of the window in the roof.

Úvodem

Střešní okna jsou ohledně prostupu tepla přes mnohá zlepšení v poslední době stále nejslabšími částmi obálky budovy. Z těchto důvodů nejsou oblíbena u projektantů energeticky optimalizovaných budov. Pokud musí být použita, vyvolává to nutnost kompenzace zvýšeného prostupu tepla jinými prvky obálky budovy. Pro okna v pasivním domě [1] se obvykle požaduje nepřekročit hodnotu součinitele prostupu tepla 0,8 W/(m²K) za současné minimalizace prostupu tepla tepelnou vazbou v napojení okna na okolní konstrukce. Tyto požadavky musí být nejprve kriticky vyhodnoceny s ohledem na specifika střešních oken pro odvození cílů pro vývoj nových oken nové generace.

Dotazníkový průzkum

Dotazník týkající se střešních oken, požadovaných vlastností a bariér při jejich užití byl využit při třech odborných akcích v průběhu roku 2018 v České republice [2]. Z celkem vyhodnocených 142 dotazníků (uvedena kvalifikace 44 % jako projektant budov, 25 % jako realizátor staveb nebo jiný specialista v oblasti výstavby a hodnocení budov). Celkově 56 % respondentů odpovědělo, že střešní okna používá jen výjimečně, 61 % z důvodu osvětlení podkroví, 31 % na základě explicitního požadavku investora, úřadu památkové péče apod. Dalšími uvedenými důvody pro použití byl vzhled a větrání. Nejčastějším uváděným důvodem pro nepoužívání střešních oken byly jejich vlastnosti z hlediska tepelných ztrát a nadměrných tepelných zisků v létě (souhrnně 55 %). Dále podle explicitních sdělení v dotaznících nevyhovují: složitá montáž, návaznost na okolní konstrukce, problematické stínění, kondenzace vodní páry, cena, životnost (uvedeno bez možnosti stanovení pořadí významnosti).

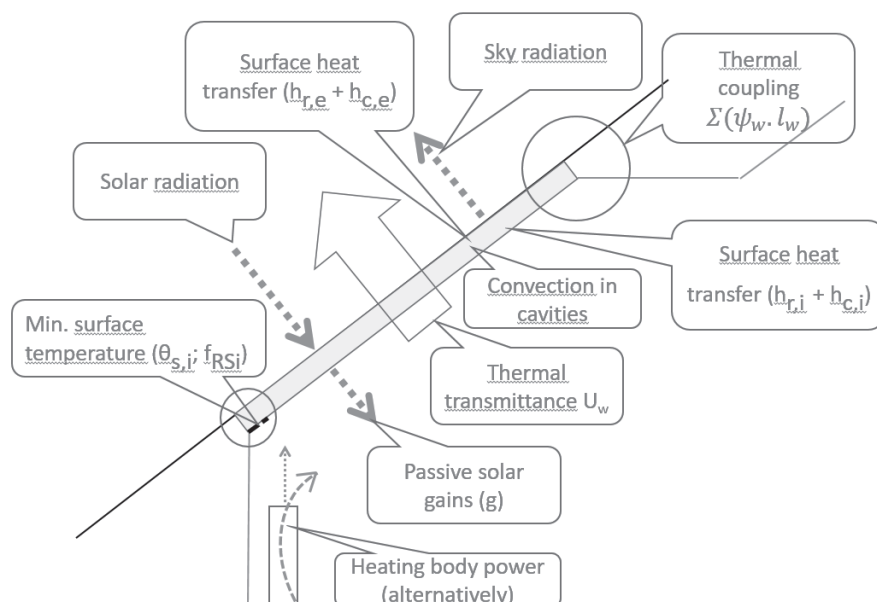
Na obráceně položenou otázku, co by mělo být u střešních oken zlepšeno, bylo v dotazníku uvedeno: zlepšení napojení na okolní konstrukce a zjednodušení zabudování (44 %), zlepšení tepelně-technických vlastností okna a jeho zabudování (30 %), zlepšení stínící techniky pro střešní okna (20 %). Z dalších odpovědí vyplynulo, že stavební odborníci si jsou problémů většinou vědomi a že je pro ně přijatelné i zvýšení ceny střešních oken, pokud by důsledně splňovaly požadavky pro pasivní domy (zvýšení ceny na úrovni 10 % bylo přijatelné pro 58 % respondentů, zvýšení ceny na úrovni 20 % pro 25 % respondentů).

Rozbor problému

Podíváme-li se na střešní okno jako na stavebně-fyzikální problém (obr.1), najdeme některé odlišnosti od obvyklého svíslého okna v obvodové stěně. Mezi rozhodující patří tyto:

¹ Prof.Ing.,CSc., ČVUT v Praze, Univerzitní centrum energeticky efektivních budov, tywoniak@fsv.cvut.cz

- Sdílení tepla ve vzduchové dutině mezi skly je větší v důsledku konvekce způsobené pohybem vzduchu – čím více je zasklení odkloněno od svislé roviny, tím je tento efekt větší. Orientačně můžeme počítat se zvýšením součinitele prostupu tepla o $0,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ při sklonu 45° , vztaženo na celý rozměr okna [3, 1].
- Tepelná vazba v napojení okna na neprůsvitnou část je u střešního okna velmi významná, daná geometrickou situací, kdy je vnější obvod okna situován ve studené části střechy. Nejlepší dosažitelné hodnoty lineárního činitele prostupu tepla ψ [$\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$] se pohybují v intervalu $0,05 - 0,03 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$, zatímco u svislého okna je možné i díky překrytí pevného rámu tepelnou izolací dosáhnout skutečně zanedbatelných hodnot.
- Odpor při přestupu tepla R_{si} [$(\text{m}^2\cdot\text{K})/\text{W}$] popisující sdílení tepla mezi interiérovým povrchem a obklopujícím prostředím může být do značné míry odlišný. Zejména u malých, nakloněných povrchů, navíc často ovlivňovaných přítomností otopného tělesa (mj. přímo působící sálavá složka), může být situace velmi odlišná od svislých oken.
- Výměna tepla sáláním mezi exteriérovým povrchem a (jasnou) oblohou je větší pro střešní okna (přibližně $1,5$ x větší pro okna se sklonem 45°). Tato skutečnost ovlivňuje celkovou hodnotu odporu při přestupu tepla R_{se} [$(\text{m}^2\text{K}/\text{W})$].
- Průnik pasivních solárních tepelných zisků do místnosti a související riziko přehřívání jsou zásadně ovlivněny orientací fasády/střechy, zastíněním vnějšími překážkami, zastiňovacími prvky na okně a energetickou propustností zasklení g [-]. Obecně platí, že v důsledku sklonu jsou pasivní zisky větší. Navíc nejsou k dispozici účinné a nastavitelné zastiňovací systémy (lamely) jako u svislých oken. Skutečné riziko přehřívání je pak potřebné hodnotit s ohledem na předpokládané klimatické zatížení, tepelnou setrvačnost konstrukcí tvořících místnost a strategii větrání.
- Další specifický efekt můžeme pozorovat v letním období, kdy je venkovní vzduch v blízkosti střešní krytiny do tohoto povrchu ohříván a dosahuje lokálně vyšších teplot než je odpovídající teplota venkovního vzduchu. To může dále podpořit přehřívání místností.



Obrázek 1 Schema rozhodujících stavebně-fyzikálních jevů v souvislosti se střešním oknem

Celkový prostup tepla

Z výše uvedeného je možné odvozovat, že požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla oken vhodných pro pasivní budovy by měla být nižší než pro svislá okna, tedy $0,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ nebo nižší, ideálně blízká hodnotě $0,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Jednoduché parametrické

studie [2] ukazují, že tepelné vazby zde také hrají významnou roli, a to zejména u energeticky optimalizovaných oken. Zvýšená tepelná ztráta musí být kompenzována kvalitou jiných prvků obálky budovy.

Z těchto důvodů je také vhodné přiřadit přídatný prostup tepla tepelnou vazbou do (rozšířené) hodnoty součinitele prostupu tepla okna [4]:

$$U_{w,inst} = \frac{A_g \cdot U_g + A_f \cdot U_f + \Sigma(\psi_g \cdot l_g) + \Sigma(\psi_w \cdot l_w)}{A_g + A_f}$$

kde $\Sigma(\psi_w \cdot l_w)$ popisuje vliv osazení okna. Pak bude přímo patrný důsledek použití okna ve střeše: $\Delta H_T = \Sigma A_w (U_{w,inst} - U_{roof})$.

Postup využití stavební fyziky při vývoji

Spolupráci s výrobcem oken při vývoji je možné zjednodušeně rozdělit do těchto etap:

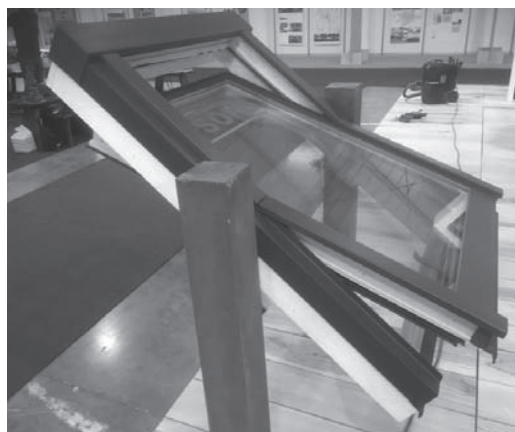
- Vyhledávací výpočty*, kdy byly prostřednictvím parametrických studií s opakovanými výpočty dvourozměrného vedení tepla hledány vzájemné vztahy mezi tvarem, materiálem a konstrukcí rámu střešního okna. Jako pevně dané byly vnímány parametry zasklívací jednotky a způsob osazení okna do střechy.
- Ověřovací výpočty*, kdy se ověřovala vhodnost konstruktéry navrženého řešení, odvozeného z etapy a) při uvážení technologických možností. Tato etapa se v průběhu vývojových prací několikrát opakovala pro předkládané varianty. Pro některé z nich byly vyrobeny prototypy, ověřující vyrobiteľnost.
- Ověřovací měření*. Ověřovací měření na prototypu zabudovaném do fragmentu střešní konstrukce (povrchové teploty na okně a ostění) v klimatické dvoukomoře.
- Detailní výpočty*. Detailní opakované výpočty dvourozměrného vedení tepla podporovaly „doladění“ návrhu vybraných prototypů.
- Formalizované výpočty*. Stanovení součinitele prostupu tepla pro normovou referenční velikost okna, stanovení teplotního faktoru. Provedeno opakovaně pro slibné varianty řešení a pro dvě kvality zasklívací jednotky.
- Výpočty denního osvětlení*. Studium vlivu ostění [5].
- Měření denního osvětlení* na modelu podkrovní místnosti [5].
- Katalog řešení*. Na závěr projektu byl zpracován interaktivní katalog [2] pro výběr varianty se stavebními detaily zabudování do šikmé střechy podle její konstrukce a skladby, pro kolmá i sešikmená ostění. Katalog využívá výsledků etapy e) a výsledků výpočtů dvourozměrného vedení tepla napojení okno-střecha.

Technické řešení

Součástí dřevěného rámu okna i rámu křídla jsou profily z tvrzeného polystyrenu s objemovou hmotností 100 kg/m^3 a tepelnou vodivostí $0,041 \text{ W/(m.K)}$ pro zvýšení tepelného odporu ve směru kolmém i rovnoběžném se střešní rovinou. Je použito obvyklé trojsklo ($U_g = 0,5 \text{ W/(m}^2\text{.K)}$) nebo zasklívací jednotka s dvěma foliemi rozděľujícími dutinu mezi dvěma skly ($U_g = 0,3 \text{ W/(m}^2\text{.K)}$), s přidanou nezanedbatelnou výhodou nižší hmotnosti. Není použit žádný přídatný tepelně izolační prvek. Povrchové teploty jsou s rezervou dostatečně vysoké, aby bylo vyloučeno riziko povrchové kondenzace ve všech místech. Pro další zlepšení mohou být použita dále zlepšující opatření, jako je aplikace proužků aerogelové izolace při okrajích zasklívací jednotky.

Pro většinu instalací je možné doporučit zešikmení ostění – rozevírající se směrem do interiéru pod úhlem alespoň 25° od roviny kolmé na rovinu okna. Tím se dosáhne výrazného zlepšení distribuce denního světla v místnosti. Bylo prověřeno, že mírně zvýšený prostup tepla v důsledku omezeného prostoru pro umístění tepelné izolace v důsledku zešikmení je relativně zanedbatelný. Dále může být výhodné využití nízkoemisivního povrstvení exteriérového skla.

S tímto řešením je možné v normovém hodnocení (referenční velikost okna, svislá poloha, normové hodnoty přestupu tepla) dosáhnout hodnoty $U_w = 0,7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ s trojsklem a hodnoty $U_w = 0,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ s výše popsaným zasklením s foliemi [5].



Obr.2 Prototyp střešního okna SONG na výstavě FOR ARCH v září 2018

Závěrem

Dosažené hodnoty jsou v souladu s cíli projektu [2], nicméně vývoj pokračuje dále. Je potřeba připomenout, že význam tepelných vazeb, byť co nejlépe řešených, se se zvyšující izolační kvalitou okna relativně zvyšuje. Může představovat i více než polovinu tepelného spojení se střešním oknem. Navazující projekt se zabývá hledáním vhodných řešení pro omezení rizika přehřívání podstřešních místností se střešními okny prostřednictvím nově koncipovaného zastiňování [6].

Poděkování

Tento příspěvek vznikl za finanční podpory MŠMT v rámci programu NPU I č.L01605-univerzitní centrum energeticky efektivních budov – Fáze udržitelnosti a projektu TAČR TH012021120.

Literatura

- [1] ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov. Část 2: Požadavky. 1.návrh 2019
- [2] Tywoniak, J. a kol.: Střešní okna nové generace. Závěrečná zpráva projektu TAČR TH012021120, 2018
- [3] ČSN EN 673 Sklo ve stavebnictví - Stanovení součinitele prostupu tepla (hodnota U) - Výpočtová metoda
- [4] http://www.passiv.de/downloads/03_zertifizierungskriterien_transparente_bauteile.pdf
- [5] Tywoniak, J. - Staněk, K. - Calta, V.: Roof Windows for Passive Houses – What Can Be Improved?
In: 7th International Building Physics Conference IBPC2018 Proceedings. Syracuse: Syracuse University, 2018. p. 1449-1454.
- [6] Exteriérový zastiňovací systém s integrovanými funkcemi pro střešní okna. Užité vzor 32 088. Úřad průmyslového vlastnictví ČR, 2018.

TEPELNĚ TECHNICKÝ NÁVRH DVOJITÝCH OKEN

Šárka Šilarová¹; Roman Jiráček²

Abstract

Design and realization of fine details of the interfaces between filling of buildings / double windows and window frames is crucial to fulfil the declared properties such as reliability, longevity and robustness of these junctions. The following paper discusses real-life examples of dealing with these junctions between the filling of buildings and the closure fixtures in great detail with respect to the windowsill, including the hygrothermal analysis.

Úvod

Výměny dvojitých oken či jejich repase jsou jedním ze složitých procesů ve stavebnictví. Vzhledem ke skutečnosti, že zásahy do těchto historických konstrukcí výplní otvorů vyžadují nesériový a individuální přístup, vztahuje se na ně výjimka z „Nařízení evropského parlamentu a rady (EU)“ a nemusí podléhat sérii zkoušek a mít výrobcem vystavené prohlášení o vlastnostech. Absence informací o jednotlivých vlastnostech výrobku je spolu s jejich historickým charakterem jedním z důvodů, proč je těmto zásahům do stávajících okenních konstrukcí nutné věnovat zvýšenou pozornost.

Cílem analýzy návrhů a realizací dvojitých oken je ověření, jakým způsobem ovlivní nová konstrukční řešení jejich tepelně vlhkostní režim a detaily zabudování otvorových výplní do obvodových stěn.

Výměna či repase?

Dvojitá okna se navrhují dle požadavků Památkových úřadů především při rekonstrukcích objektů v památkových zónách měst a obcí. Při rozhodování, zda repasovat či vyměnit dvojitá okna, je zásadní stav původních otvorových výplní. Památkové úřady ve značné míře preferují repasi původních dvojitých oken nebo alespoň jejich výměnu v podobě kopie nebo repliky. Takovéto zásahy však velmi často nemohou splnit tepelně technické požadavky vycházející z ČSN 730540 - 2 *Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky*. Především se jedná o:

- součinitel prostupu tepla okna U_w ;
- Teplotní faktor vnitřního povrchu $f_{Rsi,N}$;

V případě, že není možné z písemně v specifikovaných důvodů dané požadavky splnit, je však stále nutné, aby jejich návrh a následná realizace splňovala základní technické požadavky vycházející z předpisu č. 268/2009 Sb. *Vyhláška o technických požadavcích na stavby*. Proto, aby zabudovaná okenní konstrukce mohla být funkční a mohla dosáhnout požadované životnosti, je naprosto zásadní, aby při návrhu měl projektant na zřeteli okrajové podmínky vnějšího a zvláště vnitřního prostředí, které jsou zásadně odlišné od doby, kdy byly původní konstrukce dvojitých oken do stavby zabudovávány.

Pokud dojde na základě např. značného poškození původní konstrukce k rozhodnutí o výměně otvorových výplní, musí dojít k vypracování velmi podrobné projektové dokumentace obsahující i přesnou specifikaci všech vlastností nové konstrukce a také hlavně způsob jejich dosažení. Vše v globálu musí být navrženo a provedeno v souladu s předpisem č. 268/2009 Sb. *Vyhláška o technických požadavcích na stavby*.

¹ doc.Ing.CSc., Šárka, Šilarová, ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra konstrukcí pozemních staveb Thákurova 7/2077,166 29 Praha 6, silarova@fsv.cvut.cz

² Ing. PhD., Roman Jiráček, DECOEN znalecký ústav s.r.o., Vajgar 580/III, 377 01 Jindřichův Hradec, roman.jirak@decoen.cz

V projektové dokumentaci musí být uvedeny fyzikální parametry otvorových výplní v souladu s platnou legislativou a musí být dodavatelem výplní písemně doloženy. V projektové dokumentaci musí být ve stavebních detailech i v technické zprávě řešen způsob zabudování výplní, jedná se především o tyto údaje:

- Způsob demontáže z hlediska zachování ostění (vnější, či vnitřní);
- Návrh a realizace = řešení připojovacích spár;
- Návaznost nových otvorových výplní na vnější oplechování a řešení jejich těsného napojení.

Dalším nutným krokem při výměně špaletových oken historických objektů je vzorkování. Jedná se o výrobu vzorků otvorových výplní s deklarovanými parametry včetně jejich výrobní dokumentace.

Repase stávajících dvojitých oken je jednodušší z hlediska projektového návrhu, zatímco řemeslná stránka je náročnější a na ní záleží životnost a trvanlivost otvorové výplně s tím, že ne všechny fyzikální parametry mohou být splněny.

Tepelně technická analýza špaletových oken - příklady

Tepelně technické posouzení špaletových oken Šporkovského paláce

Na základě podrobného zakreslení stávajícího špaletového okna (členěno dvěma sloupky a jednou příčlí) umístěného v objektu a výpočet jeho součinitele prostupu tepla lze shrnout.

Z výsledků výpočtu je patrné, že stávající špaletové okno (členěno dvěma sloupky a jednou příčlí) umístěného v budově Šporkovského paláce má vypočtenou hodnotu součinitele prostupu tepla $U_w = 2,2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$; Výpočet byl proveden za předpokladu rozměrově přesné konstrukce okna. Případné změny v konstrukci oproti tvarově přesným ráům, například průhyby rámu, a jejich vliv na tepelně technický stav celé konstrukce nemohou být ve výpočtu zohledněny. Lze tedy předpokládat, že výsledný součinitel prostupu tepla okenní konstrukce bude ve skutečnosti vyšší, než hodnota vypočtená; Výše popsaná skutečnost je v souladu s návrhovou hodnotou součinitele prostupu tepla dvojitě okenní konstrukce uváděnou ČSN 73 0540 – 3 *Tepelná ochrana budov – Část 3: Návrhové hodnoty veličin*.

Závazné normové požadavky na hodnotu součinitele prostupu tepla otvorové výplně jsou:

Požadovaná hodnota dle ČSN 730540 - 2	$U_{N,20} = 1,50 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$,
Doporučená hodnota dle ČSN 730540 - 2	$U_{rec,20} = 1,20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$,
Doporučená hodnota pro pasivní domy dle ČSN 730540 – 2	$U_{pas,N} = 0,8 - 0,9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

Z porovnání vypočtené hodnoty součinitele prostupu tepla s požadavky platné ČSN je patrné, že:

$$U_w = 2,20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) > U_{N,20} = 1,50 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}).$$

Přes uvedené údaje se investor rozhodl pro repasi původních oken.

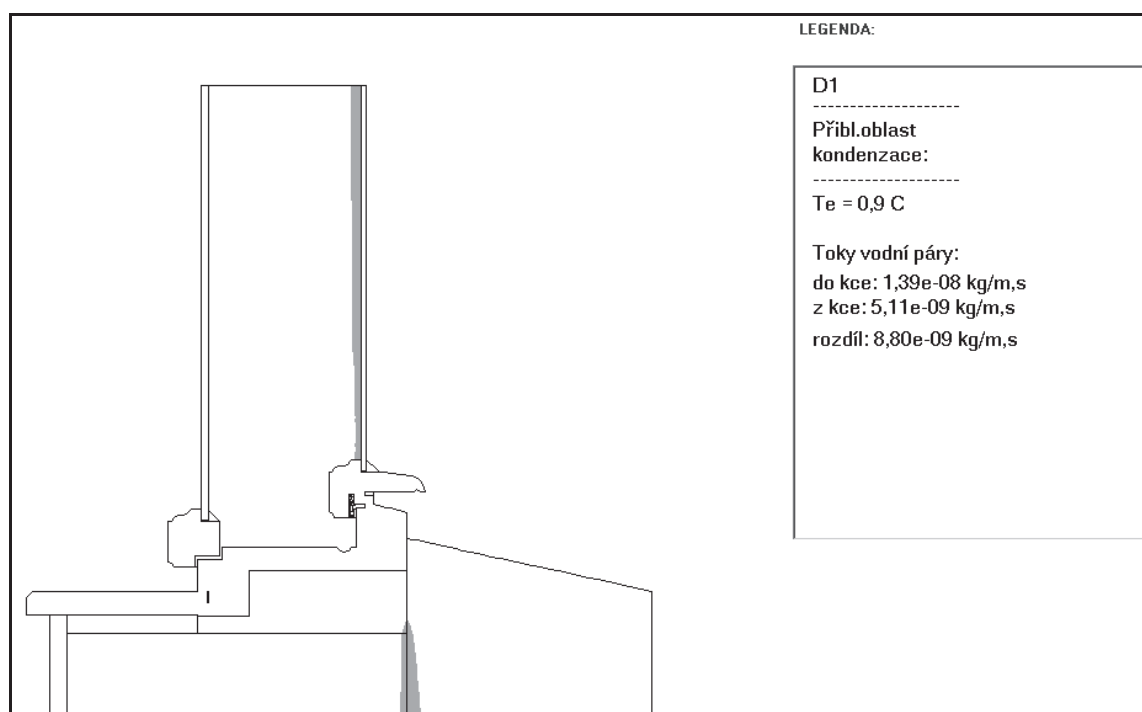
Pozn.: Zde je nutné upozornit na zajímavou skutečnost. Požadované hodnoty součinitele prostupu tepla plynoucí z ČSN 730540 - 2 platí pro návrhové teploty vnitřního prostředí v rozmezí 18 – 22 °C a jsou navrženy tak, aby byla zachována tepelná pohoda vnitřního prostředí a základní požadavek předpisu č. 268/2009 Sb. v podobě úspory energie a tepelné ochrany. V dobách, kdy se začaly používat dvojitá okna, běžné teploty vnitřních prostorů určitě nedosahovaly dnešních 20 °C. Například dle dnešních požadavků (požadavků 21. století) pro prostory s návrhovou teplotou vnitřního prostředí 15 °C (chodby v obytných prostorách) je požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla $U_w = 2,20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Tedy hodnota, kterou by okno vyrobené v minulých dobách v novém stavu splnilo. Můžeme tedy říci, že konstrukce dvojitě okna byla z tepelně technického hlediska nadčasová.

Tepelně technické posouzení špaletových oken Lázně Liberec

Následující příklad popisuje situaci, kdy v obrazové galerii byla provedena výměna dvojitých dřevěných okenních konstrukcí formou přesné kopie původních konstrukcí. Zde je patrné, že současný požadavek na součinitel prostupu tepla $U_{n,20}$ nemohl být

z opodstatněných důvodů splněn. V takovýchto případech musí být zvláště velká pozornost věnována zamezení resp. omezení rizika kondenzace vodní páry, případně odvedení vzniklého kondenzátu do míst, kde nemůže porušovat samotnou konstrukci výplně ani konstrukce přilehlé (v daném případě ani vystavené exponáty pod dotčenými okenními konstrukcemi).

Nevhodná snaha zvýšit tepelně izolační vlastnosti dvojitého okna snížením infiltrace za pomoci umístění těsnění do přípojovací spáry vnějšího křídla vedla k neustálému vzniku velkého množství kondenzátu a jeho zatékání do vnitřních prostorů. Relativně malým zásahem do konstrukce došlo k situaci, že dvojitá okenní konstrukce nemohla zajišťovat funkce na ni kladené, vč. životnosti.



Obr. 1 Detail parapetu - oblast kondenzace vodní páry



Obr. 2 – Foto parapetu – reálná kondenzace

Příčiny poškození zabudovaných dřevěných replik otvorových výplní

Fyzikální - při realizaci dvojitých okenních konstrukcí byla zaměněna poloha zasklívacích jednotek. V rozporu s PD nebyla na vnější pozici použita izolační dvojskla s požadovanou hodnotou součinitele prostupu tepla skla $U_g = 1,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Na vnější pozici je aplikováno ve funkční spáře EPDM těsnění, spára je jednostupňově těsněna bez funkční dešťové zábrany (chybí okapová drážka). Díky absenci těsnění ve funkční spáře vnitřního okenního rámu dochází k neustálé infiltraci teplého vnitřního vzduchu s patřičnou relativní vlhkostí do meziokenního prostoru. Ten je následně ve vnitřním prostoru oken v blízkosti vnějšího rámu a jednoduchého zasklení ochlazen pod hodnotu rosného bodu, to má za následek neustálý vznik nepřípustného kondenzátu. Vzhledem k aplikaci EPDM těsnění ve funkční spáře vnějšího rámu není obsah vodní páry ve vzduchu meziprostoru nikterak korigován. Následkem neustálého vzniku velkého množství kondenzátu dochází k poškozování dřevěné okenní konstrukce vlivem zvyšování její vlhkosti a s tím spojenými i tvarovými změnami, které narušují okenní konstrukci. Působení kondenzátu iniciuje degradaci dřeva (hniloba, houba) a narušuje tak zdravotní a hygienickou nezávadnost vnitřního prostředí. *Tím je porušen § 8 a § 10 Vyhlášky 268/2009 Sb.*

Konstrukční – V rozporu s projektem pro provedení stavby byla zaměněna pozice zasklení. V rozporu s projektem skutečného provedení chybí kondenzační žlábek deštění, podklady 2.16 a 2.12 nejsou z hlediska kování ani údržby kompatibilní s realizovanými okny (okna nemají celoobvodové kování). Chybí okapová drážka ve funkční spáře vnějšího křídla, tím ve funkční spáře není zajištěna funkce dešťové zábrany (viditelné stopy po stojící vodě v rámech). Spoje rámu jsou nedostatečně utěsněny a dřevo nemá odolnou povrchovou úpravu proti vnějším klimatickým vlivům, výtokové otvory nejsou opracovány s úpravou odolnou proti působení vody.

Degradace dřevěných rámu hnilobou – laboratorně byl zjištěn u všech tří odebraných vzorků dřeva V1 – V3 výskyt houby a hniloby.

Závěr

Z výše uvedených skutečností je patrné, že:

- Dvojitě okenní konstrukce ve své době vykazovaly nadčasové tepelně izolační vlastnosti.
- Návrhům a realizacím výměn případně repasím dvojitých okenních konstrukcí je nutné věnovat zvláštní pozornost. Samotná dokumentace musí přesahovat úroveň prováděcí dokumentace a to především v podobě jednotlivých výpočtů situovaných do konkrétního prostředí.
- Přesto, že u některých případů výměn okenních konstrukcí nemusí/nelze být splněn požadavek na součinitel prostupu tepla U_N , musí dojít stále ke splnění základních požadavků na stavby a to především se zaměřením na zamezení, případně omezení kondenzace vodní páry.
- Při ověřování funkčnosti výplně otvoru v podobě vzniku kondenzátu není možné se pouze zaměřit na ověření požadavku ve dvourozměrném teplotním poli, ale je nutné vzít v potaz specifika, která samotné konstrukce dvojitých oken s sebou přináší.

Literatura

- [1] ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov – Část 1 - 4
- [2] ČSN 74 6077 - Okna a vnější dveře - Požadavky na zabudování
- [3] Výpočtový software AREA 2011
- [4] Výpočtový software MeshGen.

PROBLEMATIKA OKRAJE IZOLAČNÍHO SKLA A OKENNÍHO KŘÍDLA A MOŽNÉ TRENDY VÝVOJE

Maxmilian Konrad¹

Abstract

Technoform as a manufacturer of warm edge spacers and thermal break solutions for profiles of windows, doors and structural facades has focused on research of further improvement of properties and thermal performance by integration of a sash and components of insulated glass edge.

Nejlepší výkonnost

Pokud jde o udržitelný způsob výstavby budov, jsou vysoká energetická účinnost, životnost a vnitřní klima klíčovými faktory. Zde vyvstává problematika termálně optimalizovaného okraje (edge bond) izolačního skla.

Našimi tzv. teplými (warm edge) meziskelními rámečky – TGI-Spacers – zlepšujeme tepelně izolační vlastnosti okraje izolačního skla a zajišťujeme plynotěsnost jeho dutiny na maximální možné úrovni.

Výsledkem nejsou jen minimalizované energetické ztráty, ale také zásadní omezení kondenzace vlhkosti, která se objevuje především na okraji prosklené plochy, a tím bránění tvorbě plísní.

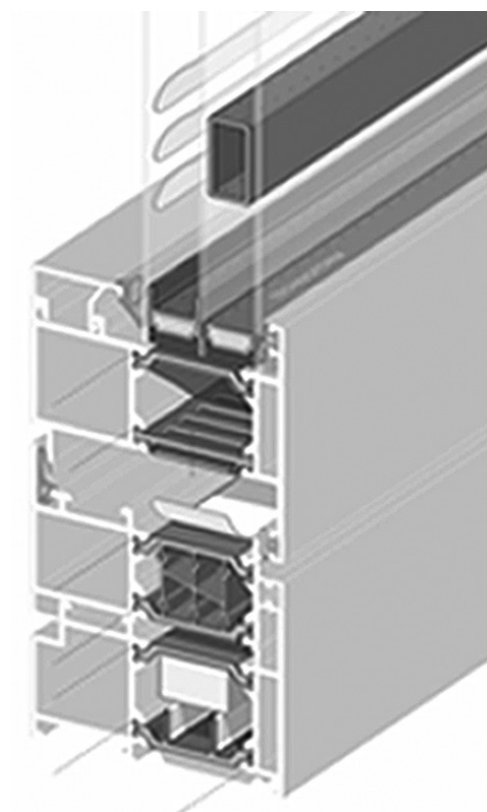
Rámečky typu warm edge výrazně snižují cirkulaci vzduchu v těsné blízkosti okna, a pomáhají tak zajistit vyšší komfort pobytu uvnitř domu.

Nově jsme definovali standardy kvality povrchu, abychom mohli zajistit dokonalé sladění našich profilů warm edge a duplexových mřížek s každým typem rámu otvorových výplní tak, aby splňovaly i ty nejvyšší požadavky architektů a projektantů.

Mimo jiné, naše profily warm edge pomáhají ročně ušetřit přibližně 14 miliónů kWh energie, což přináší výrazné snížení úrovně emisí CO₂ v celosvětovém měřítku.

Warm Edge – Proč?

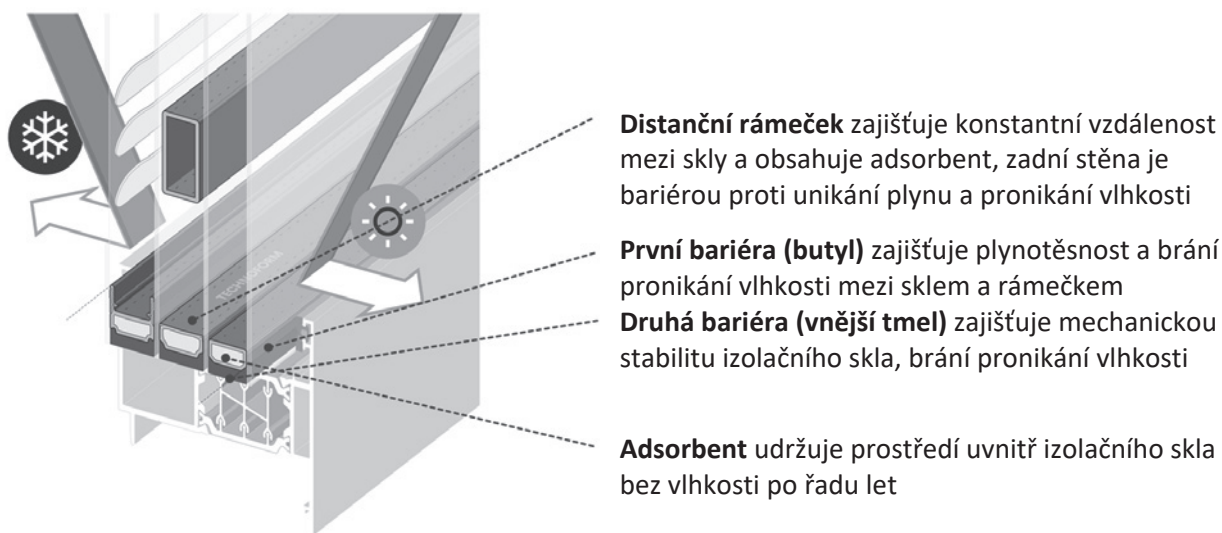
Pro pochopení významu warm edge uvažujme standardní okno s trojsklem, hliníkovým okenním rámem a běžným hliníkovým rámečkem: při použití rámečku warm edge TGI-Spacer Precision ($\lambda_{ekv} = 0,14$) je možné dosáhnout zlepšení hodnoty U_w o více jak 13 %. Tento efekt vynásobte číslem 200.000 (velikost většího města) a získáte ekvivalent roční úspory. To činí warm edge chytrým a dlouhodobě udržitelným řešením.



¹ Maxmilian Konrad, Technoform Glass Insulation GmbH

Okraj izolačního skla (edge bond) – zaměřeno na další úroveň vynikající výkonnosti

Rámečky TGI-Spacer kombinují to nejlepší z několika oblastí: vysoký stupeň estetiky, optimální tepelně izolační vlastnosti a perfektní stabilitu jednotky izolačního skla. Tyto představují klíčové faktory pro srdce každého okna: okraj izolačního skla (edge bond).



Obr. 1 Okraj izolačního skla se třemi komorami s produkty warm edge

Optimálně zkonstruovaný a správně navržený okraj izolačního skla určuje kvalitu a životnost izolačního skla, a tedy i okna. Jinými slovy: pouze pokud jednotlivé komponenty jako rámečky, tmely, adsorbenty, spojovací komponenty a sklo jsou v perfektním souladu, můžeme docílit maximální účinnosti. Jedním aspektem je i stabilita a mechanické vlastnosti okna.

Okraj izolačního skla musí splňovat řadu požadavků: musí si zachovat pružnost i při extrémním chladu a teplu, aby nedošlo k prasknutí skla. Současně je vyžadována trvalá plynotěsnost, aby byla dlouhodobě garantována maximální úroveň izolace. Kromě toho musí bránit pronikání vlhkosti, které vede k nežádoucí kondenzaci, zamlžení skel a zhoršení izolačních vlastností.

Nyní pracujeme na vývoji komponentů, které jsou buď v přímém kontaktu s našimi rámečky, nebo se nacházejí v jejich bezprostřední blízkosti v designu okenního křídla, aby byly přizpůsobeny našim produktům a jejichž kvalitu, pak můžeme garantovat pro delší období. Cíl: delší životnost izolačního skla pro dlouhodobé používání – výhoda pro výrobce oken a současně i konečného uživatele, kteří se mohou spolehnout na trvale udržitelné výrobky s vysokou kvalitou.

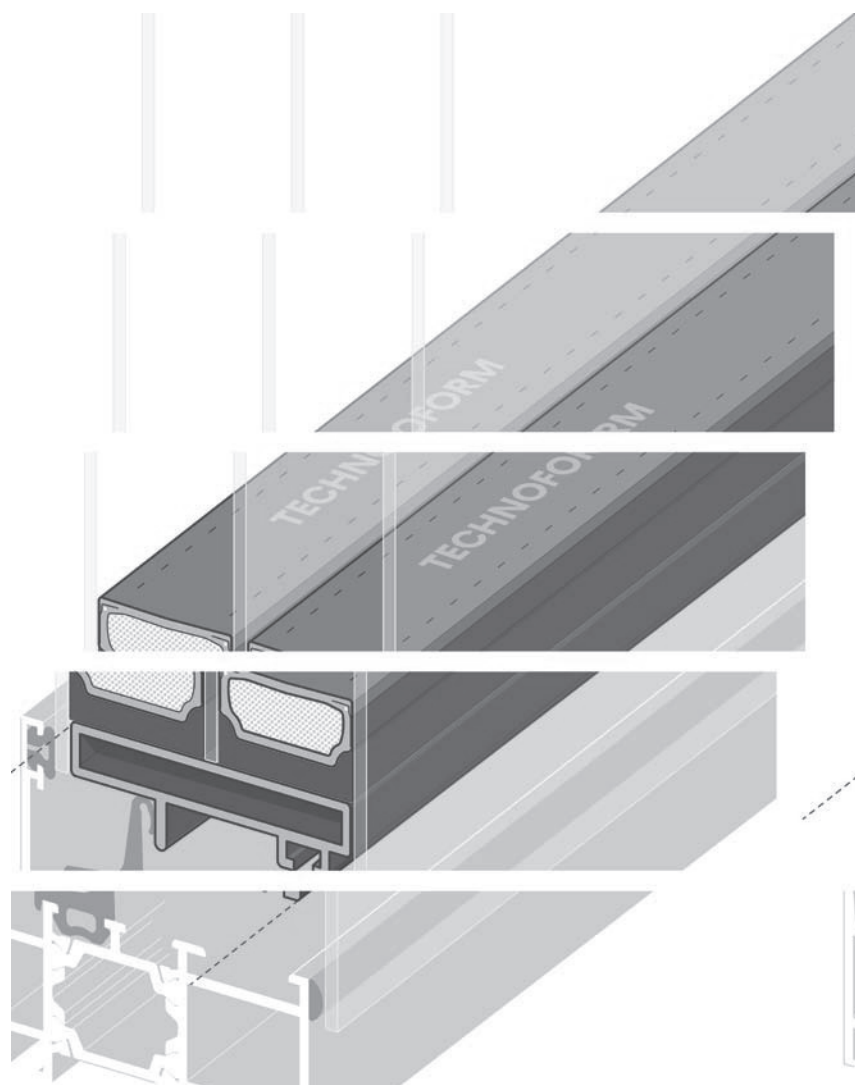
Vzhledem k tomu, že zdokonalování vlastností jednotlivých komponentů okraje izolačního skla dosáhlo svých limitů, naše pozornost se zaměřila na okraj izolačního skla jako celek.

Sloučení více komponentů dohromady spolu s křídlem okna vytváří nové příležitosti pro další zdokonalování. Teprve tak může být plně využit potenciál okraje izolačního skla (edge bond).

Koncepce integrovaného okenního křídla (integrated sash)

Rostoucí nároky na zdravé životní prostředí se také projevují v nové, „zdravější“ architektuře při navrhování měst a domů. Světlo je velmi důležitým aspektem komfortu

bydlení, a proto se prosklené plochy zvětšují. Architekti neustále žádají širší možnosti návrhu oken s většími izolačními skly, štíhlejšími rámy a křídly. Současně musí mechanické a tepelněizolační funkce systému, který se skládá z izolačního skla, okenního křídla a rámu, zůstat neměnné.



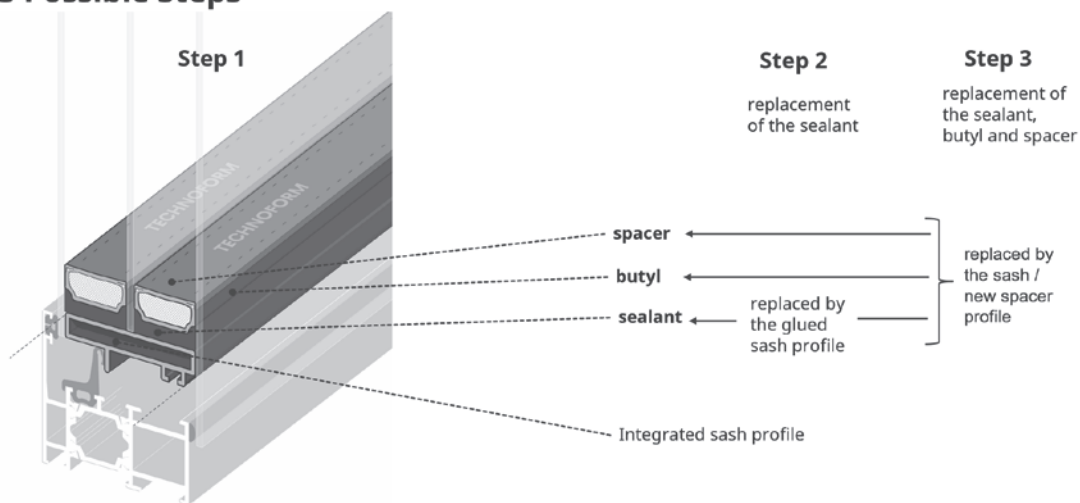
Obr. 2 Koncepce integrovaného okenního křídla

Integrované křídlo je řešením, které nabízí nové možnosti v navrhování dnešních i budoucích okenních systémů. Vnímáme jej jako dokonalou interakci zasklívacích systémů (okraje izolačního skla) s nejmodernějšími systémy okenních rámců. Integrované křídlo otevírá možnosti pro vytvoření dokonalého spojení okraje izolačního skla s okenními systémy. Zvyšuje celkovou výkonnost zasklení budovy nad rámec pouhých tepelných úvah, maximalizuje možnosti navrhování a vývoje při práci projektantů, fasádních inženýrů i architektů. Lze jej využít pro zákaznická řešení, ale i pro standardní okna. Řešení dokonale sladěné s potřebami zákazníků a trhu.

Tři možné kroky koncepce integrovaného okenního křídla

KROK 1	KROK 2	KROK 3
Distanční profil + butyl + vnější tmel + adsorbent	nahrazení vnějšího tmelu	nahrazení butylu, vnějšího tmelu a dist. profilu
+		
integrované křídlo	nahrazení: vlepení křídla	nahrazení: křídlem/ novým profilem

Integrated Sash Concept 3 Possible Steps



Přínos koncepce integrovaného okenního křídla (integrated sash)

- více světla v interiéru,
- lepší hodnota U_w ,
- snížení hmotnosti,
- menší rozměr/ výška rámu,
- úspory materiálu,
- úspory zdrojů,
- finanční úspory & ekologický přínos.

SIMULÁCIA PRIPOJOVACEJ ŠKÁRY OKNA S VYUŽITÍM HAM MODELU A MODELU TEPLOTNÉHO POĽA

Marek Zozulák¹; Dušan Katunský²

Abstract

The window connection gap is one of the most sensitive details of building envelope with thermal insulation contact systems (ETICS). Progressive simulation softwares allow as to predict the behavior of such complicated structural-material details. The question is the accuracy with which we can determine the temperatures in the window sill of the insulated wall when exposed to the real external and internal climate. The database of measured temperature data in in-situ conditions can validate the model. The aim is to determine whether models using a coupled heat-air-moisture transport (HAM) are needed for the temperature calculations in this contact, or use a simple thermal field model is sufficient.

Úvod

Sprísňovanie požiadaviek na tepelnú ochranu stavebných konštrukcií a budov akcentuje pozornosť na stavebné konštrukcie s deformovaným teplotným poľom. Deformácia teplotného poľa sa prejavuje prostredníctvom zmeny tepelného toku a zmenou vnútornej povrchovej teploty stavebnej konštrukcie. Stavebná prax poukazuje na najväčšie deformácie teplotného poľa v styku výplňovej konštrukcie s obvodovou stenou (nadpražie, ostenie, parapet, prah). Pre všetky tieto styky je možné použiť spoločný termín pripojovacia škára. Výpočtové postupy uvažované v technických normách predpokladajú hodnotenie deformovaného teplotného poľa v stacionárnych okrajových podmienkach. Súčasné numerické a experimentálne metódy umožňujú skúmať a analyzovať stavebné konštrukcie s deformovaným teplotným poľom pri reálnych fyzikálnych, teda nestacionárnych okrajových podmienkach [1].

Metodika

Pre predmetný experimentálny výskum pripojovacej škáry z monitorovania v reálnych podmienkach je realizované porovnanie teplôt s výsledkami simulácie pri daných podmienkach. Skutočne zaznamenané teploty vnútorného a vonkajšieho vzduchu sú použité ako *okrajové podmienky* pre výpočet, resp. simuláciu teplotných polí. Porovnanie výsledkov je v grafickej podobe priebehov teplôt a tabuľkového spracovania priemerných hodnôt s kvantifikáciou rozdielov medzi *simuláciou* a *meraním* pre predmetné miesta v konštrukcii a jednotlivé alternatívne úpravy pripojovacej škáry. Prezentovaný experiment je realizovaný na existujúcej konštrukcii steny vonkajšej testovacej komory. Skladba konštrukcie tohto styku je uvedená v tabuľke 1 a na obrázku 1.

Tab. 1 Skladba predmetnej obvodovej konštrukcie (od interiéru) [2]

P.č.	Názov vrstvy konštrukcie	d (m)	λ (W/m.K)	c (J/kg.K)	ρ (kg/m ³)	μ (-)
1	Pórobetónová tvárnica P2-350	0,300	0,110	900	350	7,0
2	Lepiaca PUR pena	0,010	0,050	800	35	2,5
3	Grafitový EPS	0,170	0,036	920	16	30,0
4	Lepiaca malta	0,010	0,850	900	1300	24,0
5	Penetračný náter	-	-	-	-	-
6	Silikónová omietka	0,010	0,750	900	1700	40,0

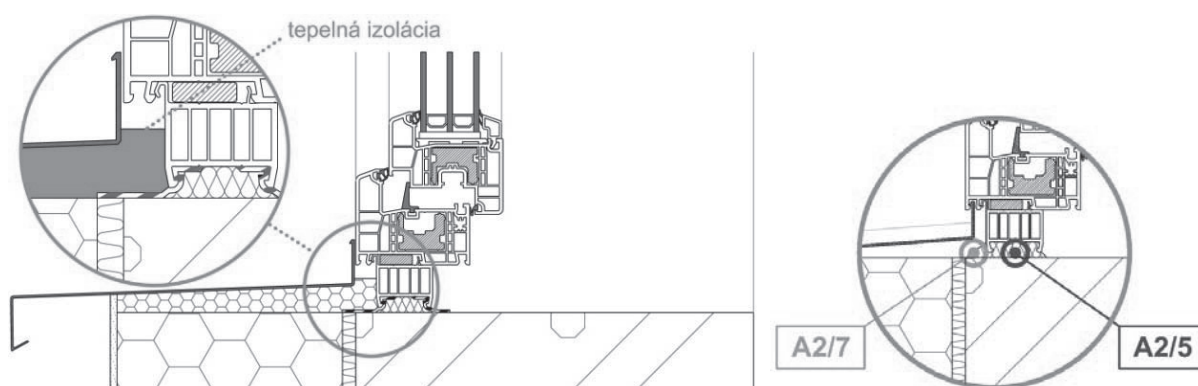
¹ Ing., PhD., Marek, Zozulák, Stavebná fakulta Technickej univerzity v Košiciach, Vysokoškolská 4, 042 00 Košice, marek.zozulak@tuke.sk

² Prof. Ing. CSc., Dušan, Katunský, Stavebná fakulta Technickej univerzity v Košiciach, Vysokoškolská 4, 042 00 Košice, dušan.katunsky@tuke.sk



Obr. 1 Vonkajšia úprava pripojovacej škáry testovacej komory. Oplechovanie parapetu s prekrytím cez okenný rám, doteplenie pod oplechovaním [1].

Obvodová konštrukcia pozostáva z tvárnic z pórobetónu a zateplenia ETICS na báze EPS. V takto realizovanej obvodovej stene je osadená okenná konštrukcia na báze PVC s trojnásobným skleneným systémom. Orientácia fasády je na sever. Poloha miest, v ktorých je v pripojovacej škáre monitorovaná a numericky stanovená teplota, je na obrázku 2.



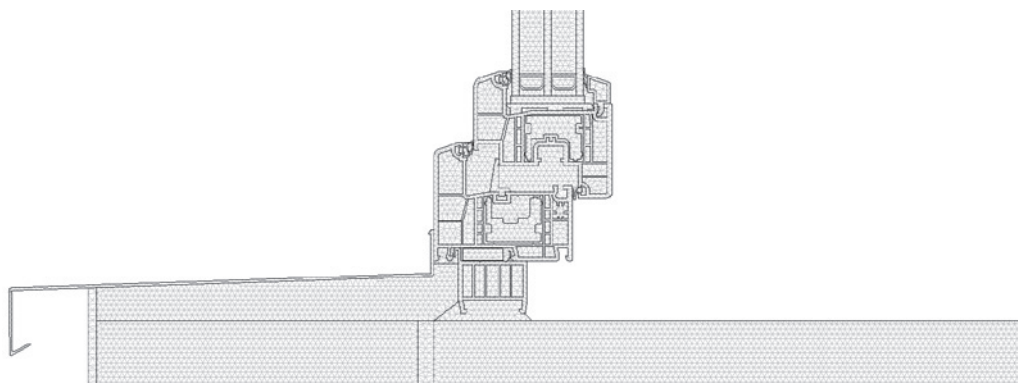
Obr. 2 Detail predmetnej pripojovacej škáry - konštrukčná úprava. Monitorované miesta v konštrukcii pripojovacej škáry. Interiér sa nachádza vpravo [2]

Šírenie tepla v čase (pre homogénne a izotropné konštrukcie) popisuje Fourierova parciálna diferenciálna rovnica vedenia tepla, zo súradníc priestoru a času ako nezávisle premenných a teploty ako závisle premennej:

$$\operatorname{div}(\lambda \operatorname{grad} T) + Z_q = c \cdot \rho \cdot \frac{\partial T}{\partial t} \quad (1.1)$$

kde: ρ - objemová hmotnosť (kg/m^3); a - teplotná vodivosť (m^2/s); λ - súčiniteľ tepelnej vodivosti ($\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$); c - merná tepelná kapacita ($\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$); q - hustota tepelného toku (W/m^2); Z_q - zdroj tepla (W/m^3); T - termodynamická teplota (K); t - čas (s).

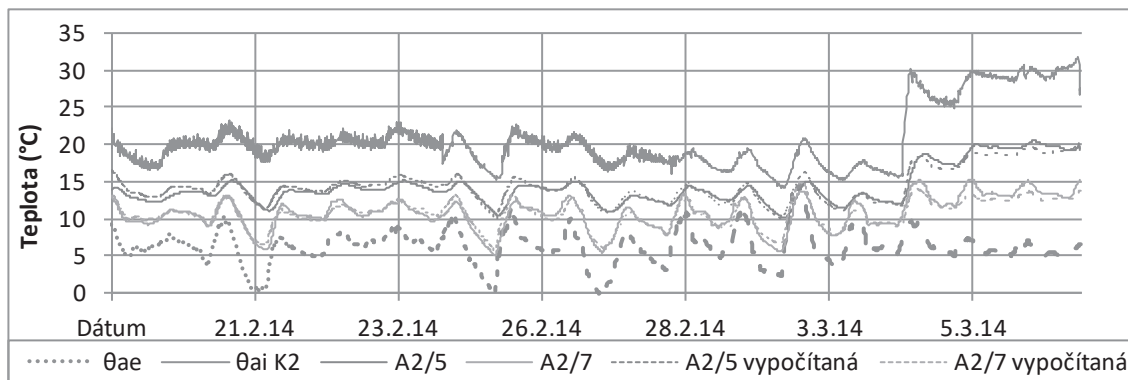
Simulačný výpočet 2D teplotného poľa je realizovaný v programe Physibel, modul Bistra 3.0w, metódou konečných rozdielov v súlade s STN EN ISO 10211, príloha A pre numerické výpočtové metódy. Model so zobrazením diferenčnej siete je na obrázku 3.



Obr. 3 Diferenčná sieť pre účely realizácie výpočtu metódou konečných objemov (MFV)

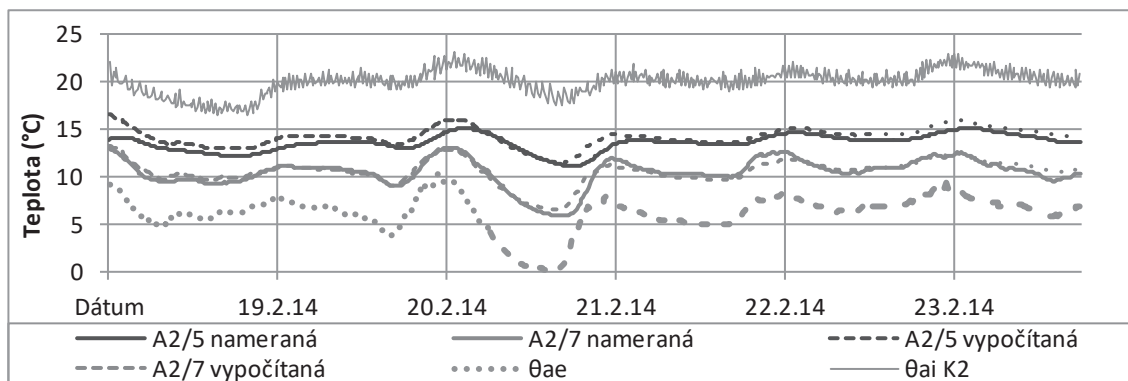
Výsledky a diskusia

Monitorovanie pri predmetnej konštrukčnej úprave (obrázok 1) trvá 17 dní pre nastavené režimy teploty a relatívnej vlhkosti vzduchu v testovacej komore 20 °C a 50 %, 24 °C a 65 %, 24 °C a 80 % a 28 °C a 80 %. Porovnanie výsledkov teploty získaných z merania a numerickej simulácie v pripojovacej škáre okna testovanej konštrukcie je na obrázku 4 [1].



Obr. 4 Porovnanie priebehov nameraných a vypočítaných teplôt v pripojovacej škáre pre monitorovaný interval konštrukčnej úpravy. Zobrazenie priebehu teplôt v monitorovaných miestach podľa obrázku 2. Zobrazené sú aj namerané okrajové teploty vnútorného a vonkajšieho vzduchu [1]

Vplyv dynamických okrajových podmienok na rozdiely teploty z merania a výpočtu v pripojovacej škáre detailnejšie zobrazujú priebehy teplôt počas režimu vnútorných podmienok teploty a relatívnej vlhkosti vzduchu 20 °C a 50 %, na obrázku 5.



Obr. 5 Porovnanie priebehov nameraných a vypočítaných teplôt v pripojovacej škáre počas nastaveného režimu vnútorného prostredia 20 °C a 50 % relatívna vlhkosť [1]

Namerané teploty v pripojovacej škáre sú nižšie ako numericke vypočítané. Platí, že najväčšie rozdiely medzi nameranými a vypočítanými hodnotami sa vyskytujú v dňoch s vyššou intenzitou slnečného žiarenia aj v prípade testovacej komory, ktorá má fasádu orientovanú na sever. Vysoká intenzita slnečného žiarenia zvýrazní nárast teploty cez deň oproti jej hodnote v noci. Podmienky vonkajšieho prostredia sú vtedy veľmi dynamické. Hodnoty sú významne odlišné v čase denných teplotných extrémov. Vyššie rozdiely medzi meraním a simuláciou spôsobuje vzostup teploty vonkajšieho vzduchu (o viac ako 7°C) v rámci jedného dňa. Ak je navyše takýto veľký denný nárast zároveň sprevádzaný predchádzajúcim prudkým poklesom teploty počas jedného dňa, prípadne noci, rozdiely medzi experimentálnym meraním a numericke simuláciou rastú vždy minimálne nad 1 K. Výraznejšie, alebo na priebehoch viditeľné rozdiely sa ale vyskytujú aj pri spodných extrémoch teploty, teda v minimálnych teplotách počas dňa.

Naopak najmenšie rozdiely nastávajú vtedy, keď teplota v rámci jedného dňa neklesne príliš prudko, ale klesá viac rovnomerne. Presná kvantifikácia je uvedená v tabuľke 2 [1].

Tab. 2 Kvantifikácia rozdielov teploty porovnaním merania a výpočtu

	Priemerné teploty (°C)								
	$A_{2/5}^m$	$A_{2/5}^v$	$\Delta A_{2/5}$	$A_{2/7}^m$	$A_{2/7}^v$	$\Delta A_{2/7}$	$\Theta_{ai,2}$	Θ_{ae}	$\Delta\Theta_{ie}$
5 dní, 20 °C 50 %; (obr. 5)	13,6	14,2	0,6	10,5	10,6	0,1	20,0	6,3	13,7
Celý interval (obr. 4)	14,3	14,4	0,1	10,7	10,7	0,0	20,7	6,2	14,5

Zatiaľ čo priemerná nameraná a vypočítaná teplota pre jednotlivé miesta pripojovacej škáry ukazujú perfektnú zhodu (tabuľka 2), analýza okamžitých rozdielov v čase, výpočtu a merania, prináša rozdiely väčšie. Najvyšší rozdiel medzi výpočtom a meraním (2,7 K) je zaznamenaný na snímači A2/5, teda v mieste v pripojovacej škáry bližšie k interiéru, 18.2.2014 o 15:00, čo je začiatok simulácie. Pre porovnanie v tom istom čase na druhej pozícii (na snímači A2/7) je rozdiel len 0,2 K. Tento rozdiel môže byť spôsobený neuvažovaním predvýpočtu, teda počiatkovej podmienky výpočtu. Podstatné ale je, že v mieste A2/5 v priebehu výpočtu (17 dní) už rozdiely oproti meraniu vystúpia nad 2 K iba raz a počas dňa sú maximálne 1 K. Priemerné rozdiely v tomto monitorovanom mieste sú 0,6 K. Naproti tomu maximum rozdielov teploty v druhom mieste (na snímači A2/7) je 2,2 K a to 2.3.2014 o 9:16. V tomto mieste platí, že rozdiely sú väčšinou do 1 K. Priemerné rozdiely počas celého monitorovaného obdobia v tomto monitorovanom mieste sú 0,5 K.

Chyba nameraných hodnôt teploty pritom dosahuje $\pm 0,05$ K a neistota numerickej metódy $\pm 0,1$ K. Pri spomínaných neistotách merania a výpočtu je teda priemerný rozdiel pre obe miesta $0,57 \text{ K} \pm 0,15$.

Všeobecne teda platí, že najväčšie rozdiely medzi nameranými a vypočítanými hodnotami sa vyskytujú v dňoch s vyššou intenzitou slnečného žiarenia. Hodnoty sú významne odlišné v čase denných teplotných extrémov. Platí to ako pre maximum, tak pre minimum teploty počas dňa. Vyššie rozdiely spôsobuje vzostup teploty vonkajšieho vzduchu a zároveň prudký pokles v rámci jedného dňa. Naopak, najmenšie rozdiely nastávajú vtedy, keď sa teplota v rámci jedného dňa príliš nemení, resp. nedochádza k veľmi dynamickým zmenám. Takisto sa prejavuje vplyv akumulácie tohto styku a pripojovacia škára sa do istej miery správa ako konštrukcia, nie len jednoduchý styk materiálov. Potvrzuje to oneskorenie zmien vplyvom teploty vnútorného vzduchu v mieste bližšie k vnútornému povrchu konštrukcie (A2/5).

Záver

Výsledky nameraných údajov teploty v pripojovacej škáre okna v testovacej komore a vypočítané hodnoty teploty z nestacionárnej simulácie teplotného poľa predmetného detailu vykazujú relatívne dobrú zhodu (dlhodobá $< 0,1$ K). Na základe uvedeného je zrejmé, že vysoká presnosť (krátkodobá $\leq 0,5$ K) je dosiahnutá aj pri použití jednoduchého modelu teplotného poľa. Môžeme teda konštatovať, že pre analýzu teplôt v pripojovacej škáre okna je dostatočne presný model jednoduchého teplotného poľa. V prezentácii sa to pokúsime odôvodniť aj pri porovnaní dynamických výstupov zo simulačných softvérov. A to porovnaním HAM simulácie, teda simulácie s uvažovaním spriahnutého toku vodnej pary, vzduchu a tepla cez konštrukciu so simuláciou jednoduchého teplotného poľa.

Podakovanie

Tento príspevok, bol vytvorený na základe riešenia výskumného projektu VEGA 1/0674/18, podporeného Vedeckou grantovou agentúrou MŠMaŠ SR a SAV.

Literatúra

- [1] Zozulák, M.: Monitorovanie fyzikálnych vlastností obalových konštrukcií v nestacionárnych podmienkach. Dizertačná práca. TU Košice, Košice 2015, 208 s.
- [2] Zozulák, M. – Katunský, D.: Monitorovanie teploty v pripojovacej škáre okna vo vonkajšej testovacej komore. TU Košice, Košice 2018, 106 s.

KOMPARATÍVNA ANALÝZA OKENNÝCH KONŠTRUKCIÍ OSADENÝCH V EXPERIMENTÁLNYCH KOMORÁCH

Silvia Bizoňová¹; Miloslav Bagoňa²

Abstract

The paper presents partial results of research related to test cell at the Faculty of Civil Engineering of the Technical University in Košice. The result is a comparison of measured and calculated surface temperatures of glass system of window structure seated in south-facing perimeter panel in the test hole of test cell with and calculated surface temperatures of newly designed glass system. Prior to the comparison, surface temperature measurements of the assessed window structures has been done, which are particular results of complete test cell's measurements.

Úvod

Experimentálne komory realizované v areáli Technickej univerzity v Košiciach, majú za cieľ skúmať a hodnotiť fyzikálne vlastnosti testovaných konštrukcií, s dôrazom na tepelno-vlhkostné parametre, s uplatnením reálnych podmienok vnútorného prostredia a využitím aktuálnych podmienok vonkajšieho prostredia. Komora, ktorá je predmetom merania, je rozdelená na dve časti. V monitorovanej časti je v meracom otvore osadená hodnotená konštrukcia, ktorá je vystavená vplyvu reálnych vonkajších a udržiavaných vnútorných podmienok. Na vytvorenie a udržiavanie podmienok v interiérovej časti slúži zariadenie Fancoil GEA, ktoré je schopné udržiavať teplotu vzduchu s presnosťou $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ pre daný objem monitorovanej časti experimentálnej komory. V monitorovacej časti je umiestnené potrebné meracie a výpočtové zariadenie.

Predmet merania a porovnaní

Predmetom merania je sklený systém umiestnený v ráme osadenom v konštrukcii monitorovanej v rámci meracieho otvoru. Predmetná experimentálna komora č.1 je orientovaná na juh. Navrhovaný koncept skleného systému s využitím filmov heat mirror je porovnaný s existujúcim skleným systémom osadeným v plastovom ráme okna experimentálnej komory č. 1.



Obr. 1 3D rez experimentálnou komorou č.1

¹ Ing. Silvia Bizoňová, Vysokoškolská 4, 04200 Košice, silvia.bizonova@tuke.sk

² doc. Ing. Miloslav Bagoňa, PhD., Vysokoškolská 4, 042 00 Košice, Miloslav.bagona@tuke.sk

Rámový a sklený systém

V experimentálnej komore č.1 je osadený šesťkomorový plastový profil Rehau Geneo MD plus s hĺbkou 86mm; $U_f = 0,79 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. V ráme je umiestnený trojnásobný sklený systém Climatop One (4-16-4-16-4mm, Ar) od fy Nitasklo.

Tab. 1 Parametre zabudovaného skleného systému v experimentálnej komore získané výpočtom prostredníctvom programu Window 7.4.14 [1]

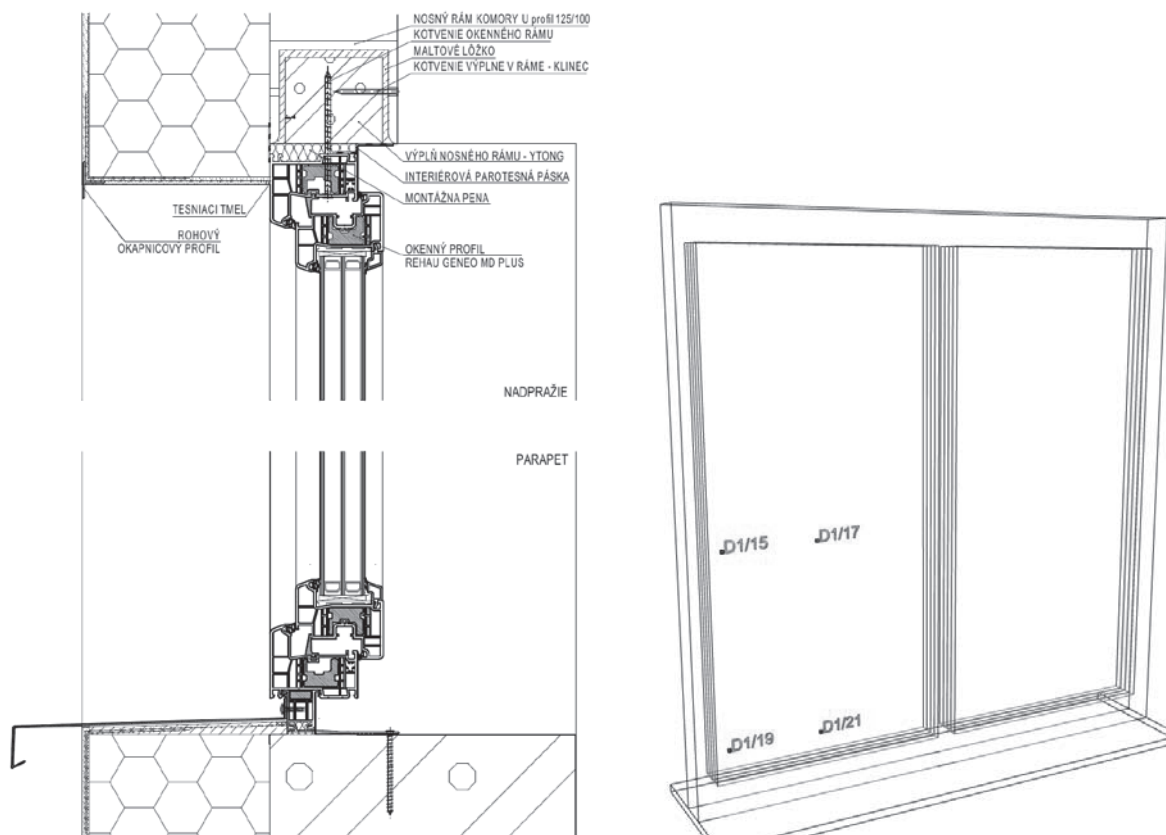
	Skladba skleného systému	Plynová výplň	Pozície nízkoemis. povlakov	U_g [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$]	τ_{vis} [-]	g [-]
Sklený systém K1	4-16-4-16-4 $\Sigma 44\text{mm}$	Ar 95%, Vzduch 5%	# 2,5	0,583	0,623	0,377

K1: 4-16-4-16-4; (1,3)SGG Planitherm Ultra N 4mm (#2,5); (2)SGG Planitherm One 4mm; Ar 95%, Vzduch 5%.

Tab. 2 Parametre navrhovaného skleného systému s využitím filmov Heat Mirror získané výpočtom prostredníctvom programu Window 7.4.14 [1]

	Skladba skleného systému	Plynová výplň	Pozície nízkoemis. povlakov	U_g [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$]	τ_{vis} [-]	g [-]
Skł. sys. K1NAr	4-10-0,076-10-0,076-8-0,076-8-4; $\Sigma 44\text{mm}$	Ar 95%, Vzduch 5%	# 2,9	0,489	0,472	0,320

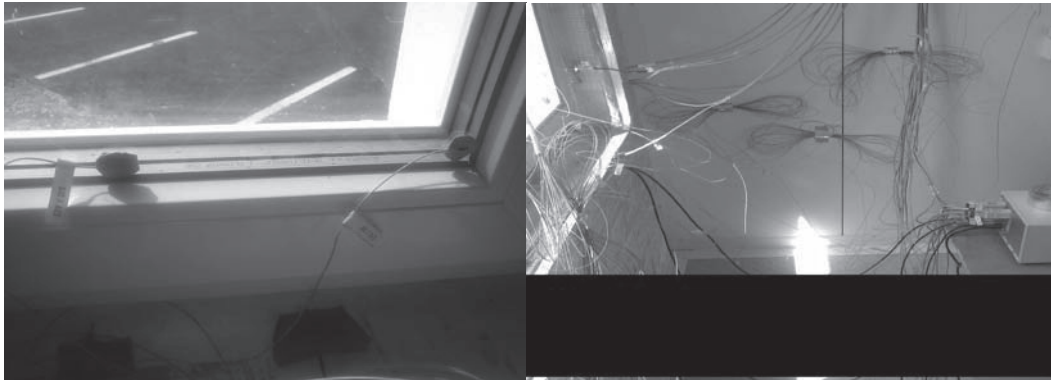
K1NAr: 4-10-0,076-10-0,076-8-0,076-8-4; (1,5)SGG Planitherm Ultra N 4mm (#2,9); Ar 95%, Vzduch 5%; (2,3)HM 88 EMN 0,076mm; (4)HMSC75 EMN 0,076mm.



Obr. 2 a) Detail osadenia hodnotenej okennej konštrukcie v konštrukcii obvodovej steny umiestnenej v meracom otvore; b) Rozmiestnenie snímačov na vnútornom povrchu skleného systému okien v K1; pohľad z exteriéru.

Metodika merania

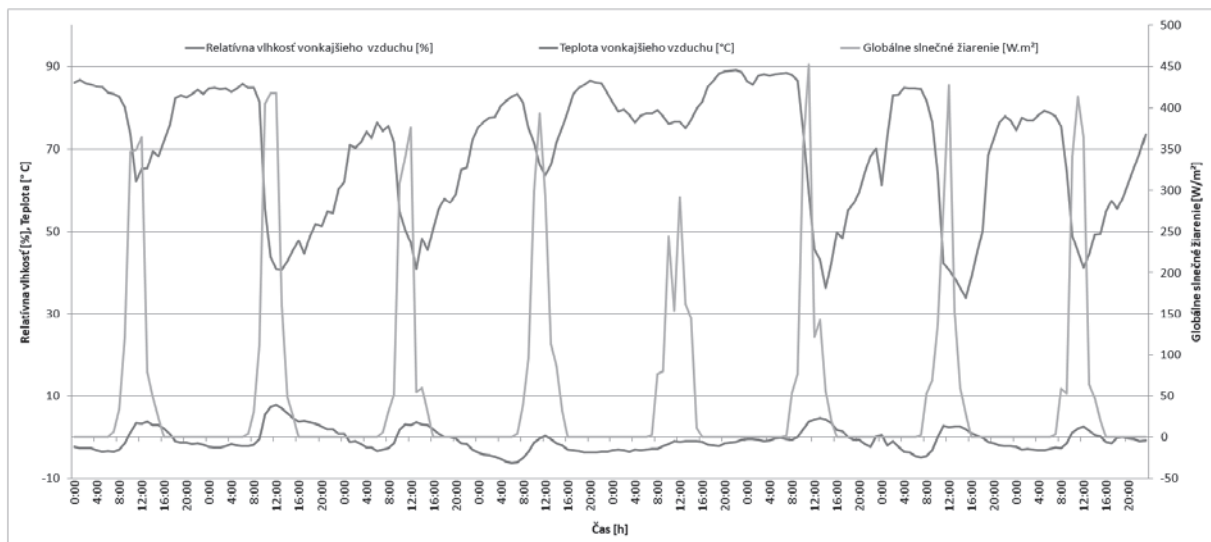
Meranie sa uskutočnilo v rozsahu povrchových teplôt na vnútornom povrchu skleného systému, pozri obr. 4 a parametrov vnútorného (udržiavaného) a vonkajšieho (reálneho) prostredia. Na meranie sa použili snímače teploty na báze odporu bez hrotu Ntc [2] a meteorostanica Vaisala, ktorá meria smer vetra, priemernú a maximálnu rýchlosť vetra, atmosférický tlak, teplotu a relatívnu vlhkosť vonkajšieho vzduchu, množstvo a intenzitu zrážok, globálne, oblohové a krátkovlnné žiarenie.



Obr. 3 a) umiestnenie snímačov teploty na skle; b) zapojenie snímačov povrchovej teploty do ústredne

Okrajové podmienky

Namerané parametre vonkajšieho a vnútorného prostredia pre sledované obdobie 1.-8. decembra (teplota a vlhkosť vonkajšieho a vnútorného vzduchu, globálne slnečné žiarenie) spolu so získanými parametrami (difúzne žiarenie – testovací referenčný rok [3]) slúžia ako okrajové podmienky numerického výpočtu. Prvý decembrový týždeň bol zvolený na základe výskytu nízkych vonkajších teplôt v porovnaní s ostatným obdobím [4].

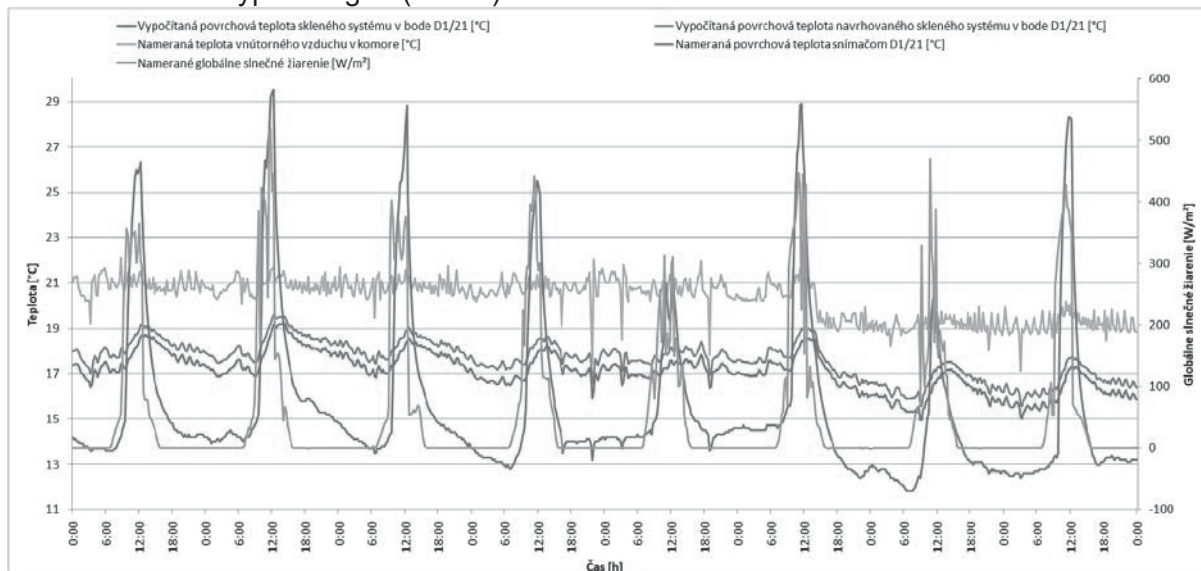


Obr. 4 Namerané údaje teploty, relatívnej vlhkosti vonkajšieho vzduchu a globálneho slnečného žiarenia

Výsledky a diskusia

Výsledky numerickej analýzy získané prostredníctvom dynamickej simulácie v programe Physibel (Bistra)[5] preukazujú súvis s nameranými údajmi. Zjavný je vplyv priebehu globálneho slnečného žiarenia na teplotu vnútorného povrchu skleného systému ako aj na teplotu vnútorného prostredia. Pôvodný a navrhovaný sklený systém podobne reagujú na vplyv globálneho slnečného žiarenia avšak v zmenšenej miere, čo vykazuje nie úplne správnu konfiguráciu fyzikálneho modelu v zmysle nastavenia oblohy. Priebeh vypočítaných povrchových teplôt (zvýšenie priemerne o 0,6°C) pôvodného a navrhovaného

skleného systému v sledovanom bode D1/21 potvrdzuje zlepšenie tepelnotechnických vlastností implementáciou filmov heat mirror (3x) pri konštantnej hrúbke skleného systému. Vplyv na zvýšenie povrchových teplôt má aj absencia prostrednej tabule skla, ktorej priestor v novom návrhu vyplňa Argón (<4mm).



Obr. 5 Výsledky merania parametrov vonkajšieho, vnútorného prostredia a povrchových teplôt na vnútornej strane skleného systému v exp. komore 1 podľa schémy na Obr. 2b

Záver

Na základe nameraných údajov z experimentálnych komôr bolo možné vykonať numerický výpočet alternatívneho skleného systému navrhovaného osadiť do existujúceho rámu a porovnať výsledné priebehy teplôt na vnútornom povrchu skleného systému v sledovanom bode D1/21. Fyzikálny model programu Physibel – Bistra zatiaľ nepresne reaguje na globálne slnečné žiarenie a teda je potrebná jeho úprava, avšak s istými odchýlkami potvrdzuje väzbu priebehov povrchových teplôt na okrajové podmienky výpočtu. Pre porovnanie bol zvolený sklený systém koncipovaný z dvoch skiel a troch vrstiev filmov heat mirror. V príspevku je spracovaná alternatíva s výplňovým plynom Argón, ktorá bude doplnená aj o alternatívu s využitím Kryptónu. Namerané a vypočítané údaje povrchových teplôt v bode D1/21 vykazujú istú odchýlku v dôsledku významného vplyvu globálneho slnečného žiarenia, avšak ich trend je podobný. Vypočítané údaje povrchových teplôt porovnávaných sklených systémov majú takmer totožný priebeh s priemerným okamžitým rozdielom približne 0,6 °C, čo potvrdzuje vplyv tepelných zrkadiel na zlepšenie tepelnotechnických vlastností skleného systému. V okrajových podmienkach je uvedený priebeh relatívnej vlhkosti vonkajšieho a vnútorného vzduchu, ktorý má len informatívny charakter, fyzikálny model s vlhkosťou neuvažuje.

PodĎakovanie

Príspevok vznikol s podporou grantového projektu 1/0389/17 „Transparentné konštrukcie v interakcii súčasnej architektúry a ochrany zdravia človeka“.

Literatúra

- [1] Window 7.4.14, NFRC Simulation manual, Lawrence Berkley laboratory, 2017.
- [2] AHLBORN Product Catalog – Measuring instruments and sensors, issue 2011/2012.
- [3] H. Hens, Applied Building Physics, Boundary Conditions, Building Performance and Material Properties, Ernst & Sohn, Berlin, 2010.
- [4] D. Katunský et al, Numerical analysis and measurement results of a window sill, Advanced Materials Research, 899 (2014) 147-150.
- [5] Physibel Software – User manual for Physibel. Maldegem, Belgium (2013) 25-26.

VPLYV KOTVIACICH SYSTÉMOV ŤAŽKÝCH FASÁD NA TEPELNÚ OCHRANU BUDOV

Peter Buday¹

Abstract

Anchoring systems of heavy buildings, which are usually made up of a massive steel construction, significantly influence thermal protection of buildings, mainly by their effect on the fulfilment of hygienic criterion of the standard STN 73 0540-2, as well as on the calculation value of the façade's heat transfer coefficient. Submitted article deals with these two thermal criteria.

Úvod

V stavebnej praxi sa dnes pomerne často stretávame s výrazným narušením tepelnotechnických vlastností fragmentov obalových konštrukcií budov pomocou rôznych, napríklad oceľových kotviacich systémov. Pre stavebnú tepelnú techniku znamenajú výrazné zhoršenie tepelnotechnických parametrov. Príspevok tak prezentuje niektoré z možností jeho úprav vedúcich k zlepšeniu tepelnotechnických vlastností fragmentu, ktorý ovplyvňujú.

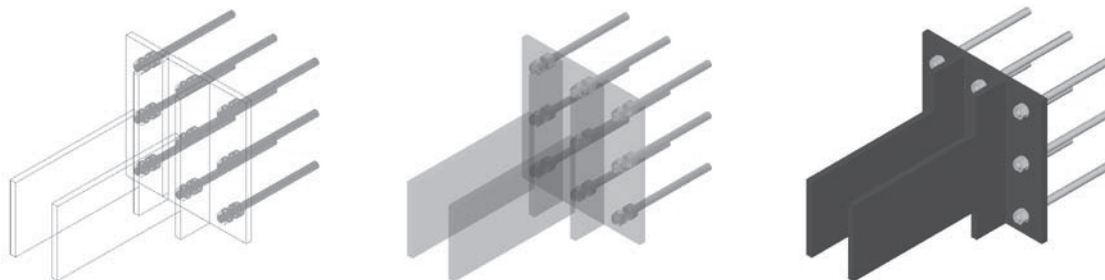
Popis fragmentov obvodovej steny

Predmetom analýzy sa stal klasický fragment obvodovej steny s vonkajšou povrchovou úpravou - obkladovým kameňom (tento sa ale v výpočtoch nezohľadňuje). Tvorí ho zvnútra omietnutá keramická tvarovka s hrúbkou 300 mm a tepelná izolácia MW s hrúbkou 120 mm, s celkovým tepelným odporom $R = 4,45 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ ($U = 0,214 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$). Alternatívne sa uvažovalo taktiež so skladbou č. 2 - omietnutý železobetón s hrúbkou 300 mm a tepelná izolácia XPS s hrúbkou hrúbky 150 mm, tepelný odpor $R = 4,49 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ ($U = 0,213 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$).

Do týchto dvoch fragmentov je následnej kotvená oceľová konštrukcia tvoriaca nosný podklad na zavesenie kamenného obkladu. Základný pohľadový rozmer oboch fragmentov (vzájomná vzdialenosť oceľových kotiev) sa definoval rozmerom 1000 x 1500 mm.

Popis analyzovanej oceľovej kotvy

Na analýzu sa použila oceľová kotva z konkrétnej realizácie bytového domu. Oceľová kotva je tvorená platňou rozmeru 340 x 350 mm (priľahlou ku stene) a hrúbkou 18 mm, na ktorú sú kolmo navarené dve platne 340 x 80 mm (nastojato) pokračujúce do tepelnej izolácie menšou výškou a rozmerom 180 x 172 mm (nastojato) až do exteriérovej vzduchovej dutiny, všetko hrúbky 18 mm. Súčiniteľ tepelnej vodivosti klasickej ocele je 50,0 W/(m.K), vo variantách 02, 03 a 04 nerezová oceľ s lambdou 17,0 W/(m.K). V základnom riešení sa jej konštrukcia realizovala s deviatimi skrutkami kotvenými do tehlového muriva (obr.01).



Obr. 01 - Pohľady na realizovanú oceľovú kotvu v konštrukcii fragmentu steny

¹ Ing., PhD., Peter Buday, katedra KPS, SvF STU, Radlinského 11, 811 05 Bratislava, peter.buday@stuba.sk

Geometrické a materiálové úpravy (varianty) ocelevej kotvy

Pre účely analýzy sa definovali nasledovné varianty ocelevej kotvy:

- *varianta 01* - základné riešenie ocelevej kotvy, popísané v predchádzajúcej kapitole,
- *varianta 02* - varianta 01 + nerezová oceľ realizovaná v platniach kolmých na stenu,
- *varianta 03* - varianta 01 + nerezová oceľ realizovaná v platni priľahlej ku stenu,
- *varianta 04* - varianta 01 + nerezová oceľ realizovaná vo všetkých skrutkách,
- *varianta 05* - varianta 01 + redukcia počtu ocelových skrutiek z 9 na 6 ks,
- *varianta 06* - varianta 01 + redukcia počtu ocelových skrutiek z 9 na 4 ks,
- *varianta 07* - varianta 01 + podložka THERMOSTOP pod priľahlou platňou, hrúbky 5 mm,
- *varianta 08* - varianta 01 + podložka THERMOSTOP pod priľahlou platňou, hrúbky 10 mm,
- *varianta 09* - varianta 01 + zmenšenie hrúbky kolmých platní z 18 na 9 mm,
- *varianta 10* - varianta 01 + zmenšenie hrúbky priľahlých platní z 18 na 9 mm,
- *varianta 11* - varianta 01 + použitie účinnejšej PIR v mieste kotvy, rozmeru 400 x 400 mm,
- *varianta 12* - varianta 01 + zväčšenie osových vzdialeností kotiev, z 1500 mm na 2000 mm.

Analýza - porovnanie U hodnoty a vnútorných povrchových teplôt

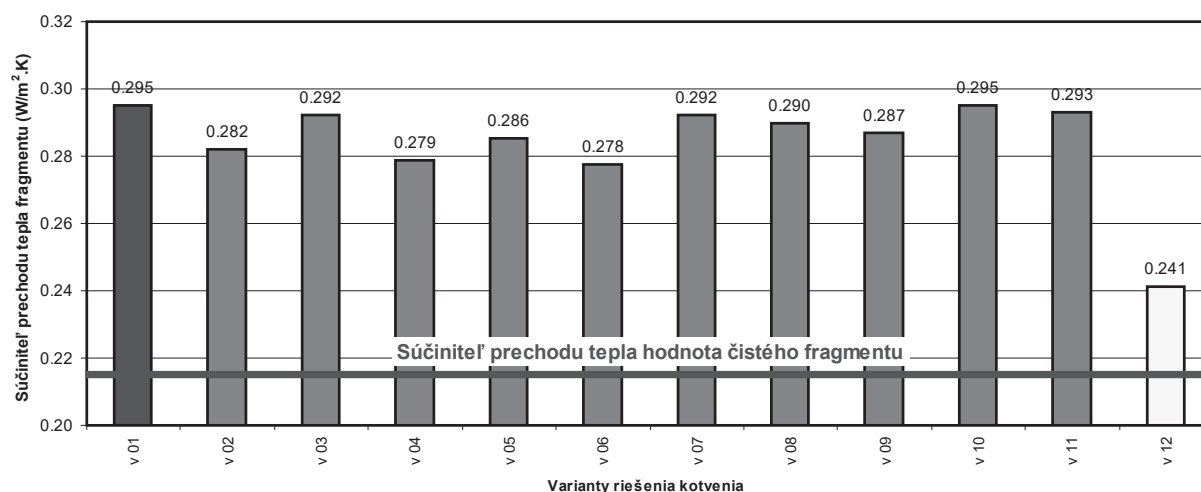
Úplná číselná analýza dosahovaných výsledkov U hodnoty i vnútorných povrchových teplôt pre obe verzie fragmentu TEHLA i ŽELEZOBETÓN je realizovaná v tabuľke 01.

Obrázok 02 dokumentuje porovnanie hodnôt súčiniteľa prechodu tepla U_{kotvove} pre jednotlivé varianty riešenia pri verzii fragmentu TEHLA. Ako je vidieť, oceleová kotva ju výrazným, negatívnym spôsobom ovplyvňuje, pričom dosahuje hodnoty 0,241 až 0,295 $W/(m^2.K)$, čo znamená nárast jej hodnoty až o takmer 40 % (presnejšie 12,4 - 37,6 %).

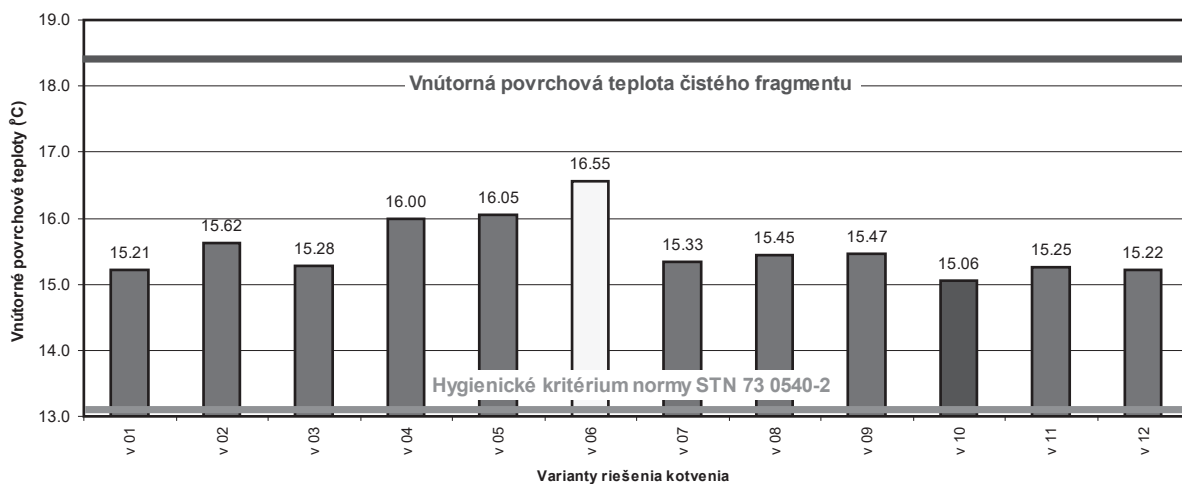
Tabuľka 01 - Porovnávací tabuľka výpočtových veličín pre verziu TEHLA i ŽELEZOBETÓN

TEHLA	U_{kotvove}	U_{fragment}	nárast	θ_{kotvove}	θ_{fragment}	pokles
	$W/(m^2.K)$	$W/(m^2.K)$	%	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	K
varianta 01	0.295	0.214	37.5	15.21	18.38	3.17
varianta 02	0.282	0.214	31.6	15.62	18.38	2.76
varianta 03	0.292	0.214	36.3	15.28	18.38	3.10
varianta 04	0.279	0.214	30.0	16.00	18.38	2.38
varianta 05	0.286	0.214	33.1	16.05	18.38	2.33
varianta 06	0.278	0.214	29.4	16.55	18.38	1.83
varianta 07	0.292	0.214	36.2	15.33	18.38	3.05
varianta 08	0.290	0.214	35.2	15.45	18.38	2.93
varianta 09	0.287	0.214	33.8	15.47	18.38	2.91
varianta 10	0.295	0.214	37.6	15.06	18.38	3.32
varianta 11	0.293	0.214	36.7	15.25	18.38	3.13
varianta 12	0.241	0.214	12.4	15.22	18.38	3.16

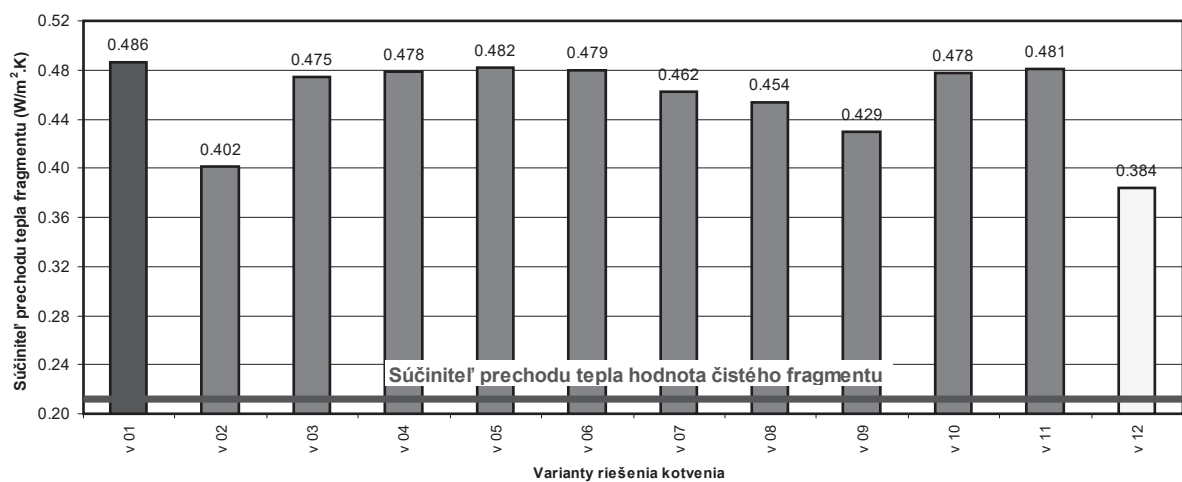
ŽELEZO-BETÓN	U_{kotvove}	U_{fragment}	nárast	θ_{kotvove}	θ_{fragment}	pokles
	$W/(m^2.K)$	$W/(m^2.K)$	%	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	K
varianta 01	0.486	0.213	128.4	14.17	18.39	4.22
varianta 02	0.402	0.213	88.6	15.42	18.39	2.97
varianta 03	0.475	0.213	122.9	14.30	18.39	4.09
varianta 04	0.478	0.213	124.7	14.47	18.39	3.92
varianta 05	0.482	0.213	126.4	14.41	18.39	3.98
varianta 06	0.479	0.213	125.1	14.53	18.39	3.86
varianta 07	0.462	0.213	117.2	14.45	18.39	3.94
varianta 08	0.454	0.213	113.1	14.58	18.39	3.81
varianta 09	0.429	0.213	101.6	15.01	18.39	3.38
varianta 10	0.478	0.213	124.5	14.24	18.39	4.15
varianta 11	0.481	0.213	125.8	14.25	18.39	4.14
varianta 12	0.384	0.213	80.2	14.39	18.39	4.00



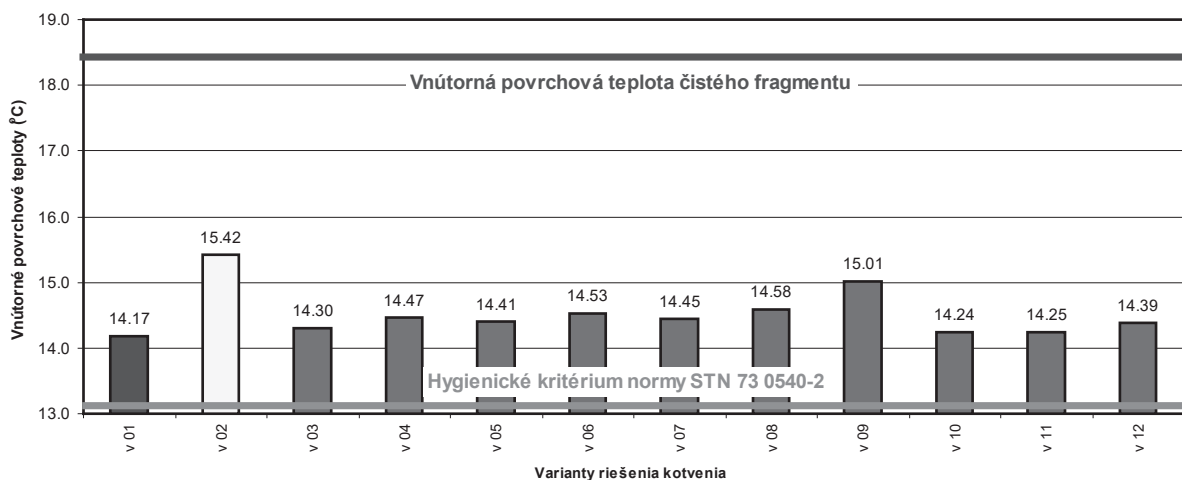
Obr. 02 - Súčiniteľ prechodu tepla pre varianty riešenia kotvenia - verzia TEHLA



Obr. 03 - Vnútorná povrchová teplota pre varianty riešenia kotvenia - verzia ŽELEZOBETÓN



Obr. 04 - Súčiniteľ prechodu tepla pre varianty riešenia kotvenia - verzia TEHLA



Obr. 05 - Vnútorná povrchová teplota pre varianty riešenia kotvenia - verzia ŽELEZOBETÓN

Obrázok 03 dokumentuje porovnanie vnútorných povrchových teplôt pre jednotlivé varianty riešenia pri verzii fragmentu TEHLA. Ako je vidieť, oceľová kotva v tomto prípade ovplyvňuje vnútorné povrchové teploty výrazne, podobne ako tomu bolo pri hodnotách súčiniteľa prechodu tepla, pričom pokles dosahuje hodnoty reálne medzi 1,83 až 3,17 K. Vzhľadom na vnútornú povrchovú teplotu v mieste kotvy na úrovni +15,1 °C až 16,6 °C, voči čistému fragmentu s hodnotou +18,38 °C tak ide o naozaj významný vplyv, ktorý sa môže

ešte viac prejavíť najmä v prípade 3D konštrukčných detailov, kde je kombináciou s ďalšími nepriaznivými faktormi, ako sú napríklad geometrické a najmä materiálové tepelné mosty.

Obrázok 04 dokumentuje porovnanie hodnôt súčiniteľa prechodu tepla U_{kotvove} pre jednotlivé varianty riešenia pri verzii fragmentu ŽELEZOBETÓN. Ako je vidieť, ocelová kotva ju veľmi výrazným, negatívnym spôsobom ovplyvňuje, pričom dosahuje pomerne vysoké hodnoty - 0,384 až 0,486 W/(m².K), čo znamená výrazný nárast jej hodnoty až na viac ako dvojnásobok pôvodnej, „fragmentovej“ hodnoty (80,2 - 128,4 %).

Obrázok 05 dokumentuje porovnanie vnútorných povrchových teplôt pre jednotlivé varianty riešenia pri verzii fragmentu ŽELEZOBETÓN. Ako je vidieť, ocelová kotva v tomto prípade ovplyvňuje teploty menej výrazne ako tomu bolo pri hodnotách súčiniteľa prechodu tepla, pričom pokles dosahuje hodnoty reálne medzi 2,97 až 4,22 K. Vzhľadom na vnútornú povrchovú teplotu v mieste kotvy na úrovni +14,2 °C až 15,4 °C, voči čistému fragmentu s hodnotou +18,39 °C tak ide o naozaj veľmi významný vplyv, ktorý sa môže ešte viac prejavíť najmä v prípade realizácie 3D konštrukčných detailov, kde je kombináciou s ďalšími nepriaznivými faktormi, ako sú napríklad geometrické a najmä materiálové tepelné mosty.

Záver

Najúčinnjším riešením pri verzii fragmentu TEHLA je z hľadiska znižovania hodnoty súčiniteľa prechodu tepla výrazné zväčšovanie osovej vzdialenosti medzi kotvami a pre vnútornú povrchovú teplotu výrazná redukcia počtu skrutiek v nosnej konštrukcii steny (z 9 na 4). Podobne aj kombinovaním viacerých ďalších variant riešenia kotvy možno dosiahnuť želaný výsledok. Ukazuje sa však, že bez "prispenia" výrazného zvýšenia tepelnej izolácie fragmentu (rádovo o niekoľko desiatok milimetrov) to nepôjde.

Najúčinnším riešením pri verzii fragmentu ŽELEZOBETÓN je z hľadiska znižovania hodnoty súčiniteľa prechodu tepla taktiež zväčšovanie osovej vzdialenosti medzi kotvami a pre vnútornú povrchovú teplotu použitie nerez v platniach kolmých ku stene. Podobne aj kombinovaním viacerých parametrov riešenia kotvy možno dosiahnuť želaný výsledok. Rovnako, ako pri verzii TEHLA sa ukazuje (tu snád' ešte citelnejšie), že bez "prispenia" výrazného zvýšenia tepelnej izolácie fragmentu (o niekoľko desiatok milimetrov) to nepôjde.

Naopak takmer nulový (vo fragmente TEHLA doslova) účinok (formou tepelného toku – U hodnoty) v oboch prípadoch riešenia fragmentov má úprava hrúbky ocele v platni priľahlej ku stene. Minimálny účinok (do cca 4 %) ešte majú pri TEHLE varianty doplnkových PIR dosiek, použitie nerezovej ocele v platni priľahlej ku stene a aplikácia prvku thermostat hrúbky 5 mm. Pri ŽELEZOBETÓNE sa ukazujú byť minimálne účinné ocelové skrutky v stene (znížením ich počtu i nerezom v nich), ako aj doplnkové PIR dosky a použitie nerez v oceli priľahlej ku stene (všetko do cca 4 %).

Literatúra

- [1] STN 73 0540-2, 2012: Tepelnotechnické vlastnosti stavebných konštrukcií a budov, Tepelná ochrana budov, Časť 2: Funkčné požiadavky. Júl 2012,
- [2] STN 73 0540-3, 2012: Tepelnotechnické vlastnosti stavebných konštrukcií a budov, Tepelná ochrana budov, Časť 3: Vlastnosti prostredia a stavebných výrobkov. Júl 2012,
- [3] STN EN ISO 14683: Tepelné mosty v stavebných konštrukciách. Lineárny stratový súčiniteľ. Zjednodušené metódy a orientačné hodnoty, Júl 2007,
- [4] STN EN ISO 10211: Tepelné mosty v budovách pozemných stavieb. Tepelné toky a povrchové teploty. Podrobné výpočty, August 2008,
- [5] CFD simulačný výpočtový program FLOVENT 9.1, www.flovent.com,

Podakovanie:

Tento výskum bol podporený Vedeckou grantovou agentúrou MŠVVŠ SR a SAV podľa VEGA 1/0113/19 a Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe Zmluvy č. APVV-16-0126.

TEORETICKÁ A EXPERIMENTÁLNA ANALÝZA ATYPICKÝCH TEPELNÝCH MOSTOV V BUDOVÁCH

Rastislav Ingeli¹

Abstract

Reduction of energy use in buildings is an important measure to achieve climate changes of mitigation. It is essential to minimize heat losses when designing energy efficient buildings. For an energy efficient building in a cold climate, a large part of the space heating demand is caused by transmission losses through the building envelope. In compliance with the today's trend of designing sustainable and energy-saving architecture, it is necessary firstly to solve the factors influencing the energy balance. In this respect, the thermal bridges in buildings constitute a crucial factor. In case of their occurrence, the use of construction and insulation construction materials is significant for finding the solution. The aim of this paper is to analyse the thermal bridges in buildings constructed on the basis of heavy constructions. The house analysis is divided into theoretical and experimental part. In order to analyse the thermal bridges, critical details have been selected methodically, verified by thermography. The experimental and theoretical results were compared by the simulation method for calculating critical surface temperatures. Both, the measurements and results show how attention shall be paid to this issue at the design stage already. With increasing demands for overall energy balance of buildings, it is necessary to exactly define the critical details and consider the thermal bridges in the design documentation already. Some critical details require an assessment of a three-dimensional method. During design, it is sometimes forgotten to assess such details. This can cause hygienic defects. Some designed buildings have intricate details. The 2D method is unusable. Therefore, you need to use the 3D method. It is mainly the connection of two sloping walls. In this paper we have selected the details of the two sloping walls.

Úvod

V súčasnej dobe je prioritou navrhnuť stavebné konštrukcie, ktoré tvoria teplovýmenný obal tak, aby mala budova nízku skutočnú potrebu energie a bola zatriedená do požadovanej energetickej triedy. V niektorých prípadoch sa stane táto požiadavka jedinou prioritnou, pričom ostatné požiadavky na obvodový plášť nie sú technicky vyriešené. Preto je potrebné pristupovať pri návrhu skladieb obvodového plášťa opatrne a zohľadniť pri navrhovaní všetky faktory, ktoré ovplyvňujú stavebno-fyzikálne vlastnosti plášťa.

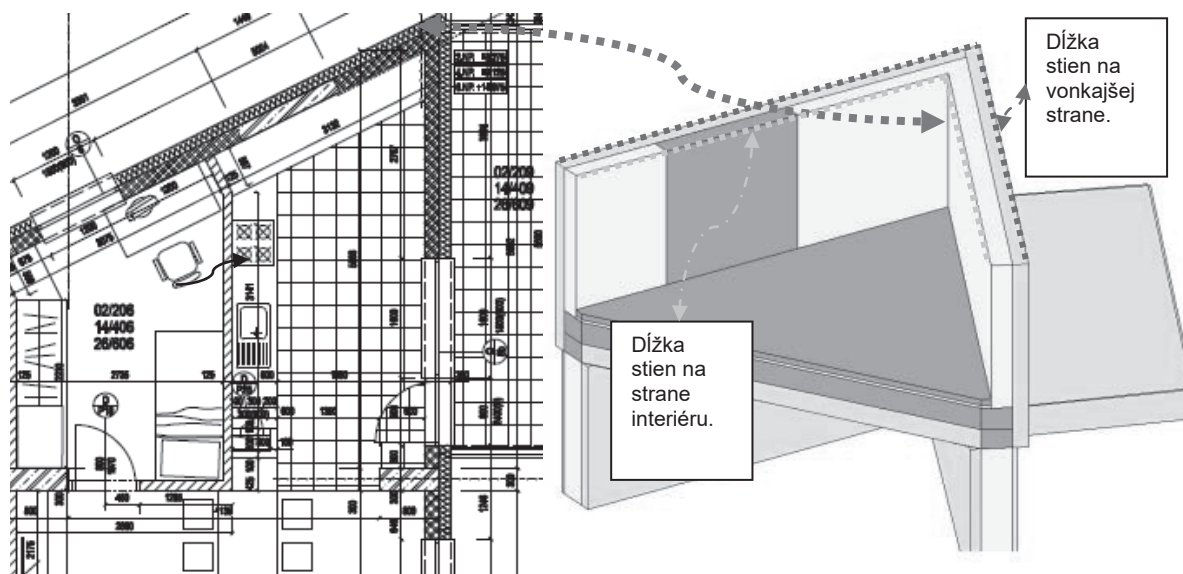
Počas vykurovacej sezóny 2018 boli priaznivé vonkajšie podmienky na meranie infračervenou kamerou. Pre daný príspevok sa vytypoval jeden kritický detail, ktorý je súčasťou dvojročného bytového domu. Daný bytový dom je postavený v ultranízkoenergetickej úrovni výstavby. To znamená, že skladby jednotlivých fragmentov, ktoré tvoria plochu teplovýmenného plášťa spĺňajú požiadavky STN 73 0540-2 [1].

Na zrealizovanie termografických obrázkov boli vhodné exteriérové okrajové podmienky. Z následného merania kritických detailov sme do daného príspevku vybrali jeden kritický, ktorý sa súčasne vyskytuje na viacerých stavbách, nakoľko vytvára atypický vzťah na bytovom dome. Ide o detail napojenia dvoch šikmých stien a stropnej konštrukcie nad exteriérom. Niektoré kritické detaily vyžadujú posúdenie trojrozmernou metódou. Počas návrhu sa niekedy zabudnú posúdiť takéto detaily. To môže spôsobiť nesplnenie hygienických podmienok na strane interiéru. Niektoré navrhnuté budovy majú zložité konštrukčné detaily a v takých prípadoch je 2D metóda plošného teplotného poľa nepoužiteľná. Preto musíte použiť metódu 3D. Ide najmä o spojenie dvoch šikmých stien. Tieto steny vytvárajú kritický 3D detail.

¹ Ing., PhD., Rastislav, Ingeli, Stavebná fakulta STU v Bratislave, Radlinského 11, rastislav.ingeli@stuba.sk

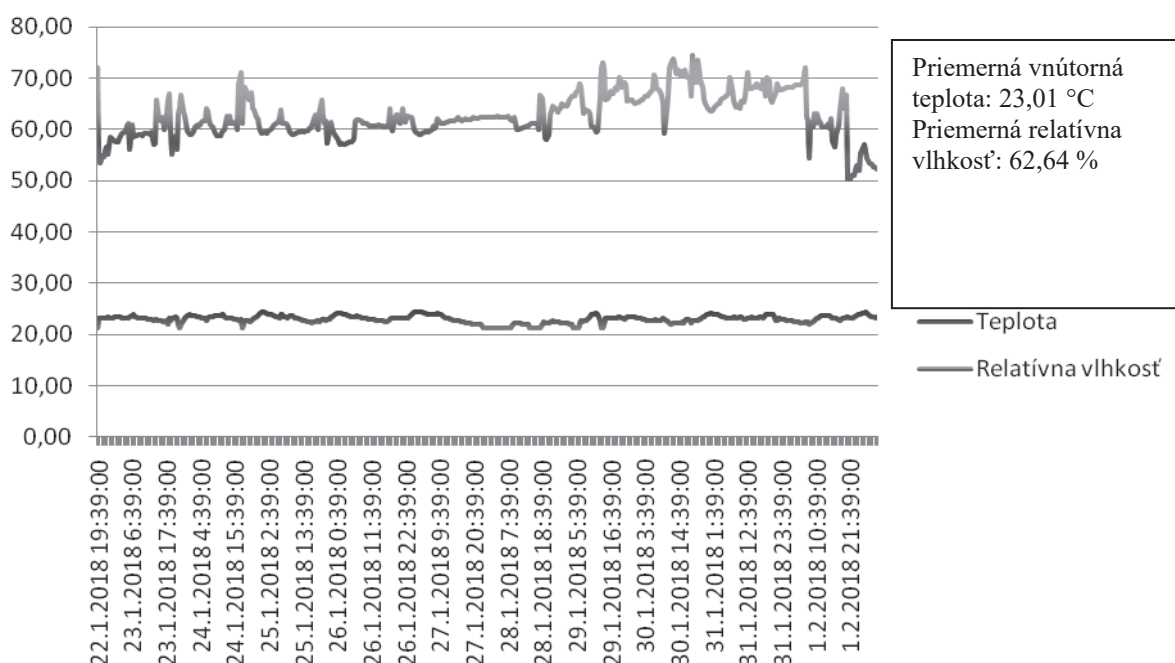
Opis analyzovanej budovy

Na danú analýzu sme vybrali bytový dom postavený z monolitického železobetónu a zateplený tepelnoizolačným kontaktným systémom. Jedným z týchto atypických detailov je spojenie dvoch šikmých stien (Obr.1). Tieto detaily vytvárajú kritické tepelné mosty, nakoľko jednotlivé steny zvierajú medzi sebou ostrý uhol. V tejto publikácii sa analyzuje iba detail dvoch stien s napojením na stropnú konštrukciu, ktorá ohraničuje vykurovaný interiéru od exteriéru.



Obr. 1 Analyzovaný detail napojenia dvoch šikmých stien

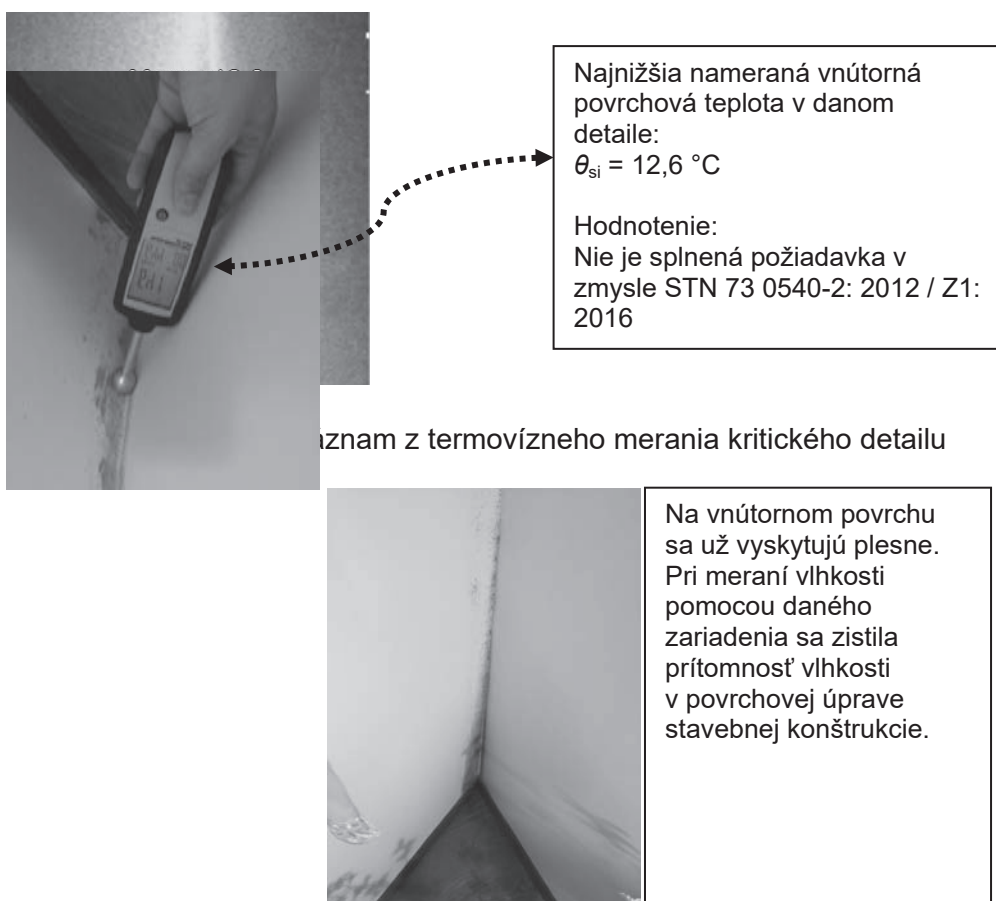
Na to, aby sme mohli zrealizovať a vyhodnotiť tento kritický tepelný most, tak musíme poznať vnútorné okrajové podmienky. Preto sa v danej budove zrealizovali merania vnútornej teploty a vnútornej relatívnej vlhkosti. Nasledujúci obrázok znázorňuje priebeh teploty a relatívnej vlhkosti v analyzovanej miestnosti bytového domu.



Obr. 2 Namerané vnútorné okrajové podmienky

Experimentálna analýza rodinného domu

Experimentálna analýza daného kritického detailu vychádzala z reálnej obhliadky, počas ktorej sa vykonali termografické merania infračervenou kamerou typu FLUKE Ti100. Na nasledujúcom obrázku (obr. 3) sú zobrazené termografické obrázky z merania infračervenou kamerou pri vnútornej teplote, ktorej priebeh pre danú miestnosť je zobrazený na obrázku č. 2. Ide o detail napojenia dvoch šikmých stien (Obr. 3).



Obr. 4 Meranie vlhkosti v kritickom detaile

Z daného detailu sa odobrali vzorky všetkých zabudovaných materiálov. Na týchto vzorkách sa meral obsah vlhkosti (Tab.1).

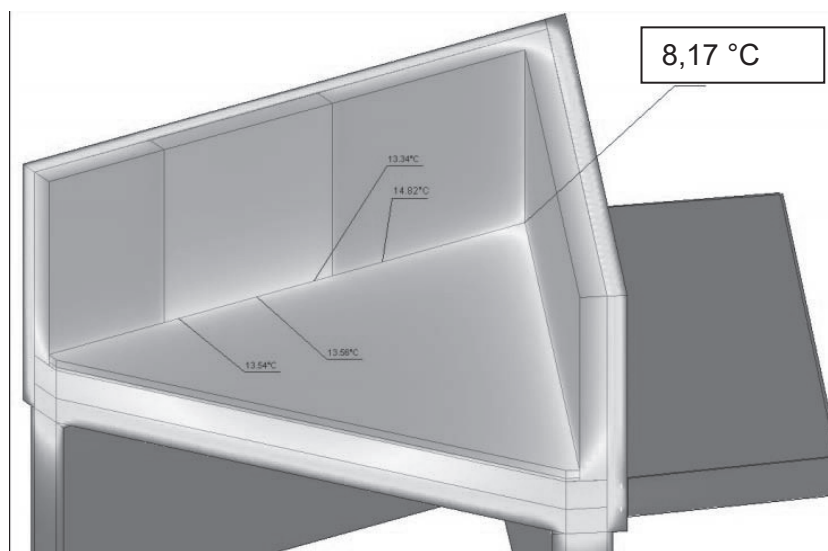
Tab. 1 Vlhkostná analýza jednotlivých materiálov

Vzorky	Hmotnosť vzorky pred vysušením v g	Hmotnosť vzorky po vysušení v g	Hmotnostná vlhkosť v %
1.	5,094	5,056	0,75
2.	3,349	3,324	0,75
3.	7,925	7,832	1,19%
4.	24,564	24,399	0,68%
5.	12,451	12,336	0,93%
6.	35,178	34,911	0,76%
7.	12,403	12,305	0,796%

Teoretická analýza rodinného domu

Na analýzu tepelných mostov sme zvolili detail napojenia dvoch šikmých stien. Obvodová stena je zrealizovaná z tehál s hrúbkou 300 mm, doplnená o monolitické zvislé

konštrukcie a tepelnú izoláciu s hrúbkou 150 mm. Súčiniteľ tepelnej vodivosti muriva je 0,29 W/(m.K). Súčiniteľ tepelnej vodivosti minerálnej vlny je 0,04 W/(m.K). Súčiniteľ tepelnej vodivosti monolitickéj konštrukcie sa zvolil pre danú simuláciu 1,58 W/(m.K). Na analýzu tepelného mosta sme použili 3D metódu povrchovej teploty. Použili sme program Psi-Therm [4]. Nasledujúci obrázok znázorňuje skúmaný 3D detail spojenia dvoch šikmých stien. Vo výpočte sa brali do úvahy okrajové podmienky podľa STN 73 0540-2 [1].



Obr. 5 Nasimulovaný detail napojenia dvoch šikmých stien

Záver

Z experimentálneho merania obsahu vlhkosti odobratých vzoriek je zrejmé, že zabudované materiály sú suché. Môžeme vylúčiť zabudovanú vlhkosť, ktorá by mohla spôsobiť kondenzáciu vodnej pary alebo výskyt plesní na vnútornom povrchu. Hlavnou príčinou daného nedostatku je spojenie dvoch šikmých stien, ktoré vytvárajú výrazný tepelný most. V súčasnosti sa všetko sústreďuje na návrh a výstavbu budov s takmer nulovou potrebou energie. Preto je potrebné, aby boli všetky kritické detaily vyriešené na 100 %. Je nutné, aby spoločnosť vychádzala z problémov, ktoré vznikajú priamo na stavbe, lebo to sú reálne problémy. Tieto problémy musia byť následne riešené v teoretickej oblasti. Už počas prevádzky budovy je zložitá takéto konštrukčné detaily riešiť. Vždy je výhodné, ak si každý investor alebo developer dá urobiť pasportizáciu budovy. Pasportizácia budovy predstavuje meranie infračervenou kamerou, meranie Blower-door testom, prípadne iné odborné merania. Takéto merania vedia lokalizovať možné problémy ešte v ich počiatočnom štádiu. Sledovaný detail pri danom konštrukčnom riešení nevyhovuje na hygienické kritérium povrchovej teploty. Pri hľadaní možnosti, ako tento problém odstrániť, sa použili rôzne varianty. Ale ani jedna by neprinesla také riešenie, ktoré by odstránilo príčinu vzniku tepelného mosta.

Tento výskum bol podporený projektom VEGA č. 01/0087/16 výskumného projektu Slovenskej technickej univerzity.

Literatúra

- [1] STN 73 0540-2/Z1, Tepelná ochrana budov. Tepelnotechnické vlastnosti stavebných konštrukcií a budov. Časť 2: Funkčné požiadavky, August 2016.
- [2] STN EN ISO 14683, Tepelné mosty v stavebných konštrukciách. Lineárny stratový súčiniteľ. Zjednodušené metódy a orientačné hodnoty, 2007.
- [3] STN EN ISO 14683, Tepelné mosty v stavebných konštrukciách. Lineárny stratový súčiniteľ. Zjednodušené metódy a orientačné hodnoty, 2007.
- [4] Psi-Therm 3D Features – 3-dimensional quasi-stationary temperature distribution (2018 PSI-THERM).

TEPELNÉ VAZBY – ŘEŠENÍ V ZÁVISLOSTI NA HODNOTĚ SOUČINITELE PROSTUPU TEPLA U

Karel Sedláček¹; Pavel Rydlo²

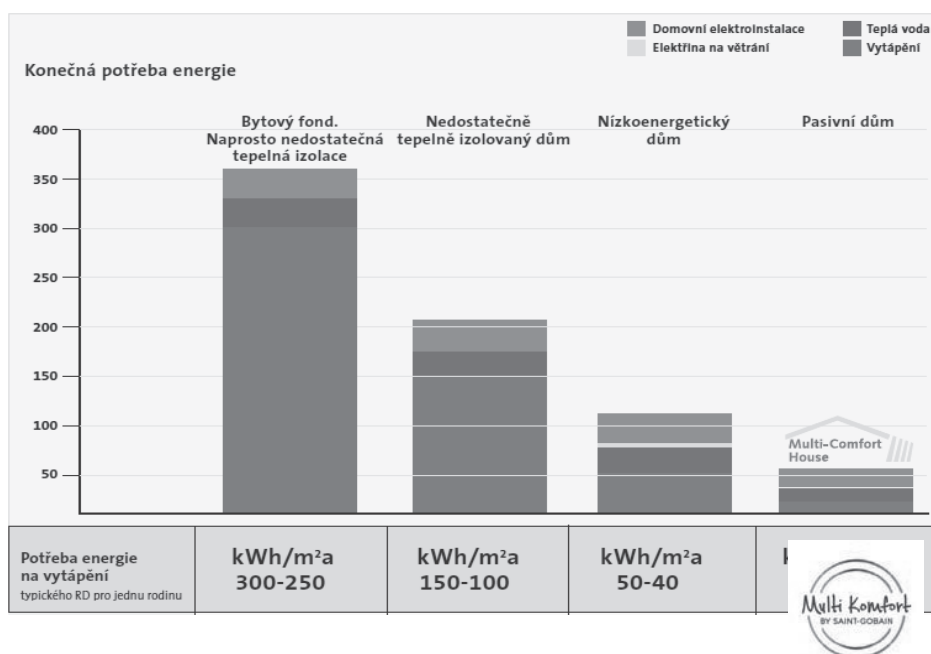
Abstract

We show and describing many details with diferent thickens of thermal insulation which are also build from diferent building materials and their consequences depending on thermal transmittance. More information you can find in special catalog of thermal couplings from Isover where are more than 100 diferent building details.

Současné projektování ve vazbě na energetickou náročnost budov

Tématem posledních let v oblasti bydlení je potřeba bydlet úsporně, komfortně a v neposlední řadě i udržitelně. V dnešní době již není problém nechat si navrhnout nebo si v katalogu vybrat dům, který splňuje parametry nízkoenergetického (NED) nebo pasivního domu (PD). Občas se setkáváme i s dalšími pojmy typu aktivní dům či dům Multi-Komfortní.

Multi-Komfortní dům vychází z konceptu pasivního domu a vede k optimálnímu návrhu bydlení. Tento typ bydlení důsledně zohledňuje nejen energetické, ale také ekologické, ekonomické a sociální faktory. Zároveň nabízí nejlepší tepelný komfort včetně excelentní akustiky a estetiky. Součástí je i výborná kvalita výměny vzduchu v interiéru, požární ochrana a bezpečí při zachování vysoké flexibility designu stavby.



Splnit stále přísnější požadavky na energetickou náročnost budov však klade čím dál tím více větší důraz již v rámci projektování. Dřívější stav, kdy tepelné mosty a tepelné vazby

¹ Ing. Karel Sedláček, Ph.D., SAINT-GOBAIN CONSTRUCTION PRODUCTS CZ a.s., Divize Isover, Smrčková 2485/4, 180 00 Praha 8, Česká republika, karel.sedlacek@saint-gobain.com

² Ing. Pavel Rydlo, SAINT-GOBAIN CONSTRUCTION PRODUCTS CZ a.s., Divize Isover, Smrčková 2485/4, 180 00 Praha 8, Česká republika, pavel.rydlo@saint-gobain.com

nebyly vůbec řešeny a používala se přírážka na tepelné vazby např. ve výši $\Delta U_{tb,j} = 0,14 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ je již minulostí. Kvalitní a zodpovědní projektanti toto v projektech již řeší. K tlaku na řešení přispívá i vyhláška o energetické náročnosti budov a tlak veřejnosti na výstavbu nízkoenergetických i pasivních domů a v poslední době i hodně skloňovaných budov s téměř nulovou spotřebou energie (Nearly zero-energy buildings NZEB).

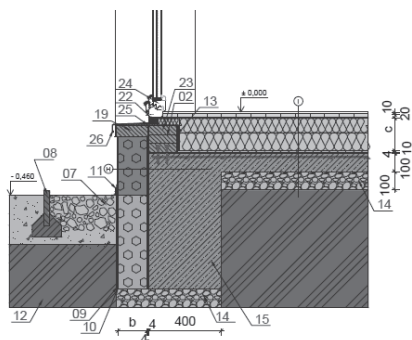
Tato kvalitní výstavba vyžaduje komplexní řešení všech jejích součástí tak, aby spolu i každá samostatně měly co nejnižší nároky na dodávanou energii. Základem je kvalitní obálka budovy řešená s ohledem na požadavky na konstrukci ze všech pohledů, ať již se jedná o vytápění, tepelnou stabilitu v zimním období, akustiku či statiku. Pro snazší projektování i pro možnost podrobných tepelně technických výpočtů s uvažováním liniových tepelných vazeb byl postupně vydán divizí Isover katalog tepelných vazeb, který obsahuje tři hlavní části (vnější stěny, střešní konstrukce, spodní stavba) a řeší několik typů stavebních detailů s ohledem na volbu zděné konstrukce či dřevostavby. Katalog tak umožňuje projektantům navrhovat stavby s optimalizovanými tepelnými vazbami s ohledem na 3 různé energetické úrovně a názorně je vidět i jejich vliv. Zároveň mají projektanti i přesná čísla charakterizující jednotlivé tepelné vazby, jako je povrchová teplota, resp. faktor povrchové teploty a lineární činitel prostupu tepla.

Ukázky možných řešení

Vhodných řešení je v katalogu nespočet a řada řešení je věnována výlučně dřevostavbám. Například oblast soklu je častým místem poruch, chybu může udělat projektant při jeho návrhu, ale také realizační firma v rámci nevhodného provedení či použití nevhodných materiálů a to jak v místě soklu, tak obecně i v rámci celé spodní stavby. Velmi často se zde setkáváme i s chybami v rámci nedořešení tepelných mostů. Většina lidí asi namítne, že takové hrubé chyby se nikdo dnes nemůže dopustit, nicméně v minulosti se tepelné mosty (nejen v soklové části) často neřešily vůbec a u rekonstrukcí je toto poměrně častý jev. Bohužel také ne vždy jsou použity materiály, které splní požadavky, které na sokl by měly být kladeny.

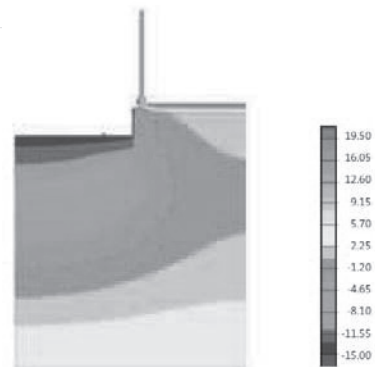
Použité materiály oblasti soklu musí být:

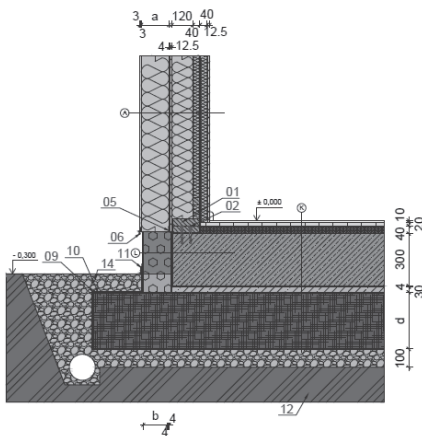
- odolné proti vodě;
- odolné proti solím;
- odolné proti mrazu (sněhu);
- mechanicky odolné;
- snadno čistitelné.



Legenda

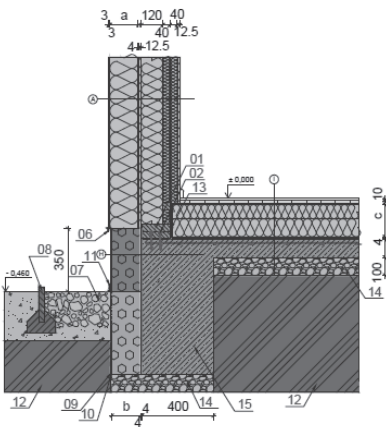
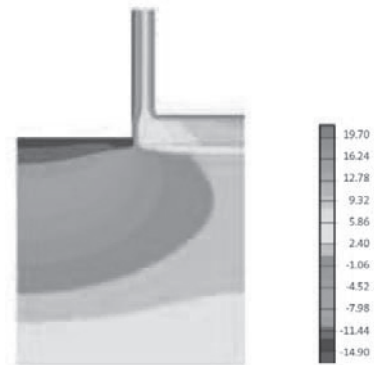
- 02 - Kotevní šroub
- 07 - Štěrkový drenážní chodníček
- 08 - Zahradní obrubník
- 09 - Nopová folie
- 10 - Geotextilie
- 12 - Zemina
- 13 - Dilatační pásek
- 14 - Zhutněné štěrkové lože
- 15 - Základový pas
- 19 - KVH 60x170 mm
- 22 - Základací profil purenit
- 23 - KVH 50x160 mm
- 24 - Okenní rám Slavona SOLID COMFORT SC92
- 25 - Montážní PU pěna
- 26 - Oplechování





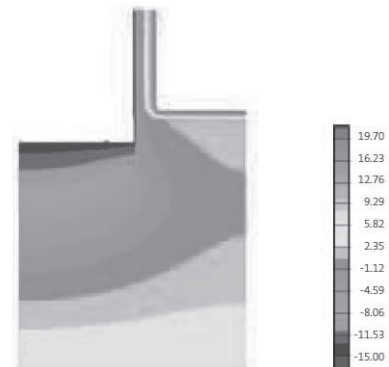
Legenda

- 01 - KVH 40x160 mm
- 02 - Kotevní šroub
- 05 - Zakládací úhelníkový profil ETICS
- 06 - Okapní lišta
- 09 - Nopová folie
- 10 - Geotextilie
- 11 - Krycí lišta
- 12 - Zemina
- 14 - Zhutněné šterkové lože



Legenda

- 01 - KVH 40x160 mm
- 02 - Kotevní šroub
- 06 - Okapní lišta
- 07 - Šterkový drenážní chodníček
- 08 - Zahradní obrubník
- 09 - Nopová folie
- 10 - Geotextilie
- 12 - Zemina
- 13 - Dilatační pásek
- 14 - Zhutněné šterkové lože
- 15 - Základový pas

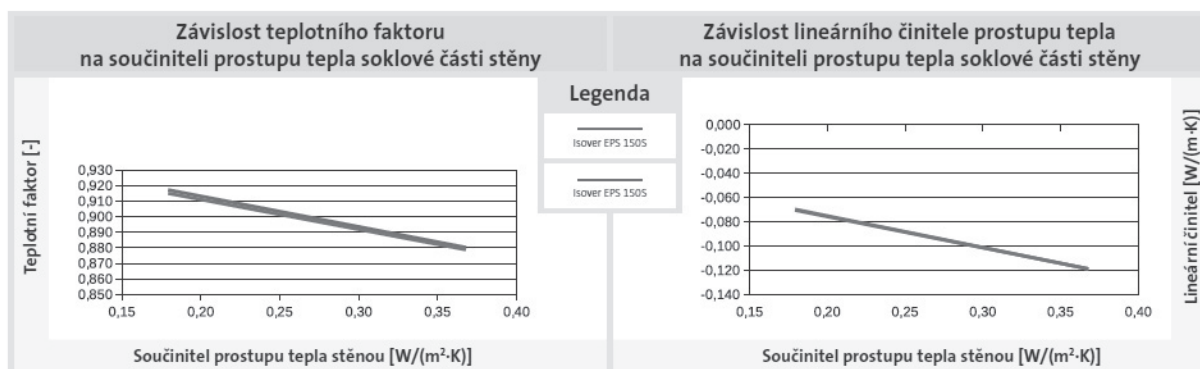


Vyjma základních obrázků jsou v katalogu také tabulky a grafy zobrazující závislost teplotního faktoru a lineárního činitele prostupu tepla na součiniteli prostupu tepla soklové části stěny v případě použití jiné tloušťky tepelné izolace než je zobrazena. Jako izolace soklu byl v simulacích použit výrobek Isover EPS SOKL 3000, ale pro podzemní část lze použít i výrobek Isover EPS Perimetr či alternativy z extrudovaného polystyrenu (např. Styrodur či Synthos).

Výsledky výpočtového hodnocení

Parametr		Isover 07C				
		1	2	3	4	
Minimální teplota v místě styku stěny a podlahy	Teplotní faktor f_{sv} [-]		0,880	0,917	0,879	0,915
	Poměrný teplotní rozdíl vnitřního povrchu ξ_{sv} [-]		0,120	0,083	0,121	0,085
	Vnitřní minimální povrchová teplota [°C] pro teplotu interiéru 21°C a exteriérových teplotách:	-13,0	16,9	18,2	16,9	18,1
		-15,0	16,7	18,0	16,6	17,9
	-17,0	16,4	17,9	16,4	17,8	
Lineární činitel prostupu tepla z exteriéru ψ_e [W/(m·K)]		-0,119	-0,070	-0,119	-0,070	
Proměnlivá tloušťka tepelného izolantu [m]	obvodová stěna	0,060	0,160	0,060	0,160	
	podlaha na terénu	0,080	0,180	0,080	0,180	
Proměnlivý druh tepelného izolantu	obvodová stěna	Isover TF PROFI		Isover TF PROFI		
	podlaha na terénu	Isover EPS 150S		Isover EPS 150S		
Součinitel prostupu tepla U [W/(m²·K)]	obvodová stěna	0,15	0,11	0,16	0,11	
	podlaha na terénu	0,37	0,18	0,37	0,18	

Grafické vyjádření výsledků



Skladba A - stěna

	Tloušťka vrstvy [mm]	Součinitel tepelné vodivosti λ [W/(m·K)]	Materiál pro variantu 1 a 2		Tloušťka [mm]		Materiál pro variantu 3 a 4		Tloušťka [mm]	
			Typ materiálu	Součinitel tepelné vodivosti λ_u [W/(m·K)]	Varianta*)		Typ materiálu	Součinitel tepelné vodivosti λ_u [W/(m·K)]	Varianta*)	
					1	2			3	4
Tenkovrstvá omítka pro ETICS	3	0,7								
Základní vrstva pro ETICS vyztužená perlínkou	3	0,7								
Tepelná izolace	a	-	Isover TF PROFÍ	0,038	60	160	Isover TF PROFÍ	0,038	60	160
Lepicí hmota pro ETICS	4	0,7								
Rigistabil	12,5	0,22								
KVH 40/160 á 625 mm s tepelnou izolací	160		Isover AKU	0,037			Isover ORSET	0,04		
Fólie VARIO KM DUPLEX UV										
Tepelná izolace	40		Isover AKU	0,037			Isover ORSET	0,04		
Rigistabil	12,5	0,22								

Skladba K - podlaha na terénu pod vytápěnou místností

Dřevěná povrchová úprava	10	0,18								
Podlahové dílce Rigidur	20	0,2								
Fólie VARIO KM DUPLEX UV										
Vyrovňovací podsyp Rigips	60	0,041								
Základová deska	300	1,3								
Hydroizolace	4	0,21								
Podkladní betonová mazanina	30	1,3								
Separční vrstva										
Tepelná izolace	d	-	REFAGLASS 16/32	0,08	120	320	REFAGLASS 16/32	0,08	120	280
Separční vrstva										

Skladba L - sokl

Mozaiková omítka soklu	3	0,7								
Základní vrstva pro ETICS vyztužená perlínkou	3	0,7								
Tepelná izolace	b	-	Isover EPS Sokl 3000	0,035	60	160	Isover EPS Sokl 3000	0,035	60	140
Lepicí hmota pro ETICS	4	0,7								
Hydroizolace	4	0,21								
Základová deska		1,3								

*) Poznámka: ■ Varianta tloušťky vrstvy 1 a 3 vyhoví doporučené hodnotě na součinitel prostupu tepla $U_{k,20}$ dle ČSN 730540-2.
 ■ Varianta tloušťky vrstvy 2 a 4 vyhoví doporučené hodnotě pro pasivní domy na součinitel prostupu tepla $U_{k,20}$ dle ČSN 730540-2.

Katalog tepelných vazeb je k dispozici ke stažení v podobě PDF na stránkách společnosti Isover (www.isover.cz) a obrázky lze získat také ve formátu DWG. Pro zájemce jsou tyto katalogy i v papírové podobě. V katalogu nejsou jen detaily řešení spodní stavby které jsem zde představil, ale také vnějších stěn či střešních konstrukcí. Řešené detaily a výpočty provedli odborníci na tepelnou techniku kterými jsou Ing. Jiří Šála, CSc. a Ing. Roman Šubrt a kterým bych chtěl touto cestou také poděkovat.

Literatura

[1] Šála, J. – Šubrt, R.: Katalog tepelných vazeb, Praha 2016, 315 s.

**III. STAVEBNÉ KONŠTRUKCIE A BUDOVY,
VÝPOČTOVÉ A MERACIE METÓDY**

***BUILDING STRUCTURES AND BUILDINGS
CALCULATION AND MEASUREMENT
METHODS***

ANALÝZA EXPERIMENTÁLNYCH A NUMERICKÝCH VÝSLEDKOV VYBRANÝCH SKLADIEB ĽAHKÝCH OBVODOVÝCH PLÁŠŤOV NA KONKRÉTNOM DREVODOME

Daniela Micháľková¹; Pavol Ďurica²; Ján Rybárik³

Abstract

This paper involves the results of measurements of experimental light-weight multilayered constructions using dynamic simulations. The research contains measurements of temperature and relative humidity within the structure. The real external boundary conditions are applied. The dynamic simulation will be then configured on behalf of the measured results, and the simulated results will be evaluated.

Úvod

Potreba riešenia problematiky drevených stavieb vyplýva zo zvyšujúcich sa požiadaviek na tepelnú ochranu budov a zvyšovanie energetickej hospodárnosti, popísaných v [1]. Pri rýchlosti napredovania nových technológií je počítačové simulovanie správania sa stavebných konštrukcií pre výskum nevyhnutné. Pri správnej konfigurácii umožňujú simulačné systémy dlhodobé skúmanie stavebných konštrukcií za reálnych okrajových podmienok a tak urýchľujú tento proces. Táto práca ukazuje príklad využitia reálnych meraní z pavilónového výskumu konkrétnej ľahkej sendvičovej obvodovej konštrukcie s jej následným použitím v simulačnom modeli konkrétneho rodinného domu, postavenom v pasívnom štandarde.

Pavilónový výskum

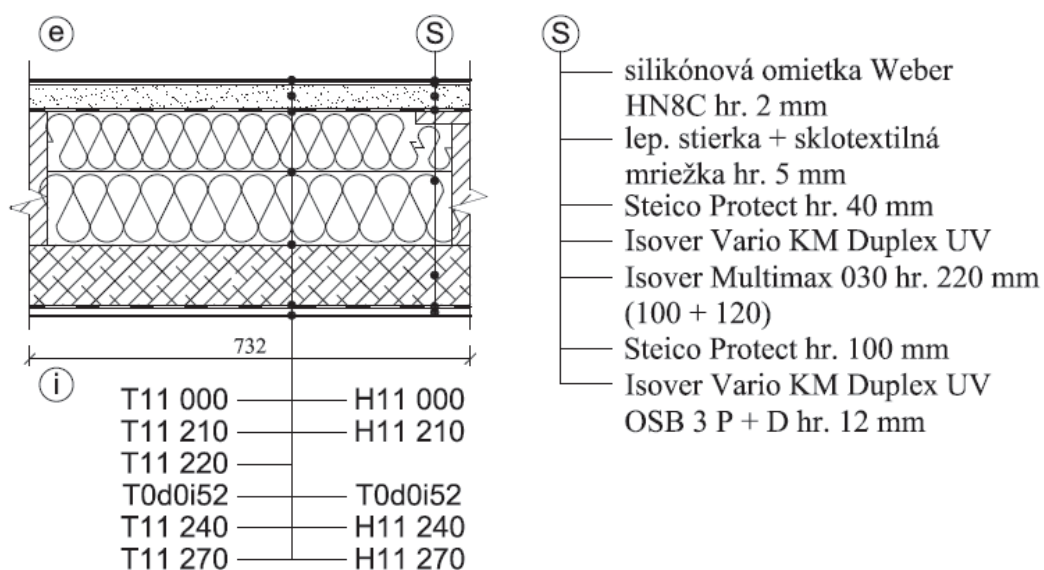
Merania sa v rámci pavilónového výskumu vykonali vo Výskumnom centre Žilinskej univerzity v Žiline popísanom v [2]. Princíp meraní spočíva v tom, že vzorky sledovaných stavebných konštrukcií sa osadili na vonkajšej stene, pričom z exteriérovej strany sú vystavené reálnym účinkom vonkajšej klímy a v interiéri je udržiavaná stála vnútorná klíma. Sledované sú dve obvodové steny v dvoch samostatných miestnostiach s rôznymi orientáciami voči svetovým stránam – juh a východ. Každá stena sa skladá z 5 segmentov s rôznymi skladbami a povrchovými úpravami. Všetky skladby splňujú normovú požiadavku na budovy s takmer nulovou potrebou energie [1]. Sledované sú teploty a relatívne vlhkosti na rozhraniach jednotlivých vrstiev skladby. Tieto sú merané snímačmi – teploty pomocou NTC termistorov s presnosťou $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$ a relatívne vlhkosti sú merané kapacitnou sondou s presnosťou $\pm 2\%$. Namerané hodnoty sa zaznamenávali pomocou digitálneho rekordéra a multimetra Fluke Hydra III [2] v programovateľných časových úsekoch.

Segment vybraný pre účely tohto článku je súčasťou východne orientovanej stenovej konštrukcie. Skladba tohto segmentu je vyobrazená na *obr. 1* spoločne s umiestnením jednotlivých snímačov teploty (T) a vlhkosti (H).

¹ Ing. Daniela Micháľková, Katedra pozemného staviteľstva a urbanizmu, Stavebná fakulta, Žilinská univerzita v Žiline, Univerzitná 1, Žilina 010 26, daniela.michalkova@fstav.uniza.sk

² prof. Ing. Pavol Ďurica, CSc., Katedra pozemného staviteľstva a urbanizmu, Stavebná fakulta, Žilinská univerzita v Žiline, Univerzitná 1, Žilina 010 26, pavol.durica@fstav.uniza.sk

³ doc. Ing. Ján Rybárik, PhD., Katedra pozemného staviteľstva a urbanizmu, Stavebná fakulta, Žilinská univerzita v Žiline, Univerzitná 1, Žilina 010 26, jan.rybarik@fstav.uniza.sk



Obr. 1 Zvolená skladba steny s umiestnením snímačov teploty (T) a vlhkosti (H)

V skladbe sú rozhodujúcimi vrstvami z hľadiska šírenia tepla tepelnoizolačné dosky zo sklenej vlny Isover Multimax, vzduchotesnosť a ochranu proti vlhkosti zabezpečujú „inteligentné“ klímamembrány VARIO KM Duplex UV a akumulčné vlastnosti drevovláknité fasádne dosky Steico Protect. V tab. 1 sú uvedené materiálové charakteristiky sledovanej steny.

Vypočítaná hodnota súčiniteľa prechodu tepla tejto nehomogénnej konštrukcie z hľadiska ustáleného teplotného stavu je pomocou výpočtu podľa [3] $U = 0,120 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Súčiniteľ vygenerovaný softvérom WUFI-Plus uvažuje s hodnotami bez zohľadnenia nehomogenity konštrukcie a predstavoval hodnotu $U = 0,0934 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

Tab. 1 Vrstvy vybranej skladby a vlastnosti materiálov v nej použitých

P. č.	Názov vrstvy	d [m]	λ [W/(m.K)]	ρ [kg/m ³]	c [J/(kg.K)]	μ [-]
1.	Silikónová omietka Weber HN8C	0,002	0,86	1600	920	130
2.	Lepiaci stierka + sklotextilná mriežka	0,005	0,90	1660	900	20
3.	Steico Protect	0,040	0,048	265	2100	5
4.	Isover Vario KM Duplex UV	0,00005	0,35	1600	1470	100000
5.	Isover Multimax 030	0,100	0,03	64	940	1
6.	Isover Multimax 030	0,120	0,03	64	940	1
7.	Steico Protect	0,100	0,045	230	2100	5
8.	Isover Vario KM Duplex UV	0,00005	0,35	1600	1470	100000
9.	OSB 3 P + D	0,012	0,13	650	1700	50

Pozn.: d – hrúbka, λ – súčiniteľ tepelnej vodivosti, ρ – objemová hmotnosť, c – merná tepelná kapacita, μ – faktor difúzneho odporu

Na prezentáciu priebehov sledovaných veličín sa vybralo obdobie posledného februárového týždňa roku 2018 – 22.2. – 28.2. 2018. Počas meraní sa teplota vonkajšieho vzduchu pohybovala v rozmedzí od $-13,3^\circ\text{C}$ do $1,2^\circ\text{C}$ a relatívna vlhkosť vonkajšieho vzduchu bola v rozmedzí od 37,9% do 70,6%. Z priebehov teplôt bolo možné vidieť značné kolísanie v rámci stavebnej konštrukcie, ktoré sa s polohami blížiacimi sa do interiéru postupne vyrovnávali.

Priebehy relatívnych vlhkostí vykazovali oproti vonkajším podmienkam ustálenejší priebeh vnútri konštrukcie. Na nosných stĺpkoch sa počas meraní nezistila kondenzácia vodnej pary.

Vstupné údaje na počítačovú simuláciu

V dnešnej dobe existuje veľké množstvo simulačných nástrojov na sledovanie tepelno-vlhkostného správania sa konštrukcií. Dôležité je tu prúdenie tepla, vody a vodnej pary konštrukciou. Hnacím potenciálom tepla je pri tom teplota, vody úplná nasiakavosť a vodnej pary parciálny tlak vodných pár [4].

Pre simulácie bol zvolený simulačný software WUFI Plus – Wärme und Feuchte instationär, založený na metóde konečných objemov [5]. Wufi umožňuje hygrotermálnu analýzu jednorozmerných viacvrstvových stavebných konštrukcií budov. Tento program pracuje s dvomi základnými rovnicami uvedenými v dizertačnej práci Künzel [6]:

$$\frac{\partial w}{\partial \varphi} \cdot \frac{\partial \varphi}{\partial t} = \nabla \cdot [D_{\varphi} \nabla \varphi + \delta_p \nabla (\varphi p_{sat})], \quad (1)$$

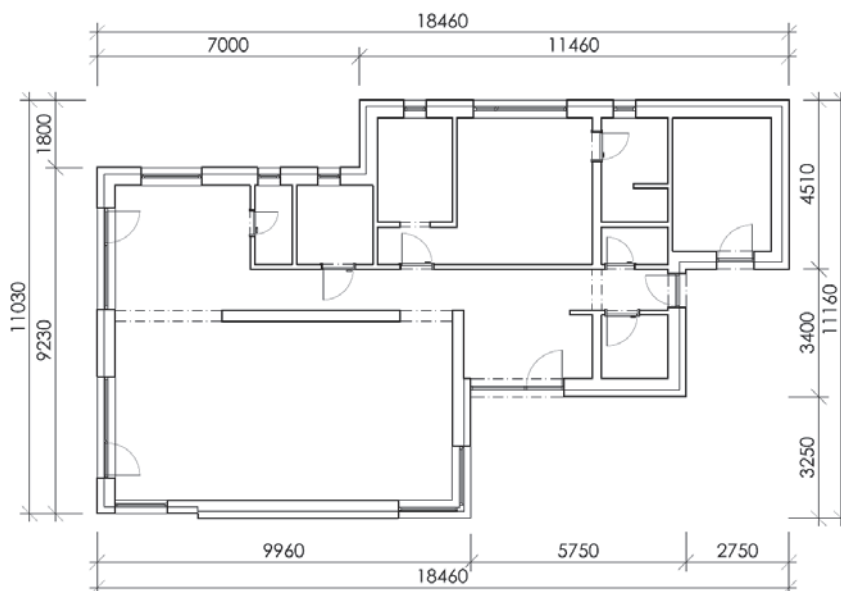
$$\frac{\partial H}{\partial T} \cdot \frac{\partial T}{\partial t} = \nabla \cdot (\lambda \nabla T) + h_v \nabla \cdot [\delta_p \nabla (\varphi p_{sat})], \quad (2)$$

kde: c – merná tepelná kapacita [J/kgK], D_{φ} – súčiniteľ kondukcie tekutín [kg/ms], H – totálna entalpia [J/m³], h_v – latentné teplo fázovej zmeny [J/kg], λ – súčiniteľ tepelnej vodivosti [W/(m.K)], p_{sat} – tlak saturovanej vodnej pary [Pa], t – čas [s], T – teplota [K], w – obsah vody [kg/m³], δ_p – permeabilita vodnej pary [kg/(msPa)], φ – relatívna vlhkosť.

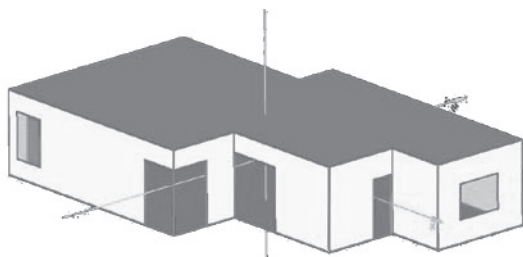
Na porovnanie bolo nasimulované rovnaké časové obdobie posledného februárového týždňa. Do simulačného programu sa vložili reálne namerané hodnoty vonkajšej klímy, získané z meteostanice, umiestnenej na streche budovy a vlastnosti materiálov uvedené v *tab. 1*.

Na simuláciu reálnej budovy, so súhlasom autora Ing. arch. Michala Diviša [7], sa využila projektová dokumentácia zrealizovaného rodinného domu, cielene projektovaného v štandarde na budovy s takmer nulovou potrebou energie.

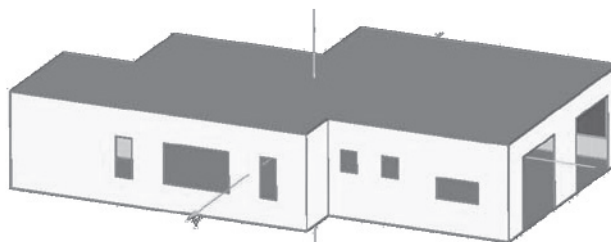
Na *obr. 2* je vyobrazený zjednodušený pôdorys riešeného rodinného domu, pričom *obr. 3* a *obr. 4* znázorňuje jeho výpočtový model v programe Wufi Plus.



Obr. 2 Zjednodušený pôdorys riešeného rodinného domu



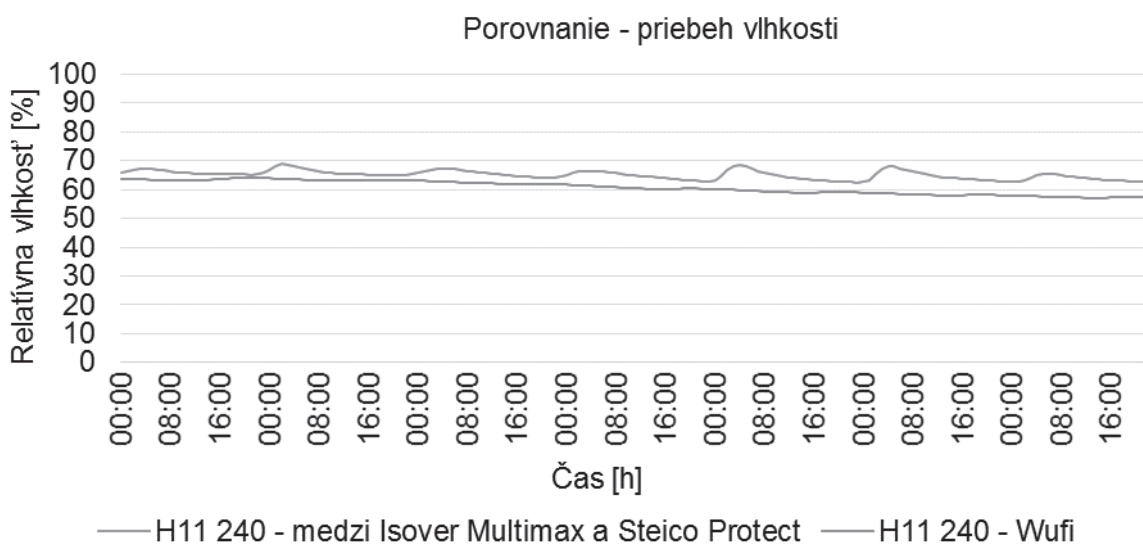
Obr. 3 Výpočtový model RD



Obr. 4 Výpočtový model RD

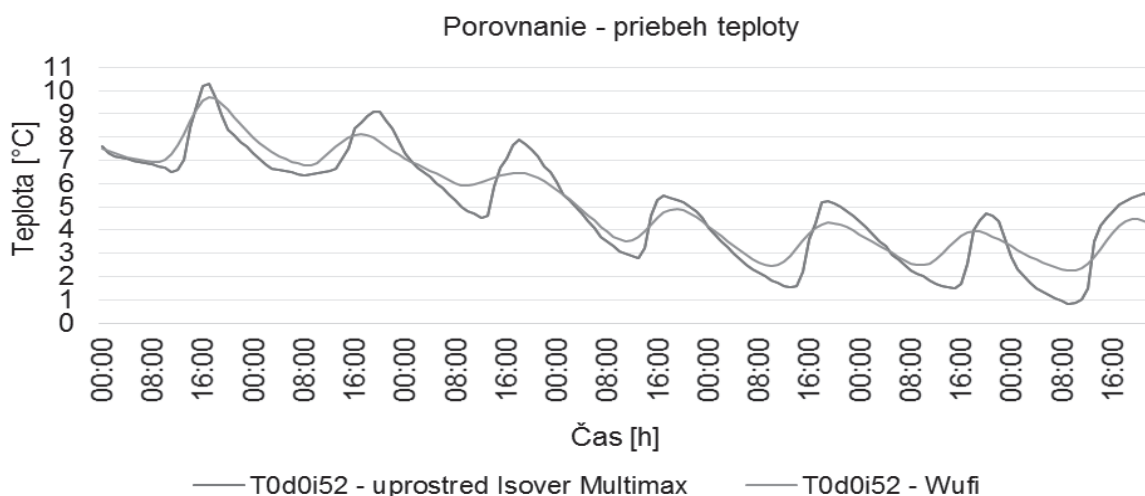
Výsledky simulácií

Na porovnanie meraní so simuláciou sa po odladení modelu na účely tohto článku vybrali polohy snímačov približne uprostred stavebnej konštrukcie. Na obr. 5 možno vidieť porovnanie relatívnej vlhkosti v mieste snímača H11 240 – medzi vrstvami Isover Multimax a Steico Protect.



Obr. 5 Porovnanie priebehov relatívnej vlhkosti

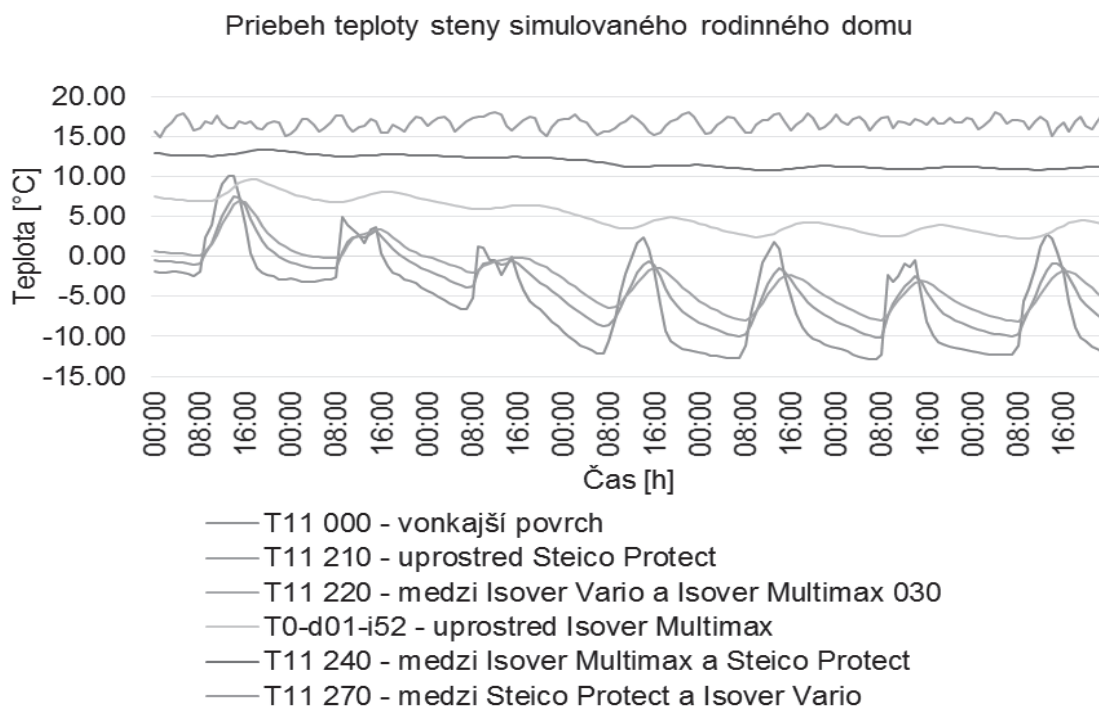
Obr. 6 znázorňuje porovnanie nameraných a simulovaných teplôt v mieste snímača T0d0i52 – uprostred vrstvy Isover Multimax 030.



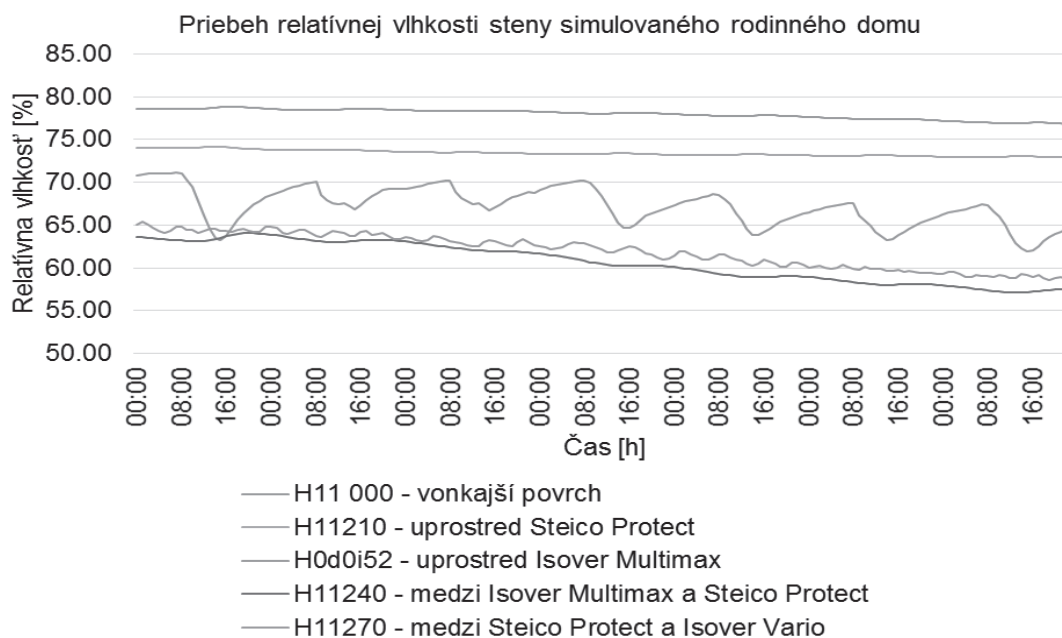
Obr. 6 Porovnanie priebehov teplôt

Pri porovnaní údajov je vidieť väčšiu zhodu medzi meraniami a simuláciami pri relatívnej vlhkosti ako pri teplotách. Mierne diskrepancie medzi meraním a simuláciou sú samozrejmé. Panelový výskum sa odohráva v odizolovanej miestnosti bez presklených plôch, zatiaľ čo program Wufi uvažuje s otvorovými konštrukciami a vonkajšími ako aj vnútornými tepelnými ziskami, ktoré značne ovplyvňujú ako teplotu, tak aj relatívnu vlhkosť stavebnej konštrukcie.

Obr. 7 znázorňuje výsledný priebeh teplôt stenou simulovaného rodinného domu. Z obrázku je možné vidieť, ako sa teplota v stavebnej konštrukcii smerom do interiéru postupne zvyšuje. Pri záporných teplotách je najnižšia teplota na vonkajšom povrchu, počas dňa stúpa pri kladných teplotách vonkajšieho vzduchu nad teploty v blízkosti vnútorného povrchu. V oblasti sklenej vlny sú už teploty v kladných hodnotách aj pri teplotách vonkajšieho vzduchu $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Obr. 7 Priebeh teploty na jednotlivých snímačoch v rámci vybranej steny



Obr. 8 Priebeh relatívnej vlhkosti na jednotlivých snímačoch v rámci vybranej steny

Na obr. 8 možno vidieť priebeh relatívnej vlhkosti stenou simulovaného rodinného domu. Je evidentné, že povrchová relatívna vlhkosť je v rozmedzí 60 – 70 %. Smerom do stredu konštrukcie (H11 210, H0d0i52) relatívna vlhkosť narastá, zatiaľ čo následne sa opäť znižuje na 55 – 65 %.

Záver

Príspevok predstavuje vstupné analýzy do neskorších parametrických štúdií, spracovaných pomocou simulačných programov. Nevyhnutným predpokladom správnej interpretácie výsledkov numerických analýz je odladenie simulačných modelov. Na pracovisku autorov je možné na verifikáciu výstupov použiť výsledky dlhodobých meraní v pavilónovom výskume.

Prezentovaný numerický model vykazuje v konfrontácii s pavilónovým výskumom primeranú zhodu s nameranými údajmi a preto môže slúžiť ako náhrada časovo náročných laboratórnych meraní. Program Wufi Plus umožňuje ďalej spresňovať výpočty zväčšovaním počtu zón budovy ako aj zmenami podmienok vnútornej klímy a vnútorných ziskov. Tento model je základným podkladom pre nasledujúce numerické analýzy. V ďalšom období je plánované vyhotovenie parametrickej štúdie, ktorá bude sledovať vlastnosti konštrukcií pri zmenách faktoru tvaru budovy, presklených plôch ako aj spôsobu vykurovania a veľkosti vnútorných ziskov závislých od užívateľov. Výsledkom by mala byť komplexná analýza drevostavieb z hľadiska synergie účinkov transportu tepla a vody ich obalovými konštrukciami s vplyvom na ich energetickú bilanciu.

PodĎakovanie:

Práca prezentovaná v tomto článku bola podporená z grantového projektu VEGA č.1/0945/16.

Literatúra

- [1] STN 73 0540-2/Z1, 2016. Tepelná ochrana budov. Tepelnotechnické vlastnosti stavebných konštrukcií a budov. Časť 2: Funkčné požiadavky
- [2] Ďurica, P. et. al.: Energetické a environmentálne navrhovanie a hodnotenie budov, Vydavateľstvo Edis, Žilina, 2017
- [3] STN EN ISO 6946 Stavebné konštrukcie. Tepelný odpor a súčiniteľ prechodu tepla. Výpočtová metóda. 2001
- [4] Hens, H.S.L.C. et. al.: Heat, Air and Moisture Transfer in Highly Insulated Building Envelopes (Hamtie), Vydavateľstvo Faber Maunsell Ltd, St. Albans, 2002
- [5] Kalamees, T. – Vinha, J.: Hygrothermal calculations and laboratory tests on timber-framed wall structures. Building and Environment 38, 2002
- [6] Künzel, H. M.: Verfahren zum ein- und zweidimensionalen Berechnung des gekoppelten Wärme- und Feuchtetransports in Bauteilen mit einfachen Kennwerten. Stuttgart: Universität Stuttgart. 1994
- [7] Diviš M.: Projektová dokumentácia samostatne stojaceho rodinného domu, 2018

VYBRANÉ VÝSLEDKY MERANÍ EXPERIMENTÁLNÝCH SKLADIEB ĽAHKÝCH SENDVIČOVÝCH OBVODOVÝCH PLÁŠŤOV DREVODOMOV

Veronika Kabátová¹; Pavol Ďurica²; Peter Juráš³

Abstract

The results of measurements of experimental wall fragments of lightweight sandwich constructions from the point of view of heat and moisture transport will be shown in the paper. Samples are exposed to the exterior's real outdoor climate conditions. To provide indoor climate parameters is used programmable air-conditioning units. Two diffuse open wall fragments of the same orientation and finishes will be evaluated. They were built from different thermal insulation materials. In this paper are compared two identical fragments of different orientations (south, east). Temperature and humidity sensors with an adjustable time step, interactive access, and data storage backup are permanently built into fragment heat and moisture transport. Subsequently, the measured and simulated results will be compared. The WUFI Pro Software will be used to evaluate the hygrothermal behavior of selected sandwich walls.

Úvod

Na pracovisku autorov sa v oblasti výskumnej činnosti venuje veľká pozornosť ľahkým sendvičovým konštrukciám, ktoré sú vhodné na použitie v drevodomoch s takmer nulovou potrebou energie. V nemalej miere sú predurčené aj na poskytovanie environmentálnych benefitov.

Cieľom výskumu je získať komplexný prehľad o transporte tepla a vlhkosti v spomínaných obvodových plášťoch v ročnom chode včítane nosných stĺpikov [1], vplyve prehrievania, účinkov vetrom hnaného dažďa na styky, environmentálnych účinkoch a pod. Nemenej dôležitým dôvodom je aj vytváranie súborov dát na validáciu výpočtových HAM modelov. Takýto prístup umožňuje výborné laboratórne, prístrojové a výpočtové vybavenie katedry, predstavené v troch príspevkoch na konferencii TOB 2017 [2].

Účelom tohto príspevku, je vzhľadom na obmedzený rozsah, ukázať vybrané výsledky hodnotenia na dvoch experimentálnych stenách. Hodnotenú budú dve difúzne otvorené skladby s rovnakou orientáciou a povrchovými úpravami a rozdielnymi tepelnoizolačnými materiálmi a dve rovnaké skladby v rôznej orientácii (juh, východ). Na sledovanie transportu tepla a vlhkosti sú v skladbách trvalo zabudované snímače teploty a vlhkosti s nastaviteľným časovým krokom zápisu, interaktívnym prístupom a zálohovaním v dátovom úložisku. Následne sú porovnané namerané a simulované výsledky.

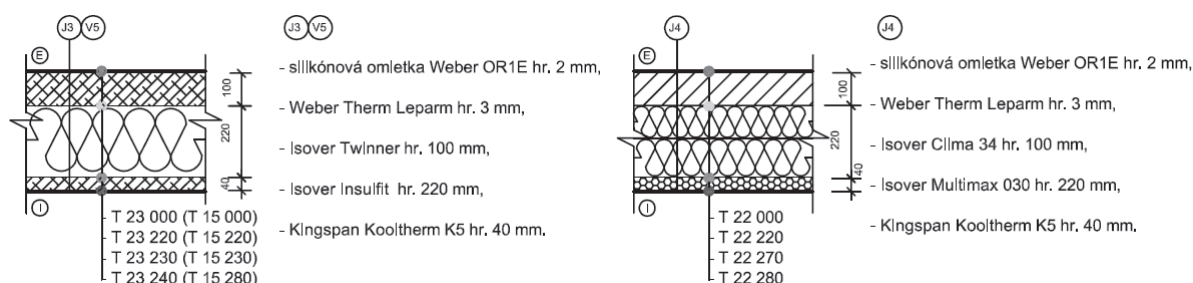
Popis vybraných stien

Experimentálne obvodové steny drevostavieb s vysokou energetickou hospodárnosťou, ktoré sú súčasťou katedrového výskumu, sú orientované na východ a na juh. Jednotlivé fragmenty steny sa líšia skladbou použitých materiálov. Medzi týmito fragmentmi môžeme nájsť prevetrávanú fasádu s dreveným obkladom, ale aj fasádu s omietkou. Steny sú tvorené od tých najjednoduchších, zrubových, po tie zložitejšie sendvičové. Pre tento článok sa vybrali difúzne otvorené skladby stien. Porovnanie sú spracované na dvoch zvolených stenách (obr. 1.), ktoré majú rovnaké povrchové úpravy zo strany exteriéru a aj interiéru. Na vonkajšej strane je to omietka a vnútorný povrch ostal bez povrchovej úpravy. Jednotlivé časti fragmentov steny sa líšia v použitých tepelnoizolačných materiáloch. Na obr. 1 je možné vidieť skladby stien vrátane umiestnenia snímačov zaznamenávajúcich teplotu a relatívnu vlhkosť.

¹ Ing., Veronika, Kabátová, KPSU SvF UNIZA, Univerzitná 1, 010 26 Žilina, veronika.kabatova@fstav.uniza.sk

² Prof. Ing. CSc., Pavol, Ďurica, KPSU SvF UNIZA, Univerzitná 1, 010 26 Žilina, pavol.durica@fstav.uniza.sk

³ Ing. PhD., Peter, Juráš, KPSU SvF UNIZA, Univerzitná 1, 010 26 Žilina, peter.juras@fstav.uniza.sk



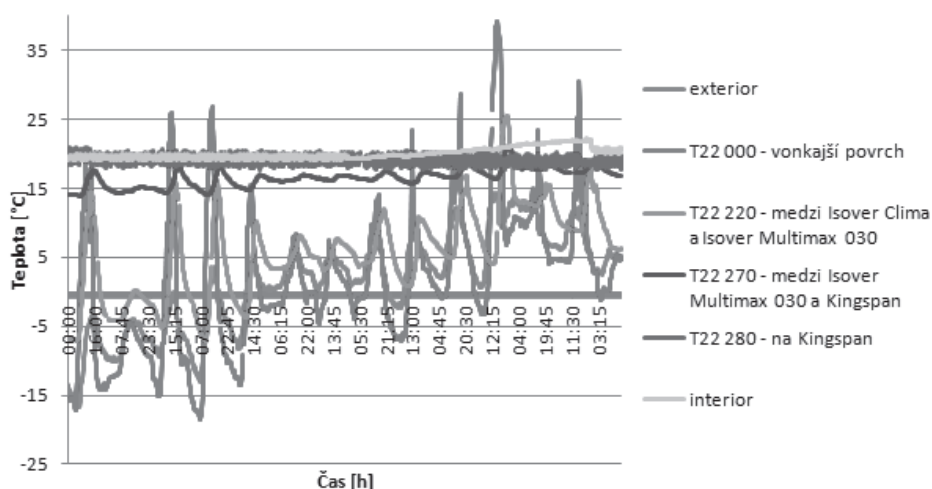
Obr. 1 Skladby porovnávaných stien vľavo stena orientovaná na južnú a aj východnú svetovú stranu, vpravo stena orientovaná na južnú stranu

Vypočítaný súčiniteľ prechodu tepla U v programe Teplo steny J3 (V5) je $0,10 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ a steny J4 je $0,09 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Obidve experimentálne skladby stien spĺňajú cieľové odporúčané hodnoty, ktoré budú záväzné od 01.01.2021. Celoročné množstvo skondenzovanej vodnej pary M_c v stene J3 (V5) je $0,1434 \text{ kg}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$ a v stene J4 je $0,1271 \text{ kg}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$. Celoročné množstvo vyparenej vodnej pary M_{ev} je $1,866 \text{ kg}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$ v stene J3 (V5) a v stene J4 je to $6,543 \text{ kg}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$.

Vybrané výsledky experimentálneho merania

Táto časť obsahuje ukážky z meraní vybraných stien. Pričom skladba steny J3 (V5) je situovaná raz na južnú a raz na východnú stranu. Zatiaľ čo skladba J4 je orientovaná len na južnú svetovú stranu. Hodnoty teplôt sú z druhej výškovej úrovne a teda sa nachádzajú v strede výšky experimentálnej steny. Na prezentáciu výsledkov boli vybrané 2 týždne v mesiaci marec, kedy boli na začiatku záporné teploty vzduchu a ku koncu sledovaného úseku už boli v kladných hodnotách. Konkrétne to bolo od 01.03.2018 do 14.03.2018. Priemerná teplota vzduchu bola $1,5^\circ\text{C}$, pričom maximálna nameraná teplota bola $14,5^\circ\text{C}$ a minimálna $-16,7^\circ\text{C}$. Priemerná relatívna vlhkosť vonkajšieho vzduchu bola 64 %. Maximálna nameraná hodnota počas tohto obdobia bola 88,8 % a minimálna 33 %.

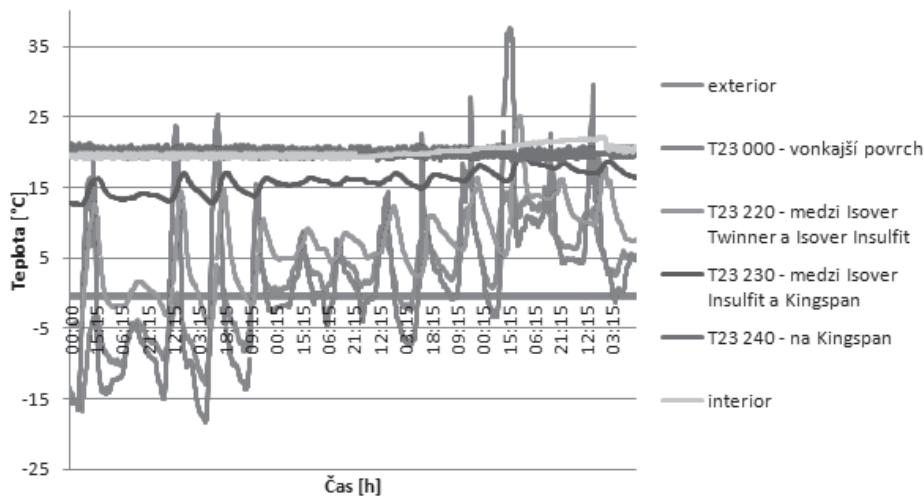
Na obr. 2 je znázornený priebeh teplôt v skladbe steny J4. Na silikónovej omlietke zo strany exteriéru sa namerala najvyššia teplota $39,05^\circ\text{C}$ a najnižšia teplota $-18,50^\circ\text{C}$.



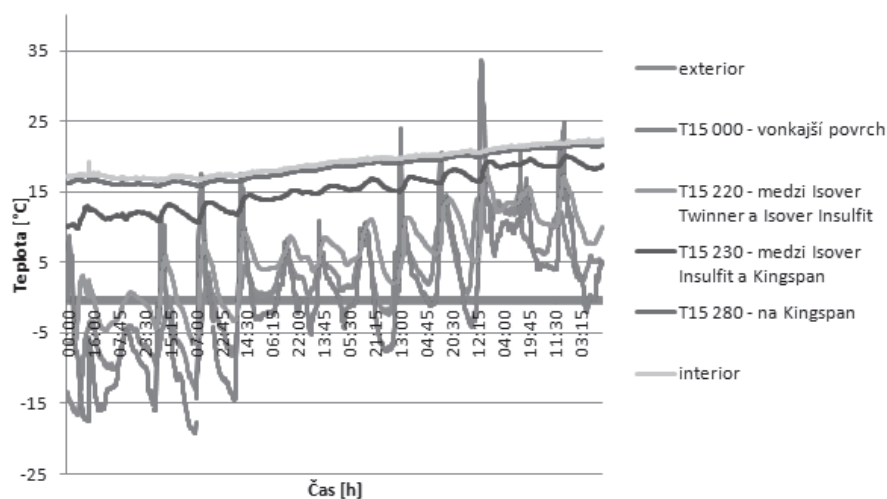
Obr. 2 Priebeh teplôt v skladbe steny J4 s južnou orientáciou (01.03. až 14.03.2018)

Pri skladbe steny J3 (V5) bol sledovaný vplyv rôznej orientácie na svetové strany, čím nám bolo umožnené porovnávanie teploty v konštrukcii pri rovnakých vonkajších okrajových podmienkach. Na východne orientovanej stene zo strany exteriéru bola nameraná najvyššia povrchová teplota $33,69^\circ\text{C}$ a najnižšia $-19,14^\circ\text{C}$. Pri južne orientovanej stene boli tieto teploty

odlišné, pričom najvyššia povrchová teplota bola 37,62°C a najnižšia nameraná -18,32°C.



Obr. 3 Priebeg teplôt v skladbe steny J3 s južnou orientáciou (01.03. až 14.03.2018)

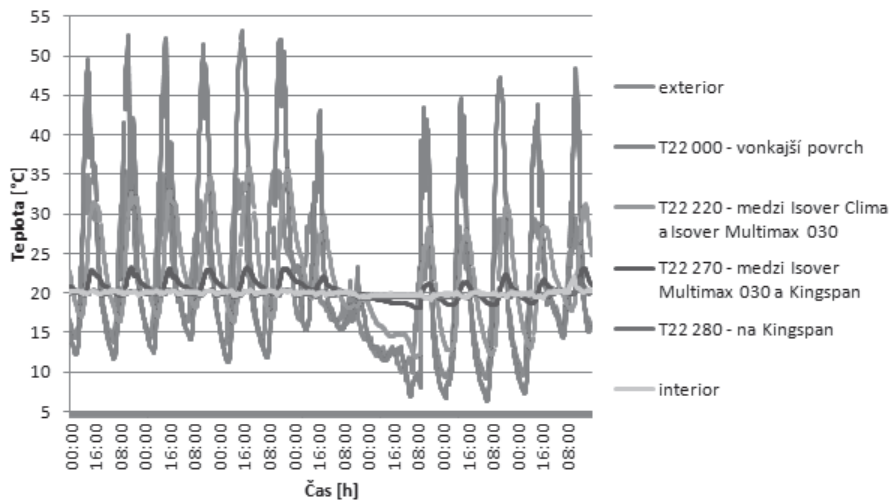


Obr. 4 Priebeg teplôt v skladbe steny V5 s východnou orientáciou (01.03. až 14.03.2018)

Na základe jednotlivých kriviek je pozorovateľný fázový posun v rámci stavebných konštrukcií od strany exteriéru a následne ich postupné vyrovnávanie.

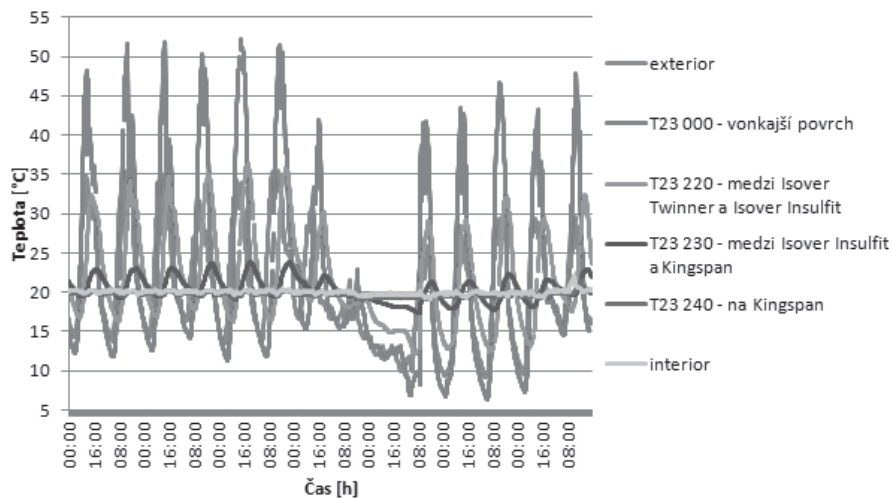
Letné obdobie je charakteristické tým, že počas dňa sú teploty v exteriéri vyššie ako v klimatizovaných miestnostiach. Avšak tieto rozdiely nie sú až také výrazné ako v zimnom období. Na základe pozorovaní boli vybrané dva posledné týždne v mesiaci august 2018, počas ktorých boli teploty vzduchu nad 30°C avšak na pár dní došlo k výraznému ochladeniu. Priemerná teplota vzduchu bola 20,5°C, pričom maximálna teplota bola 35,5°C a minimálna 9,1°C. Priemerná relatívna vlhkosť vonkajšieho vzduchu bola 64,6%. Maximálna nameraná hodnota počas tohto obdobia bola 95% a minimálna 24%. Počas zamračených dní, respektíve pri absencii dopadu snečných lúčov na experimentálne steny je vidieť výrazný pokles teplôt.

Na obr. 5 je znázornený graf priebehu teplôt v skladbe steny J4 počas leta. Na silikónovej omietke zo strany exteriéru bola nameraná najvyššia teplota 53,07°C a najnižšia 6,32°C.

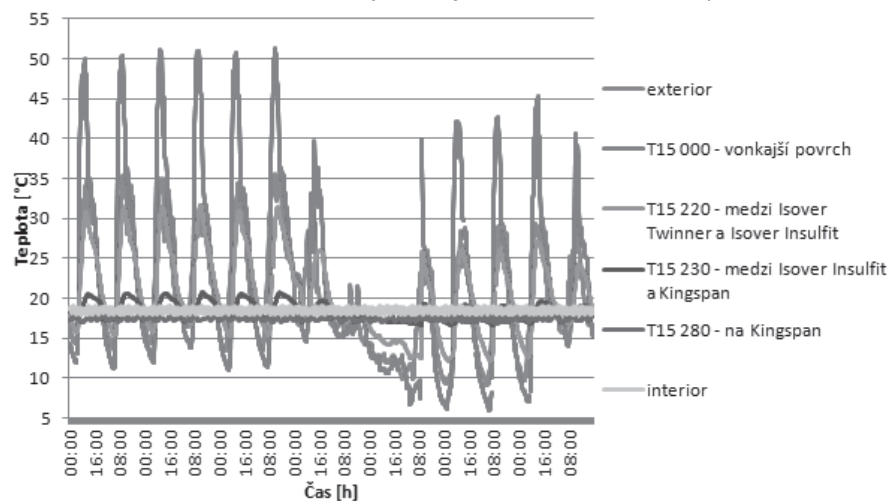


Obr. 5 Priebeh teplôt v skladbe steny J4 s južnou orientáciou (18.08. až 31.08.2018)

Stena J3 s južnou orientáciou mala počas tohto obdobia najvyššiu nameranú hodnotu povrchu 52,21°C a najnižšiu 6,42°C. Najvyššia nameraná teplota pri východne orientovanej stene V5 bola 51,24°C a najnižšia hodnota 5,96°C.



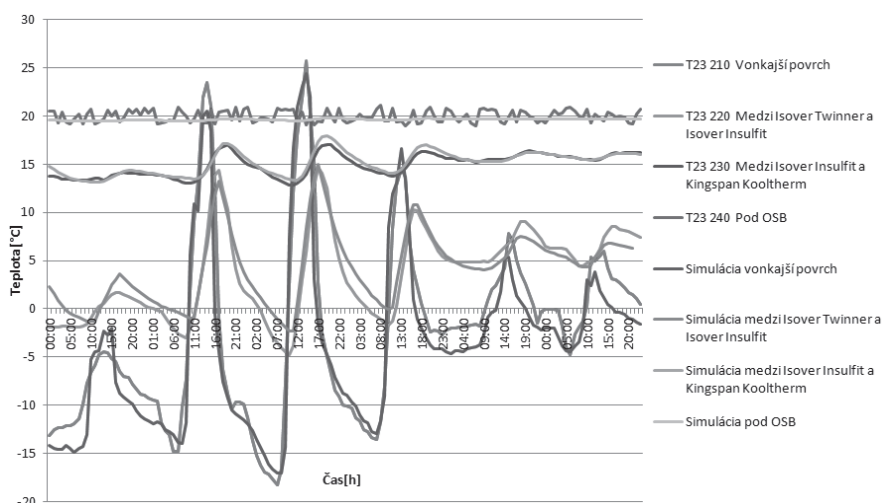
Obr. 6 Priebeh teplôt v skladbe steny J3 s južnou orientáciou (18.08. až 31.08.2018)



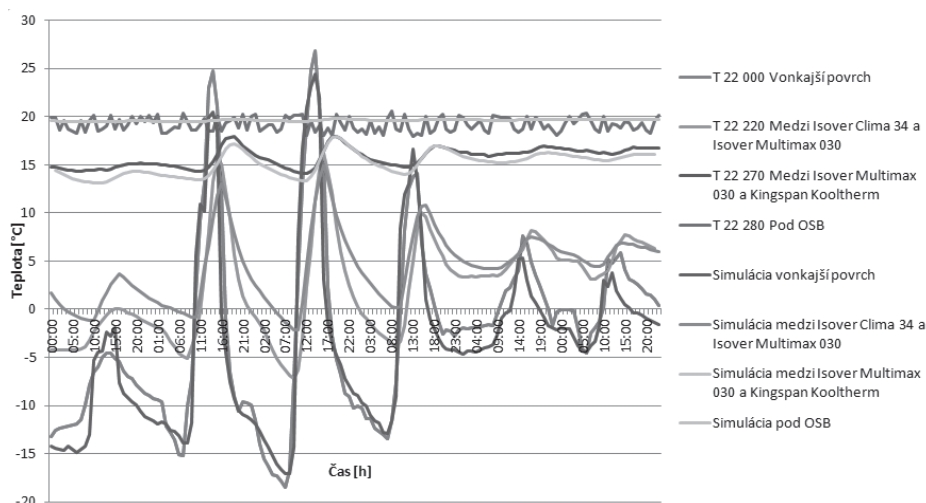
Obr. 7 Priebeh teplôt v skladbe steny V5 s východnou orientáciou (18.08. až 31.08.2018)

Porovnanie experimentálneho merania so simuláciou

Na vyhodnotenie hygrotermického správania vybraných sendvičovými stenami sa použil Softvér WUFI Pro 5.1 [3]. Nasledujúce okrajové podmienky sa použili v simuláciách. Pre vnútorné prostredie sa zadala konštantná teplota 20°C a konštantná relatívna vlhkosť vzduchu 50 %. Pre vonkajšie prostredie sa zadali reálne klimatické podmienky v meste Žilina, ktoré sa získali z vlastnej meteorologickej stanice. Meteorologická stanica je umiestnená na streche budovy, kde je experimentálny výskum pavilónu. Hodnoty sa zaznamenávajú počas celého roka. Neustále zhromažďovanie údajov je v hodinových intervaloch. Nameraný a simulovaný teplotný profil v sekcii fragmentu experimentálnej steny "J3" je znázornený na obr. 8. Obr. 9 tiež reprezentuje namerané a simulované teplotné dáta, ale z časti fragmentu experimentálnej steny "J4".



Obr. 8 Graficky porovnané experimentálne meranie so simuláciou pre skladbu steny J3



Obr. 9 Graficky porovnané experimentálne meranie so simuláciou pre skladbu steny J4

Porovnanie nameraných a simulovaných výsledkov vo vybraných difúzne otvorených konštrukciách ukazuje na pomerne dobrú zhodu. Počas dňa sú priebehy teplôt takmer zhodné v nočných hodinách kolíšu viac v závislosti od hĺbky uloženia jednotlivých snímačov od exteriéru. Najväčšie teplotné rozdiely sa vyskytujú počas dňa na vonkajšom povrchu, teda v omietke. Z grafov je možné odčítať ako sa počas vybraných dní menilo počasie. Najlepšie je to vidieť na krivkách, ktoré predstavujú teplotu na vonkajšom povrchu. Na začiatku týždňa bolo zamračené počasie, ktoré sa nasledujúce dva dni zmenilo na slnečné, kedy bola povrchová teplota aj viac ako 20°C. Počasie sa ku koncu týždňa zhoršilo, čo je možné odčítať z grafov, kde povrchová teplota výrazne poklesla oproti slnečným dňom. Krivky, ktoré

znázorňujú teplotu pod OSB doskou sú v simuláciách stále, vzhľadom na to, že vnútorná teplota bola zadaná ako konštanta 20°C. Zatiaľ čo pri meraných priebehoch teplôt hodnoty oscilujú okolo teploty 20°C. Tieto merania sú čiastočne ovplyvnené klimatizačnými jednotkami, ktoré sa v miestnosti nachádzajú na zabezpečenie stacionárnych podmienok. Na základe kriviek, ktoré sú na Obr. 8 a Obr. 9 je dobre viditeľný fázový posun teplôt v konštrukcii zo strany exteriéru smerom k interiéru.

Záver

Priebehy teplôt v zimnom období pri stenách so skladbami vrstiev s približne rovnakými tepelnoizolačnými vlastnosťami ukázali približnú zhodu. Z obrázkov je vidieť aj vplyv priameho slnečného žiarenia na nárast teploty vonkajších povrchov. Pri porovnaní rovnakých skladieb s rôznou orientáciou sú badateľne nižšie povrchové teploty u východnej orientácie oproti južnej orientácii. Vlhkostný režim bol priaznivý vo všetkých posudzovaných skladbách, čo potvrdzuje výhodnosť difúzne otvorených konštrukcií v drevostavbách.

Vyhodnotenie letných meraní ukázalo približne rovnaké priebehy u susediacich skladieb pri južnej orientácii. Malé rozdiely sa dajú pozorovať jedine pri teplotách bližšie k vonkajšiemu lícu skladby. Pri porovnaní rovnakej skladby pri rôznej orientácii je vidieť, že pri južne orientovanej stene sú teploty na rozhraní medzi izoláciami Twinner a Insulfitt vyššie ako exteriérová teplota, pri východnej orientácii sú opačné. Viditeľný je účinok radenia vrstiev na zabránenie prehrievania vnútorného povrchu.

Porovnanie meraní a simulácií ukázalo výbornú zhodu v priebehoch teplôt a preto môže byť simulačný model v ďalšom použitý na variantné výpočty HAM analýz.

Výsledky dlhodobých meraní v pavilónovom výskume budú tvoriť významnú databázu tepelno-vlhkostných charakteristík zabudovaných materiálov. Následne umožnia korektné odladenie simulačných modelov jednotlivých skladieb a ich využitie pri numerických analýzach pre variantné výpočty (zmeny počiatkových a okrajových podmienok, sledovanie postupného vysychania materiálov v skladbách, priebehy súčiniteľa prechodu tepla v dennom a ročnom chode, energetické simulácie za použitia jednotlivých skladieb v obalových konštrukciách konkrétnych budov, ...).

PodĎakovanie:

Článok vznikol za podpory grantových projektov VEGA č. 1/0945/16 a KEGA č. 032ŽU-4/2018.

Literatúra

- [1] Ďurica, P. - Iringová, A. - Ponechal, R. - Rybárik, J. - Vertaľ, M.: Energetické a environmentálne navrhovanie a hodnotenie budov, EDIS UNIZA, ISBN 978-80-554-1296-2, Žilina, 2017, s. 401
- [2] Štaffenová, D. - Ďurica, P. - Kabátová V.: Rozšírenie a aktualizácia merania experimentálnych skladieb sendvičových ľahkých obvodových plášťov, In: TOB 2017, Vysoké Tatry
- [3] <https://wufi.de/en/software/>

TEPELNO-VLHKOSTNÉ SPRÁVANIE STAVEBNÝCH KONŠTRUKCIÍ S VEGETAČNOU VRSTVOU

Marián Vertal¹; Katarína Čakyová² Azra Korjenic³

Abstract

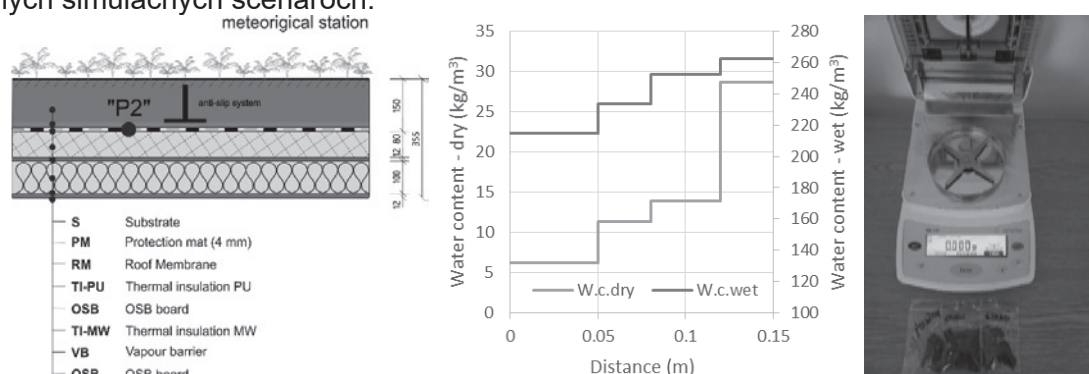
Since water is inextricably linked with life, its presence in green building constructions is an inevitable aspect in the process of hygrothermal behaviour analysis. Water content in the substrate of green structures is a variable phenomenon throughout a year. During this period it has a strong influence on the building's hygrothermal behaviour. Presence of water and its movement through capillary forces is an essential aspect of hygrothermal behaviour and cannot be neglected in the simulation process.

Úvod

Príspevok sa zaoberá simulačnou analýzou tepelnovlhkostného správania strešnej konštrukcie s vegetačnou vrstvou nachádzajúcou sa v rozdielnych vlhkosných stavoch. Príspevok vychádza zo štúdie [1]. Časopriestorové rozloženie vody v substráte vegetačnej strechy zásadne ovplyvňuje tepelno-vlhkostné správanie strechy. Voda akumulovaná substrátom vegetačnej strechy zmierňuje negatíva vysokých letných teplôt. Prítomnosť vody v substráte ovplyvňuje dva dominantné prenosové faktory. Prvým je evapotranspirácia prejavujúca sa poklesom vonkajšej povrchovej teploty substrátu, druhým je zmena termofyzikálnych parametrov substrátu, ktorá sa ovplyvňuje kondukciu tepla cez strechu. Z hľadiska hodnotenia množstva vody v substráte je kľúčové poznať bilanciu klimatických parametrov na jednej strane a byť schopný dostatočne presne analyzovať odozvu stavebnej konštrukcie na klimatické parametre na strane druhej.

Simulácia

Simulačný výpočet bol realizovaný pomocou nástroja WUFI Pro 6.2 (Künzel 1994). Nastavenie kapilárne aktívnej vrstvy modelu substrátu bolo realizované podľa odporúčaní v [2]. Pre vrstvu substrátu boli uvažované generické materiálové parametre. Zrážková voda penetrujúca do substrátu vegetačnej strechy vplyvom gravitácie a jej bilancia sú zohľadnené podľa [2]. Simulačný výpočet je realizovaný na strešnej konštrukcii podľa schémy na obrázku 1. Analyzované sú priebehy teplôt a hustota tepelného toku v mieste označenom P2 pri rôznych simulačných scenároch.



Obr. 1 Schéma analyzovanej zelenej strechy-vľavo, namerané hmotnostné vlhkosti suchého substrátu (W.c. dry), substrátu po intenzívnom daždi (W.c. wet)-uprostred, gravimetrické meranie hmotnostnej vlhkosti, analyzátor vlhkosti-vpravo

¹ doc., Ing., PhD., Marián Vertal, TUKE, Stavebná fakulta, ÚPS Vysokoškolská 4, marian.vertal@tuke.sk

² Ing., Katarína Čakyová, TUKE, Stavebná fakulta, ÚPS Vysokoškolská 4, katarina.cakyova@tuke.sk

³ Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn., Azra Korjenic, Forschungsbereich Ökologische Bautechnologien, TU Wien

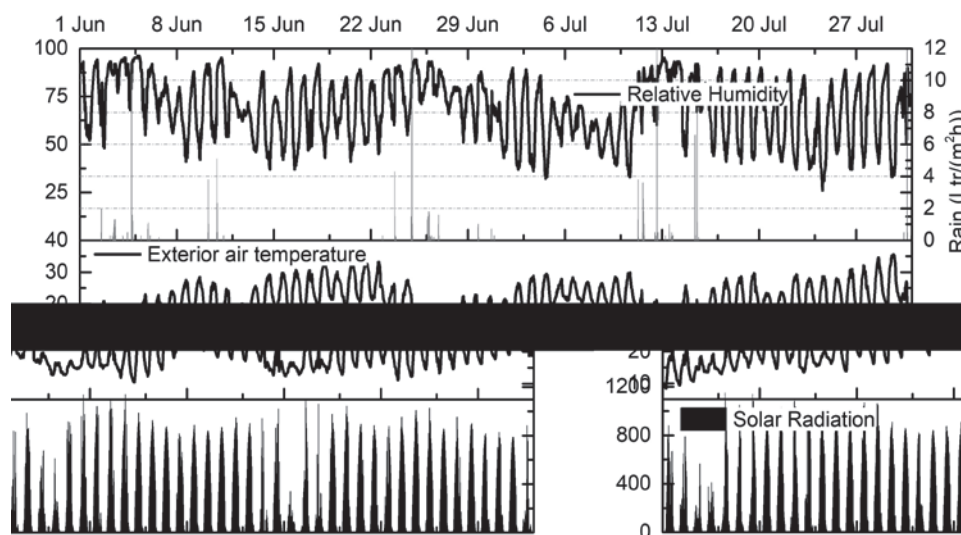
Popis simulačných scenárov, okrajové a počiatočné podmienky výpočtu

Simulácia v tejto štúdii je realizovaná pre tri výpočtové scenáre. Zhrnutie charakteristík výpočtových scenárov je v tabuľke 1. Scenáre sa od seba navzájom líšia dĺžkou simulovaného času a počiatočnou podmienkou množstva vody vo vrstve substrátu. Simulovaný čas pre analýzu je 2160 hodín (3 mesiace) s výpočtovým krokom 1 hodina. Prvý simulačný scenár je rozšírený o predvýpočet s trvaním 3 mesiace. Počiatočná podmienka výpočtu-množstvo vody v substráte pre simulačný scenár 1 bola určená predvýpočtom, pre scenáre 3 a 4 bola zadaná explicitne z nameraných gravimetrických hmotnostných vlhkostí naprieč 150 mm hrubou vrstvou suchého substrátu (W.c. dry) a substrátu po období s dlhodobými, intenzívnymi zrážkami (W.c. wet) (obr. 1 uprostred a vpravo). Namerané hodnoty hmotnostných vlhkostí predstavujú hraničné vlhkosťné intervaly, v ktorých sa substrát zelenej strechy vystavený poveternosti môže nachádzať.

Tab. 1 Charakteristika analyzovaných simulačných scenárov

Scenár	Simulovaný čas	Počiatočná podmienka – množstvo vody	Priemerný obsah vody v substráte (kg/m ³)
Case 1	1.03. - 31.08.	Vypočítaná hodnota	188 (1. marec)
Case 3	1.06. - 31.08.	Suchý substrát (W.c. dry)	15 (1. jún)
Case 4	1.06. - 31.08.	Mokrý substrát (W.c. wet)	238 (1. jún)

Pre simulačné analýzy bol zvolený rok 2013. Tento rok bol na celom území Slovenska charakterizovaný vysokými letnými teplotami, pre oblasť východného Slovenska bol nadpriemerný aj vysokými úhrnmi atmosférických zrážok.

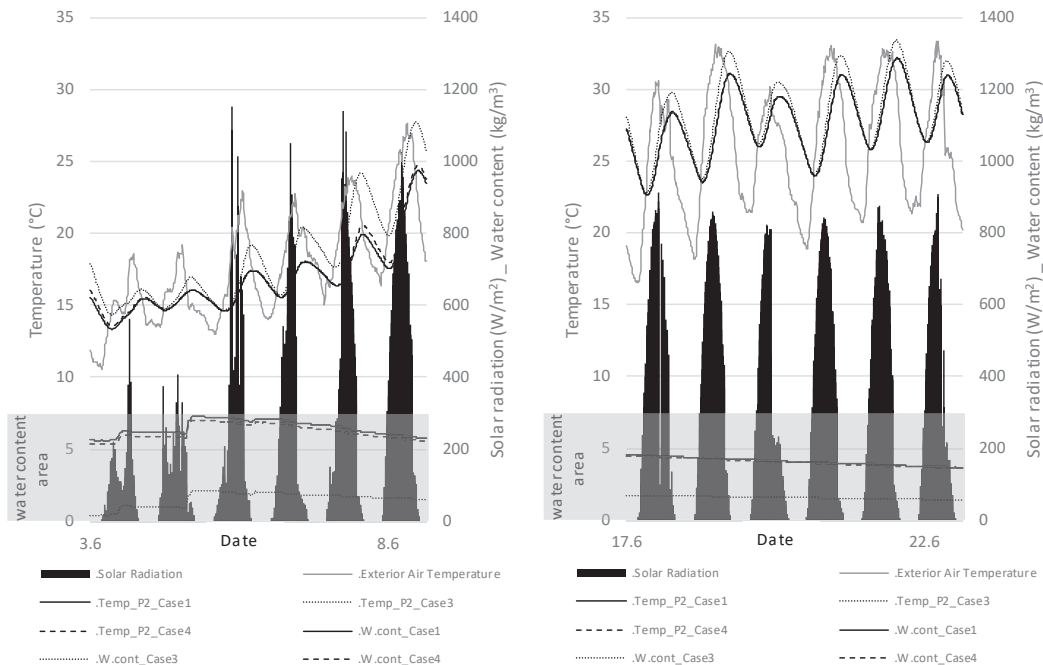


Obr. 2 Merané klimatické parametre pre simuláciu (campus Technical university of Košice)

Diskusia

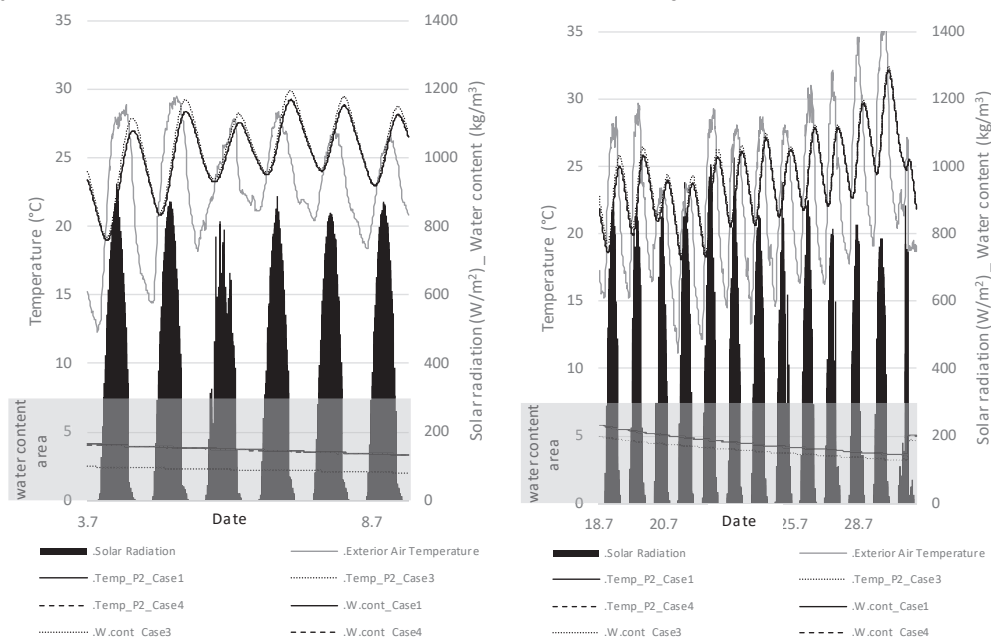
Na obrázku 3 sú zobrazené priebehy teploty vonkajšieho vzduchu, slnečnej radiácie a vypočítané teploty na rozhraní substrátu a strešnej fólie v mieste označenom P2 pre definované simulačné scenáre. Krivky zobrazené v spodnej časti grafu označené „water content area“ zobrazujú priebehy priemerných hmotnostných vlhkostí v substráte počas simulovaného času. Z obrázka 3 je viditeľný vplyv vrstvy substrátu na priebeh teplôt v mieste P2. Vypočítané teplotné maximum pod vrstvou substrátu P2 je posunuté oproti dennému teplotnému maximum o viac ako 7 hodín. Tento jav je pozorovaný počas celého simulovaného času. Vplyv rozdielneho množstva vody v substráte na vypočítaný priebeh teplôt v bode P2 je pozorovateľný najmä na začiatku simulovaného času (3–8. jún). Najväčšie rozdiely sú pozorovateľné pri porovnaní simulačného scenára Case 3 so simulačným scenárom Case 1,

4 (obr. 3). Pokles teploty vonkajšieho vzduchu spolu s nižšou intenzitou solárnej radiácie (3. – 5. jún) spôsobil zníženie výmeny tepla medzi stavebnou konštrukciou a okolím.



Obr. 3 Priebehy povrchových teplôt pod vrstvou substrátu v mieste P2 a priemerné množstvo vody v substráte vypočítané pre 3 simulačné scenáre v mesiaci jún

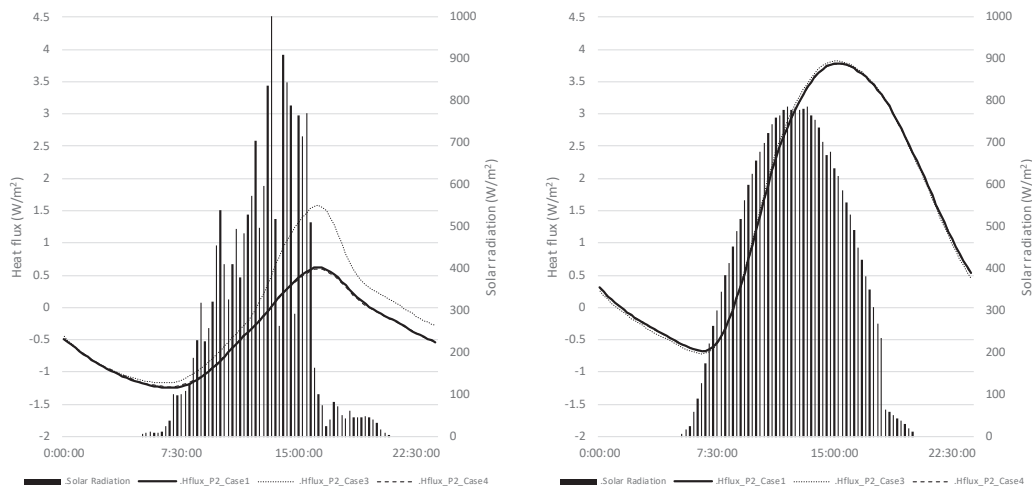
Toto zníženie sa premietlo do postupného vyrovnania vypočítaných povrchových teplôt v mieste P2 pre všetky simulačné scenáre. Nástup teplejších dní bez zrážok (od 6. júna) opäť zvýšil výmenu tepla medzi stavebnou konštrukciou a vonkajším prostredím.



Obr. 4 Priebehy povrchových teplôt pod vrstvou substrátu v mieste P2 a priemerné množstvo vody v substráte vypočítané pre 3 simulačné scenáre v mesiaci júl

Tento jav sa okamžite prejavil zvýšením vypočítaných povrchových teplôt v mieste P2. Počas teplých dní (6-9. jún) postupne rastie vypočítaná hodnota povrchovej teploty v mieste P2. Pre simulačné scenáre s vysokým množstvom vody v substráte (Case 1 a 4) je vypočítaná povrchová teplota v mieste P2 o 3-4 K nižšia ako povrchová teplota pod suchým substrátom. Množstvo vody sa počas simulovaného času vplyvom pôsobenia poveternosti vyrovnáva, čím sa vytráca aj vplyv určenej počiatkovej podmienky výpočtu pre jednotlivé

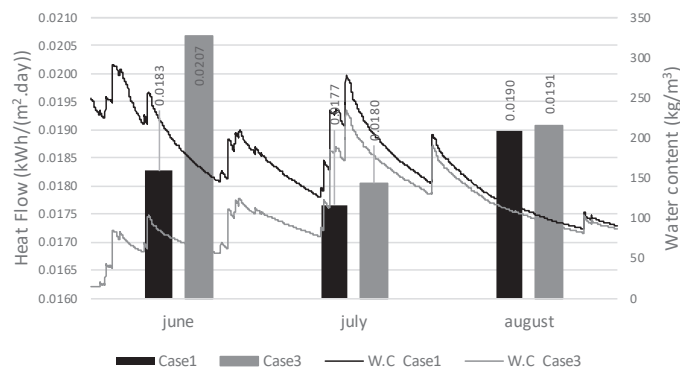
simulačné scenáre. Na konci mesiaca jún je rozdiel vo vypočítaných maximách povrchových teplôt v mieste P2 pre simulačné scenáre Case 1 a Case 3 približne 1 K. Tento stav pretrváva takmer celý mesiac júl. Po období bez zrážok July 16 – July 30 dosahuje vypočítané množstvo vody približne rovnakú hodnotu pre všetky analyzované simulačné scenáre. Vplyv zadanej počiatkovej vlhkosti na tepelnovlhkostné správanie zelenej strechy je od tohto momentu zanedbateľný (Obr. 4 vpravo). Vplyv vody v substráte ovplyvňuje aj hustotu tepelného toku v analyzovanom mieste P2 (Obr. 5).



Obr. 5 Hustota tepelného toku pod vrstvou substrátu počas dvoch dní simulovaného času

Záver

Prítomnosť vody v substráte vegetačnej strechy je nevyhnutnou súčasťou jej správneho fungovania. Analyzované boli rôzne prípady koncentrácie vody v substráte vegetačnej strechy na jej tepelnovlhkostné správanie. Dynamická analýza umožnila kvantifikáciu množstva vody so zohľadnením relevantných klimatických parametrov, najmä zrážok. Vplyv vody v substráte redukoval tepelný tok cez strešnú konštrukciu. Priemerné denné toky tepla vypočítané cez testovanú zelenú strechu počas troch letných mesiacov a simulačné scenáre s nízkym a vysokým obsahom vody v substráte sú zhrnuté na obrázku 6.



Obr. 6 Priemerný tepelný tok pre testovanú zelenú strechu

Pod'akovanie

Tento príspevok bol vytvorený na základe riešenia výskumného projektu APVV SK-AT-2017-0023 Architektúra obnovy škôl pre budúcnosť.

Literatúra

1. Vertal, M., et al., *Hygrothermal initial condition for simulation process of green building construction*. Energy and Buildings, 2018. **167**: p. 166-176.
2. Zirkelbach, D., et al., *A hygrothermal green roof model to simulate moisture and energy performance of building components*. Energy and Buildings, 2017. **145**: p. 79-91.

TĚŽKÁ ŠIKMÁ STŘECHA

Pavel Heinrich¹

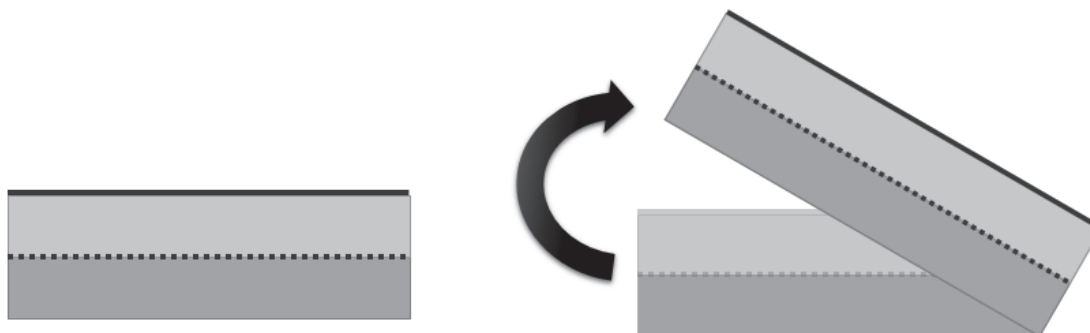
Abstract

The sloping roofs of family houses form a significant area of the building envelope and are often constructed with a wooden bearing structure. This brings some mismatch in the design of masonry buildings, as they are massive structural systems complete with lightweight roof construction. The article deals with the structural arrangement of a heavy pitched roof with an focus on the heat behaviour.

Těžká šikmá střecha

Nosná konstrukce

Konstrukci těžké šikmé střechy můžeme obecně charakterizovat jako konstrukci s plošnou hmotností větší jak 100 kg/m^2 . Z praxe jsou velmi dobře známé ploché těžké střechy, kdy je nosná konstrukce tvořena železobetonovými deskami, polomontovanými skládanými stropy, filigránovými železobetonovými deskami či panely. Na nosnou část konstrukce poté přichází souvrství zajišťující tepelnou izolaci a ochranu proti povětrnostním vlivům. Šikmá těžká střecha není principiálně nic jiného než natočení těžké střechy a vytvářející tak šikmou střešní rovinu (obr. 1). Ve stavební praxi se můžeme setkat s železobetonovými šikmými střechami (typicky zejména pro domy jižní Evropy) či prefabrikovanými konstrukcemi z panelů či polomontovanými konstrukcemi (obr. 2 - 4). Jistým omezením u šikmých těžkých střech může být dispoziční řešení podmíněně uložením nosné konstrukce střechy na svislé nosné konstrukce v pravidelném rastru (obr. 5). Na druhou stranu u nízkoenergetických domů vyznačujících se kompaktním architektonickým řešením toto omezení nemusí být významné.



Obr. 1: Princip těžké šikmé střechy – od vodorovné k šikmé

¹ Ing. Pavel Heinrich, HELUZ cihlářský průmysl v.o.s., Dolní Bukovsko, heinrich@heluz.cz



Obr. 2: Těžká šikmá střecha na původním domě z přímořské oblasti Chorvatska



Obr. 3: Těžká šikmá střecha moderního domu z přímořské oblasti Chorvatska



Obr. 4: Těžká šikmá střecha z keramobetonových panelů



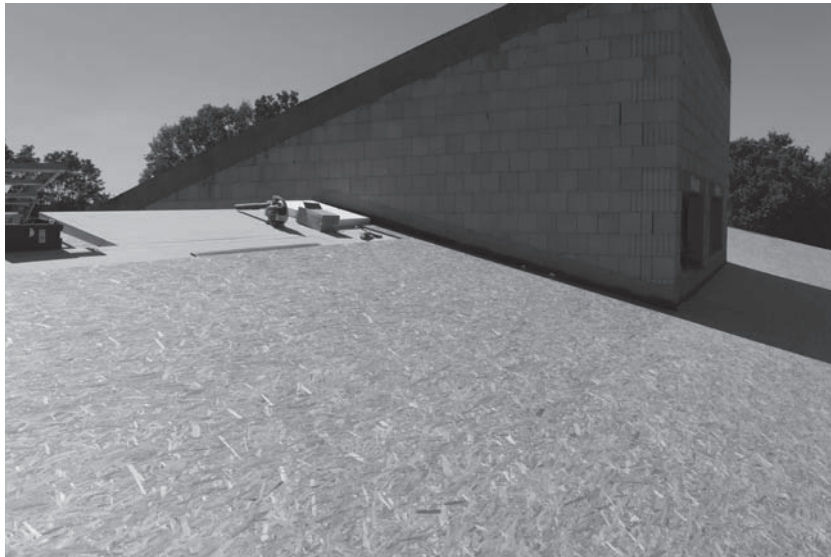
Obr.5: Nosnou konstrukcí těžké šikmé střechy je vhodné ukládat na nosné stěny v pravidelném rastru.

Konstrukce střechy (nad úrovní nosné konstrukce)

Nad nosnou konstrukcí těžké šikmé střechy lze použít podle umístění objektu a sklonu střechy rozličné množství skladeb konstrukčních vrstev. Jedná se o konstrukce typově odpovídající nadkrokevním systémům s dřevěnou nosnou konstrukcí. Na nosnou konstrukci se pokládá parozábrana např. ve formě asfaltového pásu, která má při realizaci charakter dočasné hydroizolace hrubé stavby a zároveň i funkci vedlejší vduchotěsnicí vrstvy ve fázi dokončené budovy. Na parozábranu se pokládá tepelněizolační vrstva. Nad tepelněizolační vrstvou se nachází vrstva chránící střechu proti povětrnosti – variantně se může jednat o povlakové hydroizolace či skládanou střešní krytinu bez či s provětrávanou vzduchovou mezerou a doplňkovou hydroizolační vrstvou. Hlavní vduchotěsnicí vrstvu tvoří vnitřní omítka či samotná nosná konstrukce.



Obr. 6: Ukázka provedení parozábrany ve formě asfaltového pásu, která má ve fázi hrubé stavby funkci dočasné hydroizolace a ve fázi dokončené stavby funkci doplňkové vduchotěsnicí vrstvy.



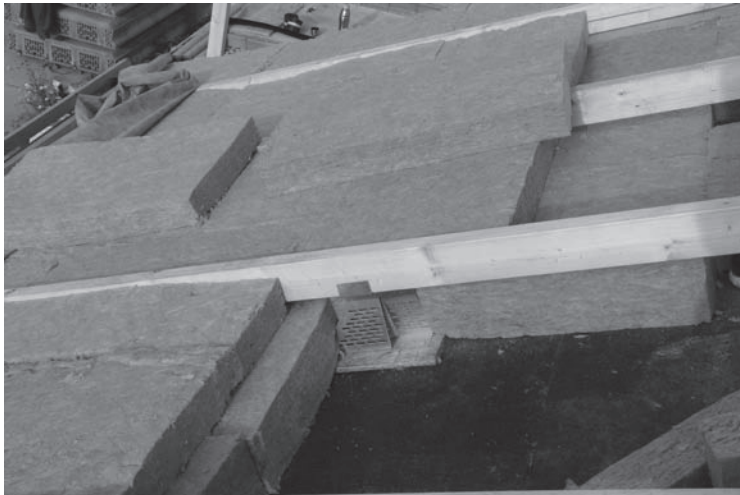
Obr. 7: Ukázka řešení skladby střechy - OSB desky položené na tepelné izolaci z PIR desek vytvářející podkladní vrstvu pro asfaltové pásy tvořící střešní krytinu.



Obr. 8: Ukázka položené střešní krytiny ve formě asfaltových pásů.



Obr. 9: Ukázka skladby střechy se skládanou krytinou. Souvrství s tepelnou izolací je kotveno přes kontralatě vysokopevnostními šrouby.



Obr. 10: Tepelná izolace může být tvořena i deskami z minerální vlny se snadným opracováním detailů.

Tepelnětechnické parametry

Těžké šikmé střechy lze navrhnout včetně konstrukčních detailů vhodných pro nízkoenergetické či energeticky pasivní domy. Míra tepelné izolace je primárně závislá na typu a tloušťce tepelněizolačního materiálu. Konstrukční detaily lze vyřešit jak pro obvodové jednovrstvé stěny i pro stěny s kontaktním zateplením.

U nízkoenergetických domů nemusí být podle výpočtu letní tepelné stability místností dle EN 13 792 již velký rozdíl vzhledem k nadstandardním parametrům obálky budovy u varianty mezi lehkou a těžkou konstrukcí [1]. Z pohledu letní tepelné stability je u tohoto typu budov rozhodující používání vnějších stínících prvků. Z pohledu zimní tepelné stability a využití solárních zisků během topné sezóny je větší kapacita akumulace tepla výhodou těžké šikmé střechy oproti lehké střeše s dřevěnou konstrukcí resp. masivní budova má lepší tepelnou stabilitu než „hybridní“ stavba z masivních konstrukcí doplněná o lehký střešní plášť [2]. Pro prokázání vlivu těžké šikmé střechy na energetiku budovy by chtělo provést více podrobných dynamických simulací či experimentů, neboť výpočty podle současných technických norem nemusí být zcela v souladu se skutečností [3].

Pro dosažení návrhových tepelnětechnických parametrů střešní konstrukce na samotné stavbě je nezbytnou podmínkou zajištění maximální možné míry vzduchotěsnosti konstrukce v souvislosti s jednoduchostí provedení konstrukce a trvanlivostí po celou dobu předpokládané životnosti stavby – jednotně tento parametr můžeme nazvat *spolehlivostí konstrukce*.

Spolehlivost jako nejdůležitější parametr



Obr.: 11: Spolehlivost parotěsné fólie jako hlavní vzduchotěsnicí vrstvy je problematická (foto z blower door testu).

Lehké konstrukce šikmých střech jsou relativně náchylné na splnění hodnot návrhových tepelnotechnických parametrů a právě s ohledem na složitost provádění resp. snadnosti provedení chyby a následně může docházet k velkým rozdílům v samotné hodnotě prostupu tepla střechou [4]. Jedním z klíčových parametrů je míra vzduchotěsnosti konstrukce, která je u nejrozšířenějšího typu skladby střech – parozábrana fóliového typu instalována na rošt pro sádkartonový podhled – značně nespolehlivá [5]. Lehké konstrukce střešního pláště s nosnou dřevěnou konstrukcí jsou náchylné na napadení plísní [6], zejména tehdy, pokud dochází k transportu teplého a vlhkého interiérového vzduchu do skladby střechy. Míra spolehlivosti tohoto typu konstrukcí střech není zvlášť velká, a přesto se velmi často navrhují a realizují.

Těžké střechy resp. střechy s nosnou masivní konstrukcí jsou v tomto směru daleko spolehlivější. Nosná konstrukce není tolik náchylná na poškození vlivem nedodržení pracovních procesů a zejména jednotlivé materiálové vrstvy jsou snadněji proveditelné a při samotné realizaci dobře kontrolovatelné. Z pohledu splnění návrhových parametrů se jedná o konstrukce velmi spolehlivé a to po celou dobu předpokládané životnosti konstrukce. I při zjištění problému ve skladbě střešního pláště není oprava tolik omezující s ohledem na užívání budovy, protože opravy se provádějí z exteriérové strany bez nutnosti zásahu z interiéru budovy.

Závěr

Těžké šikmé střechy jsou racionálním řešením pro nízkoenergetické stavby z masivních konstrukcí vyznačující se typicky kompaktním architektonickým řešením. Jedná se o spolehlivé – dlouhodobě fungující - řešení konstrukce střechy s benefity pro energetiku budovy (tepelná izolace, minimalizace tepelných mostů, zimní a letní tepelná stabilita, vzduchotěsnost konstrukce) v kombinaci s dalšími benefity jako je mechanická odolnost (tuhost konstrukce, přitížení stěn), požární odolnost a velmi dobrá míra zvukové izolace. A to vše i za srovnatelných realizačních nákladů v porovnání s nosnými konstrukcemi střech z dřevěné nosné konstrukce [7].

Literatura

- [1] Němeček, M. – Kalousek, M.: Influence of thermal storage mass on summer thermal stability in a passive wooden house in the Czech Republic, Energy and Buildings 107 (2015), Vydavatelství Elsevier, 2015.
- [2] Buday. P.: Vonkajšia dynamická klimatická okrajová podmienka v zimnom období a jej vplyv na naplnenie hygienického kritéria obalových konstrukcií obytných budov v zmysle normy STN 73 0540-2; Tepelná ochrana budov, 5-6/2017; Vydavatelství ČKAIT a Šála MODI, 2017.
- [3] Šubrt, R.: Solární tepelné zisky – normy, předpoklad, skutečnost; Tepelná ochrana budov, 5-6/2017; Vydavatelství ČKAIT a Šála MODI, 2017.
- [4] Elwell C. A. – Robertson H. – Wingfield. J. – Biddulph. P. – Gori. V.: The thermal characteristic of roofs: policy, installation and performance, Energy Procedia 132 (2017) Vydavatelství Elsevier, 2017.
- [5] Rypl. J.: Problematika a hruzy při provádění parozábran v zateplených šikmých střechách, <https://stavba.tzb-info.cz/strechy/3397-problematika-a-hruzy-pri-provadeni-parozabran-v-zateplenych-sikmych-strechach>, Vydavatelství tzb-info.cz, 2006.
- [6] Ryparová. P. – Wasserbauer. R.: Biologické procesy ve dřevě uzavřeném v obvodových i vnitřních konstrukcích staveb, <https://stavba.tzb-info.cz/drevostavby/8199-biologicke-procesy-ve-dreve-uzavrenem-v-obvodovych-i-vnitrnich-konstrukcich-staveb>, Vydavatelství tzb-info.cz, 2012.
- [7] DEK stavebniny, ověřená konstrukční řešení v technologii BIM oceněná cenovou soustavou ÚRS, cenový katalog, 2019

**IV. POTREBA A SPOTREBA ENERGIE
V BUDOVÁCH, VÝPOČTOVÉ A MERACIE
METÓDY**
*ENERGY USE AND ENERGY CONSUMPTION,
CALCULATION AND MEASUREMENT
METHODS*

VPLYV TIENENIA NA TEPELNÚ BILANCIU BUDOVY

Ivan Chmúrny¹

Abstract

Increasing the thermal insulation properties of walls, roofs, floors and windows has a positive effect on reducing heat loss and energy need for heating. However, when assessing the energy need for cooling in buildings with conditioned indoor environment, this tendency to increase the thermal insulation capability may lead to an increase the energy need for cooling, when measures to reduce heat gains by transparent structures are not applied.

Úvod

V zimnom období pre transparentnú konštrukciu je výhodná čo najnižšia hodnota súčiniteľa prechodu tepla (U_g -hodnota) a čo najvyššia priepustnosť energie slnečného žiarenia g -hodnota zasklenia. V zimnom období, čím je vyššia g -hodnota zasklenia, tým je väčší pasívny solárny zisk, ktorý znižuje potrebu tepla na vykurovanie. Z hľadiska letného obdobia však pri vysokej g -hodnota zasklenia sa zvyšuje potreba tepla na chladenie. Protiargumentom je tvrdenie, že klimatizovaná budova musí používať účinné tienenie. Teda realizuje sa znížená priepustnosť energie slnečného žiarenia, ktorá sa dá dosiahnuť:

- zníženou g -hodnotou zasklenia a /alebo
- prostriedkami slnečnej ochrany okna v letnom období.

V praxi sa preferuje používanie tieniacich zariadení.

Zvyšovanie tepelnoizolačných vlastností stavebných konštrukcií

Zvyšovanie tepelnej ochrany jednotlivých stavebných konštrukcií je celosvetový trend. V STN 73 0540-2: 2012 v znení Zmeny 1 sa táto tendencia premietla na tieto definované úrovne (tab. 1):

- max – maximálna prípustná hodnota,
- N – normalizovaná (požadovaná) hodnota,
- r1 – odporúčaná hodnota,
- r2 – cieľová odporúčaná hodnota.

Tab. 1 Úrovne súčiniteľov prechodu tepla vo $W/(m^2.K)$ v tejto prípadovej štúdii

Konštrukcia	max	N	r1	r2
Stena	0,46	0,32	0,22	0,15
Strecha	0,30	0,20	0,15	0,10
Okno	1,7	1,4	1,0	0,85

Vplyv zvyšovania tepelnoizolačných vlastností na tepelnú bilanciu budov

Na administratívnej budove podľa obr. 1 budeme postupne aplikovať zlepšujúce sa tepelnoizolačné vlastnosti stavebných konštrukcií podľa tab. 1, teda od maximálnych hodnôt až po hodnoty cieľové odporúčané. Uvažujú sa normalizované klimatické podmienky na energetickú hospodárnosť budov v SR pre zimné a letné obdobie. V tejto štúdii sa uvažovala priepustnosť energie slnečného žiarenia pri $U_w = 1,7$ a $1,4 W/(m^2.K)$ $g = 0,6$ a pri $U_w = 1,0$ a $0,85 W/(m^2.K)$ je $g = 0,5$. Tieniace súčinitele sa uvažovali rovnako pre všetky alternatívy $F_C = 1$ (bez tienenia), rámový faktor $F_f = 0,8$. Výpočet je podľa STN EN ISO 52016-1 mesačnou metódou pri normalizovaných podmienkach hodnotenia. Budova má transparentné konštrukcie dominantne na východnom a západnom priečelí.

¹ prof Ing. Ivan Chmúrny, PhD., Stavebná fakulta STU v Bratislave, Radlinského 11, 81005 Bratislava, ivan.chmurny@stuba.sk



Obr. 1 Pohľad na východnú, západnú, severnú a južnú fasádu AB

Kvantifikácia účinkov tienenia a transparentnosti fasády

Priepustnosť energie slnečného žiarenia cez zasklenie pri tienení (len v letnom období) sa vyjadrí:

$$g_{tot} = g_g \cdot F_C \quad (1)$$

kde F_C je znižujúci faktor tienenia (trvalého zariadenia slnečnej ochrany) podľa STN EN ISO 52016-1, uvažuje sa 0,35 pre exteriérové tienenie zvonka,

g_g - celková priepustnosť slnečnej energie zasklením,

g_{tot} - celková priepustnosť slnečnej energie kombinovaného so zasklením.

Ovodový plášť sa charakterizuje pomernou plochou transparentných výplní vzťahom

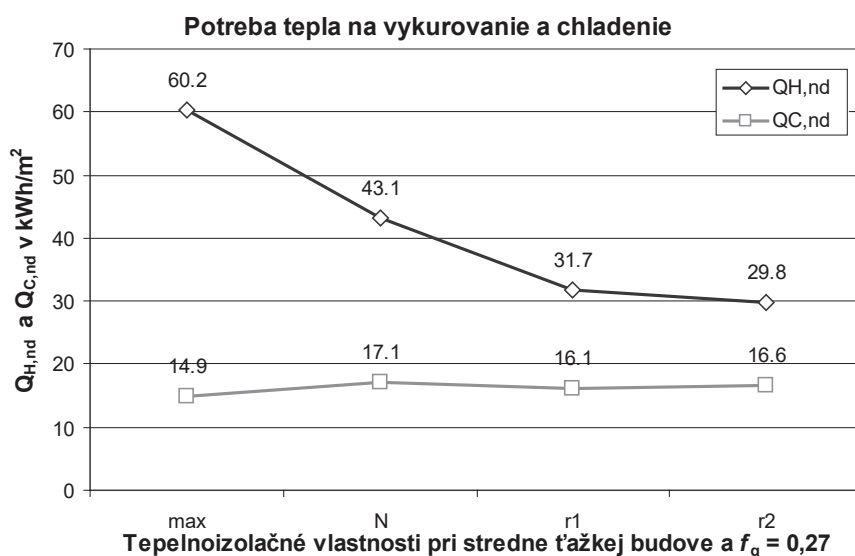
$$f_g = \Sigma A_g / A \quad (2)$$

kde ΣA_g je plocha transparentnej výplne fasád v m²;

A celková plocha fasády zahrňujúca transparentné a netransparentné plochy v m².

Výsledky

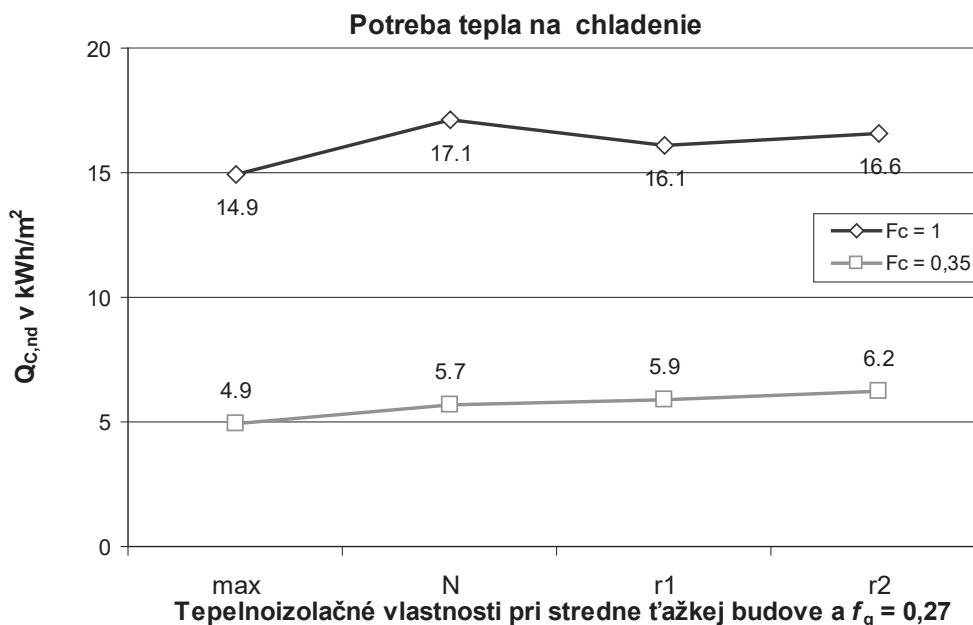
Výsledky výpočtov tepelnej bilancie podľa jednotlivých parametrov sú na obr. 2 až 7.



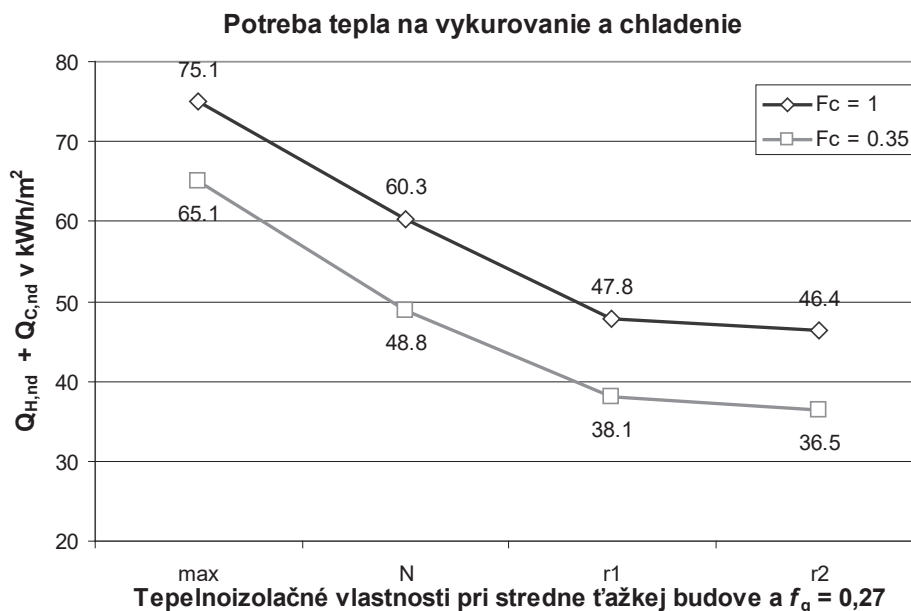
Obr. 2 Potreba tepla na vykurovanie a chladenie v závislosti od úrovne tepelnoizolačných vlastností

Potreba tepla na vykurovanie výrazne klesá so zlepšujúcimi tepelnoizolačnými vlastnosťami stavebných konštrukcií. To platí od úrovne maximálnych povolených hodnôt súčiniteľov prechodu tepla až po úroveň súčiniteľov prechodu tepla budovy s takmer nulovou potrebou energie. Ale pokles potreby tepla na vykurovanie z ultranízkoenergetickej úrovne na úroveň budov s takmer nulovou potrebou je už menej výrazný. Potreba tepla na chladenie sa so zvyšujúcimi tepelnoizolačnými vlastnosťami stavebných konštrukcií mierne zvyšuje (obr. 2), čo je tepelnoizolačný paradox. Toto platí aj vtedy, ak sa použije účinné tienenie (obr. 3). Účinné tienenie však výrazne znižuje potrebu tepla na chladenie, ale tendencia mierneho zvýšenia potreby tepla na chladenie so zlepšujúcimi sa tepelnoizolačnými vlastnosťami stavebných konštrukcií sa zachováva.

Zníženie potreby tepla na chladenie je dosahované účinným tienením (obr. 3 a obr. 4). Celková tepelná bilancia zo súčtu potreby tepla na vykurovanie a chladenie závisí od tepelnoizolačných vlastností podľa obr. 4. Pokles z úrovne ultranízkoenergetickej na budovu s takmer nulovou potrebou energie nie je taký výrazný, ako to bolo pri zmene z úrovne max > N > r1.



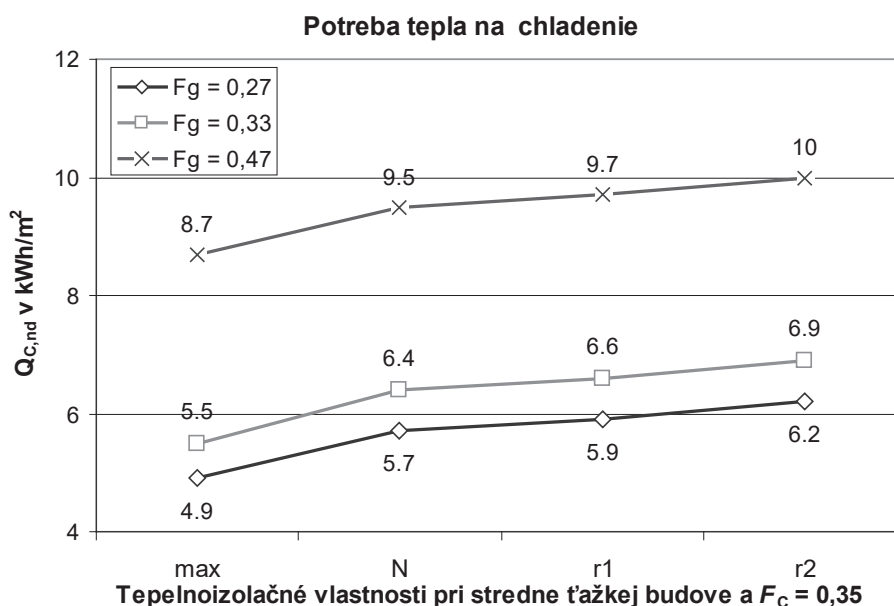
Obr. 3 Potreba tepla na chladenie v závislosti od úrovne tepelnoizolačných vlastností a znižujúceho faktora tienenia



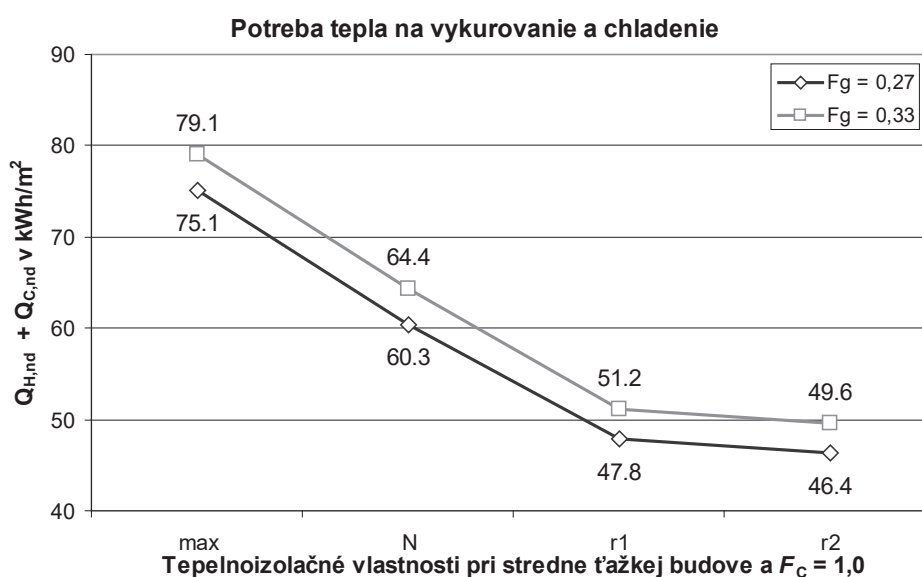
Obr. 4 Potreba tepla na vykurovanie a chladenie v závislosti od úrovne tepelnoizolačných vlastností a znižujúceho faktora tienenia

Tienenie sa uvažovalo s hodnotou $F_C = 1$ v zimnom období, teda bez účinku trvalého zariadenia slnečnej ochrany a s hodnotou $F_C = 0,35$ ktorá zodpovedá svetlým žalúziám zvonka.

Vplyv transparentnosti fasády je dokumentovaný na obr. 5 a obr. 6. Ak sa parametricky zvýši pomer transparentnej časti fasády ku celkovej ploche fasády zvyšuje sa potreba tepla na chladenie budovy. Takáto závislosť platí aj pre tepelnú bilanciю budovy v súčte potreby tepla na vykurovanie a chladenie. Teda vysoká transparentnosť fasády zhoršuje tepelnú bilanciю budovy. Pri uvažovaných normalizovaných klimatických podmienkach zvyšovanie transparentnosti fasády zhoršuje tepelnú bilanciю budov.

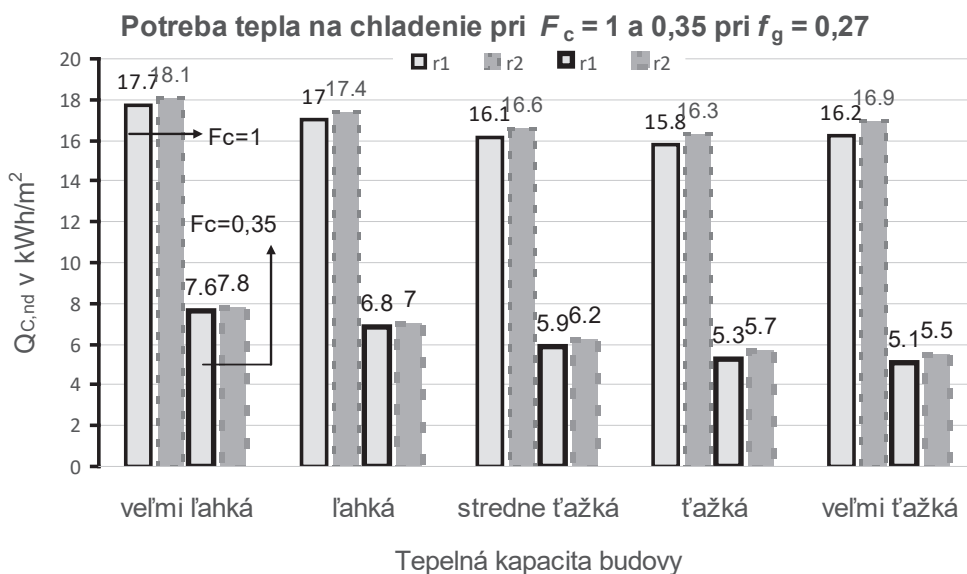


Obr. 5 Potreba tepla na chladenie v závislosti od úrovne tepelnoizolačných vlastností a transparentnosti fasády



Obr. 6 Potreba tepla na vykurovanie a chladenie v závislosti od úrovne tepelnoizolačných vlastností a zvyšujúcej sa transparentnosti fasády

Na obr. 7 sa dokumentuje parametrický vplyv tepelnej kapacity budovy pri zmene tepelnoizolačných vlastností z úrovne ultranízkoenergetickej výstavy na úroveň budov s takmer nulovou potrebou energie pri určení potreby tepla na chladenie budovy. Pritom sa uvažoval alternatívne znižujúci faktor tienenia s hodnotami $F_C = 1$ a $0,35$. Tienenie má podstatný význam na zníženie potreby tepla na chladenie budovy. Pritom platí, že vyššie hodnoty potreby tepla na chladenie budov sa dosahujú pri budove veľmi ľahkej a ľahkej ako pri budove ťažkej a veľmi ťažkej. Zároveň platí, že pri zmene tepelnoizolačnej úrovne r1 na úroveň r2 by sa mierne zvýšila potreba tepla na chladenie budov, pričom toto konštatovanie platí pre všetky úrovne tepelnej kapacity budovy. Zvyšovanie tepelnej kapacity budovy priaznivo pôsobí na mierne zníženie potreby tepla na chladenie budovy.



Obr. 7 Potreba tepla na chladenie v závislosti od úrovne tepelnoizolačných vlastností a znižujúceho faktora tienenia

Záver

Tepelná bilancia budov analyzovaná pomocou potreby tepla na vykurovanie a chladenie závisí od tepelnoizolačnej úrovne výstavby, znižujúceho faktora tienenia v letnom období, transparentnosti fasády, tepelnej kapacity budovy. Prítomné závery, ktoré platia pre zimné obdobie kvantifikované potrebou tepla na vykurovanie nie sú v zhode so závermi pre letné obdobie kvantifikované potrebou tepla na chladenie. Tu platí mierne zvýšenie potreby tepla na chladenie so zvyšujúcou sa tepelnoizolačnou úrovňou výstavby. Tu zohráva kľúčový faktor účinnosť tienenia. Znižujúci faktor tienenia je rozhodujúcim faktorom na zníženie potreby tepla na chladenie budov s celoročne upravovaným vnútorným prostredím. Účinným tienením v letnom období sa dosahuje aj lepšia tepelná bilancia v ročnom priebehu.

Podakovanie

Táto práca bola podporená MŠ SR vďaka finančnej podpore projektom APVV 16-0126 a VEGA 1/0113/19.

Literatúra

- [1] STN 73 0540-2: 2012 v znení Zmena 1: 2016 Tepelná ochrana budov. Tepelnotechnické vlastnosti stavebných konštrukcií a budov. Časť 2: Funkčné požiadavky. SUTN Bratislava, 2012
- [2] Chmúrny, I.: Hodnotenie prehrievania budov v letnom období. Stavebnícka ročenka 2006, Jaga group Bratislava, 2006
- [3] Chmúrny, I.: Ultra thin glass membranes for advanced glazings of nZEB. Advanced Materials Research vol. 899 (2014), p. 470-473
- [4] STN EN ISO 52016-1 Energetická hospodárnosť budov. Výpočet potreby tepla na vykurovanie a chladenie, vnútorné teploty, citeľná a latentná tepelná záťaž. Časť 1: Výpočtové postupy (ISO 52016-1: 2017)

MERANIE DIFÚZNEHO SLNEČNÉHO ŽIARENIA A JEHO VPLYV NA HAM SIMULÁCIU

Peter Juráš¹

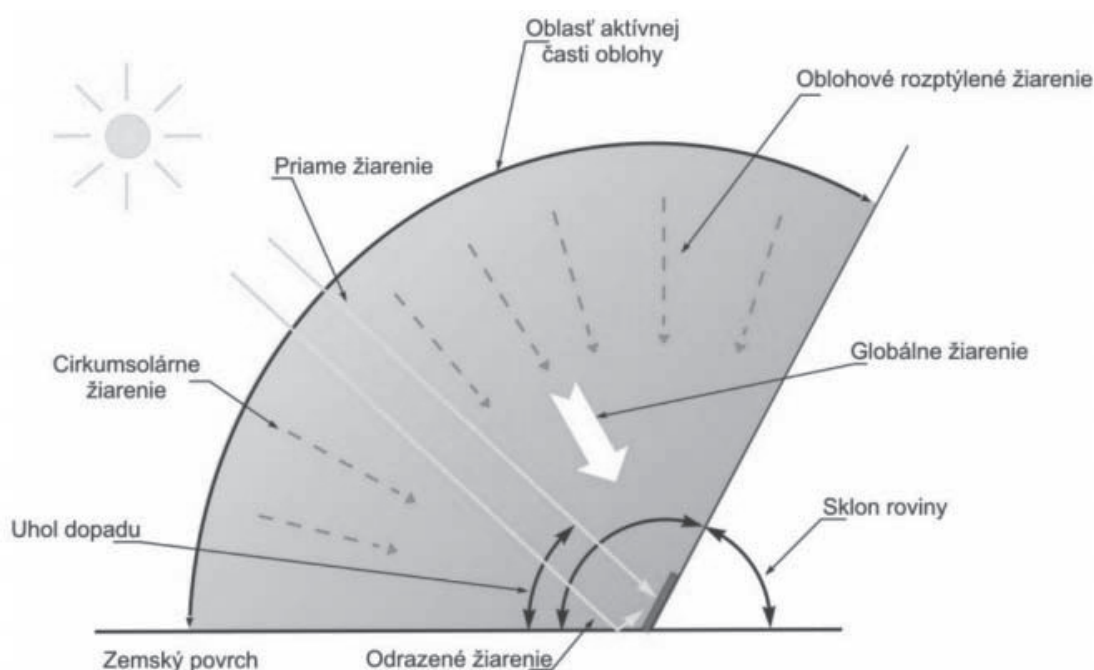
Abstract

With advance in the numerical simulation models need for more accurate outdoor boundary conditions is nowadays higher than before. With influence of the urban heat islands, measured climate on the meadows, far from paved surfaces creates uncertainty in the simulation. Another problem is the modelling of solar radiation impact on the surface temperatures. Solar radiation heats up the surface of the structure and increase the speed of vapor transport. To obtain correct results, global and diffuse solar radiation is needed in the HAM software. In this paper, influence of the diffuse part of solar radiation is analyzed.

Úvod

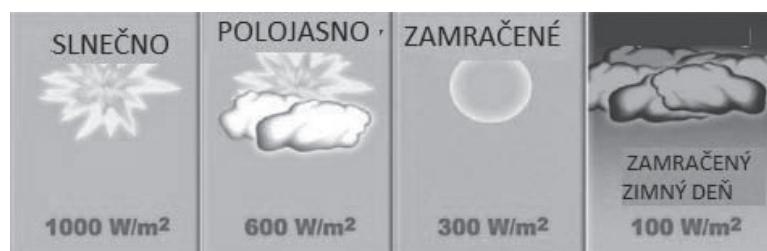
Rozvoj vedeckého poznania v oblasti stavebnej fyziky, aerodynamiky, osvetlenia a ďalších vedných odborov v teórii konštrukcií pozemných stavieb, spolu s presnejšími a zložitejšími simulačnými modelmi, prináša potrebu väčšieho rozsahu a častejších meraní vonkajšej klímy. V tomto príspevku bude na príklade ukázaný vplyv a potreba merania difúznej zložky slnečného žiarenia.

Krátkovlnné slnečné žiarenie, nazývané globálne, sa skladá z dvoch zložiek - priamej a difúznej. Ich aktuálny pomer sa líši najmä v závislosti od oblačnosti, či je difúzna zložka rozptýlená vo vyššej výške, atď. Tak isto prechod slnečných lúčov ovplyvňujú fyzikálne vlastnosti atmosféry. Dopadajúce žiarenie na dané miesto v závislosti od sklonu roviny je znázornené na obr. 1. Bežne dosahované hodnoty globálneho slnečného žiarenia (ďalej GR) pri rôznej oblačnosti a ročnom období (výška slnka nad horizontom) sú znázornené na obr. 2.



Obr. 1 Globálne slnečné žiarenie dopadajúce na rovinu pod určitým sklonom rozdelené na priamu a difúznu zložku [1].

¹ Ing. PhD., Peter Juráš, Katedra pozemného staviteľstva a urbanizmu, Stavebná fakulta, Žilinská Univerzita, Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina, peter.juras@fstav.uniza.sk

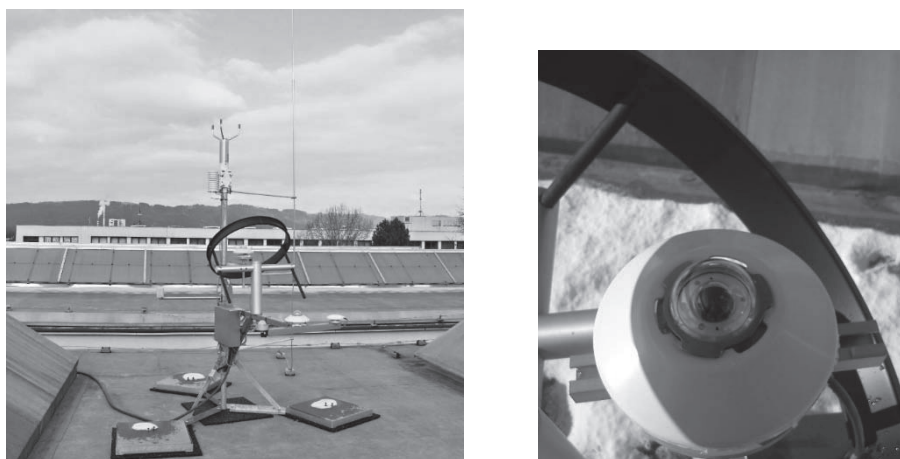


Obr. 2 Dosahované hodnoty globálneho slnečného žiarenia počas rôznych dní.

Na meranie krátkovlnného žiarenia sa používa pyranometer. Meranie globálneho žiarenia je pomocou neho relatívne jednoduché a v súčasnosti ho merajú napríklad všetky automatické meteorologické stanice patriace do siete Slovenského Hydrometeorologického ústavu [2]. S meraním difúznej zložky je to o poznanie horšie. Táto zložka sa meria takisto pomocou pyranometra, ktorý ale musí byť vybavený tieniacim prstencom. Vzhľadom na to, že sa výška slnka nad horizontom počas roka mení, musí byť tento prstenec najčastejšie nastavovaný ručne každé dva až tri dni. Ďalšia možnosť je meranie pomocou solárneho trackeru (sledovača). Tento prístroj funguje plne automaticky a meria priame slnečné žiarenie pomocou pyréliometra a difúznu zložku pyranometrom, pri ktorom je slnko zakryté tieniacou guľou namiesto prstenca. Takéto zariadenie je však veľmi drahé a v našich podmienkach aj raritné (má ho napr. špecializované pracovisko SHMÚ - Aerologické a radiačné centrum v Gánovciach). Difúznu zložku slnečného žiarenia (ďalej DR) meria SHMÚ iba v piatich lokalitách. Keďže pre potreby simulácií je rozsah tohto merania značne obmedzený, katedra Pozemného staviteľstva a urbanizmu Stavebnej fakulty Žilinskej univerzity disponuje vlastnou meteorologickou stanicou, ktorá meria globálne aj difúzne slnečné žiarenie. S miestnymi rozdielmi mikroklímy v mestách v súvislosti s mestskými tepelnými ostrovmi je dôležité mať meteostanicu blízko k miestu realizovanej simulácie, pretože rozdiely pri použití najbližšej meteostanice môžu byť výrazné [3].

Meteostanica

Pracovisko sa venuje meraniu vonkajšej klímy dlhodobo (od roku 2013) [4], od roku 2017 je k dispozícii unikátna skupina fasádnych meteostaníc na budove Výskumného centra [5] a takisto nová meteostanica, ktorá umožňuje aj meranie difúznej zložky (Obr. 3). Práve meranie z minulosti a problematika simulácií experimentálnej steny [6] bol dôvod rozšírenia meraných veličín o DR a takisto dlhovlnné žiarenie pomocou pyrgeometra. Dlhovlnné žiarenie vo forme chladného sálania z vesmíru počas jasných nocí spôsobuje ochladzovanie povrchov pod úroveň okolitého vzduchu a možnú kondenzáciu na povrchu. Zoznam klimatických činiteľov a poloha meteostanice je uvedená v tab. 1.

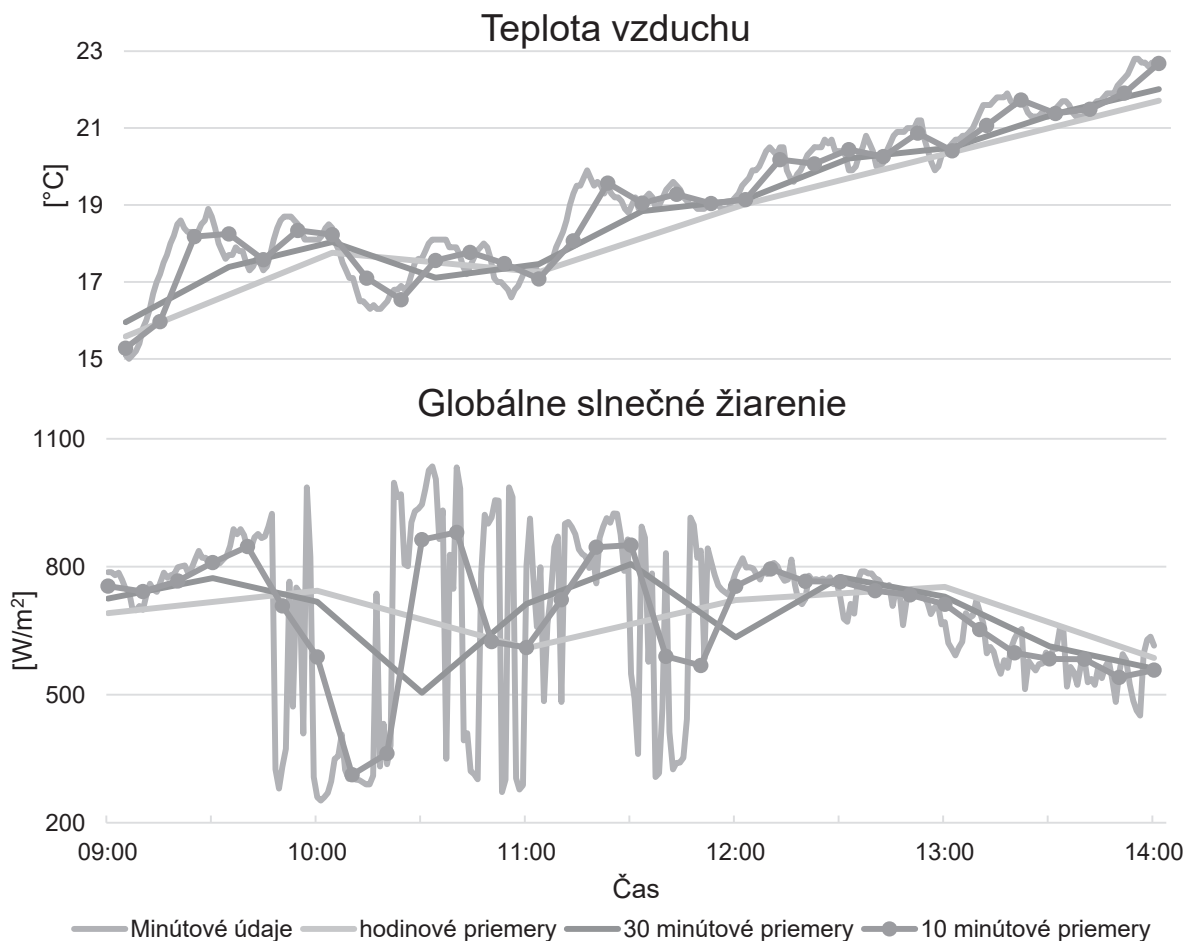


Obr. 3 Pohľad na meteostanicu a detail pyranometra s tieniacim prstencom pre meranie difúznej zložky globálneho slnečného žiarenia (kupola je chránená pred priamym slnečným žiarením).

Tab. 1 Presná poloha meteostanice a merané klimatické veličiny

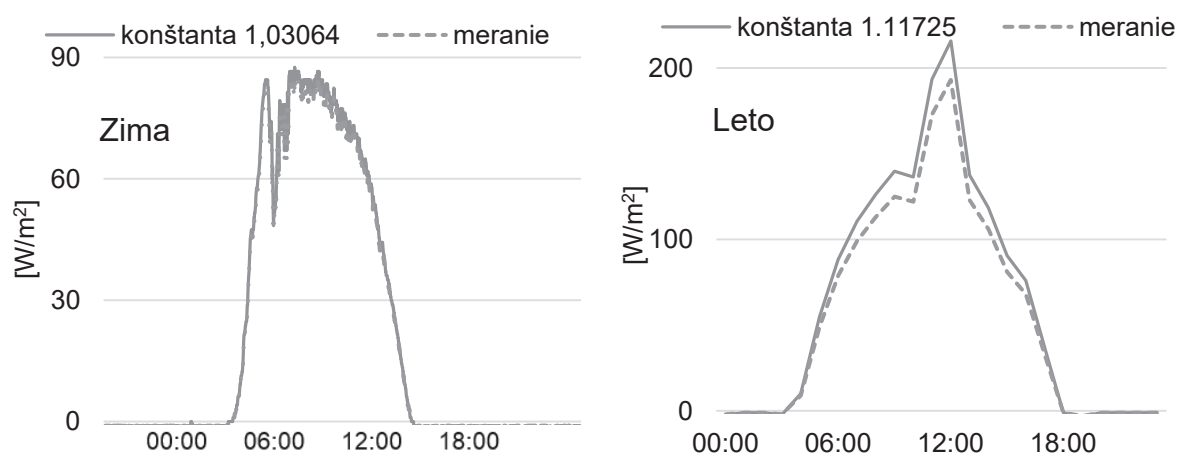
Zemepisná dĺžka	Zemepisná šírka	Nadmorská výška [m]
18° 45' 23.6''	49° 12' 8.26''	386,44
Meraná veličina	fyzikálna jednotka	názov snímača
Teplota	[°C]	odporový teplomer
globálne slnečné žiarenie 285 - 3000 nm	[W/m ²]	pyranometer
difúzne slnečné žiarenie	[W/m ²]	pyranometer
dlhovlnné slnečné žiarenie 3 - 50 μm	[W/m ²]	pyrgeometer
UV žiarenie 315 - 400 nm	[mW/cm ²]	UV meter
relatívna vlhkosť vzduchu	[%]	vlhkosťný snímač
atmosférický tlak vzduchu	[hPa]	tlakomer
rýchlosť vetra	[m/s]	ultrasonický
smer vetra	[°]	anemometer
množstvo atmosférických zrážok	[mm/m ²]	lodičkový zrážkomer

Meteostanica zaznamenáva merané veličiny v minútovom časovom kroku pre podrobnejšie meranie a možné analýzy klímy. Rozdiel medzi minútovými a hodinovými hodnotami sa často prejavuje pri viacerých veličinách, najmä pri vetre, čo je najpremenlivejší prvok pôsobiaci v hraničnej vrstve atmosféry. Takisto sa mení rýchlo aj slnečné žiarenie ovplyvnené pohybom oblakov po oblohe. Táto premenlivosť môže spôsobiť významný rozdiel pri používaní priemerovaných hodnôt. Príklad rozdielu je na obr. 4.



Obr. 4 Rozdiely medzi priebehmi teploty vzduchu a globálneho slnečného žiarenia pri použití rôznych priemerovacích časov

Meranie difúzneho žiarenia vyžaduje okrem pravidelného nastavovania tieniaceho prstenca aj korekciu meraných hodnôt. Tieniaci prstenec na rozdiel od tieniacej gule pri solárnom trackeri netieni iba slnko ale celý pás a tým znižuje časť oblohy z ktorej pôsobí na pyranometer difúzne žiarenie. Preto je potrebné merané hodnoty upraviť konštantou. Táto konštanta sa počíta podľa lokality a je rôzna počas roka. Najvyššiu hodnotu dosahuje v letnom období (viac ako 10%). Vplyv na denný priebeh je zobrazený na obr. 5.



Obr. 5 Korigovanie vplyvu tienenia časti oblohy prstencom a rozdiel medzi priebehmi počas zimného a letného dňa

Nestacionárna tepelno-vlhkostná simulácia

Na porovnanie vplyvu zadania rôznych okrajových podmienok (iba globálne žiarenie, resp. globálne aj difúzne) do simulačného programu boli použité výsledky merania povrchových teplôt pre jeden segment experimentálnej steny, ktorá je súčasťou výskumu realizovanom na pracovisku [7]. Na simuláciu nestacionárneho tepelno-vlhkostného stavu (HAM) bol použitý program WUFI Pro vo verzii 6.2 vyvinutý vo Fraunhoferovom inštitúte pre stavebnú fyziku v Nemecku [8]. Skladba použitej steny je uvedená v tab. 2 a pohľad na celú experimentálnu stenu na obr. 6 s vyznačením použitého segmentu. Táto stena je orientovaná na juh. Pre vonkajšiu omietku (svetlý povrch) bol použitý faktor pohltivosti slnečného žiarenia 0,3, pri ktorom bola dosiahnutá najlepšia zhoda z hľadiska priebehu teplôt.

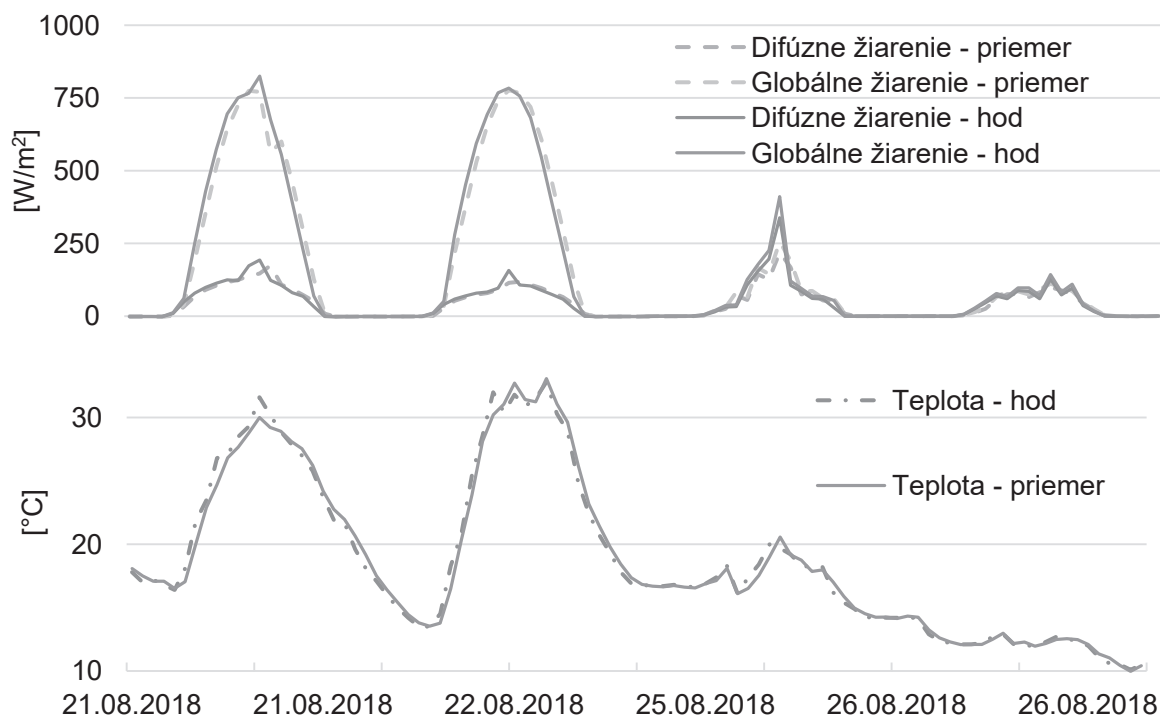
Tab. 2 Skladba použitého segmentu pre HAM simuláciu

Stĺpková konštrukcia	Akrylátová omietka	Drevotlákňitá MDF doska	Minerálna vlna	Parozábrana	OSB doska
Hrúbka [mm]	4	100	220	-	12

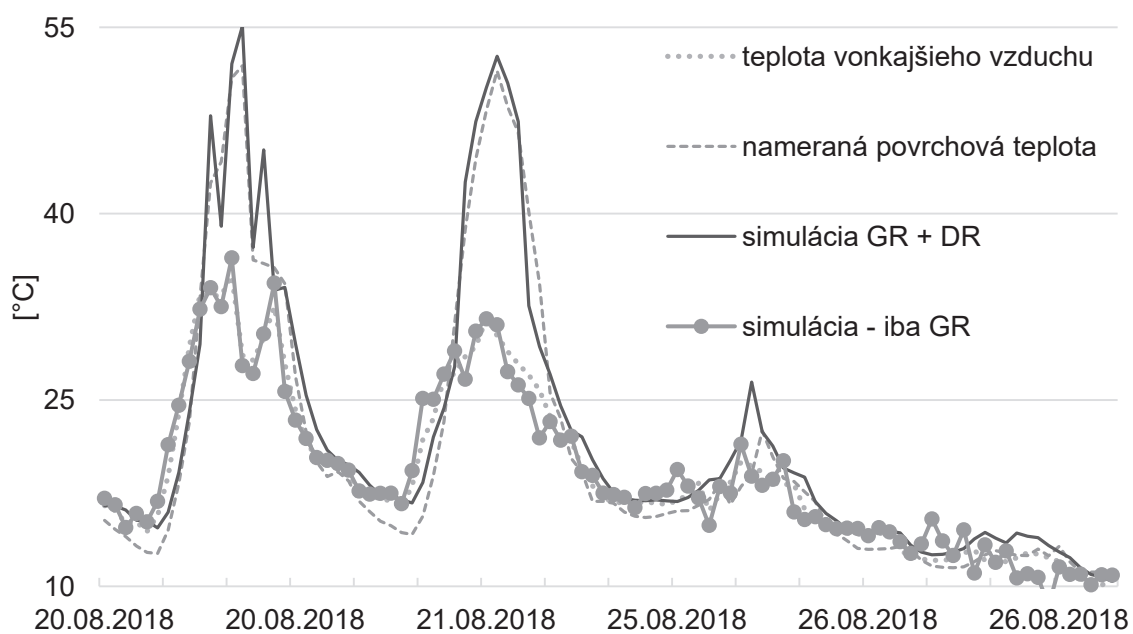


Obr. 6 Pohľad na celú experimentálnu stenu s južnou orientáciou. Použitý segment je označený šípkou

Pre simuláciu boli vybrané štyri letné dni, 20 a 21. august 2018, a 25 a 26. august 2018. Prvé dva dni bolo jasno, bez oblakov, druhá dvojica bola polooblačná. Na obr. 7 sú znázornené priebehy globálneho a difúzneho slnečného žiarenia a teploty vonkajšieho vzduchu. Všetky veličiny boli namerané meteostanicou opísanou v tomto článku. V grafoch sú takisto porovnané hodinové priemery (z minútových údajov) a hodinové hodnoty (jedna hodnota zaznamenaná za hodinu).



Obr. 7 Okrajové podmienky vonkajšej klímy pre použitie v HAM simulácii. Dva slnečné a dva zamračené dni.



Obr. 8 Priebehy teplôt na vonkajšom povrchu steny. Porovnanie nameranej teploty a výsledkov simulácie (použitie globálneho a difúzneho žiarenia a pri použití iba globálneho žiarenia)

Záver

Ako ukazujú výsledky realizovanej simulácie, použitie difúznej zložky slnečného žiarenia zohráva podstatnú úlohu pokiaľ chceme dosiahnuť reálne výsledky simulácie. Ak do okrajových podmienok vo forme klimatického súboru hodinových údajov použijeme iba globálne slnečné žiarenie, program nedokáže stanoviť pomer medzi priamym a difúznym žiarením, laicky povedané nevie či bolo slnečno, polooblačno alebo zamračené. Tento fakt má veľký vplyv na povrchové teploty obvodového plášťa, nakoľko priamo dopadajúce priame slnečné žiarenie zohrieva povrch a následne má vplyv aj na urýchlenie transportu vlhkosti v stavebných konštrukciách. Teplejší povrch vplyva priaznivo na difúziu vodnej pary a vysušovanie stavebnej konštrukcie. Práve z dôvodu, aby nedošlo k nadhodnoteniu rýchlosti tohto odparovania vlhkosti z konštrukcie vplyvom vyšších povrchových teplôt, program počíta s teplotou vonkajšieho povrchu približne totožnou s teplotou vonkajšieho vzduchu. To počas slnečných dní vytvára významnú diskrepanciu, nakoľko sa denný rozkyv v letnom období môže pohybovať v rozmedzí 30 až 50 °C.

Pokiaľ teda chceme použiť simulačné programy pre nestacionárny tepelno-vlhkostný stav obalových konštrukcií, je nevyhnutné poznať difúznu zložku žiarenia. Pokiaľ by sme mali k dispozícii údaje o oblačnosti, ktoré sa uvádzajú vo forme pomeru zamračenia oblohy (napr. 0,5 - polooblačno, 1,0 zamračené), mohli by sme túto zložku aproximovať. V prípade, že používame krátkodobú simuláciu napríklad iba slnečných dní, je možné odhadnúť difúzne žiarenie vo rozsahu do 25 % z globálneho žiarenia [6]. Tento odhad ale nenahrádza presne namerané údaje na danej lokalite.

PodĎakovanie

Článok vznikol s podporou grantového projektu VEGA, č. 1/0945/16

Literatúra

- [1] KAŇUK, J., 2016: Geopriestorové modelovanie slnečného žiarenia na rôznych rozlišovacích úrovniach. Habilitačná práca. VŠB – Technická univerzita, Ostrava, Česká republika, 121 s.
- [2] Slovenský Hydrometeorologický ústav, www.shmu.sk.
- [3] ŠTAFENOVÁ, D., PONECHAL, R. Comparison of meteorological climate data sets from Greater Žilina and their influence on temperatures within the experimental wall. In: Buildings and environment - energy performance, smart materials and buildings. Zurich: Trans Tech Publications, 2017. ISBN 978-3-0357-2070-9, s. 327-334.
- [4] ŠTAFENOVÁ, D. et al.: Climate data processing for needs of energy analysis. In Advanced Materials Research 1041/2014, pg. 129-134, ISSN 1022-6680.
- [5] JURAS, P. - PONECHAL, R.: Tvorba komplexného systému monitorovania vonkajšej klímy v okolí administratívnej budovy. In: Tepelná ochrana budov 2017 , 19. medzinárodná konferencia : 25.-26. máj 2017, Vysoké Tatry - Štrbské Pleso, Slovenská republika. - [Bratislava]: BB Print, 2017. - ISBN 978-80-89627-07-3. - S. 145-150.
- [6] JURAS, P. - PONECHAL, R.: Measurement of Lightweight Experimental Wall and Comparison with Different Simulation Programs. In Applied Mechanics and Materials 820/2016, pg. 262-269. ISBN 978-3-03835-689-9
- [7] ŠTAFENOVÁ, D. et al.: Intention, principle, outputs and aims of the experimental pavilion research of building envelopes including windows for wooden buildings. In: Civil and environmental engineering: scientific technical journal. - ISSN 1336-5835. - Vol. 13, no. 1 (2017), s. 42-51.
- [8] WUFI Pro software, www.wufi.de

PROBLEMATIKA LETNÉHO PREHRIEVANIA V BUDOVÁCH S TAKMER NULOVOU POTREBOU ENERGIE

Radoslav Ponechal¹

Abstract

At first the paper deals with the issue of summer overheating from the perspective of current legislation and standard requirements. Based on an overview of the issues solved in Slovakia and abroad, it highlights the main factors causing thermal discomfort due to summer overheating in buildings with nearly zero energy consumption. It compares a simple calculation tool with more complex simulation calculation. In this contexts, it evaluates how the different distribution of internal heat gains into individual hours of the day can affect the course of internal air temperature.

Úvod

Podľa meraní SHMÚ bol uplynulý rok nielen historicky najteplejším na viacerých miestach Slovenska, ale obsahoval aj dlhé série relatívne veľmi teplých dní [1]. Navyše historicky najteplejšie roky sú kumulované do posledných piatich rokov. Vzhľadom k tomu, že tepelná pohoda v interiéri budov je silne ovplyvnená teplotou vonkajšieho vzduchu, výskyt dlhších súvislých sérií neobyčajne teplých dní môže predstavovať obzvlášť zaťažujúci teplotný stres. Ten má významný dopad na spoločenskú sféru a fungovanie vyspelej spoločnosti. Z toho dôvodu by mala byť otázka zachovania podmienok tepelnej pohody v interiéri v letnom období v budúcnosti rovnako dôležitá, ako hygienické kritérium či kritérium výmeny vzduchu.

Normy a legislatíva

Problematiku tepelnej pohody v letnom období upravuje na Slovensku viacero noriem a predpisov. Norma STN 73 0540: 2012 [2] obsahuje kritérium pre najvyšší denný vzostup teploty v letnom období. V kritickej miestnosti je potrebné preukázať najvyššiu teplotu vzduchu v letnom období. Ďalej sú tu uvedené ďalšie podmienky týkajúce sa spôsobu ako toto kritérium splniť, teda využitie vplyvu zotrvačnosti stavebných konštrukcií a tienenie transparentných konštrukcií. Norma upravuje aj podiel plochy zasklených konštrukcií vzhľadom na podlahovú plochu miestnosti podľa orientácie na svetové strany.

Výpočet najvyššej teploty vzduchu v letnom období sa vykonáva podľa STN EN ISO 13792 pri použití okrajových podmienok z STN 730540: 2012. Norma STN EN ISO 13792 bola v roku 2018 nahradená normou STN EN ISO 52016-1 [3], ktorá vyšla zatiaľ len v anglickej verzii, čo mierne komplikuje jej použitie. Táto norma už neuvádza žiadnu zjednodušenú metódu na výpočet dynamických charakteristík miestnosti, ako bola napríklad metóda tepelnej prijímavosti. Uvádza len zložitejšiu všeobecnú hodinovú výpočtovú metódu. Vyhodnocuje sa operatívna teplota, nie vzostup teploty vzduchu. Tento výpočet je založený na opakovanom riešení sústavy bilančných rovníc tepelnej rovnováhy v jednotlivých časových krokoch. Rovnice tepelnej rovnováhy sú zostavované pre vnútorný vzduch v miestnosti a pre konštrukcie ohraničujúce riešenú zónu. Pre každú netransparentnú konštrukciu sa vytvára minimálne päť bilančných rovníc a pre transparentnú minimálne dve. Počet rovníc zodpovedá počtu uzlových bodov v ktorých je riešená teplota a tepelný tok. Výhodou nového postupu výpočtu letného prehrievania miestnosti je okrem spresnenia výsledkov tiež zásadné rozšírenie možnosti zadávania transparentných konštrukcií a ich tienenia pevnými alebo pohyblivými tieniacimi prekážkami. Teda okrem zjednodušeného spôsobu pomocou zmenšovacích faktorov tienenia je možné použiť konkrétne parametre okna a tieniaceho zariadenia v súlade s STN EN ISO 52022-1 [4]. Pri pohyblivej tieniacej

¹ Ing. PhD., Radoslav, Ponechal, Stavebná fakulta, Žilinská univerzita v Žiline, Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina, radoslav.ponechal@fstav.uniza.sk

technike norma STN EN ISO 52016-1 predpisuje implicitné nastavenie (z prílohy G tejto normy) ale je možné simulovať jej polohu aj na základe intenzity osvetlenia, dopadajúceho žiarenia, operatívnej teploty, časového harmonogramu a podobne. Tak isto je možné určiť korekciu priepustnosti podľa uhlu dopadu slnečných lúčov na transparentnú konštrukciu alebo použiť štandardné hodnoty uvádzané v norme. Tienenie okolitou zástavbou sa zadáva presne pomocou ich azimutu a uhlovej výšky. Slnečné žiarenie pohltené zasklením sa pripočítava k hodnote celkovej priepustnosti zasklenia g .

Výpočet letného prehrievania hodinovou metódou môže využívať štandardné klimatické podmienky v hodinových intervaloch podľa STN EN ISO 15927-4 [5]. Priemerná teplota počas sekvencie s letným extrémom môže byť zhodná s návrhovou teplotou podľa STN EN 12831-1 [6]. Otázka je, aké miesto tu budú mať testovacie referenčné klimatické roky, využívané pre dynamické simulácie v minulosti. Slnečné žiarenie musí byť rozdelené na priamu a difúznu zložku. Pre výpočet tepelnej straty či zisku vetraním sa uvažuje teplota vonkajšieho vzduchu z klimatickej okrajovej podmienky. Podľa normy STN EN 12831-1 by sa mala vonkajšia teplota z referenčného miesta upraviť o korekciu na nadmorskú výšku a časovú konštantu budovy. Z viacerých štúdií je však známe, že vonkajšia teplota môže byť silno ovplyvnená hustotou zástavby. Teplota vonkajšieho vzduchu v blízkosti južne orientovanej fasády môže byť o niekoľko stupňov vyššia ako z merania meteostanicou na voľnom priestranstve. Na spresnenie výpočtu operatívnej teploty by bolo vhodné teplotu vonkajšieho vzduchu v denných hodinách mierne navýšiť.

Vypočítaná hodnota najvyššej teploty v letnom období je teoretická hodnota, reálne podmienky musia splniť požiadavky príslušných hygienických predpisov. Napríklad vyhláška Ministerstva zdravotníctva o podrobnostiach o ochrane zdravia pred záťažou teplom a chladom pri práci [7] uvádza v prílohe maximálne prípustné hodnoty operatívnej teploty. Pre ľahkú administratívnu prácu je to 27 resp. 28 °C.

Z praktického hľadiska sa vynára otázka, ktoré programové vybavenie je s normou STN EN ISO 52016-1 kompatibilné, teda aký výpočtový nástroj sa dá pre výpočet letného prehrievania využívať. V prvom rade je to skupina medzinárodne validovaným programov ako sú Trnsys, Esp-r, E-Plus, BSim a ďalšie. Program dostupný v slovenskom jazyku Simulace obsahuje balík Sloboda software 2018 [8].

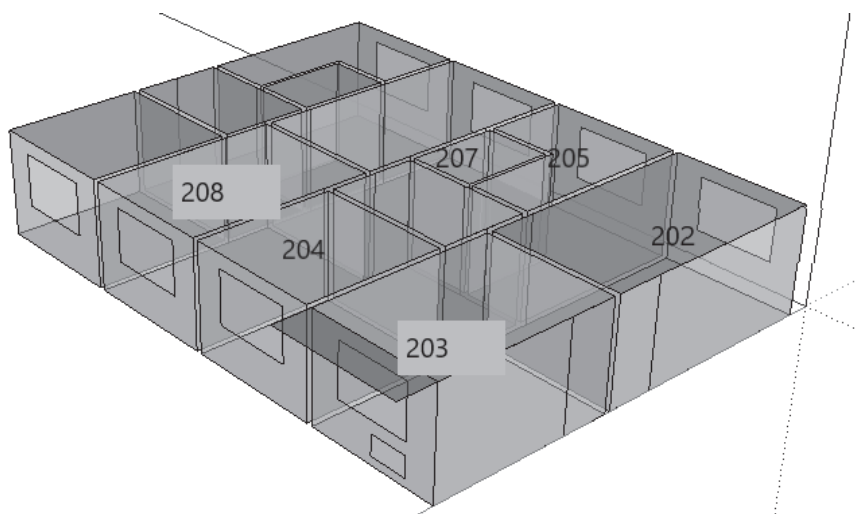
Pre odhad rizika prehrievania je možné využiť výpočet pomocou zjednodušeného indikátora, ktorý sa dá voľne preložiť ako ročná akumulovaná nadteplota. Výpočet vychádza z mesačnej metódy a spočítava nadteploty, ktoré vzniknú v jednotlivých mesiacoch roka.

Faktory ovplyvňujúce letné prehrievanie

Ku dnešnému dňu existuje veľké množstvo vedeckých štúdií, ktoré sa využívali hodinovú výpočtovú schému pre hodnotenie letného prehrievania. Na tomto mieste je potrebné spomenúť známu prácu prof. Bieleka s programom Julotta [9]. Samozrejme, zväčša len tie z posledných rokov hodnotili budovy s takmer nulovou potrebou energie. P. Thuory [10] použil simulačný software Esp-r, aby predpovedal dopad množstva aspektov na energetickú bilanciu nízkouhlíkových domov. Napríklad v relatívne dobre vetranej budove ($n=4,5 \text{ h}^{-1}$) dosiahol rozdiel v maximálnej hodnote operatívnej teploty 1°C v závislosti od veľkosti uvažovaných vnútorných tepelných ziskov. Tento rozdiel sa dosiahol len v budove s ľahkými konštrukciami, v budove s ťažkými konštrukciami bol rozdiel v dôsledku akumulácie tepla do konštrukcií menší. Hodnotil tu aj vplyv intenzity vetrania. Zo záverov simulačnej štúdie domu s takmer nulovou potrebou energie vykonanej autormi Nemeček a Kalousek [11] je možné vybrať nasledovné: tepelno-akumulačná hmota má v porovnaní s inými faktormi ako je vetranie a vonkajšie tienenie podstatne menší vplyv. Zdôrazňuje sa tu, že v dynamicky sa meniacich klimatických podmienkach a v dôsledku časovo premenného spôsobu prevádzky v budovách sa na akumulácii tepla účinne podieľa iba malá časť hrúbky stavebných konštrukcií. V tomto článku je vplyv vnútorných tepelných ziskov na letné prehrievanie zaradení na tretie miesto po vonkajšom tienení a vetraní. Preto by som sa mu chcel v ďalšej časti príspevku viac venovať.

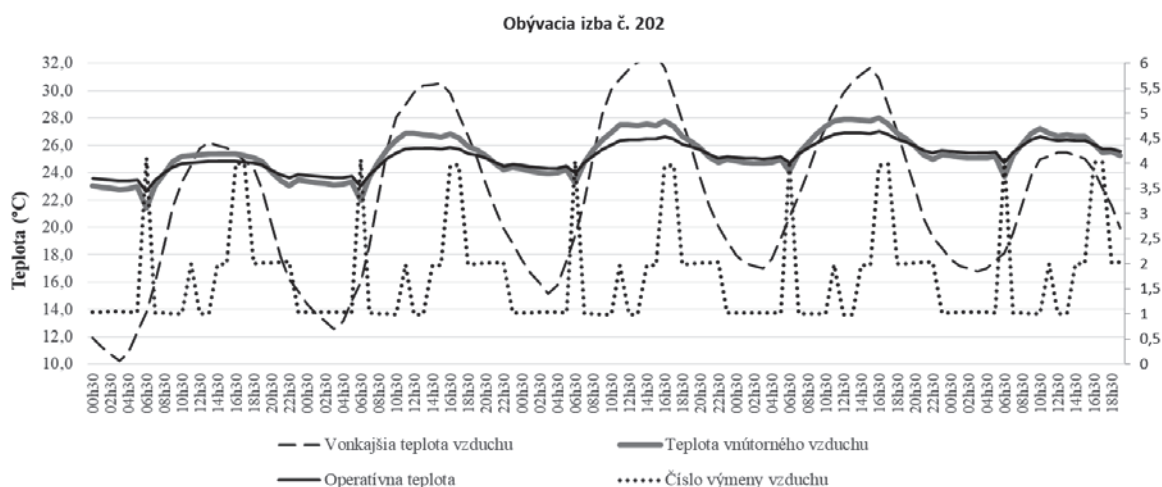
Vnúterné tepelné zisky

V zjednodušenom spôsobe hodnotenia letného prehrievania vystupuje hodnota tepelných ziskov v pomere ku tepelným stratám. Práve budovy s takmer nulovou potrebou tepla majú nízke tepelné straty vedením cez teplovýmenný obal. Sú teda citlivejšie na solárne a vnútorné tepelné zisky. Množstvo solárnych ziskov je dané konkrétnym riešením protislnečnej ochrany. Množstvo vnútorných tepelných ziskov sa ale nedá jednoznačne stanoviť a závisí od konkrétnej prevádzky v budove. S cieľom vyhodnotiť viaceré spôsoby zadávania vnútorných tepelných ziskov na výsledky simulácie prehrievania sa vytvoril model medziľahlého podlažia bytového domu sústavy T06B v programe EnergyPlus (obr. 1).



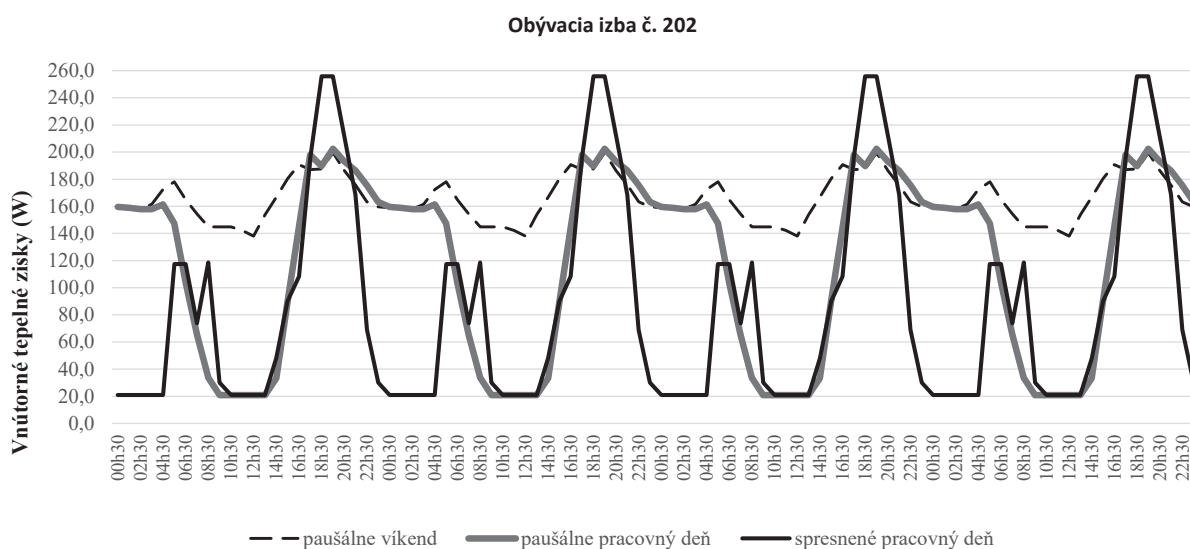
Obr. 1 Geometria simulačného modelu časti bytového domu

Obalové konštrukcie modelu tvorí panel z troskomezobetonu hrúbky 300 mm zateplený penovým polystyrénom hr. 200 mm a okná s tepelnoizolačným trojsklom a vnútorným tienením tkaninou. Vnúterné nosné steny sú zo železobetonu s hrúbkou 150 mm, priečky s hrúbkou 80 mm. Stropnú konštrukciu tvorí železobetonový panel hrúbky 120 mm. Skladbu podlahy tvorí penový polystyrén hrúbky 15 mm, betónová mazanina hrúbky 38 mm a podlahovina z PVC. Na obr. 2 je dokumentovaná intenzita vetrania a exteriérová teplota z klimatického roku pre mesto Ostrava. Okná v miestnosti 203, 204 a 208 sú orientované na východ.



Obr. 2 Graf priebehu operatívnej teploty v obývacej izbe

V augustový týždeň s extrémne teplým počasím teplota v interiéri, napriek nočnému vetraniu, zo dňa na deň stúpa. Nočné vetranie má priemernú intenzitu zodpovedajúcu oknu otvorenému vo ventilačnej polohe. Výmena vzduchu je v nočných hodinách vyššia ako cez deň, ale k intenzívnemu vetraniu otvorením okna dokorán dochádza len ráno. Výpočet sa spracoval pre tri rôzne rozvrhy vnútorných tepelných ziskov. Pri dvoch z nich, označené sú ako paušálne, sa rozvrh tvoril tak, že sa stanovila jednotná hodnota vnútorných ziskov pre všetky priestory v byte, vzťahnutá na jeden meter štvorcový podlahovej plochy miestnosti bytu. Tento prístup sa vyznačuje jednoduchosťou, pretože nesleduje v ktorej konkrétnej miestnosti sa ľudia nachádzajú, ale hodnotí ich prítomnosť v celej domácnosti. Jeden paušálny rozvrh reprezentuje situáciu, že obyvatelia nie sú v byte počas dňa prítomní (pracujúci), druhý naopak počíta s ich aktívnou prítomnosťou (víkendový). Na obr. 3 je okrem priebehu vnútorných tepelných ziskov z paušálneho rozvrhu ukázaný príklad možného spresneného zadávania ziskov pre obývaciu izbu. Denné množstvo vnútorných ziskov je oboch prípadoch rovnaké. Rozdiel je v tom, že pri paušálnom zadávaní sa časť ziskov z obývacej izby či kuchyne z dôvodu priemerovania virtuálne premiestni do chodby, spálne, alebo inej miestností s menšími ziskami. Priebeh vnútorných ziskov sa podľa zvoleného rozvrhu značne líši (obr.3). Režim obsadenosti v budovách na bývanie má tendenciu klesať v čase po raňajkách a stúpať v popoludňajších hodinách, keď sa ľudia vracajú z práce. V tab. 1 sú potom uvedené najvyššie dosiahnuté teploty v letnom období podľa použitého harmonogramu tepelných ziskov.



Obr. 3 Graf priebehu vnútorných tepelných ziskov

Tab. 1 Maximálne teploty z výpočtu letného prehrievania

		Vnútorné tepelné zisky		Vnútorné tepelné zisky		Vnútorné tepelné zisky	
		paušálne pracovný deň		paušálne voľný deň		spresnené pracovný deň	
		Teplota		Teplota		Teplota	
miestnosť	číslo m.	vzduchu	operatívna (°C)	vzduchu	operatívna (°C)	vzduchu	operatívna (°C)
obývacia izba	202	28,3	27,2	29,1	27,9	28,4	27,4
izba	203	27,9	26,7	28,4	27,4	27,7	26,5
izba	204	27,7	26,8	28,4	27,3	27,2	26,2
kuchyňa	205	29,1	27,7	29,9	28,6	30,2	28,6
kúpeľňa	207	26,8	26,4	27,6	27,3	28,4	27,3
spálňa	208	27,9	26,7	28,5	27,4	27,6	26,4

Diskusia

Z tab. 1 je zrejmé, že viac bude výpočet letného prehrievania ovplyvňovať veľkosť vnútorných tepelných ziskov ako ich rozloženie v byte. Výsledky výpočtu najvyššej operatívnej teploty so spresneným zadávaním vnútorných tepelných ziskov v čase a priestore sa veľmi neodlišujú od paušálneho zadávania. Najväčší rozdiel je v kuchyni. V tejto relatívne malej miestnosti sú veľké tepelné zisky z varenia a pečenia. Cez otvorené dvere však môže dochádzať k premiešavaniu vzduchu s ostatnými miestnosťami, čo je potom bližšie paušálnemu zadávaniu. Simulovať pohyb vzduchu medzi jednotlivými miestnosťami cez otvorené dvere síce simulačné nástroje umožňujú, ale je ťažké zostaviť model prúdenia vzduchu tak, aby bol za každých okolností reálny. Pre potreby projekčnej praxe je skôr vhodnejšie výpočet zjednodušovať, teda uvažovať so zatvorenými dverami a zisky zadávať paušálne.

Operatívna teplota je v tab. 1 najčastejšie o cca 1,0 °C nižšia ako teplota vzduchu. To znamená, že vypočítaná stredná sálavá teplota je vždy nižšia ako teplota vzduchu. K tomu prispieva aj efektívne vnútorné tienenie. Výpočet vnútorných povrchových teplôt úzko súvisí so správnym simulovaním prestupu tepla konvekciou a sálaním. Znížiť operatívnu teplotu pod 26 °C a zabrániť tak prehrievaniu by bolo pri tak veľkých vnútorných ziskom možné len po zmenení vnútorného tienenia okien a vonkajšie a zvýšení intenzity výmeny vzduchu v nočných hodinách na hodnoty zodpovedajúce dokorán otvorenému oknu.

Záver

V záujme lepšej zhody medzi výpočtom letného prehrievania (pomocou postupu opísaného v norme STN EN ISO 52016-1) a reálnou situáciou počas užívania je potrebné venovať zvýšenú pozornosť vstupným údajom do výpočtu. Ukazuje sa tiež potreba vytvoriť štandardný rozvrh vnútorných tepelných ziskov, a to pre každú kategóriu budovy. Existuje totiž rozdiel vo výslednej hodnote operatívnej teploty ak sa to isté množstvo ziskov rozloží rovnomerne do celého priestoru a času, ako keď sa bude kumulovať do určitých hodín dňa a do určitých najviac využívaných priestorov bytu. Podstatné rozdiely vo výsledkoch však vznikajú v dôsledku aplikácie rôznej veľkosti vnútorných tepelných ziskov. Použitie štandardného rozvrhu pre príslušnú kategóriu budovy uľahčí situáciu, tak ako to bolo v minulosti pri zjednodušenej metóde výpočtu denného vzostupu teploty. Inšpiráciu môžu byť niektoré rozvrhy používané v BIM programoch.

Príspevok vznikol za podpory grantového projektu agentúry VEGA 1/0945/16 s názvom Teória a tvorba energeticky úsporných a environmentálne vhodných obalových konštrukcií drevostavieb.

Literatúra

- [1] Pecho, J. – Markovič, L.: Posledné štyri roky boli globálne najteplejšie v histórii, aktualita SHMU, dostupné na <http://www.shmu.sk/sk/?page=2049&id=975>
- [2] STN 73 0540:2012 Tepelná ochrana budov. Tepelnotechnické vlastnosti stavebných konštrukcií a budov.
- [3] STN EN ISO 52016-1:2018 Energetická hospodárnosť budov. Výpočet potreby tepla na vykurovanie a chladenie, vnútorné teploty a citeľná a latentná tepelná záťaž. Časť 1: Výpočtové postupy.
- [4] STN EN ISO 52022-1:2018 Energetická hospodárnosť budov. Tepelné, solárne a svetelné vlastnosti stavebných konštrukcií a častí budov. Časť 1: Zjednodušená výpočtová metóda solárnych a svetelných charakteristík na zariadenia slnečnej ochrany kombinované so zasklením.
- [5] STN EN ISO 15927-4:2006 Tepelno-vlhkostné vlastnosti budov. Výpočet a uvádzanie klimatických údajov. Časť 4: Hodinové údaje na posúdenie ročnej potreby energie na vykurovanie a chladenie.

- [6] STN EN 12831-1:2019 Energetická hospodárnosť budov. Metóda výpočtu projektovaného tepelného príkonu. Časť 1: Tepelný príkon, Modul M3-3.
- [7] Vyhláška MZSR 99/2016 o podrobnostiach o ochrane zdravia pred záťažou teplom a chladom pri práci.
- [8] dostupné na <http://kcad.cz/cz/stavebni-fyzika/tepelna-technika/simulace/>
- [9] Bielek, M. :Budova a energia, Vydavateľstvo Vidas, Banská Bystrica, 1995, 214 s.
- [10] Tuohy, P – Clarke, J – Johstone, C: Strategies for low carbon buildings : Assessment of design options and the translation of design intent into performance in practice, dizertačná práca, vydala University Of Strathclyde, 2013, dostupné na <https://strathprints.strath.ac.uk/46722/>
- [11] Nemeček, M – Kalousek, M,: Vnitřní tepelná akumulace pasivních domů a letní tepelná stabilita, dostupné na <https://stavba.tzb-info.cz/pasivni-domy/13198-vnitri-tepelna-akumulace-pasivnich-domu-a-letni-tepelna-stabilita>

VÝZNAM HODINOVÉHO VÝPOČTOVÉHO KROKU V PROCESSE ENERGETICKEJ CERTIFIKÁCIE A STANOVENIA REÁLNYCH ÚSPOR ENERGIE PRI OBNOVE BUDOV DO ÚROVNE BUDOV S TAKMER NULOVOU POTREBOU

Jana Bendžalová¹; Simon Ligier²

Abstract

The EPB overarching standards EN ISO 52000-1 for calculation of energy performance of buildings and EN ISO 52016-1 for calculation of energy needs for heating and cooling depending on thermal envelope suppose the hourly calculation step for the EP of building calculation as the default option. Contribution deals with the cases when the hourly calculation step is important. The analysis is based on the results from the scale testing for energy performance of buildings assessment and energy savings calculation for renovation strategies towards NZEB using the hourly calculation step in the frame of proposal for Common European Voluntary Certificate for non-residential buildings in ALDREN project.

Úvod

Energetickou certifikáciou sa budova zatrieďuje do energetickej triedy na základe výpočtu energetickej hospodárnosti budovy (EHB). Nové verejné budovy po roku 2018 a všetky nové budovy po roku 2020 musia byť budovami s takmer nulovou potrebou energie (NZEB). Budova s takmer nulovou potrebou energie je definovaná dosiahnutím hornej hranice energetickej triedy A0. Energetické triedy sa preukazujú pri dokončení novej budovy alebo významnej obnovy a zaradenie do určitej energetickej triedy sa tiež požaduje pre rôzne finančné podpory. Podrobnosti o výpočte EHB upravujú slovenské právne predpisy: zákon č. 555/2005 Z. z. [2] a vyhláška MDVRR SR č. 364/2012 Z. z. [3]. Pre konkrétne výpočtové postupy a vstupné údaje sa legislatíva odkazuje na slovenské, európske a medzinárodné technické normy na EHB.

Časový krok pre výpočet energetickej hospodárnosti budovy

V národných výpočtových metódach na energetickú hospodárnosť budov sa dnes väčšinou používa mesačný výpočtový krok. V slovenskej legislatíve sa pre nebytové budovy požaduje mesačný krok a pre budovy na bývanie je možné použiť aj sezónny výpočtový krok.

Hodinový výpočtový krok je prednastavený ako odporúčaný v prílohe B v EN ISO 52000-1 [4] na výpočet dodanej a primárnej energie a tiež v EN ISO 52016-1 [5] na výpočet potreby tepla na vykurovanie a potreby chladu na chladenie. Výpočet v hodinovom kroku sa požadujú aj v návrhu na Spoločný európsky dobrovoľný certifikát pre nebytové budovy (EVC), ktorý je v procese návrhu v projekte ALDREN [7].

Elektrina z fotovoltiky ako OZE pre budovy s takmer nulovou potrebou energie

V budove s takmer nulovou potrebou energie musí byť takmer nulové alebo veľmi malé množstvo energie potrebné na jej užívanie zabezpečené vo vysokej miere energiou

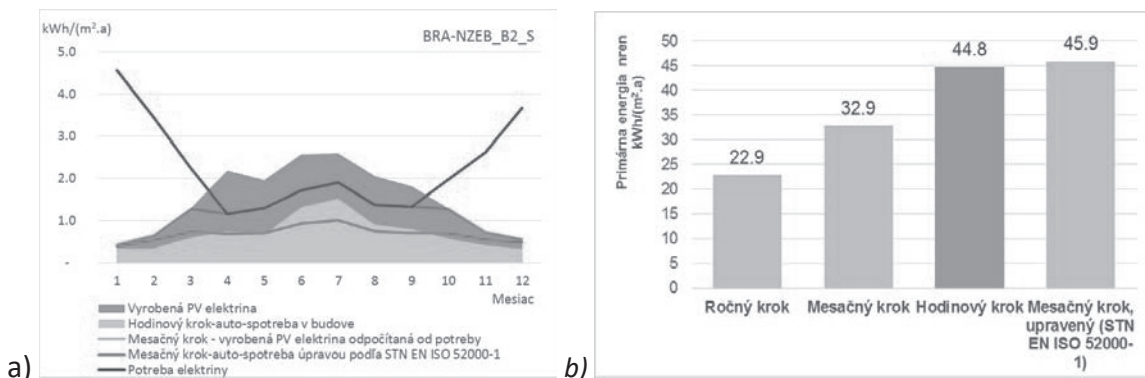
¹ Ing. Jana Bendžalová, PhD., ENBEE s.r.o., Palkovičova 5, 821 08 Bratislava, www.enbee.eu, e-mail: bendzalova@enbee.eu

² Simon Ligier, CSTB, 84 av. Jean Jaurès, 77447 Champs-sur-Marne, Francúzsko, e-mail: Simon.LIGIER@cstb.fr

dobrou z obnoviteľných zdrojov energie (OZE) nachádzajúcich sa v budove alebo v jej blízkosti. Fotovoltická (PV) elektrická energia je jedným z OZE vhodným na dosiahnutie energetickej triedy A0 a splnenie minimálnych požiadaviek na NZEB. Zároveň mnohé krajiny EÚ, vrátane Slovenska, chcú obmedziť nekontrolovateľnú výrobu elektrickej energie a jej odvádzanie do siete. Stáva sa tak dôležitou otázkou spotreby vyrobenej elektriny v budove (auto-spotreba) bez exportu do siete.

V súlade s niektorými inými krajinami, podľa slovenskej legislatívy len energiu vyrobenú z OZE a spotrebovanú v budove je možné započítať do zlepšenia EHB. Kompenzácia medzi rôznymi energetickými nosičmi nie je povolená. Výpočtový krok, v ktorom sa vyrobená energia odpočíta od potreby energie môže byť mesačný, alebo sezónny. Na obr. 1 b) sú porovnané hodnoty globálneho ukazovateľa EHB primárnej energie pri rôznom časovom kroku započítania vyrobenej PV elektrickej energie.

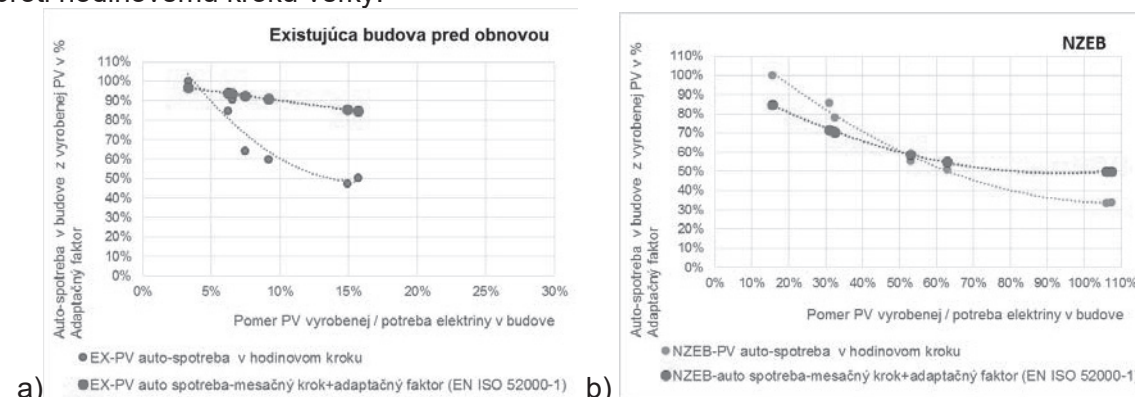
Odpočítaním celej ročnej alebo mesačnej vyrobenej PV elektrickej energie od ročnej alebo mesačnej potreby elektriny v budove sa predpokladá kompenzácia potreby elektriny v zime elektrinou vyrobenou v lete (obr. 1a)), alebo kompenzácia potreby elektriny v noci vyrobenou elektrinou cez deň. Tento postup neodráža realitu a môže viesť k nadhodnoteniu využitia fotovoltickej elektrickej energie v budove a nadhodnoteniu úspor nákladov v prípade, ak dodávka elektriny do siete nie je pre vlastníka budovy žiadnym finančným prínosom.



Obr. 1 Príklad vplyvu výpočtového kroku pre započítanie PV elektrickej energie na globálny ukazovateľ primárnu energiu. Zdroj: projekt ALDREN [7]

Na obr. 1 vidno výrazné nadhodnotenie významu využitia PV elektriny v budove pri použití ročného a mesačného kroku oproti reálnej potrebe elektriny stanovenej v hodinovom kroku, keď sa vyrobená PV elektrina odpočíta od potreby elektriny v rovnakej hodine.

Výpočet na základe mesačného kroku s uplatnením korekcie "adaptačným faktorom" podľa STN EN ISO 52000-1 [4] vedie v príklade na obr. 1 b) k približne rovnakému výsledku ako pri hodinovom kroku. Ako však vidno na obr. 2, korekcia podľa STN EN ISO 52000-1 [4] je vhodná pre budovu v úrovni NZEB, pre budovy s horšími vlastnosťami je však rozdiel oproti hodinovému kroku veľký.



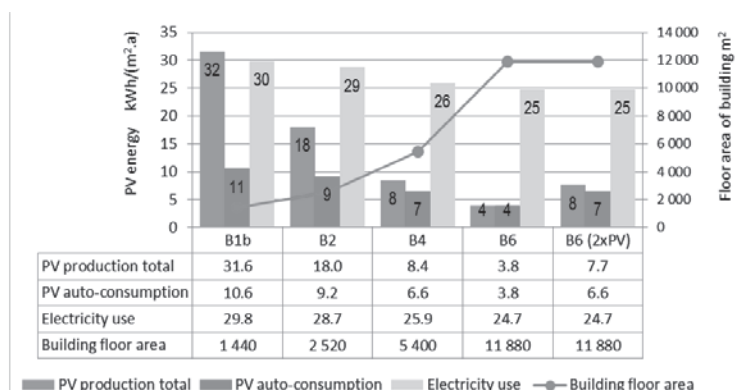
Obr. 2 Porovnanie podielu vyrobenej PV elektriny spotrebovanej v budove v hodinovom kroku a v mesačnom kroku s korekciou podľa STN EN ISO 52000-1 pre dve úrovne kvality budovy Zdroj: [7]

Podobne, ako aj ďalšie korekčné koeficienty používané v mesačnej metóde pre priblíženie sa k dynamickému správaniu budovy (napr. faktor využitia tepelných ziskov), aj tento korekčný faktor je vhodný len pre určité typické prípady, nie pre všetky. ALDREN EVC pre nebytové budovy používa len metódu výpočtu založenú na hodinovom kroku, ktorá zabezpečí reálne stanovenie úspor energie po obnove.

Optimálny návrh výroby fotovoltaickej elektriny pre spotrebu v budove

Príklad na obr. 3 znázorňuje administratívne budovy rôznych veľkostí približne v úrovni NZEB, pričom rovnaká veľkosť PV panelov je inštalovaná na budovách B1b až B6 a dvojnásobná na budove B6 (2xPV).

Porovnanie vyrobenej PV elektriny a elektriny spotrebovanej v budove ukazuje, že optimálny návrh panelov je pre budovu B6, v ktorej sa 100 % vyrobenej PV elektriny spotrebúje v budove. V tomto prípade je pomer ročnej výroby k ročnej potrebe v budove malý (približne 15%) a vplyv na energetickú triedu teda nie je veľký. Inštalácia PV nie je dostatočná na dosiahnutie energetickej triedy A. Riešenia, pri ktorých sa dosiahne energetická trieda A, pravdepodobne nie sú nákladovo efektívne pre vlastnú spotrebu v budove, výroba PV elektriny je pre vlastnú potrebu v budove predimenzovaná.

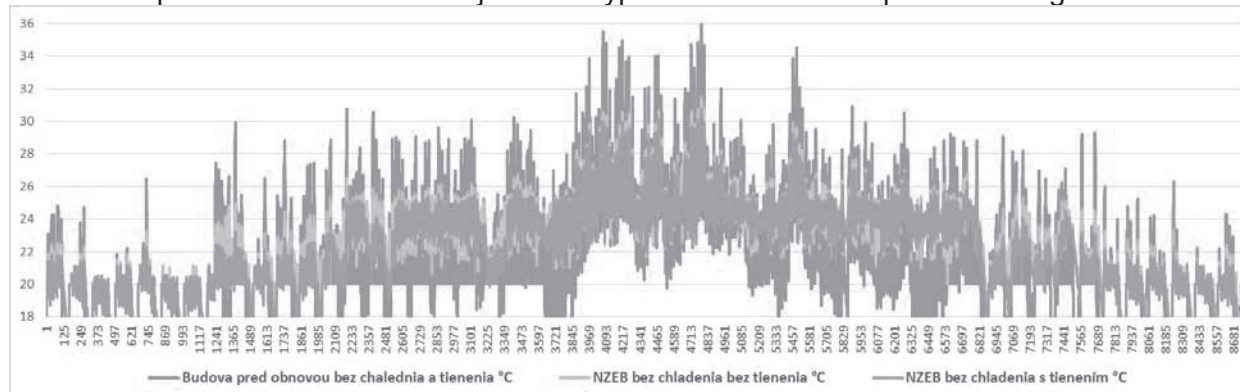


Indicator	B1b	B2	B4	B6	B6 (2xPV)
PE_{nren} (PV auto-consumption) kWh/(m ² .a)	44.3	44.8	44.5	48.0	41.7
ALDREN energy class	A	A	A	B	A
PV auto-consumption %	33%	51%	78%	100%	86%

Obr. 3 Optimálny návrh výroby PV elektrickej

Vnútročné prostredie

Smernica o EHB [1] požaduje, aby sa potreba energie stanovila pri dodržaní kvality vnútorného prostredia. Pri mesačnom kroku výpočtu je ťažké preukázať túto požiadavku dokonca aj z hľadiska základnej požiadavky na tepelný stav vnútorného prostredia. Budova bez chladenia sa môže javiť ako lepšia. Pomocou hodinového kroku výpočtu sa požadovaná vnútorná teplota zachováva v každej hodine výpočtu a odráža sa v potrebe energie.



Obr. 4 Príklad vnútornej operatívnej teploty v hodinovom intervale rovnakej budove s rôznou kvalitou tepelnej ochrany a systémov (existujúca budova, NZEB bez tienenia, NZEB s tienením) Zdroj: projekt ALDREN [7]

V hodinovom kroku je možné posúdiť vnútorné prostredie budovy zaradením do kategórie úrovne vnútorného prostredia podľa intervalov, ktoré sú definované v EN 16798-1:2018 [6], ako je uvedené v príklade v tab. 1. Hodinový krok umožňuje tiež optimalizáciu chladiaceho systému a tienenia slnečného žiarenia.

Tab. 1 Príklad vyhodnotenia vnútornej operatívnej teploty na základe % prevádzkových odín mimo požadovaných intervalov pre triedy kvality vnútorného prostredia podľa EN 16798-1 [6]

Kategória vnútorného prostredia / Stav budovy	Chladienie			
	I	II	III	IV
	23.5-25.5 °C	23-26 °C	22-27 °C	21-28 °C
Budova pred obnovou bez chladenia a tienenia	88	65	38	25
NZEB bez chladienia bez tienenia	74	38	22	13
NZEB bez chladienia s tienením	68	34	19	11

Projekt ALDREN [7] poskytne indikátor pre komplexné hodnotenie vnútorného prostredia nebytových budov (administratívne budovy, hotely) z rôznych hľadísk ako akustika, osvetlenie, kvalita vnútorného vzduchu, vrátane tepelného komfortu.

Záver

Hodinový krok prináša zlepšenie započítania systémov závislých od dynamických podmienok (PV, tepelné čerpadlá) a určenie reálnych energetických potrieb budovy v porovnaní s mesačnou alebo sezónnou metódou. Umožňuje správny návrh systémov (napr. tienenie, sklon a orientácia PV panelov podľa časti dňa s hlavnou spotrebou energie). Postup s hodinovým krokom výpočtu je explicitný a flexibilný, pričom nepotrebuje oveľa viac vstupných údajov a umožňuje presnejšie optimalizovať riešenia.

Vplyv výpočtového kroku na započítanie OZE na globálny ukazovateľ je významný a postup určený v legislatíve má vplyv na splnenie požiadaviek na dosiahnutie energetických tried. Výsledky ukazujú, že pri optimálnom návrhu PV panelov medzi 5 a 15 % ročnej potreby elektrickej energie má PV elektrina malý vplyv na energetickú triedu, ak sa započítava len vyrobená energia spotrebovaná v budove v hodinovom kroku. Analýzy sú založené na výsledkoch výpočtu s hodinovým krokom pre testovanie škály pre návrh Spoločného Európskeho dobrovoľného certifikátu pre nebytové budovy v spolupráci s francúzskym CSTB (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment), koordinátorom projektu ALDREN [7]. Certifikát má všetky náležitosti podľa Smernice o EHB čl. 11 [1] a má ambíciu poskytnúť pre existujúce certifikačné schémy (národné a dobrovoľné) nástroj pre špecifické prípady, napríklad dotácie na obnovu nebytových budov. Hlavné výhody sú: zavedenie hodinového výpočtového kroku, priblíženie k reálnej spotrebe výpočtom pre klimatické podmienky konkrétnej polohy budovy, harmonizovaný výpočet podľa EPB noriem z M/480 (zohľadnenie všetkých výrobkov na trhu rovnakým spôsobom), porovnateľné indikátory EHB a ich zosúladenie s existujúcimi schémami (napr. DGNB, HQE, IVE), uvádzanie kvality vnútorného prostredia zároveň s EHB, overenie nameranou spotrebou energie a pasport s dlhodobým plánom obnovy budovy, ako doplnok k energetickému certifikátu.

Literatúra

- [1] Smernica EP a Rady 2010/31 / EÚ z 19. mája 2010 o EHB, v znení Smernice EP a Rady (EÚ) 2018/844 z 30. mája 2018, ktorým sa mení a dopĺňa smernica 2010/31 / EÚ o EHB,
- [2] Zákon č. 555/2005 Z. z., o EHB a o zmene a doplnení niektorých zákonov, v znení neskorších predpisov
- [3] Vyhláška MDVRR SR č. 364/2012 Z.z., ktorou sa vykonáva zákon č. 555/2005 Z.z. o EHB a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov
- [4] EN ISO 52000-1: 2017 - Energy performance of buildings — Overarching EPB assessment — Part 1: General framework and procedures, <https://epb.center/>
- [5] EN ISO 52016-1: 2017 - Energy performance of buildings — Energy needs for heating and cooling, internal temperatures and sensible and latent head loads — Part 1: Calculation procedures, <https://epb.center/>
- [6] EN ISO 16798-1: 2018 - Energy performance of buildings — Part 1: Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics, <https://epb.center/>
- [7] ALDREN, Projekt Horizont 2020, výskumný a inovačný program EÚ, www.aldren.eu

STABILITA TEPELNĚ AKUMULAČNÍCH SYSTÉMŮ NA BÁZI PCMS

Milan Ostrý¹; Sylva Bantová²

Abstract

Latent heat storage systems represent advanced storage technology with significantly higher storage capacity compared to sensible heat storage. Phase change materials (PCMs) are latent heat storage media with high storage density per volume or weight. The main disadvantage of latent heat storage systems is higher investment cost which is influenced by the cost of PCMs and their encapsulation. Therefore, the stability of these units during proposed service life is very important. Paper brings new findings focused on the compatibility between selected PCMs and proposed materials of container. Two organic based PCMs and two inorganic PCMs with three plastics were selected for compatibility test. Generally, organic based PCMs can be recommended for combination with PVC-U, inorganic PCMs are suitable for encapsulation in PP-H, PE-HD and PVC-U.

Úvod

O instalaci systému využívajícího akumulaci tepla při změnách skupenství se uvažuje zpravidla v situaci, kdy není k dispozici dostatečný prostor pro instalaci zásobníku pro akumulaci citelného tepla. Dalším důvodem může být fakt, že je potřeba teplo akumulovat v úzkém teplotním intervalu. Typickým příkladem je tak instalace materiálů se změnou skupenství (Phase Change Materials – PCMs) v obalových konstrukcích budov pro zvýšení jejich tepelně akumulační kapacity. Vzhledem k tomu, že se jedná o pokročilou technologii s vysokou investiční náročností, je nutné se zabývat životností takového systému a bezpečností při jeho užívání. Protože u materiálů se změnou skupenství dochází při akumulaci a zpětném uvolňování tepla ke změnám fáze, je nezbytné tyto materiály uzavřít tak, aby nedocházelo ke ztrátě akumulační náplně nebo její složky. Obalový materiál podle [1] musí být:

- dostatečně pevný;
- stabilní v teplotním rozsahu dle příslušné aplikace;
- schopen snášet objemové změny PCMs;
- kompatibilní s PCMs, např. být odolný vůči korozivním účinkům PCMs;
- bariérou bránící nepříznivé interakci mezi PCMs a okolním prostředím, tzn. být těsný;
- schopen zajistit co nejefektivnější přenos tepla mezi PCMs a okolím, tzn. mít co nejvyšší tepelnou vodivost;
- odolný vůči difuzi vody či vodní páry;
- schopen zajistit prostorovou stabilitu;
- odolný proti poškození při manipulaci a instalaci.

Obecně se při integraci PCMs do stavebních konstrukcí využívá impregnace porézních materiálů akumulační látkou, rozptýlení kapslí s PCMs např. do omítky, instalace kontejnerů s PCMs ve stropním podhledu nebo instalace tvarově stabilizovaných PCMs. V případě, kdy uvažujeme s instalací PCMs uzavřených v nějakém vhodném obalu, dělíme jednotlivé prvky dle velikosti na: makrokapsle (nad 1 mm); mikrokapsle (od 0 do 1000 μm) a nanokapsle (od 0 do 1000 nm) [2]. Volba typu a velikosti kapslí závisí na způsobu instalace. V minulosti byly na FAST VUT v Brně testovány jak kontejnery s hliníkovým obalem, tak mikrokapsle rozptýlené v sádrové omítce v kombinaci s kapilárními rohožemi. Dále bylo pořízeno několik dalších typů uzavřených PCMs, např. válce, polštářky nebo speciální bublinkové fólie s PCMs. Bohužel u některých výrobců se po čase začaly projevovat netěsnosti a průsaky

¹ Doc. Ing. Milan Ostrý, Ph.D., Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Veverí 95, 602 00 Brno, ostry.m@fce.vutbr.cz

² Ing. Sylva Bantová, Ph.D., Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Veverí 95, 602 00 Brno, bantova.s@fce.vutbr.cz

akumulační látky. Právě to je důvodem, proč se na Ústavu pozemního stavitelství FAST VUT v Brně problematikou kompatibility PCMs a obalových materiálů zabýváme.

Materiál a metodika

Obecně lze tyto tepelně akumulující materiály vybírat ze dvou skupin. Jedná se o materiály organického nebo anorganického původu [3]. Mezi materiály na organické bázi patří zejména parafíny s obecným vzorcem $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{(n-2)}-\text{CH}_3$. Mezi další organické materiály lze zařadit: mastné kyseliny obsahující karboxylovou skupinu COOH , estery mastných kyselin charakterizované vzorcem $\text{R}-\text{COO}-\text{H}^+$, alkoholy, jejichž typickým zástupcem jsou cukr alkoholy a glykoly, a mezi které patří zejména polyetylén glykol (PEG). Mezi anorganické materiály řadíme soli např. ZnCl_2 , solná eutektika např. $\text{CaCl}_2/\text{NaCl}/\text{KCl}/\text{H}_2\text{O}$ (48/4,3/0,4/47,3) a solné hydráty s typickým reprezentantem $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.

Tab.1 Charakteristické vlastnosti vybraných PCMs

Skupina PCM	Obchodní název	Výrobce	Skupenské teplo tání [J/g]	Onsetová teplota [°C]	Teplota píku [°C]
anorganické	SP22	Rubitherm	145	14	25
anorganické	SP25	Rubitherm	122	18	28
organické	Linpar 17	Sasol	152	21	22
organické	Linpar 1820	Sasol	141	24	27

V současné době se však pro testování i praktické aplikace využívá bohatá nabídka PCMs dodávaných několika světovými výrobci, při čemž v nabídce jsou materiály jak na bázi organické, tak na bázi anorganické. Pro testování byly vybrány čtyři akumulující látky, po dvou z každé skupiny. Přehled základních vlastností je uveden v tab. 1. Byly vybrány 2 vzorky německého výrobce Rubitherm, které se doporučují pro stavební aplikace, a jejich rozsah teplot tání vyhovuje pro instalace v obytných místnostech. Vybrané organické PCMs od výrobce Sasol je možné díky rozsahu teplot tání a velikosti skupenského tání rovněž instalovat ve stavebních konstrukcích pro zvýšení jejich akumulující kapacity.

Jako obalový materiál byly v testech uvažovány tři druhy plastů, a to:

- polypropylén (PP-H);
- vysokohustotní polyetylén (PE-HD);
- polyvinylchlorid (PVC-U).

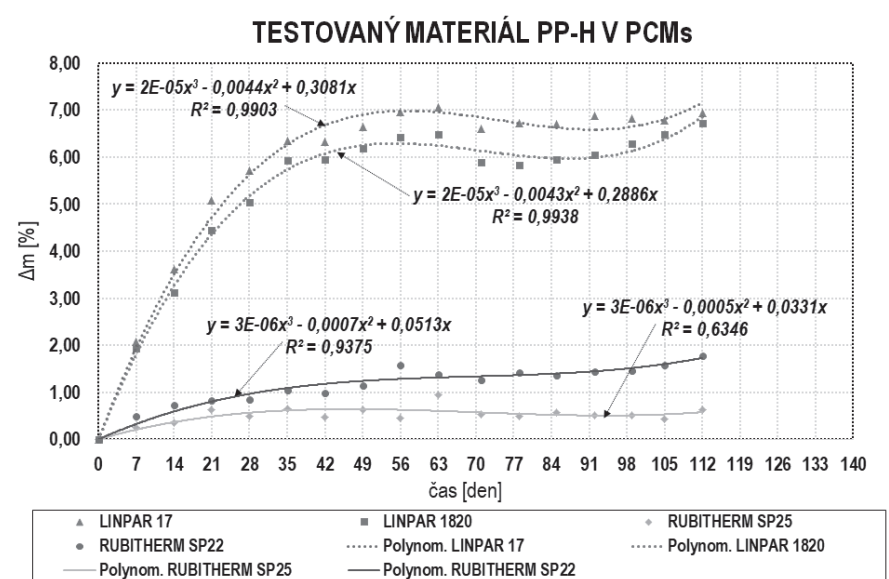
Vzorky plastů o rozměrech 100 x 10 x 1,5 mm byly umístěny do plastových nádobek a zality příslušným PCM. Celkem tedy byly použity 4 nádobky s PCM, a v každé bylo 64 vzorků od každého druhu plastu. Pro testování bylo tedy zapotřebí 576 vzorků. Nádobky se vzorky byly následně podrobovány periodickému zahřívání a ochlazování po dobu 16 týdnů, aby se na vzorcích projevil účinek PCMs. Každý týden byly vytaženy 3 vzorky od každého druhu plastu a PCM, celkem tedy 36 vzorků. Hodnocení kompatibility bylo prováděno pomocí gravimetrické metody, kterou lze popsat následujícím způsobem:

$$\Delta m = [(m_2 - m_1) / m_1] \cdot 100, \quad (1)$$

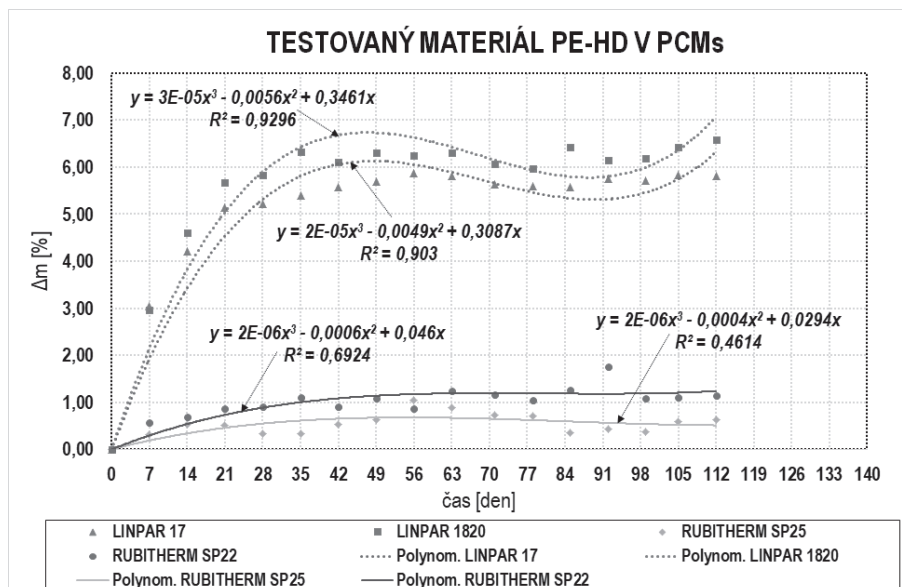
kde Δm je změna hmotnosti v %, m_2 je hmotnost vzorku v g po vytažení z PCM a m_1 je počáteční hmotnost vzorku v g před jeho ponořením. Do vyhodnocení pak z důvodu přesnosti metody dle [4] vstupovaly hodnoty mediánu vypočítané změny hmotnosti pro příslušný typ plastu, PCM a hodnocený týden.

Výsledky

Výsledky testů kompatibility jsou přehledně uvedeny v grafech na obr. 1 až obr.3. Pro lepší názornost obsahuje každý graf změnu hmotnosti vzorků testovaného plastu v % při ponoření do všech druhů PCMs. U PP-H a PE-HD je patrný rozdíl mezi ponořením v organických nebo anorganických PCMs. V případě ponoření do organických PCMs (parafínů) docházelo v prvních čtyřech týdnech k rychlému nárůstu hmotnosti, v následujících týdnech pak byly změny hmotnosti už velmi malé. V průběhu testu však celková změna hmotnosti nepřesáhla hodnotu 7 %. U PVC-U nebyly zaznamenány téměř žádné změny hmotnosti při kontaktu s organickými i anorganickými PCMs (obr. 3).

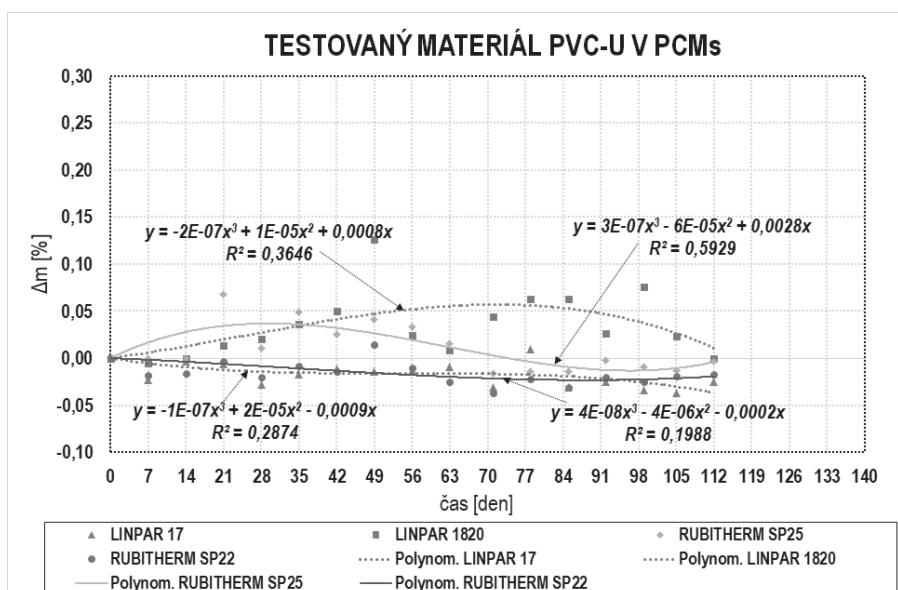


Obr.1 Závislost změny hmotnosti PP-H v organických a anorganických PCMs



Obr.2 Závislost změny hmotnosti PE-HD v organických a anorganických PCMs

U všech testovaných plastů byla prokázána dobrá kompatibility s anorganickými PCMs, protože byly naměřeny minimální hmotnostní přírůstky nepřesahující 1,8 % v případě PP-H v kontaktu s anorganickým SP22. U PVC-U nebyly zjištěny žádné významné změny hmotnosti. V grafech byly dále vyneseny polynomické funkce, které zobrazují trendy v nárůstu hmotnosti u testovaných plastů.



Obr.3 Závislost změny hmotnosti PVC-U v organických a anorganických PCMs

Závěr

Prezentované výsledky dokládají potřebu zabývat se v rámci návrhu tepelně akumulčních systémů na bázi akumulace skupenského tepla vzájemnou kompatibilitou mezi akumulční látkou a obalovým materiálem. Experimentálně bylo ověřeno, že v případě ponoření testovaných plastů do PCMs na anorganické bázi, nedochází k významné penetraci plastů akumulční látkou. Při kontaktu PP-H a PE-HD s organickými PCMs došlo v prvních týdnech k rychlejšímu nárůstu hmotnosti vzorků plastů. V další fázi testu byly hmotnostní přírůstky malé. U PVC-U se neprojevily téměř žádné hmotnostní změny při ponoření do všech testovaných PCMs. Navazující práce budou zaměřeny na zkoumání vlivu dlouhodobé migrace PCMs do plastů, např. na změnu modulu pružnosti nebo tvarovou stabilitu.

Poděkování

Příspěvek byl vytvořen v rámci řešení projektu č. 19-20943S „Kompatibilita plastů a kovů s materiály pro akumulaci tepla při změnách skupenství pro aplikaci v budovách“ podporovaného Grantovou agenturou České republiky.

Literatura

1. Regin, F.A., Solanki, S.C, Saini, J.S.: Heat transfer characteristics of thermal energy storage system using PCM capsules: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 12 (2008), pp. 2438-2458.
2. Salukhe, P.B.; Shembekar, P.S. A review on effect of phase change material encapsulation on the thermal performance of a system. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16 (2012), pp. 5603-5616
3. Alva, G.; Lin, Y., Fang, G. An overview of thermal energy storage systems. *Energy* 144 (2018), pp. 341-378
4. ISO 175:2010 Plastics - Methods of test for the determination of the effect of immersion in liquid chemicals. 3rd ed.; ISO: Geneva, Switzerland, 2010; 20 p.

HODNOCENÍ INTERNÍHO PROSTŘEDÍ V PASIVNÍCH DOMECH Z POHLEDU GENERACÍ

Josef Chybík¹

Abstract

In residential buildings, the quality of the inner environment can be verified by the satisfaction criterion of the people who live in them. One of the forms that can provide the necessary information is a subjective assessment. This form of survey was carried out with residents of the passive apartment building in Židlochovice and for seniors in Modřice.

Úvod

Výstavba budov v energeticky úsporném standardu je perspektivní a pro stavebníky aktuálním a přitažlivým tématem. V pasivním standardu se staví nejen rodinné domy a budovy občanské vybavenosti, ale také celé obytné struktury – sídlištní útvary se stovkami bytů. [1] Po letech přešlapování se i v ČR tento trend přesunul z rodinných domů na větší sídelní útvary. Příkladem je komplex bytových domů v Praze Malešicích. [2]

Průzkum interního prostředí

Z nabídky českých pasivních domů vybereme dva příklady. Nebudeme se v nich podrobně zabývat jejich energetickým hodnocením, ani konstrukcemi, které vytvářejí systémovou hranici, či okolnostmi, které provázely výstavbu. To obsahují již dříve publikované zdroje [3] [4] [5]. Zaměříme se na poznání stavu vnitřního prostředí.



Obr. 1 Řadové domy v Židlochovicích



Obr. 2 PBDS v Modřicích

Průzkum se týkal řadových obytných domů v Židlochovicích (PDŽ) v nichž žijí osoby v aktivním věku, zpravidla úplné rodiny s dětmi. Byl dán do provozu v letech 2006 a 2008, obr. 1 [6], [7]. Byly zpracovány také poznatky získané od obyvatel pasivního bytového domu pro seniory v Modřicích (PBDS), který je užíván od počátku roku 2014, obr. 2 [8]. Podobné mezigenerační posouzení kvality energeticky úsporného domu se dosud v ČR neuskutečnilo. Posloužila k tomu série 23 otázek, na které respondenti odpovídali v přítomnosti autora příspěvku. Dotazy byly členěny do čtyř oblastí:

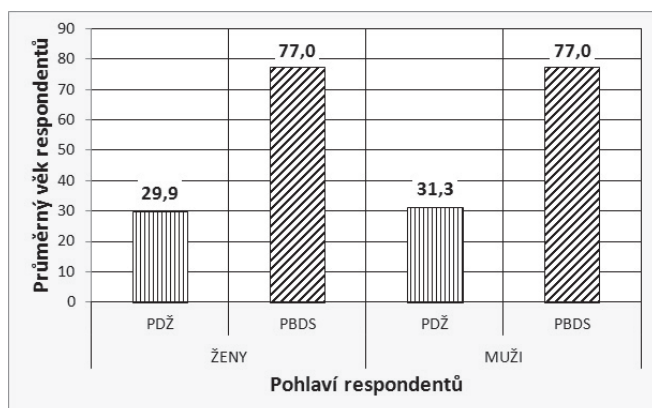
- základní informace o respondentech – pohlaví, věk, dosažené vzdělání,
- důvody, které vedly k nastěhování, úroveň znalostí o pasivních domech,

¹ prof. Ing. CSc. Josef Chybík, Fakulta architektury VUT v Brně, Poříčí 5, 639 00 Brno, chybik@fa.vutbr.cz

- informace o stavu vnitřního prostředí v letním a zimním období,
- zhodnocení kvality bydlení.

Účastníci průzkumu

V Židlochovicích se v zimním období do průzkumu zapojilo 14 a v letním období 11 respondentů. Jednalo se o osoby středního věku se středoškolským a vysokoškolským vzděláním. Muži s věkovým průměrem 31,3 roku, ženy 29,9 roku, obr. 3.



Obr. 3 Průměrný věk respondentů

Z celkového počtu 44 osob, které v PBDS při plné obsazenosti v domech žily, se do průzkumu zapojilo 37 osob, z toho 25 žen a 12 mužů, což je 84,1 % obyvatel. Průměrný věk mužů i žen byl shodný a činil 77 let, obr. 3. Nejmladší byla žena ve věku 62 let, nejstarší byl muž ve věku 89 roku. Základní vzdělání získalo celkem 18,9 % obyvatel, 35,1 % absolvovalo střední odbornou školu, 27,0 % mělo úplné středoškolské vzdělání zakončené maturitou a 19,0 % bylo absolventů vysokých škol.

Základní informace o budovách

Řadová zástavba PDŽ se nachází v intravilánu města. Autorem je Petr Mareček. Dvoupodlažní obytný celek je bez podsklepení a tvoří jej dvě linie řadové zástavby. První se 6 byty s užitnou plochou 105 m² byla dokončena v roce 2006, druhá s 8 bytovými jednotkami s užitnou plochou 120 m² se začala užívat v roce 2008. Jihozápadní průčelí, s obývacím pokojem v přízemí a dvěma ložnicemi v patře, je prosvětlené velkými okny a balkonovými dveřmi. K severovýchodu, s menšími okny, je orientován vstup do domů.

Vertikální nosné konstrukce jsou na systémové hranici vyžděny z pórobetonových tvárnic tl. 200 a 250 mm s tepelnou izolací z EPS tl. 350 mm s $U = 0,09 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Nosná schodišťová stěna je z vápenopískových cihel tl. 125 mm. Mezi domy je z akustických důvodů vložena izolace Rockwool tl. 30 mm. Stropy i šikmé střešní roviny tvoří desky z pórobetonu s nosníky TRAS, doplněné 350 mm EPS s $U = 0,11 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Okna jsou vrstvená s jádrem z borového dřeva a tepelnou izolací z PUR, zasklena izolačním trojsklem s kryptonem s $U_w = 0,72 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. [6] V každé místnosti je jedno okno otevíravé, ostatní jsou pevná. Dřevěné balkony jsou s budovou spojeny pouze bodově. Součástí vybavení jsou fototermitické kolektory. V první etapě bylo použito tepelné čerpadlo.

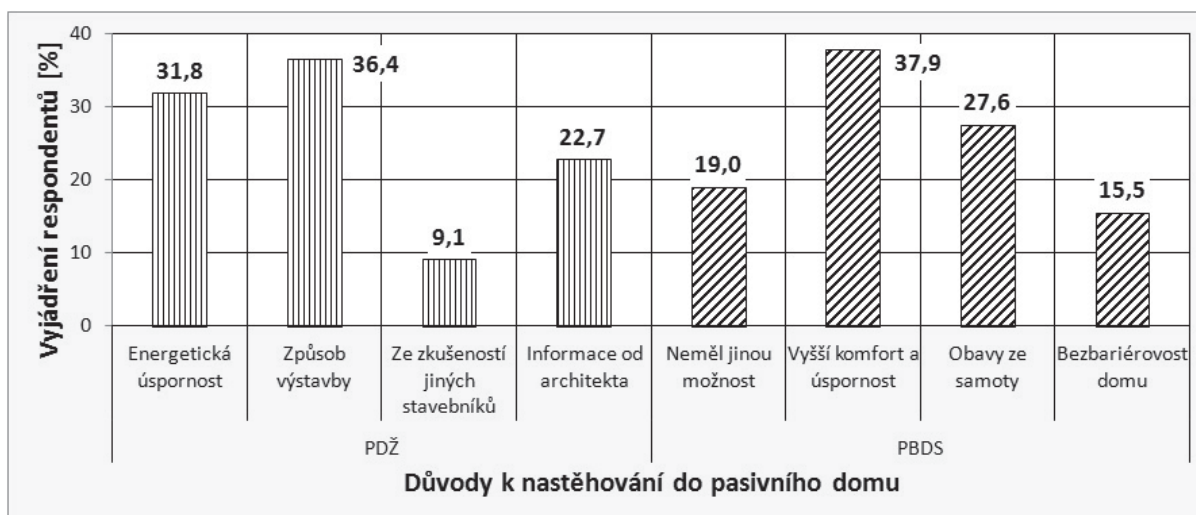
PBDS patří v ČR k budovám, v nichž se potkává architektonická kvalita a energetická úspornost. Např. v roce 2014 mu byla udělena E.ON Energy Globe a řada dalších ocenění. Autory jsou architekti Aleš Brotánek a Josef Smola.

V PBDS je 41 bytů – 9 je dvoupokojových (44,0 m²) a 32 jednopokojových (31,5 m²). Dům je založen na XPS tl. 200 mm, na kterém spočívá železobetonová deska tl. 300 mm. Konstrukce má $U = 0,14 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Vertikální nosné stěny tl. 200 mm jsou vyžděny z vápenopískových bloků obložených šedým, grafitovým EPS tl. 300 mm s $U = 0,11 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Železobetonové monolitické stropy jsou tlusté 200 mm. Dvoupodlažní střechu s provětrávanou vzduchovou mezerou vyplňuje tepelná izolace z foukané celulózy tl. 500 mm s $U = 0,09 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Systémovou hranici uzavírají těsná dřevěná okna a dveře s izolačním trojsklem se součinitelem prostupu tepla $U_w = 0,71 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Na ploché střeše jsou fototermitické kolektory.

Zřetelný rozdíl mezi komunitami z PDŽ a PBDS poskytly odpovědi o znalostech tématu pasivních domů. Zatímco v PDŽ se jeho obyvatelé aktivně zajímali o výstavbu, čím získali ucelenou představu o podmínkách, způsobu užívání a energetice domu, v PBDS tomu tak nebylo. Jen 24,3 % obyvatel PBDS mělo znalosti o energeticky úsporných domech. Téměř

76 % respondentů uvedlo, že tuto kategorii staveb neznají nebo měli o ní jen dílčí informace. Důvody, které vedly respondenty k nastěhování do pasivního domu jsou zřejmé z obr. 4.

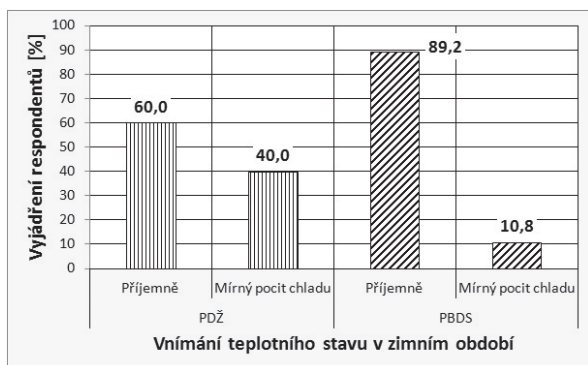
K rozhodnutí nastěhovat se do PBDS bylo pro 32,5 % osob důležité také to, že jsou místními obyvateli a v prostředí jim důvěrně známém chtěli vyřešit životní situaci, která jim nedovolovala žít v původním obydlí.



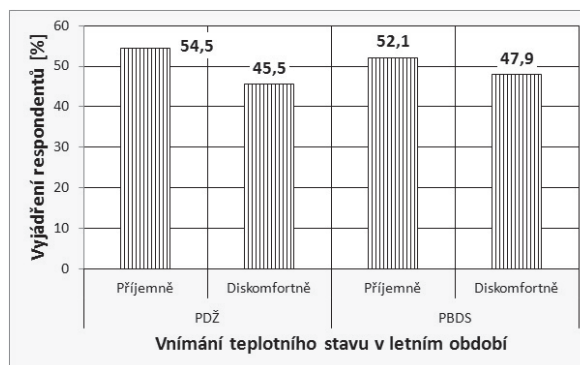
Obr. 4 Důvody k nastěhování

Hodnocení stavu vnitřního prostředí v zimním a letním období

Při hodnocení vnitřního prostředí budov bylo sledováno, jak na člověka působí vlivy, kterým je v interiéru pasivního domu vystaven v zimním a v letním období. Za zimní období byl považován časový úsek, kdy je v provozu otopná soustava, tzn. v měsících září až květen, kdy ve dvou po sobě následujících dnech poklesne průměrná venkovní teplota pod +13 °C. V PDŽ je v zimním období 60 % osob spokojených a cítí se příjemně. Zbývajících 40 % osob se vyjádřilo, že občas mají pocit mírného teplotního diskomfortu, obr. 5. Žádná osoba stav interního prostředí nezařadila do kategorie stále chladno nebo velmi chladno.



Obr. 5 Teplotní stav v zimním období

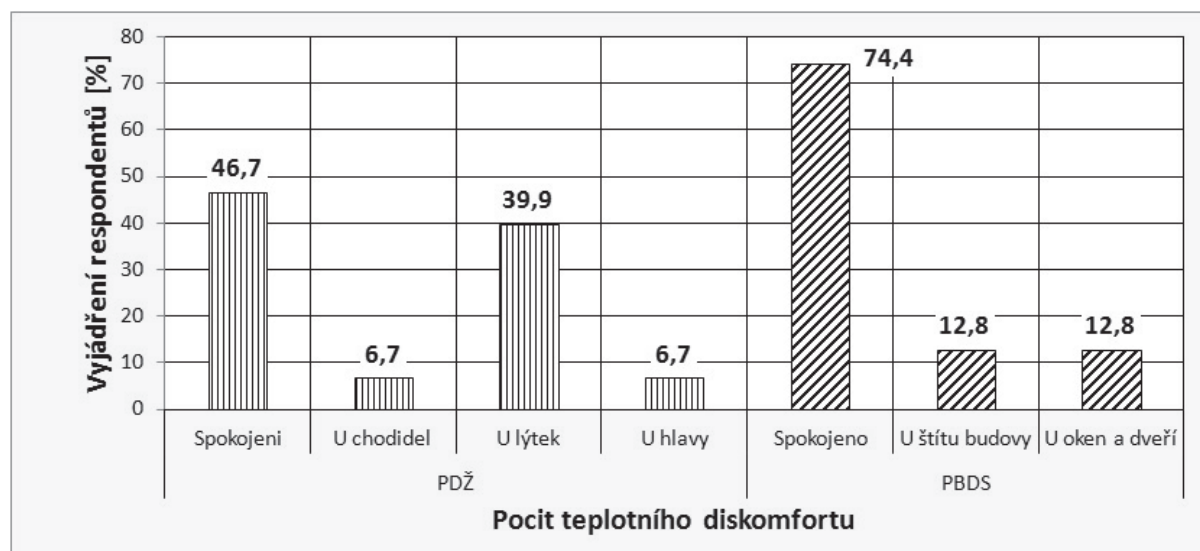


Obr. 6 Teplotní stav v letním období

Teplotní situaci v PBDS hodnotí v zimním období 89,2 % obyvatel jako příjemnou. Mírný chlad občas pociťuje 10,8 % obyvatel, obr. 5. Příznivý výsledek je dán termickou kvalitou obvodových konstrukcí, které jsou opatřeny účinnou tepelnou izolací a vybaveny velmi kvalitními dveřmi a okny s izolačními trojskly. Někteří obyvatelé PBDS dokonce vypověděli, že v zimním období vůbec neuvádějí do provozu otopnou soustavu. Vystačí s teplem z vnitřních zdrojů, od sluneční radiace a teplem, které jim poskytuje rekuperace. Menší množství méně spokojených, kteří žijí v PBDS může oproti výsledku z PDŽ mít několik důvodů. Především je reflexí doby výstavby, když PBDS byl dán do užívání t.j. o 6, resp. 8 let později než PDŽ. Rozvoj technologií mohlo pro termicky citlivější seniory zajistit dostatečně uspokojivé technické vybavení, které splnilo požadavky na stav vnitřního prostředí.

Lokální teplotní diskomfort, daný pocitem chladu od povrchů stavebních konstrukcí s nižšími teplotami na jejich površích, nepocituje v PDŽ 46,7 % obyvatel, obr. 7. Ani v těsné blízkosti oken, nemají pocit chladu. Pouze 6,7 % účastníků průzkumu si stěžovalo na mírný teplotní diskomfort v úrovni hlavy. Poměrně vysoký počet stížností – 46,6 % se týkal vnímaného chladu v klidových polohách v úrovni kotníků je to 6,7 % a u lýtek 39,9 %.

V PBDS se v zimním období projevily lokální pocity chladu u 12,8 % osob, které žijí v bytě u štítových stěn, obr. 7. Je to známka skutečnosti, že některé starší osoby jsou citlivé i na mírné zvýšení tepelného toku, který se projeví poklesem teploty na vnitřním povrchu konstrukce. V dispozici mimo štíty, a to přesto, že u vnějších stěn jsou postele, nemá ani v klidové poloze pocity teplotního diskomfortu 74,4 % osob. Je tomu tak především proto, že stěna je z vnější strany obložena 300 mm tlustou vrstvou tepelné izolace s $U = 0,11 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Pocit chladu u průsvitných konstrukcí oken vnímá jen 7,7 % obyvatel. Pokud se zdržují u vstupních dveří do bytu, potom 5,1 % obyvatel.



Obr. 7 Lokální pocity teplotního diskomfortu

Zvláště v posledních letech zaznamenáváme více slunečních dnů, nežli tomu bylo v minulosti. Vzniká tak potřeba zajistit optimální stav vnitřního prostředí ovlivněný slunečním zářením. Je nezbytné vybavit domy regulovatelnými stínicími prvky, nejlépe instalovanými na vnější straně oken, které zabrání nežádoucí insolaci vnitřních prostorů.

V PDŽ se 54,5 % osob v letním období cítilo příjemně a 45,5 % mělo občas pocit mírně zvýšené teploty, obr. 6. Při samotném průzkumu byly v létě v interiérech domů zjištěny značné rozdíly. V jednom z nich byla při venkovní teplotě $\theta_e = +30 \text{ °C}$ naměřena interiérová teplota $\theta_{ai} = 21,5 \text{ °C}$. Jeho uživatelé nechávají v noci otevřená okna. Byt se vychladí nočním vzduchem. Ve dne jsou pak okna uzavřena, venkovními žaluziemi se byt zastíní a čerstvý vzduch je přiveden zemním výměníkem. Interiér se díky kvalitnímu obvodovému plášti a zastínění neprohřeje a během dne udrží příjemný chlad. V PDŽ byly až na jeden, všechny opatřeny venkovními okenními žaluziemi. V něm stínění zajišťoval vnitřní závěs. Zde v letním období vnitřní teploty výrazně přesahovaly $\theta_{ai} = 25 \text{ °C}$. Po této zkušenosti se uživatelé rozhodli, že i oni vnější žaluzie zabudují.

V PBDS je část prosklených ploch se sluneční expozicí zastíněna vnějšími roletami. U zbývajících se očekávalo, že potřebné stínění zajistí předložené lodžie. Tento předpoklad se však nenaplnil, což způsobilo, že 52,1 % obyvatel je se zabudovaným stíněním spokojeno a 47,9 % seniorů má ke způsobu ochrany před účinky přímého slunečního záření výhrady, obr. 6. V této souvislosti je však potřeba uvést, že zlepšení vnitřního prostředí může nastat instalací vnějších regulovatelných slunečních clon – rolet nebo žaluzií osazených před průsvitnými plochami a zamezením vstupu teplého venkovního vzduchu do interiéru. Je to spojeno se stále nedostatečným respektem k problematice tepelné ochrany v letním období. S tím souvisí i vklad investic do instalace prvků bránících nežádoucí insolaci.

Větrání interiéru

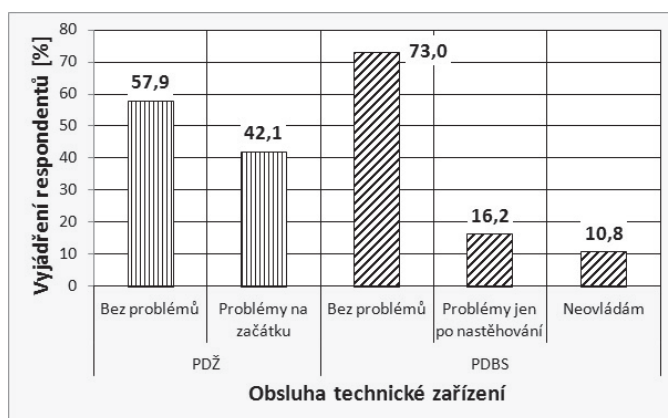
Úsporný a současně zdravý provoz je podmíněn kontinuálním větráním budovy s využitím rekuperace. Občas však slyšíme, a to především od osob, které s těmito stavbami zpravidla nemají žádné zkušenosti, že takto vnitřní klima zajistí jen velmi složitý a drahý systém. Přitom je známo, že se v pasivních domech dá dobře řídit čerpání energie a regulovat stav vnitřního prostředí. Především vnitřní teplota a ze zdravotního hlediska důležitá výměna vzduchu. Děje se tak prostřednictvím regulačních zařízení umístěných v technické místnosti nebo přímo v obytných místnostech. Jedna z rodin v rámci průzkumu se vyjádřila o zdravotních problémech, které prožívala jejich dcera s funkcí horních cest dýchacích. Po nastěhování do PDŽ se situace radikálně zlepšila. Zajistila to filtrace vzduchu, díky které alergické reakce na infiltrující pyly zcela ustoupily.

V PDŽ odpovědělo 57,9 % dotázaných, že se od počátku užívání domu nesetkali s problémy spojenými s technickým zařízením budovy. Jen o počátečních, krátkodobě trvajících komplikacích se zmínilo 42,1 % respondentů, obr. 8. Řada uživatelů domu dokonce hodnotila obsluhu technického zařízení v PDŽ jako jednodušší nežli je tomu v domech s klasickou otopnou soustavou.

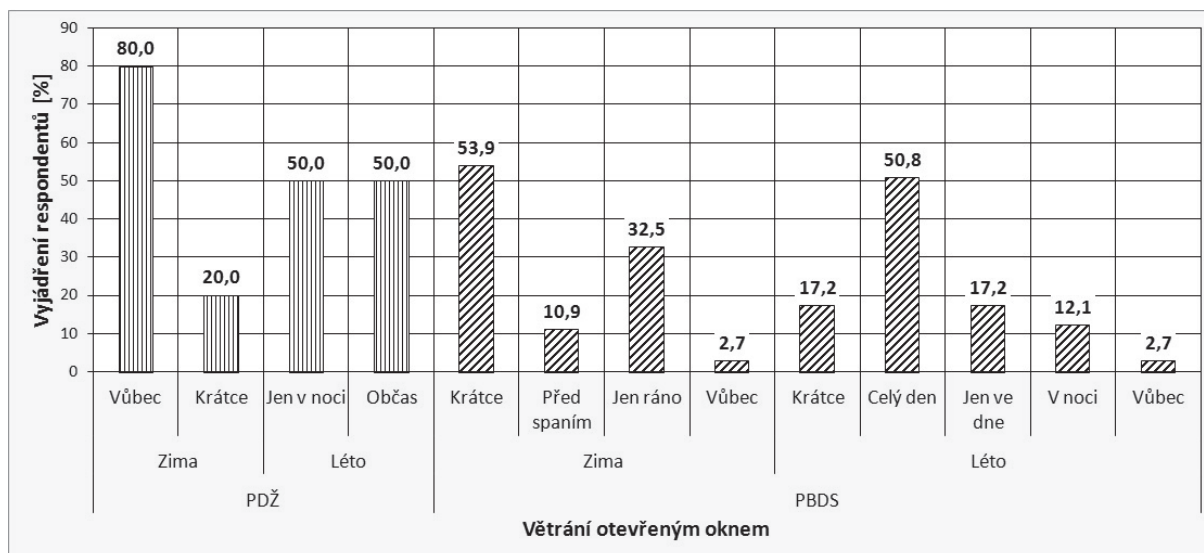
Přestože obyvateli PBDS jsou starší osoby, od samého počátku nečinila obsluha technického zařízení žádný problém 73,0 % osobám, obr. 8. Potíže jen krátce po nastěhování mělo pouze 16,2 % obyvatel. Ani po třech letech užívání bytu se však s ovládacími prostředky nenaučilo zacházet nebo je odmítlo obsluhovat 10,8 % respondentů a svěřují je správci budovy.

Často je v pasivních domech diskutovaná funkce oken. V PDŽ neotevírá v zimním období 80,0 % obyvatel okna vůbec, obr. 9. Výměnu vzduchu zcela zprostředkovává soustava řízeného větrání. Zbývajících 20 % uživatelů alespoň jednou za den krátce větrá otevřenými okny. V letním období v 50,0 % domů otvírají uživatelé okna pravidelně v noci. Druhá polovina osob otvírá v létě okna občas a větrání interiéru svěřují větrací soustavě. Uvědomují si, že otevřením oken dochází v teplých letních dnech ke vstupu teplého venkovního vzduchu do interiéru a tím k nežádoucí tepelné zátěži vnitřního prostoru.

Objekty PBDS jsou v areálu vybaveny řízeným větráním s rekuperační jednotkou. Na rozdíl od PDŽ je přístup osob k větrání bytu zatížen zažitými zvyklostmi, které si senioři přinesli ze svých dřívějších bydlíšť a uplatňují je i v PBDS. Všechny byty mají otevíravé dveře, které vedou na lodžii. Nabízí se jim tak příležitost k tradičnímu způsobu větrání bytu. Je to patrné z toho, že pouze jeden muž, tj. 2,7 % obyvatel, bez ohledu na roční období, svůj byt nevětrá otevřeným oknem a spoléhá na funkci řízeného větrání. Tato situace byla zaznamenána i v době průzkumu, kdy byl vzduch v tomto bytě subjektivně pocíťován jako svěží. S odstupem několika týdnů byl byt navštíven znovu a provedeno měření. Bylo to v době, kdy jeho uživatel byl nemocen a větrání oknem, se i z důvodu poklesu venkovní teploty na $\theta_e = 14,5$ °C, neuskutečňovalo. Vnitřní teplota dosáhla $\theta_{ai} = 24,3$ °C, relativní vlhkost vnitřního vzduchu $\varphi_{ai} = 60,4$ % a koncentrace CO₂ 1340 ppm, což je pod hranicí 1500 ppm, kterou pro pobytové místnosti připouští vyhláška č. 20/2012 Sb. Při průzkumu bylo dále zjištěno, že v zimním období krátce větrá otevřenými okny 53,9 % bytů, jen před spaním 10,9 % a jen ráno 32,5 %. V létě je krátce větráno otevřeným oknem 17,2 % bytů, po celý den 50,8 %, jen ve dne 17,2 %, jen v noci 12,1 % a vůbec 2,7 % bytů, obr.9.



Obr. 8 Obsluha technického zařízení



Obr. 9 Režim větrání otevřením okna

Závěr

Je patrné, že v energeticky úsporných – pasivních domech se již nevykytují nepříznivé stavebně fyzikální problémy, které v zimním období občas doprovázejí běžnou výstavbu. Průzkum však v obou objektech přesvědčivě prokázal, že ani v nich není v dostatečné míře zajištěna kvalita vnitřního prostředí v letním období. Problém spočívá v provozování domů a absenci stínícího zařízení. Stále se setkáváme s vágním řešením spoléhajícím na „olistěné stromy“ nebo na pevné konstrukce převislých balkonů, lodžii nebo říms.

Z výsledků poskytnutých průzkumem vyplývá, že máme již dostatek poznatků, díky kterým lze konstatovat, že pasivní domy vytvářejí podmínky, které jejich obyvatelům poskytují předpoklady k příjemnému, spokojenému a zdravému způsobu života. A netýká se to pouze mladých lidí, kteří jsou zdraví, silní a dostatečně flexibilní, ale také nejstarší a nejzranitelnější vrstvy obyvatel, seniorů.

Literatura

- [1] Koželouhová, A. – Chybík, J.: Udržitelnost bytové výstavby ve Vídni. *Tepelná ochrana budov*, 2014, roč. 17, č. 4, s. 3 – 7.
- [2] Chybík, J.: Energeticky úsporné domy v České republice. *Eurostav*, 2015, roč. 21, č. 9, s. 10 – 14.
- [3] Chybík, J.: Ekologická stopa v Modřicích. *Smart Cities*, 2014, roč. 1, č. 3, s. 66 – 67.
- [4] Chybík, J.: Municipality směřují k energeticky úsporné výstavbě. *Smart Cities*, 2016, roč. 3, č. 1, s. 61 – 63.
- [5] Chybík, J.: Podmínky pro energeticky úsporné domy v České republice. *Stavebnictví*, 2012, roč. 6, č. 9, s. 40 – 48.
- [6] Mareček, P.: Stavby pasivních řadových RD v areálu bývalého cukrovaru v Židlochovicích. In *Pasivní domy 2006*, Brno, Centrum pasivního domu, 2006, s. 99-105.
- [7] Chybík, J.: Interní mikroklima pasivního domu – výsledky subjektivního průzkumu. *TZB info*, 2009.
- [8] Chybík, J.: Prostor v energeticky úsporném domě. *Stavebnictví*, 2018, roč. 12, č. 1 – 2, s. 32 – 35.

HODNOTENIE PARAMETROV VNÚTORNÉHO PROSTREDIA ADMINISTRATÍVNEJ BUDOVY V ZIMNOM OBDOBÍ

Pavol Ďurica¹; Peter Barňák²

Abstract

In the contribution, we are focused on the quality of the heat-moisture microclimate and the aspects that affect it. We chose one office room in the building of the Research Center of the University of Žilina (UNIZA), oriented to the west. The subject of the measurements were all physical components of the indoor environment, the effect of solar radiation through window constructions and floor temperatures using low-temperature radiant floor heating. The contribution describes measuring methods, results of measurements and related partial conclusions for cold climatic conditions of the year.

Úvod

V príspevku sa venujeme kvalite tepelnovlhkostnej mikroklímy a aspektom, ktoré ju ovplyvňujú. Za miesto hodnotenia sme si vybrali jednu miestnosť - kanceláriu v budove Výskumného centra Žilinskej univerzity v Žiline (VC UNIZA), orientovanú na západ. Predmetom meraní boli všetky fyzikálne zložky vnútorného prostredia, vplyv slnečného žiarenia cez oekenné konštrukcie a teploty podlahy pri použití nízko-teplotného sálavého podlahového vykurovania. V príspevku sú popísané meracie metódy, zistené výsledky meraní a vyvodené príslušné čiastkové závery pre chladné klimatické podmienky roka.

Podmienky vnútorného prostredia v administratívnych budovách

Podmienky na vnútorné prostredie budov určuje zákon č. 355/2007 Z. z. [1]. Vnútorné prostredie budov musí spĺňať požiadavky na tepelno-vlhkostnú mikroklímu, vetranie a vykurovanie, požiadavky na osvetlenie, preslnenie a na iné druhy optického žiarenia. Fyzická osoba-podnikateľ a právnická osoba, ktoré prevádzkujú budovu určenú pre verejnosť, sú povinné zabezpečiť kvalitu vnútorného ovzdušia budovy tak, aby nepredstavovalo riziko v dôsledku prítomnosti fyzikálnych, chemických, biologických a iných zdraviu škodlivých faktorov a nebolo organolepticky zmenené.

Vyhláška Ministerstva zdravotníctva Slovenskej republiky č. 259/2008 Z. z. [2] uvádza konkrétne požiadavky na vnútorné prostredie budov. Ďalšími faktormi, určujúcimi prípustné podmienky tepelno-vlhkostnej mikroklímy sú taktiež oblečenie ľudí a celková tepelná produkcia organizmu. Administratívne práce sú zaradené do triedy činnosti 1a (pozri tabuľku 1) a celkový tepelný odpor odevu sa uvažoval pre štandardné oblečenie $R_{cl} = 1,0 \text{ clo}$.

Popis budovy a miestnosti

Predmetom hodnotenia je budova Výskumného centra UNIZA, ktorá bola cielene naprojektovaná a postavená v energeticky pasívnom štandarde (v ročnom chode by mali prevažovať energetické zisky z budovy, jej zariadení techniky prostredia a obnoviteľných zdrojov energie nad energetickými stratami súvisiacimi s jej celoročnou prevádzkou) a riadená inteligentnou prevádzkou (centrálny počítačový radiaci systém). Podrobnejšie bola predstavená na predchádzajúcej konferencii TOB 2017 [3]. Budova a jej technické, technologické a laboratórne vybavenie slúžia nielen pre účely administratívy a výskumných pracovísk, ale aj na experimentálny výskum, zameraný na navrhovanie a exploatáciu budov s čo najnižšou spotrebou energie pre pracoviská troch fakúlt UNIZA. Nemenej významným

¹ Prof. Ing. Pavol Ďurica, CSc., KPSU SvF ŽUŽ, Univerzitná 1, 010 26 Žilina, pavol.durica@fstav.uniza.sk

² Ing. Peter Barňák, KPSU SvF ŽUŽ, Univerzitná 1, 010 26 Žilina, peter.barnak@fstav.uniza.sk

prínosom je jej funkcia predvádzacej budovy pre účely pedagogického procesu a edukácie pre odbornú a laickú verejnosť.

Trieda činnosti	Celkový energetický výdaj		Príklady činnosti
	qM [W/m ²]	qM [met]	
0	≤ 65	≤ 1,12	Pokojné ležanie, uvoľnené sedenie (odpočinok, sledovanie programu).
1a	66 až 80	1,13 až 1,38	Činnosť posediačky s minimálnou pohybovou aktivitou (administratívne práce, činnosť v učebniach); činnosť posediačky spojená s ľahkou manuálnou prácou rúk a ramien (písanie na stroji, práca s PC, jednoduché šitie, laboratórne práce, zostavovanie alebo triedenie drobných ľahkých predmetov).
1b	81 až 105	1,39 až 1,81	Činnosť posediačky s občasou manuálnou prácou rúk, ramien a nôh; činnosť postojáčky občas spojená s pomalou chôdzou po rovnej podlahe s prenášaním ľahkých bremien alebo prekonávaním malého odporu (varenie, strojné opracovanie a montáž malých ľahkých dielcov, nakupovanie).
1c	106 až 130	1,82 až 2,23	Činnosť posediačky so stálym zapojením oboch rúk, ramien a nôh; činnosť postojáčky s trvalým zapojením oboch rúk, ramien a nôh spojená s prenášaním bremien do 10 kg (činnosť v sklade alebo v kuchyni, upratovanie, lakovanie, ťahanie alebo tlačenie ľahkých vozíkov). Pomalá chôdza po rovine.

Tab. 1: Triedy činnosti podľa [2]

Tab. 2: Optimálne a prípustné podmienky tepelno-vlhkostnej mikroklímy pre chladné obdobie roka [2]

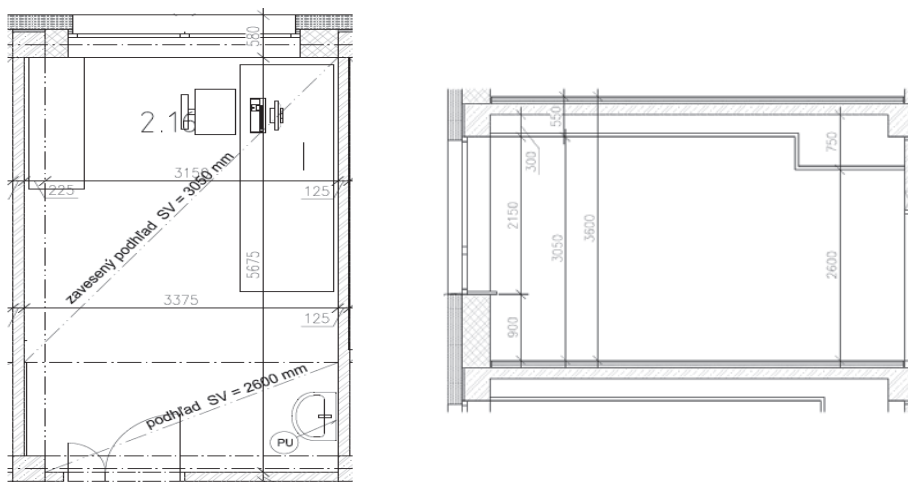
Trieda práce	Operatívna teplota t ₀ [°C]		Prípustná rýchlosť prúdenia vzduchu v _a [m/s]	Prípustná relatívna vlhkosť vzduchu φ [%]
	optimálna	prípustná		
0	22-26	20-27	≤ 0,2	30 až 70
1a	20-24	18-26	≤ 0,2	
1b	18-21	15-24	≤ 0,25	
1c	15-20	12-22	≤ 0,3	

Podrobný popis stavebného riešenia a alternatívnych systémov zariadení techniky prostredia budovy je možné nájsť v [4]. Vybraná miestnosť sa nachádza na 2. NP a je orientovaná západným smerom (obr. 1). Obvodová stena je zrealizovaná z pórobetónových tvaroviek, zateplená kontaktným tepelnoizolačným systémom s tepelnou izoláciou na báze minerálnej vlny hrúbky 200 mm ($U = 0,140 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$). Okno v obvodovej stene je združené plastové, okenné vlysy sú zo šesťkomorových profilov s izolačným trojsklom a s celoobvodovým bezpečnostným kovaním ($U_w = 0,880 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$). Na okne sú exteriérové žalúzie, umožňujúce ovládané buď automaticky s napojením na systém merania a regulácie budovy, ktorý dokáže automaticky zabezpečovať predvolenú vnútornú klímu v budove, alebo manuálne v každej miestnosti. Počas hodnotenia boli úplne vytiahnuté, aby neovplyvňovali v úvodnej fáze výsledky meraní.

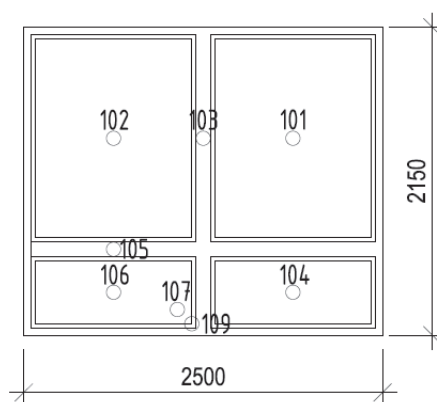
Hlavným zdrojom vykurovania budovy je podlahové vykurovanie s teplotným spádom 45/35 °C. Na udržanie navoleného teplotného stavu počas meraní boli v prevádzke na dodávku tepla použité len hĺbkové tepelné čerpadlá v celkovom počte 10 kusov. Prívod čerstvého vzduchu bol zabezpečovaný prirodzeným vetraním.

Popis meraní

Metodika meraní a použité meracie prístroje boli zamerané na sledovanie objektívnych parametrov, ktoré charakterizujú kvalitu tepelno-vlhkostnej mikroklimy. Teplota vnútorného vzduchu, operatívna teplota, relatívna vlhkosť vnútorného vzduchu a rýchlosť vnútorného vzduchu boli sledované snímačmi, umiestnenými na stojane v strede miestnosti v rôznych výškových úrovniach (obr. 2 vľavo). Súbežne prebiehali merania intenzity slnečného žiarenia tesne za zasklením pomocou pyranometra a termočlánkami, umiestnenými na okne vnútorné povrchové teploty (obr. 2 vpravo).



Obr. 1 Pôdorys a rez posudzovanou miestnosťou



Obr. 2 Vľavo stojan s meracími sondami, vpravo rozmiestnenie snímačov vnútorných povrchových teplôt

Na meranie jednotlivých hodnotených parametrov sa použili nasledujúce snímače s príslušnou špecifikáciou:

- sondy na meranie rýchlosti a teploty (pevné aj flexibilné vyhotovenie - stojan) – rozsah rýchlosti 0,05 - 5 m/s, indikácia až do 10 m/s, rozsah teplôt - 20 °C + 80 °C, časová konštanta < 0,1 s, frekvenčná odozva (90 %) - 2Hz , presnosť 0 - 1 m/s: $\pm 2\%$, 1-5 m/s: $\pm 5\%$, 5 - 10 m/s: $\pm 10\%$.
- sondy na meranie rýchlosti a teploty umiestnené na parapetnej doske (označenie v grafoch Sonda 1 ľavý okraj, Sonda 2 – stred okna, Sonda 3 pravý okraj) – rozsah rýchlosti 0,1 - 30 m/s, rozsah teplôt - 20 °C + 80 °C, časová konštanta pre rýchlosť: 2 - 3 s, časová konštanta pre teplotu: 4 - 5 s, presnosť 0,2 - 20 m/s: $\pm 2\%$, 20 - 30 m/s: $\pm 5\%$.
- sondy na meranie vlhkosti – merací rozsah: 0 – 100 % relatívnej vlhkosti, presnosť: 0 – 10 °C: $\pm 2\%$ RV, 10 – 30 °C: $\pm 1,5\%$ RV, 30 – 45 °C: $\pm 2\%$.
- sonda na meranie operatívnej teploty – rozsah rýchlosti: 0 – 45 °C, presnosť: 0 – 10 °C: $\pm 0,5$ K, 10 – 40 °C: $\pm 0,2$ K, 40 – 45 °C: $\pm 0,5$ K.

Všetky sondy boli napojené na meraciu ústredňu s časovým krokom 5 minút a následným zápisom hodnôt meraní do počítača.

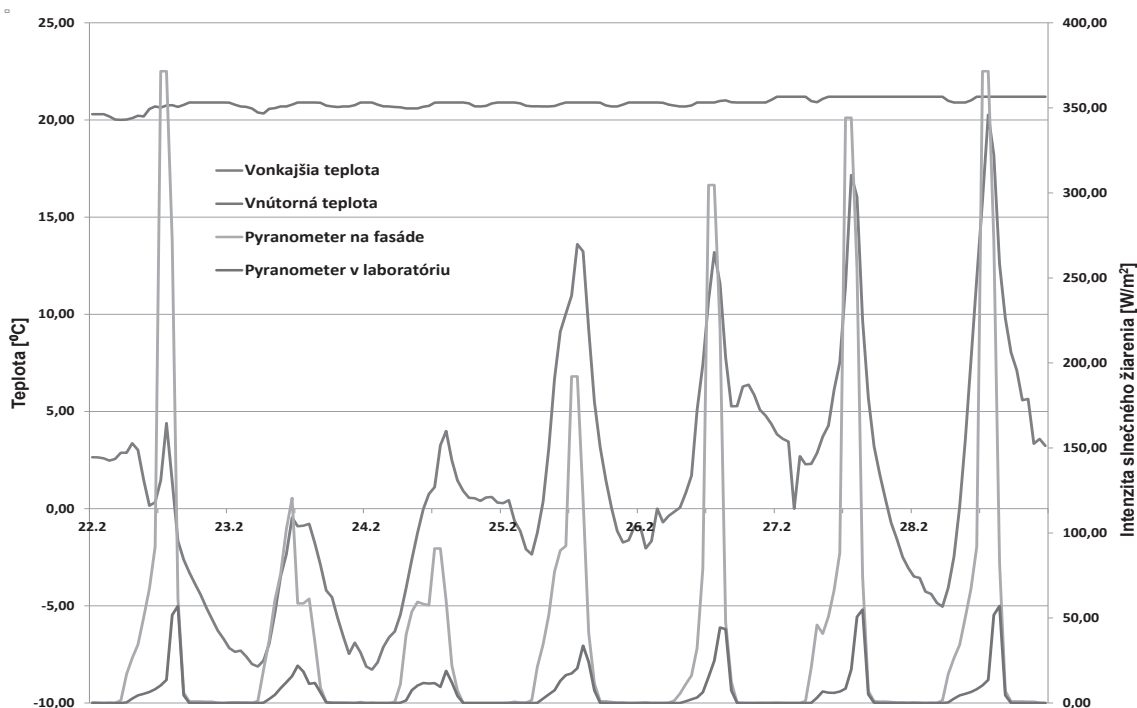
Meracia ústredňa umožňuje vyhodnocovanie údajov podľa normy ISO 7730 [5], ktorá je akceptovaná ako národný štandard od roku 2006 pre viaceré krajiny. Softvérom sa môže vyhodnotiť index PMV - stredný predpokladaný tepelný pocit, PPD - predpokladané percento nespokojnosti, DR - predpokladané percento ľudí obťažovaných prívanom.

Na meranie slnečného žiarenia sme využili dva pyranometre. Jeden bol umiestnený na fasáde v rámci meteo stanice a druhý v kancelárii za oknom. Počas týždňového merania sme zaznamenávali hodnoty a vykonali porovnanie pomeru množstva globálneho slnečného žiarenia dopadajúceho na fasádu a prepusteného cez okno do interiéru.

Za pomoci termočlánkov, ktoré sme rozmiestnili po celej vnútornej ploche okna (obr. 3) sme zisťovali rozloženie povrchových teplôt a vplyv slnečného žiarenia na ich priebehy.

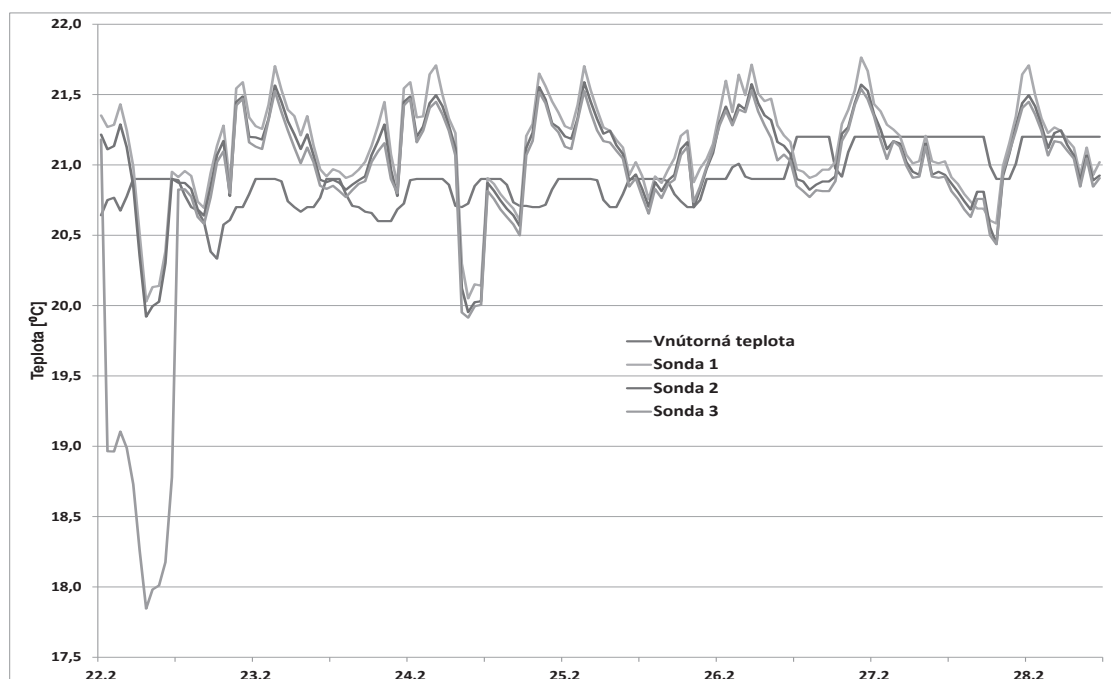
Výsledky meraní

Do príspevku sa vybral časový úsek jedného týždňa v mesiaci február 2019, kedy sa teplota vonkajšieho vzduchu pohybovala v rozmedzí od $-8,28\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $+20,27\text{ }^{\circ}\text{C}$ (priemerná teplota $+1,3\text{ }^{\circ}\text{C}$). Zohľadnené boli teda klimatické podmienky od pomerne nízkych záporných teplôt až po pomerne vysoké kladné hodnoty. Na obr. 3 sa zobrazili okrem teploty vonkajšieho vzduchu aj priebehy teplôt vnútorného vzduchu spolu s intenzitou slnečného žiarenia, meranou tesne pred fasádou vo vertikálnej rovine nad posudzovaným oknom a za oknom v úrovni stredu parapetu v horizontálnej polohe. Intenzita globálneho slnečného žiarenia dosiahla za jasného slnečného dňa maximálnu hodnotu 372 W/m^2 , priemerná hodnota počas meraní bola $43,32\text{ W/m}^2$. V interiéri aj vzhľadom na polohu pyranometra sa pohybovala len v rozmedzí od 0 do 57 W/m^2 . Z priebehu teploty vnútorného vzduchu je možné vidieť, že podlahové vykurovanie dokázalo udržať teplotu vnútornej klímy v optimálnej úrovni 20 až $21,2\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Obr. 3 Priebehy teplôt a intenzity slnečného žiarenia pred fasádou a za oknom

Graf na obr. 4 ukazuje vplyv intenzity slnečného žiarenia a pohybu slnka po oblohe na priebehy teplôt, snímaných za oknom na parapetnej doske. Najvyššie hodnoty boli zaznamenané na ľavej strane okna (Sonda 1) a najnižšie v pravej časti (Sonda 3). Súvisí to s klesajúcou výškou slnka v čase. Z priebehu teploty vnútorného vzduchu je možné vidieť v prvej časti jej nastavenie pomocou systému regulácie na požadovanú hodnotu $20,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ a v druhej časti na $21,2\text{ }^{\circ}\text{C}$.



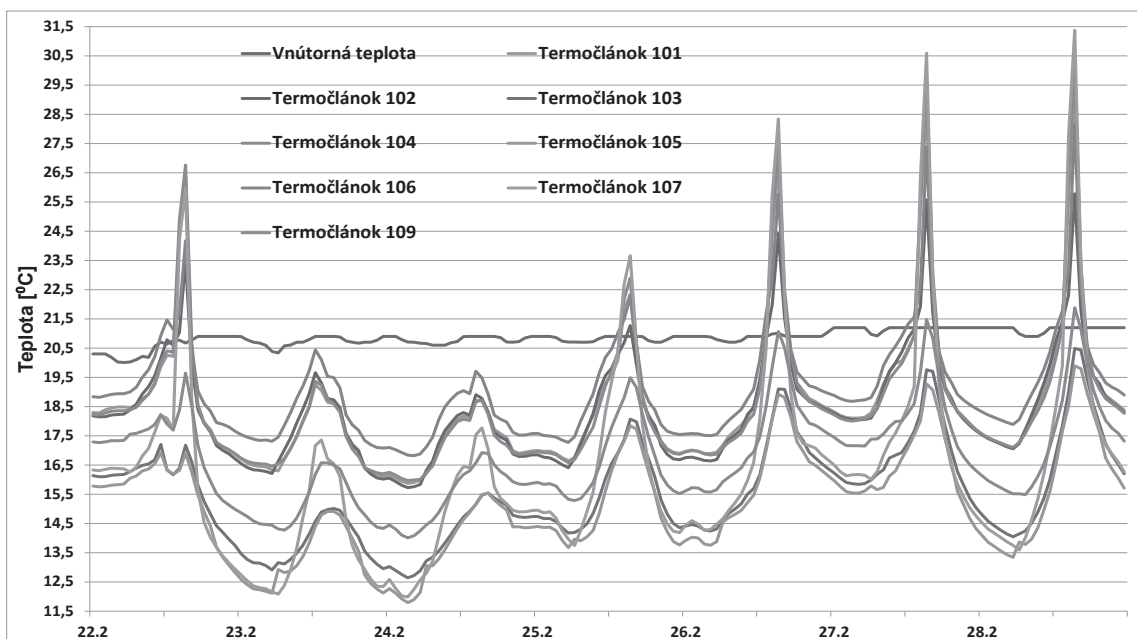
Obr. 4 Priebehy vnútornej teplôt v meranej miestnosti

Na obr. 5 sú ukázané priebehy teplôt na vnútorných povrchoch okennej konštrukcie. Najnižšia teplota (11,79 °C) ako aj najnižšia priemerná teplota (15,12 °C) bola nameraná v strede rámoveho vlysu medzi dolným a horným krídlom (snímač 105). Nasledovali meracie miesta v hornej časti stredového stĺpika (snímač 103) a v pravom dolnom rohu spodného okenného krídla (snímač 109). Pri porovnaní povrchových teplôt, meraných v strede horných sklenených systémov môžeme konštatovať zhodu medzi oboma časťami v minimálnych a priemerných hodnotách, rozdiely sú v maximálnej dosiahnutej teplote, ktorá je v ľavej časti vyššia o cca 3,6 °C. V ľavej časti spodných zasklení je to podobné s výnimkou maximálnej teploty, ktorá bola v pravej časti vyššia (30,26 °C). Na všetkých povrchoch zasklenia boli priemerné teploty počas meraní nad hodnotou 18 °C.

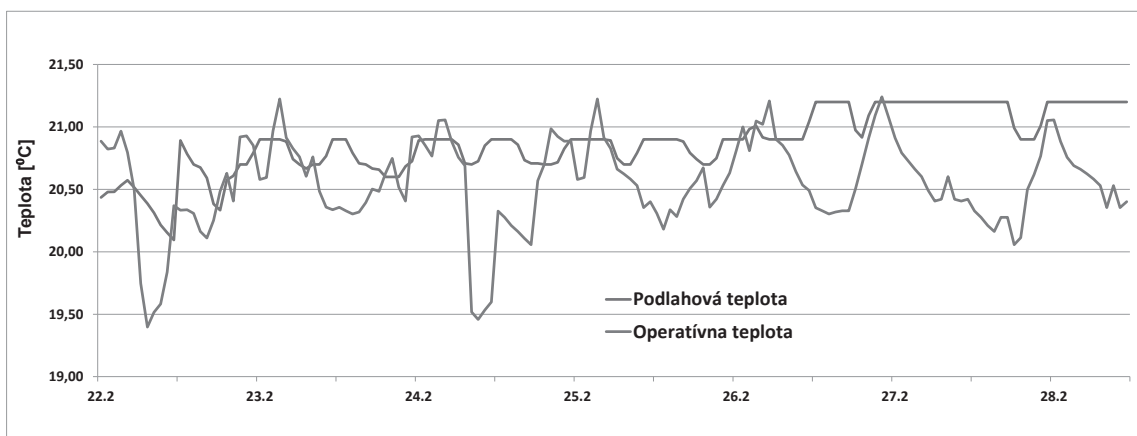
Obrázkom 6 sme chceli dokumentovať priebeh teploty na povrchu podlahovej konštrukcie vo vzťahu k operatívnej teplote. Podlahová teplota významne kopíruje teplotu vnútorného vzduchu (obr. 4). Operatívnu teplotu z hľadiska klimatických vplyvov významne ovplyvňuje jedine prechod tepla okennou konštrukciou, vplyv plnej časti obvodovej steny bol zanedbateľný. Jej rozsah bol zistený v rozmedzí od 19,4 °C do 21,3 °C s priemernou hodnotou 20,54 °C. Z obr. 6 je zrejmé, že s výnimkou dvoch krátkych časových úsekov boli po celý čas meraní dosiahnuté optimálne podmienky tepelno-vlhkostnej mikroklimy (tab. 2). Ostatné fyzikálne parametre neboli vzhľadom na predpísaný rozsah príspevku predstavené.

Záver

Stavebné riešenie budovy v kombinácii so zariadením techniky prostredia má za úlohu vytvoriť optimálne mikroklimatické podmienky vnútorného prostredia. Meraniami sme chceli overiť stav vnútorného prostredia „inteligentnej“ budovy VC UNIZA. Výsledky ukázali, že vplyv klimatických podmienok výrazným spôsobom neovplyvňuje stav vnútorného prostredia sledovanej miestnosti. Na udržanie teploty vnútorného vzduchu v optimálnych hraniciach počas chladného obdobia roku postačuje obnoviteľný zdroj energie - tepelné čerpadlá a regulácia vykurovacieho systému.



Obr. 5 Priebehy teplôt na vnútorných povrchoch okenej konštrukcie



Obr. 6 Priebeh teploty na povchu podlahovej konštrukcie a operatívnej teploty

Poďakovanie: práca prezentovaná v tomto článku bola podporená z grantového projektu VEGA č.1/0945/16.

Literatúra

- [1]. Zákon SR č. 355 z 21. júna 2007 o ochrane, podpore a rozvoji verejného zdravia a o zmene a doplnení niektorých zákonov.
- [2]. Vyhláška Ministerstva zdravotníctva Slovenskej republiky č. 259 z 18. júna 2008 o podrobnostiach o požiadavkách na vnútorné prostredie budov a o minimálnych požiadavkách na byty nižšieho štandardu a na ubytovacie zariadenia.
- [3]. Ďurica, P. - Ponechal, R. - Rybárik, J.: Inteligentná budova Výskumného centra Žilinskej univerzity v Žiline. In: 19. medzinárodná konferencia Tepelná ochrana budov 2017, Vysoké Tatry - Štrbské Pleso, zborník konferencie, s. 192-197.
- [4]. Ďurica, P. - Iringová, A. - Ponechal, R. - Rybárik, J. - Vertaľ, M.: Energetické a environmentálne navrhovanie a hodnotenie budov, EDIS UNIZA, ISBN 978-80-554-1296-2, Žilina, 2017, s. 401.
- [5]. STN EN ISO 7730: 2006 (83 3563) Ergonómia tepelného prostredia. Analytické určovanie a interpretácia tepelnej pohody pomocou výpočtu ukazovateľov PMV a PPD a kritérií miestneho tepelného pohodlia.

VLIV AKUMULAČNÍCH VLASTNOSTÍ KONSTRUKCÍ NA TEPELNOU STABILITU VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ BUDOV

Marcela Černíková¹; Vladan Panovec²

Abstract

Two dimensionally identical modular cells, but with different accumulation layers, were compared in terms of thermal stability in the winter to verify the effect of intermittent heating method to decrease the room temperature during the heating break and hence on heat demand.

Úvod

S rozšířením výstavby lehkých montovaných budov se zvýraznil nepříznivý vliv jejich nízké tepelné akumulace na vnitřní prostředí u přerušovaného vytápění, kdy v zimním období tyto budovy vychladaly mnohem rychleji, než budovy s těžkými akumulacími konstrukcemi. To se může negativně odrazit tam, kde je požadován minimální pokles teploty při přerušení dodávky tepla, např. z důvodu havárie.

Cílem tohoto příspěvku je ukázat, jak se při přerušovaném vytápění projeví jednoduchá úprava ve formě vnitřní akumulací přizdívky na průběh vnitřních teplot a na spotřebě tepla na vytápění.

Dvě konstrukčně a rozměrově identické modulární buňky (určené pro výstavbu např. administrativních nebo školních budov) byly umístěny vedle sebe a osazeny teplotními a vlhkostními čidly. Konstrukční řešení buněk je standardní – ocelový nosný rám, vyplněný minerální izolací v dřevěném roštu a opláštěný profilovaným plechem. V jedné z buněk byla u zadní stěny vyzděna (nasucho) akumulací předstěna tl. 100 mm z betonových dlažebních kostek. Vliv této vnitřní akumulací vrstvy se vyhodnocoval jednak experimentálně (měřením) a jednak analyticky (výpočtově).

Měření průběhu vnitřních teplot při zátopu a chladnutí

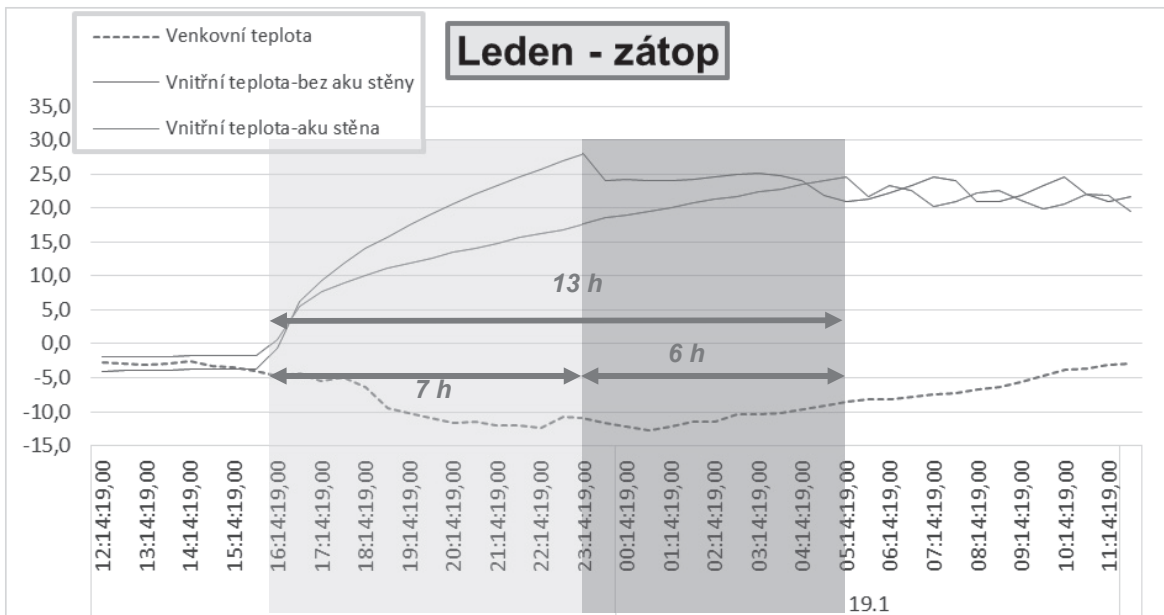
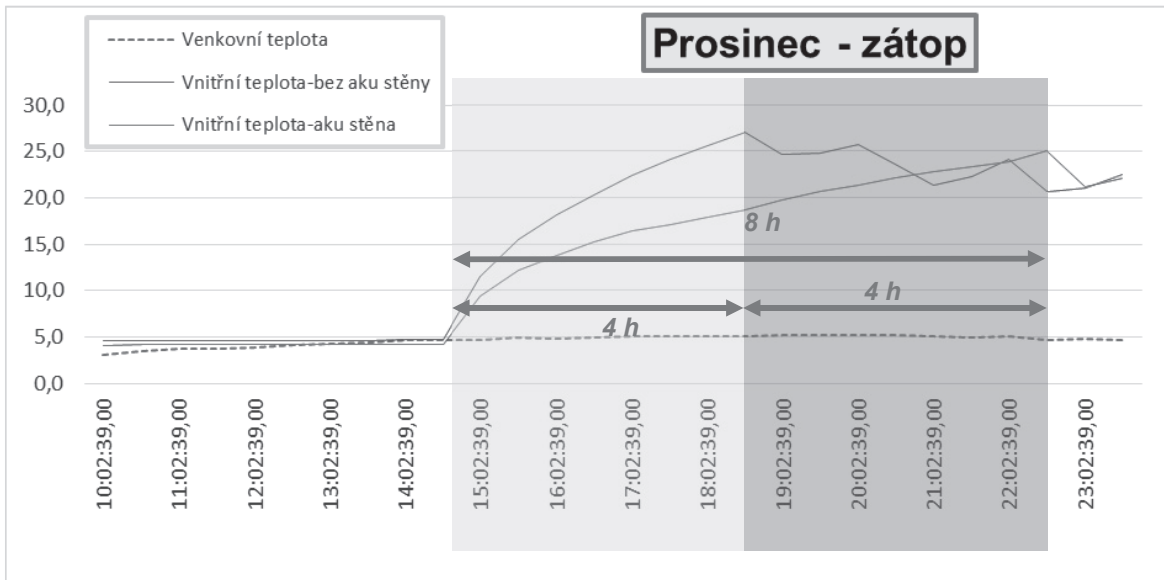
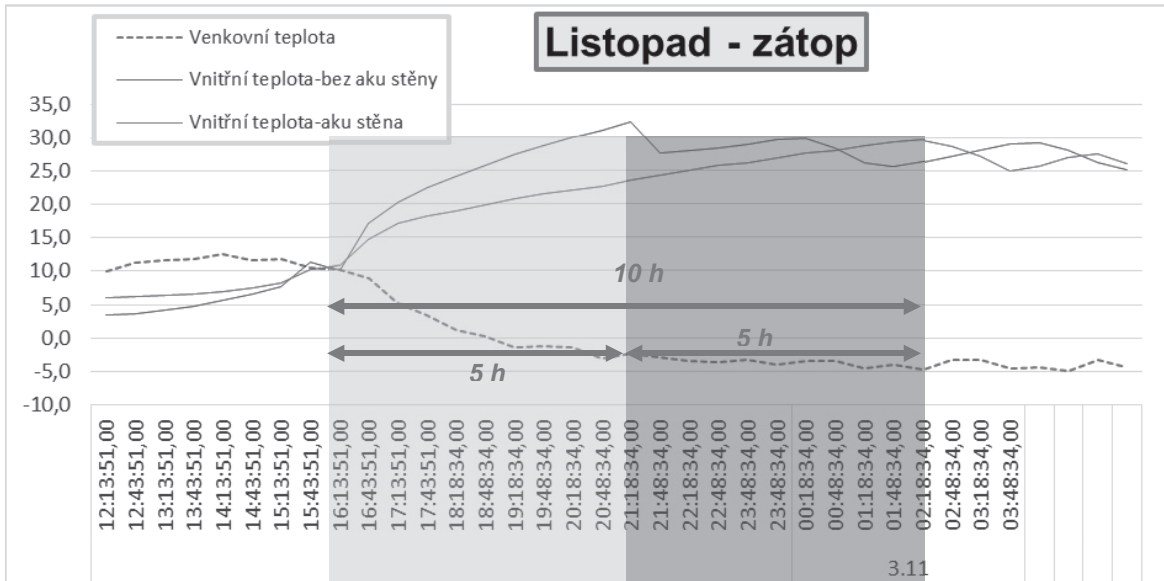
Měřili se vnitřní a vnější teploty, vnitřní a vnější povrchové teploty stěn a akumulací přizdívky a povrchová teplota stěny pod akumulací přizdívkou. Samotné měření probíhalo v zimních měsících (listopad 2015 až únor 2016). Aby se zjistilo chování obou buněk z hlediska jejich tepelné setrvačnosti, bylo v různých časových intervalech zapínáno a vypínáno topení elektrickými přímotopy (dlouhodobé snížení vnitřní teploty – řádově dny).

Zátop

Na následujících grafech 1, 2 a 3 je zaznamenán průběh vnitřních teplot při zátopu (po delší době chladnutí). Je názorně vidět, že doba zátopu u buňky s akumulací stěnou je pomalejší, v závislosti na venkovních podmínkách (teplotách) o 4 až 6 hodin.

¹ Ing. Marcela Černíková, Ph.D., VŠB – TU Ostrava, marcela.cernikova@vsb.cz

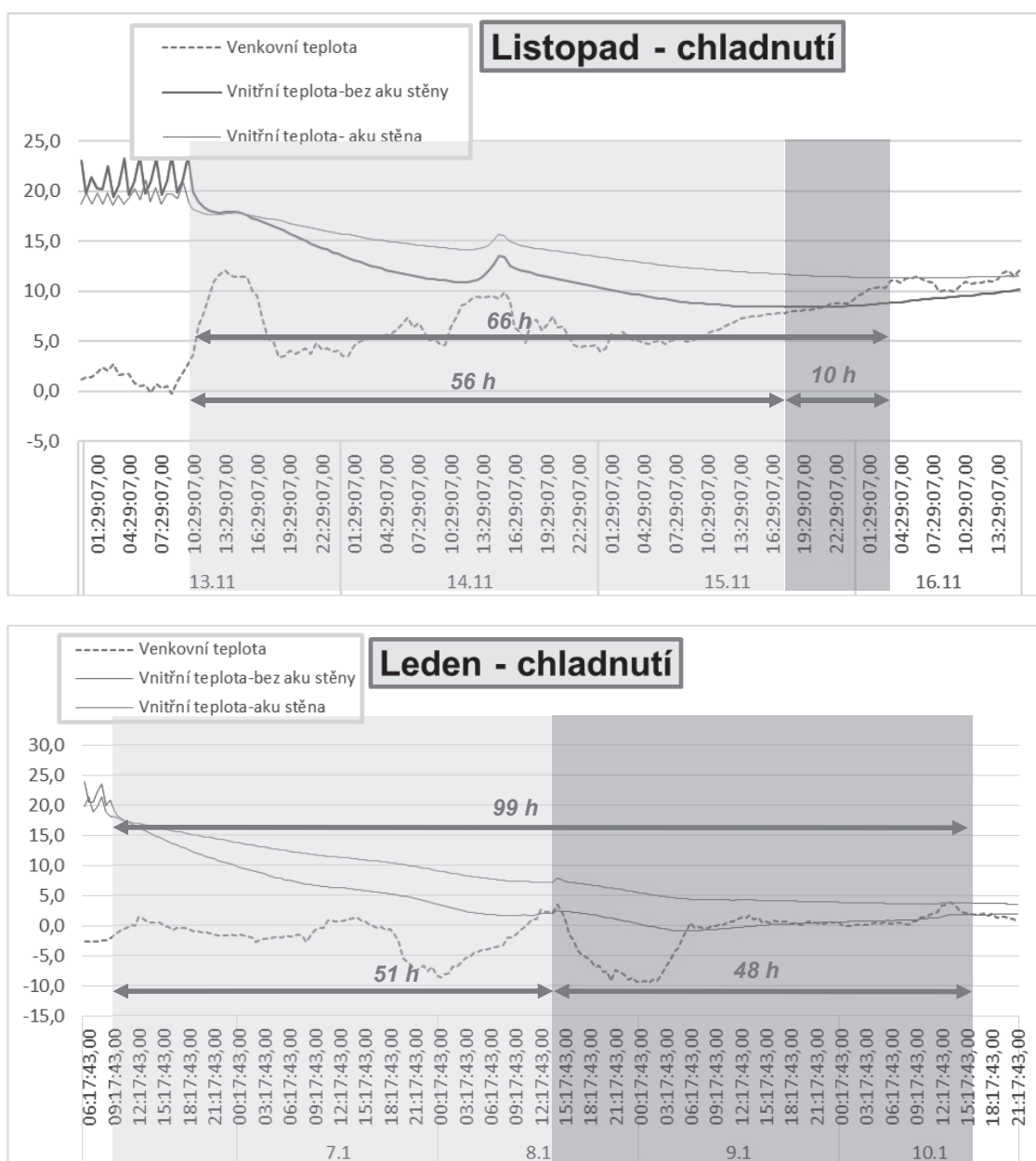
² Ing. Vladan Panovec, Ph.D., Centrum stavebního inženýrství, Zlín, vpanovec@csizlin.cz



Graf 1 až 3: Průběh teplot při zátopu

Chladnutí

Časový průběh chladnutí po vypnutí topení v obou buňkách je zaznamenán na grafech 4 a 5. Po přerušení dodávky tepla je patrný pomalejší průběh chladnutí v buňce s akumulací stěnou. K vyrovnání vnitřní teploty s venkovní teplotou dochází dříve v buňce bez akumulací stěny, než v buňce s akumulací stěnou – tato doba závisí ve větší míře než při zátopu na průběhu venkovních teplot (proto jsou velké rozdíly mezi listopadem a lednem).



Graf 4 a 5: Průběh teplot při chladnutí

Výpočet zátopového výkonu

Vychází se z toho, že místnosti po přerušení vytápění vyžadují dodatečný zátopový tepelný výkon k dosažení původní teploty před přerušením. Zátopový tepelný výkon závisí na akumulacích vlastnostech konstrukcí, době zátopu, poklesu teploty během chladnutí a vlastnostech regulace. Výpočet tepelného výkonu byl proveden podle ČSN EN 12831.

Při nepřerušovaném vytápění se vliv dodatečné akumulací stěny nijak neprojevil. Rozdíly jsou nepatrné a jsou způsobeny mírným zvýšením tepelného odporu stěny s akumulací přizdívkou.

NEPŘERUŠOVANÉ VYTÁPĚNÍ		
Varianta	bez akumulční stěny	s akumulční stěnou
Celková tepelná ztráta [W]	1 205	1 199
Zátopový výkon [W]	není	není

U přerušovaného vytápění se zátopový výkon se počítal pro dobu zátopu 2 a 4 hodiny.

PŘERUŠOVANÉ VYTÁPĚNÍ		
Varianta	bez akumulční stěny	s akumulční stěnou
Doba zátopu	2 hodiny	
Požadovaný pokles teploty	3 °C	
Celková tepelná ztráta [W]	1 623	1 598
Zátopový výkon [W]	399	399
Doba zátopu	4 hodiny	
Požadovaný pokles teploty	3 °C	
Celková tepelná ztráta [W]	1 441	1 435
Zátopový výkon [W]	236	236

Z výsledků vyplývá, že akumulční stěna nemá na zátopový výkon žádný vliv. Rozdíly celkových tepelných ztrát jsou nepatrné a jsou způsobeny vyšším tepelným odporem stěny s akumulční přizdívkou.

Výpočet potřeby tepla na vytápění

Výpočet potřeby tepla na vytápění byl proveden podle EN ISO 13790 pomocí programu ENERGIE 2017 jednak pro nepřerušované vytápění a jednak pro vytápění přerušované s různou délkou otopné přestávky. Doba zátopu u přerušovaného vytápění se uvažuje jednotná: 4 hodiny.

Potřeba tepla na vytápění [GJ]				
Délka otopné přestávky	NEPŘERUŠOVANÉ VYTÁPĚNÍ		PŘERUŠOVANÉ VYTÁPĚNÍ	
	bez aku stěny	s aku stěnou	bez aku stěny	s aku stěnou
0 hodin	10,2	10,0	---	---
6 hodin	---	---	9,8	9,5
8 hodin	---	---	8,8	8,6
12 hodin	---	---	7,7	6,7

Z uvedených výsledků vyplývá, že výraznější úspory tepla na vytápění se dosáhne až při delších otopných přestávkách (řádově 10 hodin a více). Při kratších přestávkách je vliv akumulční stěny nepatrný.

Výpočet poklesu vnitřní teploty během otopné přestávky

Podrobná výpočtová metoda vychází z ČSN 730540-4 a používá se pro stanovení poklesu výsledné teploty místnosti při hodnocení tepelné stability v zmním období. Orientačně lze vnitřní teplotu vzduchu $\theta_{ai}(t)$ [°C] po určité době chladnutí t [s] (a tím i výsledný pokles teploty) stanovit na základě vypočítaného množství akumulovaného tepla v konstrukcích podle vztahů:

$$\theta_{ai}(t) = \theta_e + (\theta_{ai} - \theta_e) \cdot \exp\left(-\frac{\phi_c \cdot t}{W}\right)$$

kde: ϕ_c [W] je celková tepelná ztráta
 W [J] množství akumulovaného tepla v konstrukcích

$$W = \sum_1^m A_m \cdot \sum_1^j (c_{m,j} \cdot \rho_{m,j} \cdot d_{m,j} \cdot \theta_{m,m,j})$$

kde: $\sum_1^m A_m$ [m²] je součet ploch vnitřních povrchů konstrukcí místnosti,
 $c_{m,j}$ [J/(kg·K)] měrná tepelná kapacita j -té vrstvy m -té konstrukce,
 $\rho_{m,j}$ [kg/m³] objemová hmotnost j -té vrstvy m -té konstrukce,
 $d_{m,j}$ [m] tloušťka j -té vrstvy m -té konstrukce,
 $\theta_{m,m,j}$ [°C] střední teplota j -té vrstvy m -té konstrukce na poč. chladnutí;

Při zanedbání otvorových výplní a tenkých vrstev konstrukcí, se na akumulaci podílí z větší části betonová přízdívka v jedné z buněk, z menší části vrstva tepelné izolace z minerálních vláken. Pro vzájemné porovnání výsledků u obou buněk, se neuvažuje tepelná ztráta větráním.

Výpočet je proveden pro tyto okrajové podmínky:

$$\theta_{ai} = 20 \text{ °C}$$

$\theta_e = 0 \text{ °C}$ (venkovní teplota θ_e přibližně odpovídá naměřené průměrné lednové venkovní teplotě – viz. Graf 5).

Konstrukce	Plocha A_m [m ²]	Součinitel prostupu tepla U_m [W/(m ² ·K)]	Teplotní rozdíl $(\theta_i - \theta_e)$ [°C]	Buňka bez aku stěny	Buňka s aku stěnou
				Tepelná ztráta ϕ [W]	
Střecha	18,11	0,20	20	72,4	126,8
Podlaha	18,11	0,27	20	97,8	171,1
Stěny	50,33	0,27	20	271,8	475,6
Okna a dveře	3,96	1,40	20	110,9	194,0
Celková tepelná ztráta (prostupem) ϕ_p [W]	$\phi_p = \sum A_m \cdot U_m \cdot (\theta_i - \theta_e)$			552,9	967,5
Akumulované teplo W [J]	$W = \sum_1^m A_m \cdot \sum_1^j (c_{m,j} \cdot \rho_{m,j} \cdot d_{m,j} \cdot \theta_{m,m,j})$			$20 \cdot 10^6$	$60 \cdot 10^6$
Teplota vnitřního vzduchu θ_{ai} [°C] na konci doby chladnutí ($t = 8$ h)	$\theta_{ai}(t) = \theta_e + (\theta_{ai} - \theta_e) \cdot \exp\left(-\frac{\phi_c \cdot t}{W}\right)$			9,0	15,3

Teoretická (vypočítaná) vnitřní teplota u **buňky bez akumulací stěny** je po osmi hodinách chladnutí nižší, než skutečná (naměřená) hodnota – rozdíl činí cca 3 °C. Prakticky to znamená, že na akumulaci se podílejí i ty části konstrukcí, které nejsou ve výpočtu

zohledněny (ve skutečnosti mají na tepelnou setrvačnost vliv např. i elektrické přímotopy, použité na vytápění).

U **buňky s akumulací stěnou** jsou teoretické i naměřené teploty prakticky shodné – vliv akumulací přízdívky výrazně převažuje nad ostatními vlivy.

Závěr

Zatímco vliv akumulací vrstev na energetickou náročnost budovy při přerušovaném vytápění může být sporný (delší doba chladnutí = delší doba zátopu a naopak), na kvalitu vnitřního prostředí je však výrazný.

Na sledovaných lehkých buňkách je velmi dobře patrný vliv jednoduché betonové akumulací předstěny na průběh vnitřních teplot. V buňce bez akumulací stěny po vypnutí topení mnohem rychleji klesá vnitřní teplota a po cca 2 až 3 dnech (v závislosti na vnějších podmínkách) se vyrovnává s venkovní teplotou. Naopak, v buňce s akumulací stěnou je pokles vnitřní teploty mnohem pomalejší a k vyrovnání s venkovní teplotou dochází později (až o 2 dny – v závislosti na venkovních podmínkách).

Z toho plyne oblast použití lehkých montovaných staveb: budovy bez akumulací vrstev jsou vhodné pro občasné užívání při nepřerušovaném vytápění, kdy je potřeba vnitřní prostory rychle vytopit a na druhou stranu není na závalu rychlé vychladnutí při dlouhodobém vypnutí topení.

Pokud se předpokládá trvalý pobyt osob, potom z důvodu vyšší tepelné pohody by bylo vhodné se zabývat možnostmi integrování akumulací vrstev. Při určitém způsobu vytápění může dojít i k finanční úspoře za dodávku tepla. Tento aspekt bude výraznější u tzv. nulových budov, kdy dodávka tepla kolísá v závislosti na okamžitém příkonu místního (obnovitelného) zdroje - např. dodávka elektřiny v závislosti na slunečním záření u solárních kolektorů nebo článků. Optimální tloušťka akumulací vrstvy je do 150 mm, větší tloušťky se již na akumulaci nepodílejí.

Literatura

- [1] Černíková.: Analýza vlivu akumulací vlastností stavebních konstrukcí na tepelnou stabilitu vnitřního prostředí budov. Disertační práce VŠB-TU Ostrava, 2018
- [2] Černíková, Panovec.: Course of temperature and humidity in the roof of light modular constructions. In *16th International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM 2016, Albena, Bulgaria. Volume II*. Sofia : STEF92 Technology Ltd., 2016, s. 71-76.
- [3] ŘEHÁNEK.: Tepelná akumulace budov. Praha: ČKAIT, 2002. ISBN 80-863-6459-3.
- [4] ČSN 73 0540-4: Tepelná ochrana budov – Část 4: Výpočtové metody
- [5] ČSN EN 12831 Tepelné soustavy v budovách -Výpočet tepelného výkonu.

VZDUCHOTESNOSŤ AKO KLÚČOVÝ FAKTOR OVPLYVNÚJÚCI FUNKČNOSŤ BUDOVY

Milan Skokan¹

Abstract

The paper deals with the consequences of poor air-tightness on the energy intensity and user comfort of the building and represents the reconstruction of the air-tight layer in the sloping roof structure.

Úvod

Vzduchotesnosť stavby je jedna zo základných požiadaviek na funkčnosť a užívateľnosť stavby. Už v roku 1848 sa témou tepelných strát budov zapríčinenou netesnosťou zaoberal Dr. Max von Pettenkofer. Reálna normová požiadavka na vzduchotesnosť budov sa vytvorila prvýkrát v norme DIN 4108 v roku 1952.

Vzduchotesnosť podstrešných priestorov pri obývanom podkroví je na Slovensku téma, ktorou sa začalo intenzívne zaoberať až po roku 1989 s rozmachom bývania v podkroví. Za posledných 25 rokov sa v tejto oblasti mnoho vykonalo a v dnešnej dobe dokážeme merať vzduchotesnosť pomocou Blower – door testu. Kritickým však stále ostáva riešenie vzduchotesnosti v detailoch, či už v oblasti projektovania, ale hlavne realizácie.

Vzduchotesnosť a parotesnosť

Vzduchotesná vrstva podľa všeobecne platných noriem a pravidiel leží na vnútornej strane pred tepelnou izoláciou a **musí brániť prúdeniu vzduchu naprieč stavebnou konštrukciou**.

Praktické dôvody na riešenie vzduchotesnosti:

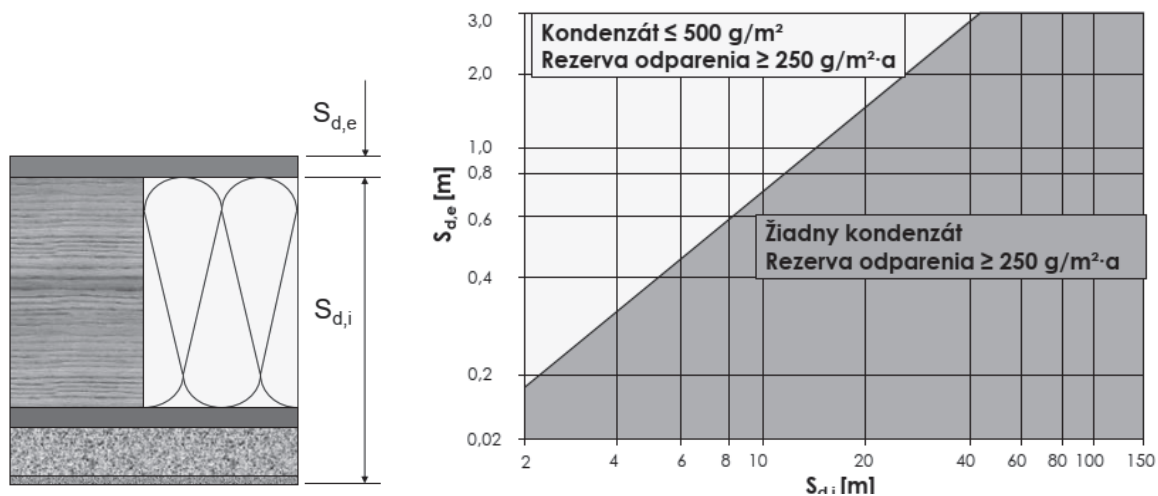
- zabránenie tepelným stratám nekontrolovanou výmenou vzduchu
 - » úspora energie
 - » zníženie emisií CO₂;
- stavebno – fyzikálna bezpečnosť
 - » dlhodobá funkčnosť stavebnej konštrukcie;
- zabránenie prievanu v obytnom priestore
 - » komfort bývania;
- zníženie šírenia zápachov z exteriéru
 - » kvalita vnútorného vzduchu.

Pri šikmej streche, kde je podkrovie využívané na obytné účely (vykurovaný priestor), je nutné použitie parotesnej zábrany, ktorá obmedzí prenikanie vodnej pary z vnútorného prostredia do tepelnej izolácie a kde by v dôsledku poklesu teploty došlo ku kondenzácii vodnej pary. Preto je potrebné navrhovať a realizovať parotesnú zábranu s dostatočným difúznym odporom a vrstvy nad tepelnou izoláciou s dostatočnou paropriepustnosťou (nízka hodnota S_d), aby sa zabránilo tvorbe kondenzátu v stavebnej konštrukcii. V drvivej väčšine parotesná zábrana tvorí aj vzduchotesnú vrstvu.

$S_{d,e}$ (m)	$S_{d,i}$ (m)
$\leq 0,10$	$\geq 1,00$
$0,1 < S_{d,e} \leq 0,3$	$\geq 2,00$
$0,3 < S_{d,e} \leq 2,0$	$\geq 6 \times S_{d,e}$
$> 2,0$ (žiadne drevo medzi $S_{d,e}$ a $S_{d,i}$)	$\geq 6 \times S_{d,e}$ (žiadne drevo medzi $S_{d,e}$ a $S_{d,i}$)

Tab. 1: Pravidlá skladieb (jednotlivých pomerov $S_{d,e}$ a $S_{d,i}$) pri dvojplášťovej streche pri dodržaní ktorých nie je potrebný prepočet bilancie vodnej pary podľa DIN 4108 – 3:2014

¹ Ing., Milan Skokan, Dörken SK, s.r.o., Ivanka pri Dunaji, skokan@dorken.sk



Obr. 1, 2 Rozdelenie hodnôt S_d v strešnej konštrukcii; Diagram kondenzácie vodnej pary

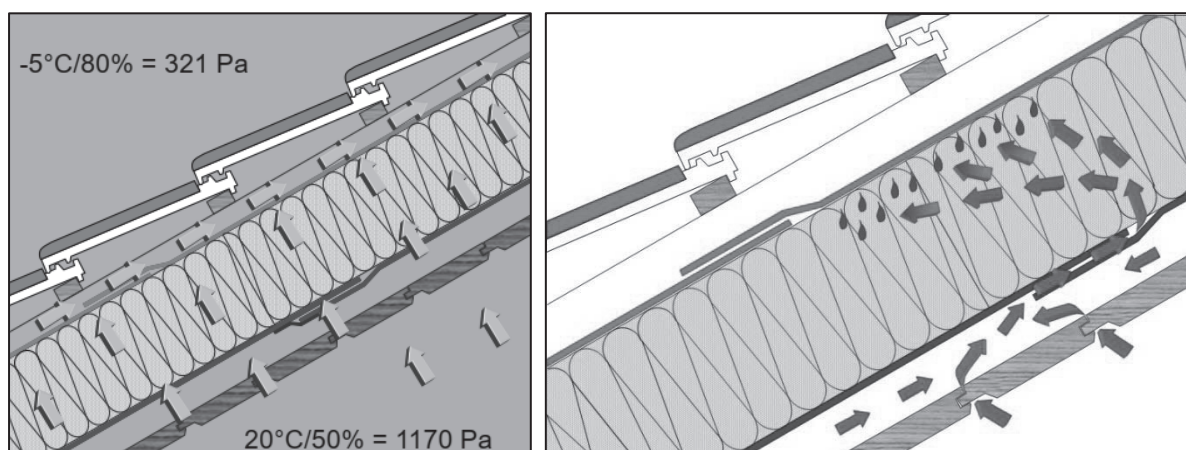
Difúzia vodnej pary vs. konvekcia vodnej pary

Difúzia vodnej pary je jav, ktorý sa vyskytuje v zimnom období v každej zateplenej šikmej streche. **Difúzia je transport vodnej pary bez pohybu vzduchu.** Je poháňaný rozdielom tlakov a teplôt medzi exteriérom a interiérom. Na zamedzenie nadmernej difúzie sú dôležité vlastnosti použitých materiálov, a to použitie parozábrany s dostatočným difúznym odporom (hodnota S_d) a poistnej hydroizolácie s dostatočne nízkym difúznym odporom.

Konvekcia vodnej pary je oproti difúzií jav nežiaduci, žiaľ v slovenských strechách veľmi častý. **Konvekcia je transport vodnej pary pomocou prúdenia vzduchu.** Je poháňaná prostredníctvom:

- rozdielu tlakov (interiér, exteriér),
- termickým prúdením,
- pretlakom/podtlakom spôsobovaným vetrom.

Účinným opatrením na zabránenie konvekcie je vzduchotesnosť a z toho vyplývajúce remeselné spracovanie.



Obr. 3, 4 Difúzia vodnej pary (obrázok vľavo) a konvekcia vodnej pary (obrázok vpravo) spôsobená netesnosťou parozábrany

Meranie vzduchotesnosti v praxi – Blower door test

Reálny dôkaz, či a ako je stavba vzduchotesná, nám poskytuje meranie tzv. testom Blower – door, čiže testom slepých dverí. Pri tomto teste sa v mieste vchodových dverí namontuje ventilátor, pomocou ktorého sa na princípe rozdielu tlakov 50 Pa meria netesnosť

budovy. Tento test dokáže odhaliť aj najmenšie netesnosti hlavne v detailoch, ako je napojenie parozábrany na murivo, na strešné okno, styk jednotlivých stavebných konštrukcií, elektroinštalácie atď. Presná lokalizácia a intenzita netesnosti sa meria pomocou termoanemometera.

Nemecké združenie pre vzduchotesnosť budov (Fachverband Luftdichtheit im Bauwesen e.V.) uvádza, že prietok vzduchu na úrovni 0,2 m/s je už citeľný a lokálna infiltrácia by nemala presiahnuť hodnotu 2,0 m/s.

Požadované hodnoty merania vzduchotesnosti objektu definuje norma DIN 4108-7:

- budovy bez vzduchotechnických zariadení
 - objem vzduchu vymenený v miestnosti ≤ 3 1/h
 - objem vzduchu vymenený v miestnosti na základnú plochu $7,8 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$
- budovy so vzduchotechnickými zariadeniami
 - objem vzduchu vymenený v miestnosti $\leq 1,5$ 1/h
 - objem vzduchu vymenený v miestnosti na základnú plochu $3,9 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$
- Odporúčanie Inštitútu pre pasívne domy Dr. W.Feist
 - pasívne domy (vzduchotechnické zariadenia)
 - objem vzduchu vymenený v miestnosti $\leq 0,6$ 1/h.

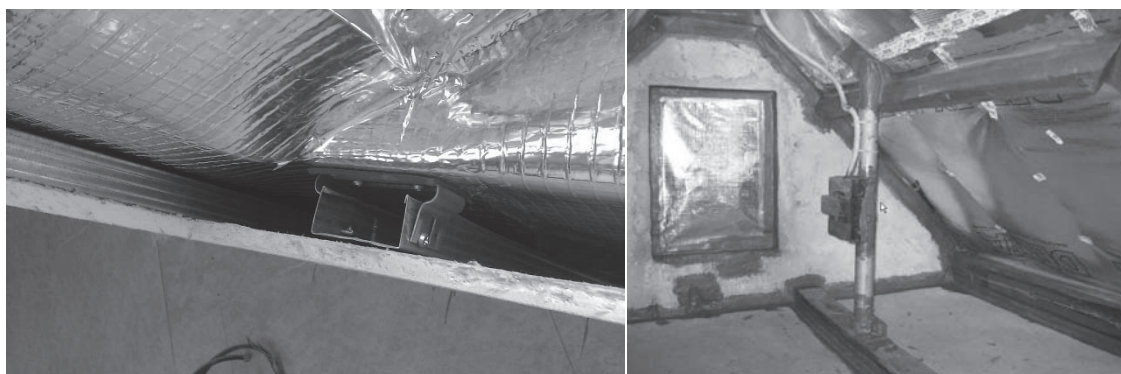
Riešenie parotesnej zábrany z interiéru

Najčastejším riešením parotesnej a vzduchotesnej vrstvy je zo strany interiéru. Na toto použitie odporúča spoločnosť Dörken vo svojom portfóliu viacero parozábran a parobzd.

Parozábrany s vysokým difúznym odporom (DELTA[®]-REFLEX – $S_d \geq 150$ m, alebo DELTA[®]-DAWI GP – $S_d \geq 100$ m) odporúčame použiť pri masívnych murovaných stavbách, kde sa počíta s miernou až vysokou stavebnou vlhkosťou.

Parobrzd s premenlivou hodnotou S_d (DELTA[®]-NOVAFLEXX – S_d 0,2 až 5 m) alebo s konštantnou hodnotou S_d (DELTA[®]-LUXX – S_d 2 m) odporúčame použiť pri budovách, kde sa počíta s nízkou stavebnou vlhkosťou, ako napr. obnova strechy alebo drevostavba/montovaná stavba.

Na zabezpečenie funkčnosti vzduchotesnej vrstvy je potrebné vytvoriť medzi vnútorným opláštením (napr. sadrokartónom) a vzduchotesnou vrstvou montážnu medzeru. To je však v rozpore s bežnou praxou na Slovensku, kde je parozábrana aplikovaná medzi nosný rošt sadrokartónového systému a sadrokartónových dosiek, vychádzajúc z montážnych návodov výrobcov sadrokartónu. Aj norma DIN 4108-7 odporúča: „Aby bolo možné znížiť počet prechodov cez vzduchotesnú vrstvu, je žiaduce vytvoriť inštalačnú medzeru pred vzduchotesnou vrstvou na umiestnenie všetkých druhov inštalácií“.

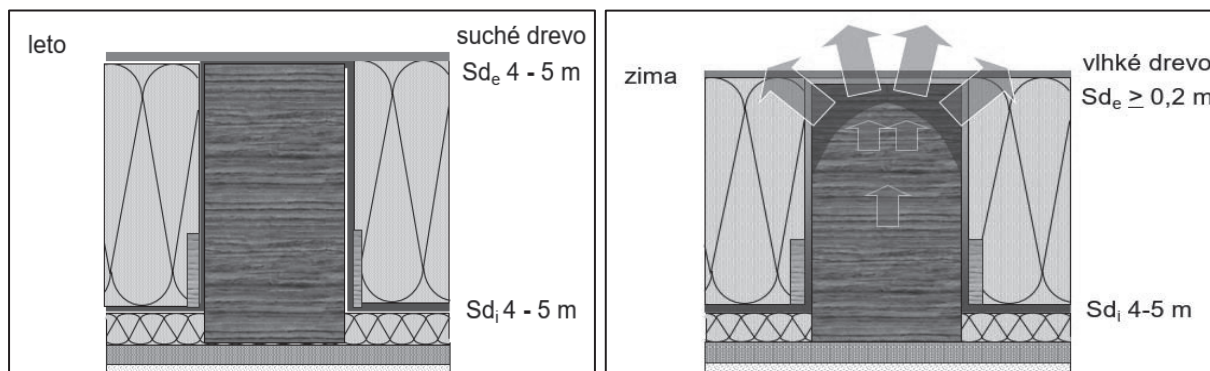


Obrázok 5,6: Inštalačná medzera medzi sadrokartónom a parozábranou DELTA[®]-REFLEX (vľavo) a riešenie na každý detail vzduchotesnosti, pastovitá náterová hmota – DELTA[®]-LIQUIXX

Riešenie vzduchotesnosti pri obnove strechy

V prípadoch, keď dochádza k obnove strechy, či už po rokoch užívania alebo chybnou realizáciou a nefunkčnosťou strechy, je potrebné riešiť vzduchotesnú vrstvu vo väčšine

prípadov tak, aby vnútorný obklad zostal zachovaný a podkrovný priestor bol počas obnovy obývateľný. Pomocou špeciálnej parobrzd DELTA®-NOVAFLEXX s pohyblivým difúznym odporom (S_d 0,2 m – 5,0 m) v závislosti na okolitej teplote a vlhkosti je možné vyriešiť vzduchotesnosť zo strany exteriéru. Fólia sa aplikuje tzv. obaľovaním okolo krokiev. Jej meniace sa difúzne vlastnosti zabezpečia bezpečné odparenie kondenzátu na hornej hrane krokiev. Na všetky detaily je absolútne vhodná pastovitá hmota DELTA®-LIQUIXX.



Obr. 7, 8 Princíp funkčnosti premenlivého difúzneho odporu na fólií DELTA®-NOVAFLEXX v letnom a zimnom období – vlhkosť je bezpečne odvedená mimo strešnú konštrukciu

Záver

Vzduchotesná vrstva je kľúčovým prvkom v konštrukcii šikmej strechy, od ktorého závisí nielen stavebno-fyzikálna funkčnosť celej strešnej konštrukcie, ale do značnej miery determinuje komfort bývania a prevádzkové náklady celej budovy. Preto je nutné, aby sa téme vzduchotesnosti venovala dostatočná pozornosť ako v projektovej fáze, tak hlavne vo fáze realizácie stavby s dostatočným dôrazom na spracovanie detailov.

Spoločnosť Dörken preto ponúka projektantom a zhotoviteľským firmám komplexné systémové riešenia vzduchotesných systémov, či už na aplikáciu zo strany interiéru, alebo pri obnove strechy zo strany exteriéru, prípadne pri riešení vzduchotesnosti nadkrokového zateplenia.

Literatúra

- [1] STN 73 1901, 2005: Navrhovanie striech – Základné ustanovenia
- [2] DIN 4108-3, 2014: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden - Teil 3: Klimabedingter Feuchteschutz - Anforderungen, Berechnungsverfahren und Hinweise für Planung und Ausführung
- [3] DIN 4108-7, 2011: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden - Teil 7: Luftdichtheit von Gebäuden - Anforderungen, Planungs- und Ausführungsempfehlungen sowie - Beispiele
- [4] Kolektív autorov Cechu strechárov Slovenska a zástupcov výrobcov: Pravidlá pre navrhovanie a zhotovovanie striech, Vydavateľstvo STU, Bratislava, 2003
- [5] Interné materiály spoločnosti Dörken

DOPADY OPATRENÍ HÍBKOVEJ OBNOVY NA SPOTREBU ENERGIE V BYTOVOM DOME

Zuzana Sternová¹; Roman Horečný²

Abstract

In 2011, Bratislava responded to the EU call for the FP7-ENERGY-SMARTCITIES-2012 Program and for participation in the EU-GUGLE international project "European cities serving as Green Urban Gate to Leadership in Sustainable Energy" To Sustainable Energy ". The aim of the project is to achieve the concept of energy performance of buildings, ensuring the energy efficiency of the buildings themselves when using them and reducing the energy intensity within of the urban area where the building is located.

Úvod

Podľa vyhlášky MDVRR SR č. 364/2012 Z. z. od 1.1.2016 [3] začala platiť druhá úroveň sprísnenia požiadaviek na energetickú hospodárnosť budov vrátane požiadaviek na tepelnotechnické vlastnosti stavebných konštrukcií tvoriacich obálku budov pri smerovaní na úroveň výstavby budov s takmer nulovou potrebou energie. Podľa technickej normy STN 73 0540-2 [4] a vyhlášky [3] je súčasťou energetického posúdenia budov aj normalizované hodnotenie energetickej hospodárnosti budov (EHB). Nadväzne na zákon o EHB sa po roku 2015 požaduje, aby obnovované budovy dosiahli požiadavky na ultranízkoenergetickú úroveň výstavby, ak je to funkčne, technicky a ekonomicky uskutočniteľné. Budovy spĺňajú stanovenú energetickú úroveň výstavby, ak sa preukáže dosiahnutie aspoň hornej hranice energetickej triedy A1 pre globálny ukazovateľ – primárna energia. Predpokladom na splnenie globálneho ukazovateľa je dosiahnutie ukazovateľov na jednotlivé miesta spotreby energie a celkovej potreby energie budovy v energetickej triede A.

Technický a skúšobný ústav stavebný, n.o. bol členom konzorcia projektu EU GUGLE so zodpovednosťou za oblasť výskumu v uvedenom projekte za mesto Bratislava. TSÚS bol súčasne zodpovedným projektantom stavebnej časti hĺbkovej obnovy bytového domu P. Horova 17, 19 a spracovateľom energetického certifikátu. Cieľom bolo navrhnúť opatrenia hĺbkovej obnovy bytového domu tak, aby sa splnili ciele projektu EU GUGLE. Znamenalo to, že v čase platnosti požiadaviek na nízkoenergetickú úroveň výstavby (2014) projektovým riešením navrhnutých opatrení a realizáciou hĺbkovej obnovy sa mala v predstihu, pred nadobudnutím platnosti požiadaviek na ultranízkoenergetickú úroveň výstavby, preukázať uskutočniteľnosť, ale súčasne nákladová efektívnosť (návratnosť vynaložených finančných prostriedkov najviac za 10 rokov).

Požiadavky a podmienky navrhovania na ultranízkoenergetickú úroveň výstavby

Dosiahnuť ultranízkoenergetickú úroveň výstavby po obnove existujúcich budov je oveľa náročnejšie ako pri novej výstavbe. Ultranízkoenergetická úroveň výstavby, resp. obnovy bytových domov znamená predovšetkým splnenie požiadaviek stanovených STN 73 0540-2a vyhláškou MDVRR SR č. 364/2012 Z.z. pre:

- súčiniteľ prechodu tepla U vo $W/(m^2.K)$ stavebných konštrukcií – odporúčaná hodnota (platná ako normalizovaná od 1.1.2016);
- potreba energie na vykurovanie - maximálne $\frac{1}{2}$ z rozpätia triedy B ($\leq 40 \text{ kWh}/(m^2.a)$) podľa vyhlášky MDVRR SR č. 364/2012 Z. z., horná hranica triedy A;

¹ prof. Ing. Zuzana Stehnová, PhD., Technický a skúšobný ústav stavebný, n.o., sternova@tsus.sk

² Ing. Roman Horečný, Technický a skúšobný ústav stavebný, n.o., horecny@tsus.sk

- potreba energie na prípravu teplej vody (TV) - maximálne $\frac{1}{2}$ z rozpätia triedy B (≤ 20 kWh/(m².a)) podľa vyhlášky MDVRR č. 364/2012 Z. z., horná hranica triedy A;
- primárna energia – maximálne horná hranica energetickej triedy A1 (63 kWh/(m².a)) podľa vyhlášky MDVRR SR č. 364/2012 Z. z.

Splnenie uvedených kritérií si vyžaduje zodpovednejší prístup už vo fáze projektového riešenia obnovy a následne aj vo fáze jej zhotovovania. Veľmi dôležitý je už výber vhodných materiálov, výrobkov a hlavne technické riešenie samotných detailov tak, aby spĺňali tie najprísnejšie kritéria. Podstatou riešenia musí byť maximálna eliminácia tepelných mostov, zabránenie zatekania cez detaily stavebnej konštrukcie a nadmernej prievzdušnosti danými detailami. Rozhodujúcimi konštrukčnými prvkami sú najmä otvorové konštrukcie spolu s vetracími systémami a spôsob ich zabudovania. Okná a vysoko výkonné zasklenia sa výrazne podieľajú na celkovej energetickej bilancii budovy. Rozhodujúcim ukazovateľom je kombinácia tepelnoizolačných vlastností (súčiniteľ prechodu tepla $U_w \leq 1,0$ W/(m².K), solárneho faktoru (celková priepustnosť slnečnej energie zasklenia g), škárovej prievzdušnosti (i_{IV}) a vhodné je použitie dištančného rámika zasklenia so zlepšenými tepelnoizolačnými vlastnosťami. Pre ultranízkoenergetickú úroveň výstavby je potrebné riešiť hygienicky nutnú výmenu vzduchu riadeným vetraním aj s využitím rekuperácie vzduchu. To vyžaduje riešiť aj nové detaily osadenia týchto konštrukčných prvkov v nadväznosti na ich zabudovanie v úrovni ETICS pri dodržaní technologických predpisov.

Z uvedených požiadaviek je zrejmé, že pre ich splnenie najmä v oblasti potreby energie na vykurovanie a prípravu TV je potrebné pri obnove bytových domov vykonať „hlbkovú obnovu“. Teda významnú obnovu v oblasti stavebných konštrukcií a významnú obnovu v oblasti technických systémov budovy.

Navrhované opatrenia

Jedným z navrhovaných bytových domov na obnovu v rámci projektu EU GUGLE sa stal radový bytový dom (stredná sekcia), ktorý má 8 NP – z toho 7 podlaží je bytových a 1. NP - prízemie je nebytové (vstupné priestory, spoločné priestory). Bytový dom je postavený v stavebnej sústave P1.14-7.5RP. Zastavaná plocha typického podlažia je 540,9 m², celková podlahová plocha bytovej časti budovy je 3 786,3 m².



Obr. 1 Pohľad na priečelie bytového domu v pôvodnom stave



Obr. 2 Pohľad na priečelie po obnove

Opatrenia týkajúce sa významnej obnovy stavebných konštrukcií:

- výmena otvorových konštrukcií (výmena všetkých otvorových konštrukcií, aj v minulosti už vymenených za konštrukcie s izolačným trojsklom),
- inštalácia decentrálneho systému kontrolovaného vetrania s rekuperáciou tepla v každom byte/miestnosti bytu,

- zateplenie obvodových stien (s overením zabudovania požiarnych zábran a riešení detailov podľa STN 73 2901: 2015 a 73 0802/Z2/O1: 2015) a vyrovnaním plochy s ohľadom na rovinu zasklenia lodží s použitím kotiev so zapustenými hlavicami,
- zateplenie strešného plášt'a so zvýšením atiky a úpravou nadstavieb inštalačných šácht s odvetraním,
- obnova lodží a ich zasklenie,
- zateplenie stropu nad 1. NP (vstupné podlažie),
- výmena vchodových dverí a dverí v zádverí, výmena presklených stien.

V rámci hĺbkovej obnovy sa uskutočnila obnova technických systémov a vnútorných rozvodov:

- modernizácia zvislých rozvodov SV, TV a cirkulácie TV vrátane ich tepelnej ochrany,
- modernizácia splaškovej kanalizácie, vodorovných a zvislých inštalácií plynu a vedení odpadného vzduchu (vrátane uskutočnenia špeciálnych opatrení pri likvidácii škodlivého odpadu na báze azbestu), výmena odsávacích ventilátorov vo WC a kúpeľniach.

Vzhľadom na hniezdenie dažďovníkov a netopierov sa do tepelnoizolačného kontaktného systému zabudovali budy pre chránené živočíchy.

Na zabezpečenie splnenia predpokladaných parametrov budovy na ultranízkoenergetickej úrovni výstavby (splnenie globálneho ukazovateľa primárnej energie) sa uskutočnil opatrenia:

- realizácia odpojenia od CZT,
- vybudovanie zdrojov tepla a prípravy TV založených na OZE (tepelné čerpadlá vzduch-voda), rozvod vykurovania a TV,
- zabudovanie malého fotovoltického zdroja elektriny,
- zabudovanie inteligentného modulu kontroly a riadenia.

Rozhodnutiu o návrhu zmien v oblasti tepelnej ochrany budov predchádzala podrobná analýza kombinácie tepelnotechnických vlastností jednotlivých stavebných konštrukcií a ich komponentov. Uplatnilo sa zateplenie obvodového plášt'a s uplatnením ETICS na báze EPS s grafitom s požiarnymi zábrami z MW (FB S C1, šírky 200 mm) s hodnotou $U = 0,208 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Na zateplenie strešného plášt'a sa použili dosky EPS 150 (2 x 120 mm) – $U = 0,096 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Otvorové konštrukcie sa vymenili za konštrukcie sú s izolačným trojsklom ($U_g = 0,7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, $U_f = 1,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, $g = 0,6$). Zasklili sa lodžie a zabudovali sa rekuperačné jednotky.

Snahou bolo opatreniami v tepelnej ochrane budovy dosiahnuť čo najnižšiu hodnotu potreby tepla na vykurovanie. Súčasne sa zohľadňovala požiadavka projektu EU GUGLE, dosiahnuť úsporu primárnej energie aspoň 38 % v porovnaní s platnou požiadavkou v čase spracovania projektovej dokumentácie (nízkoenergetická úroveň výstavby). Výpočtom sa preukázalo dosiahnutie mernej potreby tepla $Q_{H,nd} = 19,7 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ a úspora mernej potreby tepla 74,8 %.

Ciele projektu EU GUGLE stanovené pre primárnu energiu nebolo možné dosiahnuť pre BD na ul. P. Horova 17 a 19, pokiaľ by zostalo zásobovanie teplom a teplou vodou (TV) z CZT. Oba susedné domy nie sú zateplené a dodávateľ tepla musí dodávať vykurovacie médium (teplá voda) na projektovaný teplotný spád $92,50^\circ\text{C}/67,50^\circ\text{C}$, aby tak pokryl oveľa vyššiu tepelnú stratu susedných dvoch bytových domov.

Splnenie globálneho ukazovateľa primárnej energie ovplyvňujú faktory primárnej energie určené pre jednotlivé energetické nosiče. V čase spracovania projektovej dokumentácie platila pre elektrinu hodnota 2,764 (v súčasnosti 2,2) a pre plyn (vrátane CZT) 1,36 (v súčasnosti sa stanovuje podľa osobitného predpisu).

Pre bytový dom P. Horova sa s ohľadom na splnenie globálneho ukazovateľa vyjadrujúceho ultranízkoenergetickú úroveň výstavby A1 navrhol vlastný zdroj tepla (tepelné čerpadlá vzduch – voda) a malý fotovoltický zdroj o výkone 10 kWp v sklone 20° (podrobnosti pozri v nasledujúcom príspevku):

- globálny ukazovateľ: primárna energia budovy sa zníži:

z pôvodného stavu 238,60 kWh/(m².a) pri CZT na 58,52 kWh/(m².a), čo je zníženie o 75,47 % (v porovnaní s úrovňou požiadavky na nízkoenergetickú úroveň výstavby sa dosiahlo zníženie o 40 %, čo je viac ako požiadavka EU GUGLE 38 %);

- emisie CO₂ klesnú z 39,85 kg/(m².a) pri CZT na 6,14 kg/(m².a), čo je menej o 84, 59 %, resp. zo 150 884 kg CO₂/rok pri CZT na 23 248 kg CO₂/rok, čo znamená zníženie emisií o 127,64 tony CO₂/rok oproti CZT.

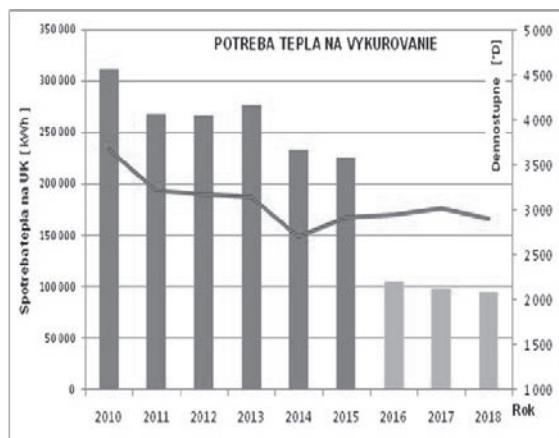
Vyhodnotenie

Realizáciou hĺbkovej obnovy na úroveň ultranízkoenergetickej úrovne výstavby sa v roku 2016 bytový dom na ulici P. Horova 17 a 19 v Bratislave - m. č. Devínska Nová Ves, stal prvým obnoveným bytovým domom na túto úroveň nielen v uvedenej mestskej časti, ale aj v celej Slovenskej republike, pričom sa významná obnova budovy (stavebných konštrukcií) a významná obnova technických systémov uskutočnila naraz (v období od septembra 2015 do marca 2016).

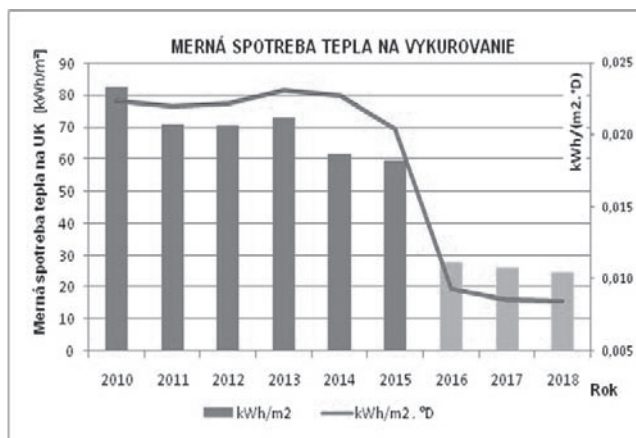
Navrhnutými a zrealizovanými úpravami na bytovom dome (vykurovaná plocha budovy = 2953,86 m² a celková podlahová plocha budovy = 3786,00 m²) sa dosiahlo (pozri grafy):

- zníženie spotreby tepla na vykurovanie z 312 000 kWh v roku 2010 na 94 000 kWh v roku 2018, čiže spotreba tepla na vykurovanie sa znížila z 82,41 kWh/(m².a) na 24,83 kWh/(m².a);
- zníženie mernej spotreby tepla na vykurovanie z 0,0224 kWh/(m².°D) v roku 2010 na 0,0085 kWh/(m².°D) v roku 2018;
- zníženie spotreby tepla na ohrev teplej vody (TPV) z 156 820 kWh v roku 2011 na 94 315 kWh v roku 2018; čiže spotreba tepla na ohrev TPV sa znížil z 41,42 kWh/(m².a) na 24,91 kWh/(m².a);
- zníženie mernej spotreby tepla na ohrev TPV z 41,4 kWh/m³ (0,3314 kWh/(m³.osoba)) v roku 2011 na 24,9 kWh/m³ (0,2129 kWh/(m³.osoba)) v roku 2018;
- vybudovaním malovoltického zdroja elektrickej energie sa porovnaním vlastnej spotreby vyrobenej elektrickej energie a celkovej spotreby elektrickej energie dosiahol podiel vlastnej sebestačnosti 9,74 % v roku 2017, resp. 10,74 % v roku 2018;
- Celková spotreba elektrickej energie v roku 2018 bola 76 554,59 kWh, pomocou ktorej tepelné čerpadlá vyrobili 188 315 kWh tepla na vykurovanie a ohrev teplej vody (2,46 násobná premena);
- náklady na teplo na vykurovanie v porovnaní s najvyššou spotrebou za sledované obdobie 28 115,1 € v roku 2013 klesli na 4 552,7 € v roku 2018 (zníženie o 83,8 %).

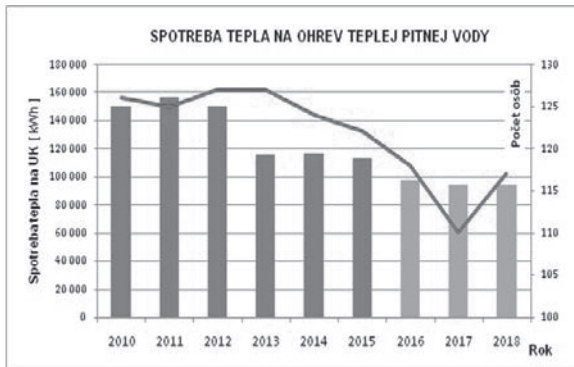
Na obr. 9 sú uvedené náklady na teplo na vykurovanie v jednotlivých rokoch a na obr. 10 sa uvádza skladba nákladov na hĺbkovú obnovu.



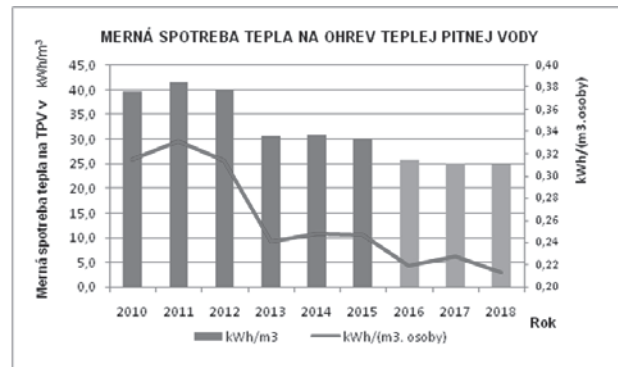
Obr. 3 Spotreba tepla na vykurovanie



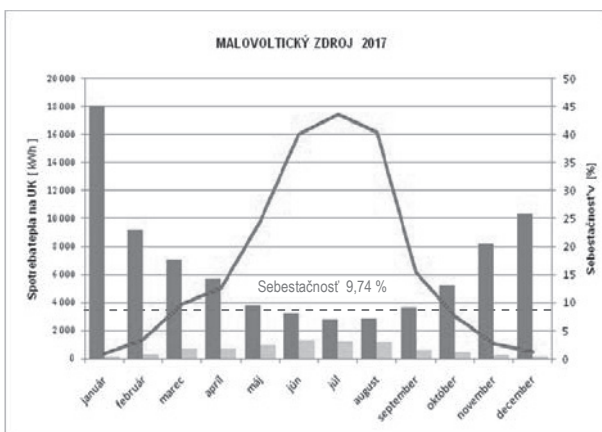
Obr. 4 Merná spotreba na vykurovanie



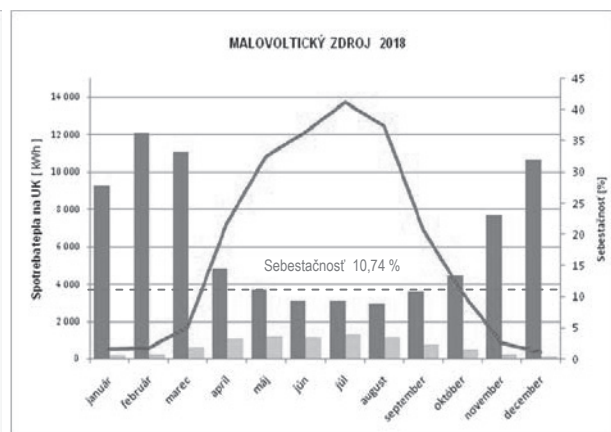
Obr. 5 Spotreba na tepla na prípravu TPV



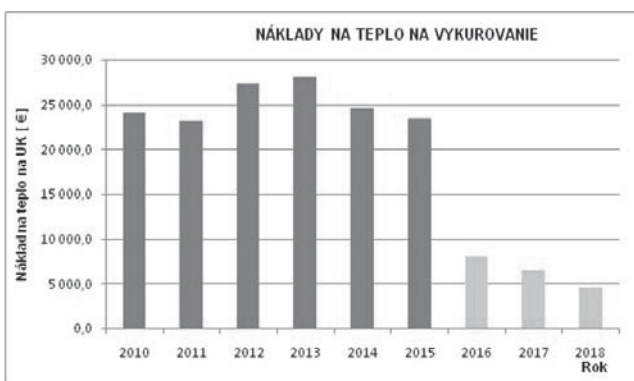
Obr. 6 Merná spotreba tepla na prípravu TPV



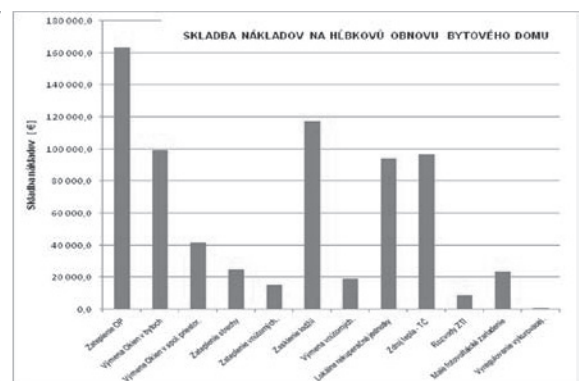
Obr. 7 Vlastný malovoltický zdroj elektriny 2017



Obr. 8 Vlastný malovoltický zdroj elektriny 2018



Obr. 9 Náklady na teplo na vykurovanie v rokoch



Obr. 10 Skladba nákladov na hĺbkovú obnovu

Záver

Bytový dom sa po uskutočnení hĺbkovej obnovy podľa vyhlášky MDVRR č. 364/2012 Z. z. zaradil:

- podľa **potreby energie** na vykurovanie a prípravu TV, ako aj celkovej potreby energie v budove do triedy energetickej hospodárnosti budovy **A**;
- podľa **globálneho ukazovateľa** - primárna energia do triedy energetickej hospodárnosti budovy **A1**.

ZOZNAM PRIHLÁSENÝCH PARTNEROV A VYSTAVOVATEĽOV

1. HLAVNÝ PARTNER

1.1.	Prvá stavebná sporiteľňa, a.s.	Bajkalská 3, 829 48 Bratislava, P. O. Box 48 K. Kopnická, tel. 02 582 312 16
1.2.	KINGSPAN IZOLACE ČR	Sokolovská 270/201, 190 00 Praha 9 Ing. Helena Adlerová, Ing. Oldřich Pozdílek +420 720 958 679, oldrich.pozdilek@kingspan.com
1.3.	Združenie EPS SR	Fraňa Mojtu 23, 949 01 Nitra Ing. Marta Strapková, predsedníčka združenia, Jana Behrová 0911 304 726, strapkova@epssr.sk
1.4.	Občianske združenie Združenie pre zatepľovanie budov	Studená 3, 821 04 Bratislava 2 prof. Ing. Zuzana Sternová, PhD., predsedníčka združenia sekretariat@zpzp.sk
1.5.	HLINA s.r.o.	Garbiarska ul., 031 01 Liptovský Mikuláš
1.6.	Knauf Insulation, s.r.o.	Mgr. Peter Robl, +421 903 585 639, peter.robl@knaufinsulation.com Ing. Vladimír Beňo, Knauf Insulation, s.r.o., Železničný rad 24, 368 14 Nová Baňa, +421 915 855 150, Vladimír. Beňo @knaufisulation.com
1.7.	Technoform Glass Insulation, GmbH	Maximilian Konradt Matthäus-Merian Strasse 6, 342 53 Lohfelden Germany

2. PARTNER

2.1.	SDRUŽENÍ EPS ČR	Souběžná 380, 278 01 Kralupy nad Vltavou, Česká republika Ing. Pavel Zemene, PhD., předseda Sdružení EPS ČR, + 420 602 587 703, p. zemene@gmail.com
2.2.	IZOLA KOŠICE, s.r.o.	Ing. Jaroslav Varga, CSc. konateľ Textilná 8, 040 12 Košice Ing. Jaroslav Varga, CSc., + 421 905 902 644, jaroslavvarga@izola.sk
2.3.	Asociácia výrobcov mine- rálnych izolácií, z.z.p.o.	Ing. arch. Marcela Kubú Račianska 88B, 831 02 Bratislava +420 777 248 949, marcela.kubu@mineralneizolacie.sk
2.4.	Dörken SK, s.r.o.	Ing. Milan Skokan Nádražná 28, 900 28 Ivánka pri Dunaji +421 911 232 248, skokan@dorken.sk
2.5.	POLYFORM, s.r.o.	T. Vansovej 10, 065 03 Podolinec Ing. Jozef Valko, +421 905 904 123, valko@polyform.sk
2.6.	Saint-Gobain Construction Products, s.r.o.	Divíza Weber – Terranova, Stará Vajnorská 139, 831 04 Bratislava Monika Löfflerová, Sales & Marketing Assistance, +421 905 839 340, monika.lofflerova@e-weber.com
2.7.	BASF Slovensko, spol. s r.o.	Einsteinova 23, 851 01 Bratislava Ing. Jozef Horváth, +421 918 444 918, vybavuje: kristina.martincova@bysf.com

3. VYSTAVOVATEĽ

3.1.	TEPORE s.r.o.	Podpriehradná 3/A, 821 07 Bratislava Jakub Čajko, konateľ, +421 915 387 019, cajko@tepore.sk
------	----------------------	---