

**SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA  
V NITRE  
TECHNICKÁ FAKULTA**

1130273

**ANALÝZA ANORGANICKÝCH MATERIÁLOV  
POUŽÍVANÝCH K ZATEPLOVANIU BUDOV**

2011

Tomáš RADECKÝ

**SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA  
V NITRE  
TECHNICKÁ FAKULTA**

**ANALÝZA ANORGANICKÝCH MATERIÁLOV  
POUŽÍVANÝCH K ZATEPLOVANIU BUDOV**

**Bakalárska práca**

Študijný program:	Manažérstvo kvality produkcie
Študijný odbor:	Kvalita produkcie 2386700
Školiace pracovisko:	Katedra stavieb
Školiteľ:	Ing. Milada Balková, PhD.
Konzultant:	doc. Ing. Štefan Pogran, CSc.

**Nitra 2011**

**Tomáš RADECKÝ**

## **Čestné vyhlásenie**

Podpísaný Tomáš Radecký vyhlasujem, že som záverečnú prácu na tému „Analýza anorganických materiálov využívaných k zateplňovaniu budov“ vypracoval samostatne s použitím uvedenej literatúry.

Som si vedomý zákonných dôsledkov v prípade, ak uvedené údaje nie sú pravdivé.

V Nitre 20. apríla 2011

Tomáš Radecký

## **Pod'akovanie**

Ďakujem mojej vedúcej práci Ing. Milade Balkovej, PhD., za odborné rady a usmerňovanie počas písania tejto práce, za poskytnutie okruhu tém a titulov odbornej literatúry k preštudovaniu a trpezlivosť pri jej zostavovaní.

## **Abstrakt**

Naším cieľom pri zostavovaní práce bolo posúdenie a zhodnotenie materiálov, ktoré sa používajú na zateplovanie priemyselných objektov a poukázanie na nevyhnutnosť dosiahnutia čo najväčších úspor. Tieto úspory sú nevyhnutné z hľadiska globálnych potrieb štátov európskej únie. Využitie všetkých dosiahnuteľných možností a prostriedkov, na zníženie výdavkov spojených s energiami, je dôležité aj pre neustály tlak verejnej mienky z hľadiska ochrany a tvorby životného prostredia. Po stručnej histórii problematiky v úvode práce, sme sa zamerali na rozdelenie a porovnanie vlastností materiálov vyrábaných z anorganických materiálov, dostupnosť zdrojov. V jadre práce sme ďalej rozobrali technológie výroby momentálne aktuálnych typov zateplovacích materiálov vyrábaných z anorganických surovín a porovnanie ich využitia v praxi. Z hľadiska dostupnosti na našich trhoch sme štúdiou zistili, že u nás vyrábané výrobky sú na porovnateľnej úrovni s výrobkami bežne dostupnými na európskych trhoch. Z množstva teoretického študijného materiálu a použitých zdrojov a príkladov z praxe, sme nazbierali dostatočné množstvo hodnôt pre porovnanie uvedených materiálov, a preto sa nám podarilo na začiatku stanovené ciele splniť.

### **Kľúčové slová:**

izolácie proti stratám tepla, izolačné materiály, analýza izolačných materiálov, vlastnosti materiálov, zateplenie budov, prechod tepla

## **Abstract**

Our objective in compiling this work was to point out the need to reach the greatest savings in terms of global needs of the European Union and the realistic use of all means and capabilities, important to reduce expenditures of energy for the constant pressure of public opinion for the environment protection. After a brief history of problems at the beginning of the work, we focused on the distribution and a comparison of the properties of materials made from inorganic materials, availability of resources. At the core of the work, we have further analyzed the current production technology of the types of insulation materials made from inorganic materials and compare their use in practice. In terms of availability at our market, we found that our manufactured products are comparable with commercially available products at European markets. From the theory of sufficient educational materials and used resources and examples of practice, we have accumulated enough points for comparison, and therefore we managed to meet the objectives set at the beginning.

## **Keywords:**

thermal insulations, insulations materials, analysis of insulations materials, materials properties, heat up of buildings, heat transfer

# Obsah

<b>Obsah</b> .....	<b>7</b>
<b>Zoznam skratiek a značiek</b> .....	<b>9</b>
<b>Úvod</b> .....	<b>10</b>
<b>1 Všeobecný prehľad danej problematiky</b> .....	<b>11</b>
1.1 Vývoj legislatívy .....	11
1.1.1 História .....	11
1.1.2 Súčasnosť .....	11
1.2 Izolácie proti stratám tepla .....	12
1.3 Energetická náročnosť budov .....	14
1.3.1 Závaznosť požiadaviek na tepelnú ochranu budov .....	14
1.3.2 Energetická certifikácia budov .....	15
1.4 Požiadavky na obalové plášte priemyselných budov pri ich obnove .....	16
1.4.1 Súčasný stav priemyselných budov .....	16
1.5 Vlastnosti vonkajšieho a vnútorného prostredia pôsobiaceho na obvodové konštrukcie .....	17
1.5.1 Vlastnosti vonkajšieho prostredia .....	17
1.5.2 Vlastnosti vnútorného prostredia budov .....	18
1.6 Izolačné materiály .....	23
1.6.1 Vlastnosti izolačných materiálov .....	23
1.6.2 Mechanické vlastnosti a tvarová stálosť .....	25
1.7 Rozdelenie anorganických tepelnoizolačných materiálov .....	25
1.7.1 Minerálna pena alebo tzv. penové sklo .....	25
1.7.2 Expandovaný minerál – expandovaný perlit .....	26
1.7.3 Minerálna vlna .....	27
1.7.4 Kamenná vlna .....	28
1.7.5 Sklená vlna .....	30
<b>2 Cieľ práce</b> .....	<b>32</b>
<b>3 Metodika práce</b> .....	<b>33</b>
3.1 Postup práce .....	33
3.2 Výpočet ukazovateľov .....	33
<b>4 Výsledky práce a diskusia</b> .....	<b>35</b>
4.1 Vlastnosti anorganických izolačných materiálov a prostredia .....	35
4.1.1 Charakteristika prostredia.....	35

4.1.2 Charakteristika a porovnanie vlastností anorganických tepelnoizolačných materiálov .....	35
4.2 Výpočet ukazovateľov .....	38
4.3 Tepelnotechnické posúdenie obalového plášťa .....	38
4.3.1 Popis modelovej situácie .....	38
4.3.2 Analýza aplikovanej výberovej vzorky .....	39
4.3.3 Spracovanie a kontrola získaných údajov .....	40
4.4 Zhodnotenie štúdie .....	41
<b>5 Záver .....</b>	<b>42</b>
<b>6 Použitá literatúra .....</b>	<b>43</b>



## Zoznam skratiek a značiek

$\theta_{ai}$	vnútorná výpočtová teplota, °C
$\theta_e$	vonkajšia teplota v zimnom období, °C
$\theta_{si}$	teplota vnútorného povrchu, °C
$\theta_{dp}$	teplota rosného bodu, °C
$v_a$	rýchlosť prúdenia vzduchu, m/s
$\varphi$	vlhkosť, %
$R$	tepelný odpor, m <sup>2</sup> . K/W
$R_0$	odpor konštrukcie pri prechode tepla, m <sup>2</sup> K/W
$R_{si}$	odpor pri prestupe tepla na vnútornej strane konštrukcie
$R_{se}$	odpor pri prestupe tepla na vonkajšej strane konštrukcie
$K$	kelvin
$\lambda$	súčiniteľ tepelnej vodivosti, W/(m.K)
$d$	hrúbka vrstvy, m
$U$	súčiniteľ prechodu tepla, W/(m <sup>2</sup> .K)
$\mu$	micro, 10 <sup>-6</sup>

## Úvod

Neustále sa zvyšujúci tlak Európskej únie na regulačnú politiku členských štátov, tlačí vlády zamýšľať sa nad účinnými spôsobmi, ako znižovať náklady spojené s výrobou, distribúciou a efektívnejším využívaním energií a tým aj tepla. Do súčasnej doby neboli zosúladené záväzné normy pre úsporu energií, no momentálne je nevyhnutné, aby vlády v jednotlivých krajinách stanovili svoje ciele pre kvantitatívne úspory, na základe celoeurópskych záujmov. Bez presne stanovených a definovaných hodnôt nie je možné formulovať politiku energetických úspor a následne vyhodnotiť jej úspešnosť. Doposiaľ sa pristupovalo k určitým kompromisom vznikajúcim na podklade veľkého počtu zúčastnených subjektov s často protichodnými záujmami. Často boli výsledky jednaní ovplyvnené aj širokým spektrom názorov z ohľadom na rôznorodé životné prostredie.

Snaha podporiť možné úspory energií a propagovať obnoviteľné zdroje energií je neodmysliteľne spojená s využívaním nových energetických technológií. Navrhované nové technológie a spôsoby úspory energií zefektívnia koncepcie a realizačné plány v prospech zachovania a nezhoršovania súčasného stavu životného prostredia v globále, ktoré sa budú ďalej rozširovať na regióny, mestá, obce a priemyselné komplexy.

Tieto snahy sú podporované v neposlednej rade aj z dôvodu vytvorenia racionalizačných stimulov pre odberateľov energií s cieľom dosiahnutia úspor a zníženia vysokej finančnej náročnosti.

Medzi najúčinnnejšie nástroje patrí podpora využívania obnoviteľných zdrojov energií, modernizácia systémov aplikovaných na výrobu a dodávky tepla spotrebiteľom, no najvyššie úspory možno doceliť práve efektívnym zatepľovaním veľkoplošných objektov, výrobných hál, ako aj obytných komplexov a rodinných domov.

V tejto práci priblížime históriu vývoja teórie, aktuálne riešenie otázok spojených s problematikou zatepľovania a porovnanie najznámejších využívaných technológií a s tým prepojenú mieru energetických úspor dosiahnutých v súvislosti s jednotlivými variantmi, s ohľadom na životné prostredie.

# 1 Všeobecný prehľad danej problematiky

## 1.1 Vývoj legislatívy

Začiatky energetickej legislatívy siahajú do obdobia direktívneho riadenia národného hospodárstva.

### 1.1.1 História

Takzvaný Elektrizačný zákon (zák. č. 79/1957 Zb.), ktorý všeobecne ukladal povinnosť „hospodárne využívať energetické diela, starať sa o plynulú a kvalitnú dodávku elektriny a o jej hospodárnu spotrebu“. V ods. 2 „vytvárať progresívne normy spotreby elektriny“, stanovil odrazovú dosku všetkých ďalších snáh, niekoľko nasledujúcich rokov sa ním riadili podniky zaoberajúce sa touto náročnou problematikou.

Plynárenský zákon (zák. č. 67/1960 Zb.) všeobecne ukladal povinnosť „efektívne využívať prvotné zdroje palív, dosahovať vyššiu technickú úroveň výroby a úspornosti v spotrebe energie.

Zákon o výrobe, rozvode a spotrebe tepla (zák. č. 89/1987 Zb.) ukladal „vytvárať, preverovať a dodržiavať normy spotreby tepla“.

Po zrušení vyššie uvedených zákonov došlo k narušeniu právnej kontinuity v energetickej legislatíve. (Kučera, 2000)

### 1.1.2 Súčasnosť

V súčasnosti sú práva a povinnosti spotrebiteľov energie, ich rozsah a špecifiká, zahrnuté v právnych úpravách Európskej únie v Bielej knihe a aquis communautaires. Základným cieľom a zmyslom zákona o energetickej efektívnosti je stanoviť jasné pravidlá účinného správania sa účastníkov energetického trhu, s akcentom na pozitívnu motiváciu na trvalom dosahovaní energetickej účinnosti a znižovaní energetickej náročnosti každodennej činnosti. (Kučera, 2000)

## 1.2 Izolácie proti stratám tepla

V minulosti, ako uvádza Rouseková v knihe *Stavebné materiály*, sa označovali ako tepelné izolácie, celé desaťročia sa od nich požadovala ochrana vnútorných priestorov budov pred vonkajším prostredím, ktoré obklopuje budovu. Dlhodobo trvajúca nepriaznivá situácia a finančná náročnosť tepelno-technických parametrov obalových konštrukcií budov vyvolala snahy o zvýšenie úsporných aktivít. Od izolácií sa vyžaduje zamedzenie strát tepelnej energie spotrebovanej na vykurovanie stavebných objektov s ohľadom na výber ekologicky vhodných materiálov, šetriacich aj životné prostredie. Pričom sa považuje za samozrejmé, že tieto materiály s konštrukčným riešením a TZB budú vytvárať priaznivé vnútorné prostredie budov.

Úspora energie je dôležitým prvkom ochrany životného prostredia a trvalo udržateľného rozvoja, preto vhodne navrhnutou izoláciou proti stratám tepelnej energie sa šetria prírodné zdroje, znižuje sa obsah emisií do ovzdušia, znižuje sa objem tuhých odpadov a šetrí sa pôda na ich skládky (Rouseková a i., 2000).

**Izolácie proti stratám tepla sa podľa materiálovej bázy, z ktorej boli vyrobené, delia na:**

- anorganické látky – minerálne vlákna, penové sklo, expandovaný perlit a pod.,
- organické látky – ľahčené plasty (polystyrén, polyuretán, polyetylén a pod.), korok, drevná vlna, papier
- kombinované látky – napr. penový polystyrén nalepený na aglomerované drevo a pod. (Rouseková a i., 2000)

**Podľa tvaru sú izolačné materiály rozdelené na:**

- vláknové – výrobky na báze minerálnej vlny

Podľa surovinovej bázy sú v súčasnosti na trhu dva druhy vláknových izolácií:

- čadičové – surovinou je čadič, diabas a podobné typy hornín (napr. Nobasil, Orsil, Rockwool, Isover)
  - sklené – vyrábané zo sklárskych surovín (napr. Tel-Mineralwolle, Therwoolin).
- tvarované – doskové výrobky na báze penových plastov a tuhých kompozitov na báze vlákien, ľahčené betóny, ľahčené tehliarske výrobky

- doskového tvaru – na báze vlákien
  - na báze extrémne ľahčených penových plastov – polystyrénové (penový, extrudovaný)
  - polyuretánu
  - polyvynilchloridu
  - polyetylénu
- sypké – zrnité materiály: expandovaný perlit, guľôčky polystyrénu, kremelina
- expandovaný perlit
  - granulované ľahčené plasty (penový polystyrén)
  - pórovité horniny (kremelina, tufy a tufity)
  - drevené sklo
  - ľahké pórovité kamenivo (Liapor, Lytag, Pregran a pod.).

Prakticky každý stavebný materiál má určitú tepelno-izolačnú schopnosť. Na zhotovovanie obalových konštrukcií budov sa používajú aj stavebné látky, ktoré majú schopnosť v jednej konštrukčnej vrstve zabezpečiť nosnú aj tepelnoizolačnú funkciu. Medzi takéto materiály patria:

- ľahčené tehliarske výrobky – (Bitterm, Porotherm, Seta atď.)
- ľahčené betóny (pórobetón – Hebel, Porfix, Ypor, Ytong atď.), betóny s ľahkým plnivom, napr. Liapor a Lytag (ľahké pórovité kamenivo), polystyrénbetón, Durisol (plnivom je rozdrvené drevo) (Rouseková a i., 2000).

#### **Z hľadiska medznej teploty používania sa delia na:**

- mraziarenské izolácie pre teploty - 30 °C až - 60 °C,
- chladiarenské izolácie pre teploty + 5 °C až - 3 °C,
- stavebné izolácie pre teploty - 25 °C až + 35 °C,
- izolácie pre vykurovacie systémy do 200 °C,
- teplárenské izolácie od 200 °C do 900 °C,
- žiaruvzdorné izolácie nad 900 °C.

#### **Podľa konštrukcie, kde majú izolácie plniť svoju funkciu:**

- strešné konštrukcie šikmých a plochých striech,
- stenové konštrukcie (fasádové a vnútorné zateplenie),
- konštrukcie stropov a podláh (URL 1).

## 1.3 Energetická náročnosť budov

Základom zníženia energetickej náročnosti budov sú úpravy ich stavebného riešenia, ktoré sa obvykle označujú súhrnným pojmom tepelná ochrana budov.

Zatepl'ovanie budov patrí medzi výnimočné stavebné technológie, ktoré sú veľmi priateľské k investorovi.

Spotreba energie v budovách je odrazom viacerých vplyvov, z ktorých možno vybrať a uviesť závislosť od:

### a) okrajových podmienok

- teploty vonkajšieho vzduchu,
- vykurovacej teploty vnútorného vzduchu,
- orientácie budovy;

### b) charakteristických parametrov budovy a stavebných konštrukcií

- tvaru a obostavaného objemu vykurovanej časti budovy,
- plochy a podielu jednotlivých stavebných konštrukcií, ktorými sa uskutočňujú tepelné straty pri celkovej tepelnej výmene budovy,
- tepelnoizolačnej kvality jednotlivých stavebných konštrukcií;

### c) stavu technického zariadenia budovy

- vyregulovania hydrauliky vykurovacieho systému,
- zabudovania a využívania regulačnej techniky,
- zabudovania merania spotreby energie ako informačného systému;

### d) ostatných podmienok

- úrovne energetickej vedomia užívateľov miestnosti,
- správania sa užívateľov miestnosti a budovy.

### 1.3.1 Záväznosť požiadaviek na tepelnú ochranu budov

Požiadavky sú uvedené v slovenskej technickej norme STN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov – Časť 2: Funkčné požiadavky, jej platné znenie je z marca 2002. Na túto normu sa odkazujú:

- stavebný zákon č. 183/2006 Zb. (prostredníctvom normových hodnôt vo vykonávacej vyhláške o obecných technických požiadavkách na výstavbu č.

137/1998 Zb.), zákon o hospodárení energií č. 406/2006 Zb. (prostřednictvím porovnávacích ukazovatel'ov,

- vo vykonávacej vyhláške o energetickej náročnosti budov č. 148/2007 Zb.).

Uvedené odkazy v záväzných predpisoch, ktorými sa zaisťuje verejný záujem na kvalite budov, robia požiadavky v STN 73 05440-2 záväznými.

Certifikáciu budov zabezpečujú akreditovaní nezávislí odborníci.

### **1.3.2 Energetická certifikácia budov**

Na štáty EÚ sú kladené požiadavky zabezpečiť, aby pri výstavbe, predaji alebo prenájme budovy bol vystavený energetický certifikát, ktorý bude k dispozícii vlastníkovi a bude platiť najviac 10 rokov. Energetický certifikát budov má obsahovať aj referenčné hodnoty, ako sú súčasné právne normy a štandardy, aby sa tak umožnilo spotrebiteľom porovnať a posúdiť energetickú hospodárnosť prevádzkovej budovy. Certifikáciu budov zabezpečujú akreditovaní a nezávislí odborníci.

Energetickou certifikáciou sa budova zatried'uje do energetickej triedy. Základom energetickej certifikácie je energetický audit a kategorizácia budov. Pre účely tohto výpočtu sa budovy členia na tieto kategórie:

- a) rodinné domy,
- b) bytové domy,
- c) administratívne budovy,
- d) budovy škôl a školských zariadení,
- e) budovy nemocníc,
- f) budovy hotelov a reštaurácií,
- g) športové haly a iné budovy určené na šport,
- h) budovy pre veľkoobchodné a maloobchodné služby,
- i) ostatné nevýrobné budovy spotrebujúce energiu (Pogran, 2006).

## **1.4 Požiadavky na obalové plášte priemyselných budov pri ich obnove**

Cieľom celkovej obnovy priemyselných budov halového typu je najmä zníženie mernej potreby tepla na vykurovanie, zlepšenie tepelného stavu vnútorného prostredia, tepelno-technických vlastností obalových konštrukcií a spôsobu vykurovania halových objektov (Katunská, 2008).

### **1.4.1 Súčasný stav priemyselných budov**

Podobne ako na bytových domoch aj na priemyselných halách sa začínajú prejavovať systémové poruchy spojené prevažne s vekom objektov. Podľa veku a veľkosti poškodenia, ktoré vymedzujú súčasný stav, tak možno priemyselné budovy rozdeliť do niekoľkých skupín:

#### **a) Budovy, ktoré nemožno rekonštruovať**

Súčasným vážnym problémom sú chátrajúce priemyselné budovy, kde sa nepodarilo obnoviť výrobu, resp. zmeniť výrobný proces. Budovy, ktoré nemožno prispôbiť novým účelom, treba demolovať a získaný priestor využiť na novú výstavbu.

#### **b) Budovy s čiastočnou možnosťou rekonštrukcie**

V súčasnosti existuje mnoho priemyselných budov, ktoré možno po určitých finančných investíciách ďalej využívať. V týchto prípadoch je dôležitá podrobná analýza súčasného stavu, diagnostika nosných, výplňových, ako aj ďalších konštrukcií a možností na ďalšie použitie s návrhmi na rekonštrukciu a modernizáciu objektu. Vzniknuté problémy väčšinou súvisia s vekom objektu a s jeho prevádzkovo-dispozičným riešením. Častým javom je historická hodnota objektu a potreba zachovania takejto budovy.

#### **c) Budovy s možnosťou efektívnej rekonštrukcie a modernizácie**

V tejto kategórii predstavujú investície do obnovy priemyselných budov prirodzenú časť a počíta sa s nimi. Vo väčšine prípadov ide o zlepšenie podmienok na pracoviskách a technických vlastností konštrukcií (zateplenie, výmena transparentných výplní a pod.), bežnú údržbu, malé prispôbenia na nový obsah výroby, modernizáciu vybavenia a technológií.



#### **d) Budovy s potrebou modernizácie**

Tvorí malú skupinu objektov. Patria sem priemyselné budovy postavené len v nedávnom období (asi pred 10 až 15 rokmi). Jediným z určujúcich faktorov pre túto skupinu je zmena technologického procesu spoločne so zlepšením technického stavu objektov.

#### **e) Novostavby**

Túto kategóriu tvoria novostavby priemyselných budov, ktoré sa postavili v časovom horizonte do 10 rokov. Z hľadiska výstavby ide o vhodnú kategóriu, pretože umožňuje vytvárať budovy s vhodným dispozičným a prevádzkovým riešením. Táto forma výstavby má mnoho výhod z rôznych strán, ako je technológia výstavby, už spomínaný ekonomický efekt či možnosť použitia najnovších poznatkov a materiálov (Katunská, 2008).

### **1.5 Vlastnosti vonkajšieho a vnútorného prostredia pôsobiaceho na obvodové konštrukcie**

#### **1.5.1 Vlastnosti vonkajšieho prostredia**

Pre každú stavbu platia rozdielne klimatické podmienky v závislosti od zemepisnej polohy, v ktorej sa nachádza. Geografické rozdelenie oblastí Slovenska sa nachádza na mape teplotných oblastí. Medzi najdôležitejšie vonkajšie faktory ovplyvňujúce konštrukciu patria:

- teplota vzduchu,
- intenzita vetrov,
- relatívna vlhkosť a kvalita ovzdušia.

#### **• Teplota vonkajšieho vzduchu a intenzita slnečného žiarenia**

Primárnym ukazovateľom vplyvu vonkajšieho prostredia je vonkajšia výpočtová teplota  $\theta_e$ , ktorá je ovplyvnená lokalitou výstavby objektu a využíva sa pri určení teploty na vnútornom povrchu stavebnej konštrukcie v mieste tepelného mosta z hľadiska splnenia hygienického kritéria kritickej teploty rizika rastu plesní (Pogran, 2006). Vonkajšia výpočtová teplota v zimnom období  $\theta_e$  sa určí v závislosti od zemepisnej polohy podľa mapy teplotných oblastí a v závislosti od nadmorskej výšky podľa tabuľky. K základnej hodnote oblastnej teploty sa pripočíta výškový teplotný

gradient tak, že sa hodnota  $\Delta\theta_e$  násobí počtom stoviek metrov nad základnou výškou 100 m. n. m. Výpočtová teplota  $\theta_e$  sa zaokrúhľuje na celé čísla smerom k nižšej hodnote (Sternová, 2006).

- **Intenzita vetrov**

Určitý vplyv na obalovú konštrukciu budovy má takisto prúdenie vzduchu, ktoré vzniká pôsobením tlakových a teplotných rozdielov vzduchových vrstiev atmosféry (Pogran, 2006). Na intenzitu vetra vplýva najmä terén a prekážky. Intenzita veternej energie podlieha sezónnym zmenám, pričom najväčšia je v zimnom období a najnižšia v lete. Veterné oblasti sú určené v norme STN 73 0540.

- **Relatívna vlhkosť a kvalita ovzdušia**

Ako ďalším dôležitým elementom sa treba zaoberať klimatickým faktorom pri navrhovaní obalového plášťa budovy, ktorým je relatívna vlhkosť vonkajšieho vzduchu, ktorá je určovaná obsahom vody vo vzduchu. Udáva pomer medzi skutočným tlakom vodnej pary a maximálnym tlakom pre danú teplotu, hodnota sa mení v závislosti od teploty. Najvyššie hodnoty relatívnej vlhkosti vzduchu sa vyskytujú v ranných hodinách a najnižšie popoludní. Relatívna vlhkosť vzduchu ovplyvňuje zrážanie vodných pár, napríklad aj na sklenených výplniach otvorov (Pogran, 2006).

Určitý vplyv na konštrukciu má takisto kvalita ovzdušia. Pri zvýšenom obsahu agresívnych látok v ovzduší sa ochrana stavebnej konštrukcie rieši použitím stavebnej chémie napríklad vo forme impregnácie betónu, náterov na oceľ, tehlu, betón a tmely na tesnenie škár.

### **1.5.2 Vlastnosti vnútorného prostredia budov**

Keďže väčšina ľudí trávi najpodstatnejšiu časť svojho času vo vnútornom prostredí bytových aj nebytových budov, je primárnou snahou zabezpečenie takej kvality vnútorného prostredia, ktorá neovplyvňuje zdravie, výkonnosť a komfort užívateľov budov (Svoboda a i., 2005).

Pri návrhu hodnotenia jednotlivých ukazovateľov sa prihliada na predpisy týkajúce sa kvality vnútorného prostredia budov. Požiadavky na vnútorné prostredie budov stanovuje vyhláška MZ SR č. 259/2008, Z. z., ktorá nadobudla účinnosť 1. augusta 2008. Táto vyhláška stanovuje požiadavky na tepelno-vlhkostnú mikroklímu a vetranie, požiadavky na osvetlenie a využitie priameho slnečného žiarenia, ako aj

limitné hodnoty zdraviu škodlivých chemických a biologických faktorov (Svoboda a i., 2005).

Medzi zložky vnútorného prostredia (Tab. 1), ktoré najviac ovplyvňujú stav pohody užívateľov považujeme:

- vnútornú teplotu vzduchu,
- vnútornú teplotu povrchov stavebných konštrukcií a zariadení,
- relatívnu vlhkosť a rýchlosť prúdenia vzduchu.

Tab. 1 Rozmedzie optimálnych podmienok vnútorného prostredia s trvalým pobytom ľudí, Zdroj: Svoboda a i., 2005

Druh činnosti	Chladné obdobie		Teplé obdobie		maximálne ( $\theta_{ai} - \theta_o$ ) K
	$\theta_e$ °C	$v_a$ m/s	$\theta_e$ °C	$v_a$ m/s	
veľmi ľahká (odpočinok, kancelárske práce, šitie)	20 – 23	$\leq 0,1$	23 – 26	0,1 – 0,2	0,4
ľahká (varenie, laboratórne práce)	15 – 20	0,1 – 0,3	20 – 24	0,2 – 0,3	0,6
ľahká (umývanie riadu, montáž stredne ťažkých dielcov, sústruženie)	12 – 17	0,2 – 0,3	17 – 22	0,2 – 0,3	1,3
stredná (údržba strojov, práce v sklade, čistenie okien)	10 – 14	0,2 – 0,3	13 – 19	0,2 – 0,3	1,6
stredná (ukladanie tehál, nosenie dlaždíc, obsluha lisov)	8 - 12	0,2 – 0,3	7 - 16	0,2 – 0,3	1,9

#### • Vnútorná teplota vzduchu

Všeobecné podmienky na stanovenie teploty vnútorného vzduchu  $\theta_{ai}$  pri výpočtoch šírenia tepla, vlhkosti a vzduchu konštrukciami budov určuje STN 73 0540-3. Ak nie je stanovené inak, vo vnútorných priestoroch s trvalým pobytom ľudí sa v zimnom období počíta s teplotou vnútorného vzduchu  $\theta_{ai} = 20$  °C a s relatívnou vlhkosťou vnútorného vzduchu  $\varphi_i = 50$  % (STN 73 0540).

Na hodnotenie stavu vnútorného prostredia a na výpočet tepelných tokov cez konštrukcie sa počíta s vnútornou výpočtovou teplotou  $\theta_i$ . Hodnota  $\theta_i$  sa určí podľa prevádzkových požiadaviek. Vo výpočtovom hodnotení energetických požiadaviek na budovy sa podľa normalizovaných podmienok počíta s hodnotou  $\theta_i = 20$  °C. Vo vnútorných priestoroch budovy s účinnou tepelnou izoláciou obvodových konštrukcií

vyhovujúcich normalizovaným požiadavkám nebýva veľký rozdiel medzi  $\theta_i$  a  $\theta_{ai}$ . Norma STN EN 12831 určuje hodnoty vnútornej výpočtovej teploty (Tab. 2) pre vybrané vnútorné priestory nasledovne (STN EN 12831):

Tab. 2 Rozmedzie optimálnych podmienok vnútorného prostredia s trvalým pobytom ľudí, Zdroj: Pogran, 2006

Typ budovy / priestoru	$\theta_i$ °C
<b>Priemyselné prevádzky</b>	
dielne pre jemnú mechaniku	18 – 20
zámočnícke dielne	16 – 18
obrábacie dielne	18
montážne haly – pre jemnú montáž	16 – 18
montážne haly – pre hrubú montáž	12 – 14
šatne – len na vonkajší odev	15
šatne – len na prezliekarne	20
umývarne – len na umývanie do pol tela	22
sprchy a prezliekarne pri sprchách	24
hygienické kútky pre ženy	24
kancelárske miestnosti, vrátnice a pod.	20
chodby, záchody a iné vedľajšie miestnosti	15
vykurované schodiská	10
<b>pekárne</b>	
sklad surovín	22 – 26
cestovinárne, kysnutie a tvarovanie cesta	26
prevádzky s pecami	26
výrob pečiva	23 – 25
výroba trvanlivého pečiva	27
<b>mliekarne</b>	
stáčanie mlieka, výroba masla	18 – 20
výroba tvarohu	15 – 20
výroba a plnenie krémov	18 – 20
pasterizácia	10 – 24
<b>pivovary</b>	
sladovne	10
varne	5 – 45
kvasiarne	5 – 10
otvorené pivnice pre ležiak	2
<b>sklady potravín</b>	
chladiarne ovocia a zeleniny podľa druhu	-1±7
chladiarne mäsa	0±2
chladiarne rýb	-2±1
mraziarne ovocia a zeleniny	-18 - -23
mraziarne mäsa, zveriny a rýb	-30 - -35
sklady potravín	10

Pre miestnosti so zreteľnými rozdielmi medzi teplotou vzduchu a strednou radiačnou teplotou, v ktorých treba hodnoty  $\theta_i$  a  $\theta_{ai}$  rozlišovať, možno hodnotu  $\theta_{ai}$  v zimnom období približne určiť podľa vzťahu  $\theta_{ai} = \theta_i + \Delta\theta_{ai}$ , kde  $\Delta\theta_{ai}$  je prirážka vyjadrujúca rozdiel teploty vzduchu proti priemernej teplote okolitých plôch  $\Delta\theta_{ai} = -1$  K v priestoroch so sálavým plošným nízko teplotným vykurovaním;  $\Delta\theta_{ai} = 0$  K v priestoroch s ústredným vykurovaním radiátormi;  $\Delta\theta_{ai} = 1$  K v priestoroch s konvenčným vykurovaním a vo výrobných priestoroch s veľmi ľahkou a ľahkou prácou;  $\Delta\theta_{ai} = 2$  K vo výrobných priestoroch s konvenčným vykurovaním a vo vybraných priestoroch so stredne ťažkou a ťažkou prácou.

Vyššia teplota vnútorného vzduchu  $\theta_{ai}$  zabezpečí dosiahnutie vnútornej výpočtovej teploty  $\theta_i$ , resp. operatívnej teploty  $\theta_o$  pri nižších teplotách vnútorných povrchov  $\theta_{si}$ .

#### • Vnútorná teplota povrchov stavebných konštrukcií a zariadení

Podmienky na výpočet teploty na vnútornom povrchu určuje STN EN ISO 10211-1 a na hodnotenie kritickej teploty na vnútornom povrchu STN EN ISO 13788.

Podľa STN EN ISO 13788 sa má na výpočet rizika vzniku plesní použiť:

- teplota vonkajšieho vzduchu určená ako priemerná mesačná teplota podľa EN ISO 15927-1 a určená je pre podmienky SR; na výpočty rizika povrchovej kondenzácie stavebných konštrukcií s nízkou tepelnou zotrvačnosťou sa použije priemer najnižších teplôt zistených z denných priebehov a zodpovedajúca relatívna vlhkosť;
- teplota zeminy príľahlej k stavebnej konštrukcii; pre SR sa používa  $\theta_e = +5$  °C;
- teplota vnútorného vzduchu podľa očakávaného využitia miestností určená na národnej úrovni; pre väčšinu prípadov výpočtu sa uvažuje teplota vzduchu v miestnostiach  $\theta_{ai} = \theta_i = 20$  °C.

Teplotu na vnútornom povrchu možno určiť aj podľa známej hodnoty teplotného faktora  $f_{Rsi}$ .

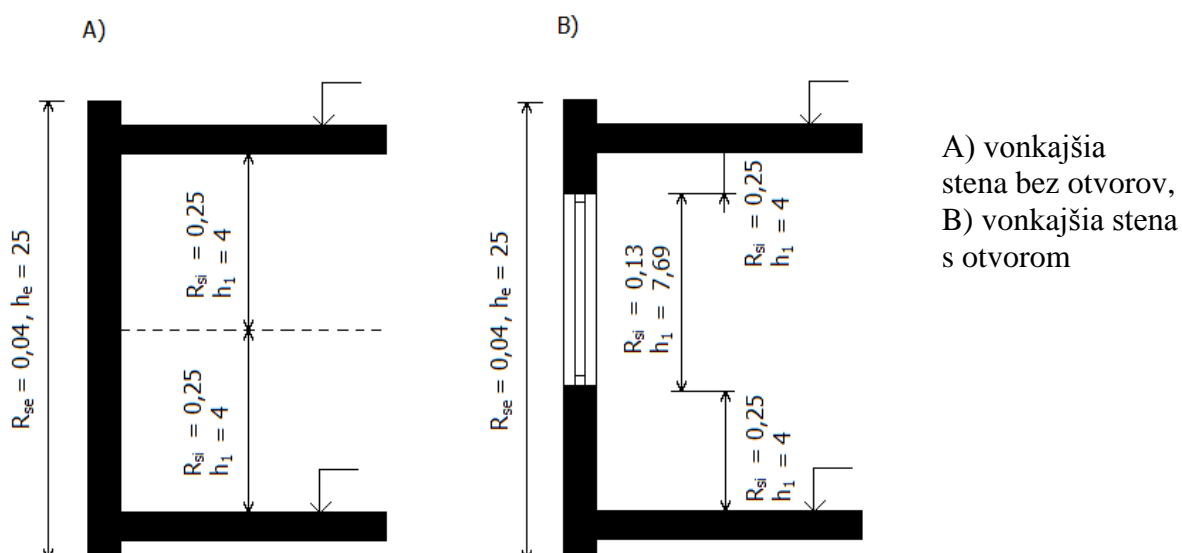
Teplotný faktor udáva rozdiel medzi vnútornou povrchovou teplotou a teplotou vonkajšieho vzduchu, ktorý sa vzťahuje na rozdiel teploty medzi vnútorným a vonkajším vzduchom.

Typickým modelom s tromi teplotnými okrajovými podmienkami je geometrický model týkajúci sa detailu styku vonkajšej konštrukcie a podlahy na teréne, kde teplotné podmienky sú určené pre teplotu vonkajšieho vzduchu, vnútornú teplotu a teplotu podlažia. Pre model s tromi teplotnými okrajovými podmienkami sa váhové faktory počítajú dvakrát. Jedna okrajová podmienka sa zadá s teplotou 1 K a ostatné sú 0 K. Pri určení teplotného faktora  $f_{R_{si}}$  sa berie do úvahy odpor pri prestupe tepla na vnútornej strane stavebnej konštrukcie  $R_{si}$ . Odpor pri prestupe tepla na vnútornej strane má podstatný vplyv na teplotu na vnútornom povrchu stavebnej konštrukcie.

Podľa STN EN ISO 13788, (Obr. 1) sa odpor pri prestupe tepla na povrchoch určuje podľa tabuľky odporov pri prestupe tepla, (Tab. 3).

Tab. 3 Odpor pri prestupe tepla podľa STN EN ISO 13788

Poloha	Odpor pri prestupe tepla ( $m^2 \cdot K/W$ )
na vonkajšej strane konštrukcie $R_{se}$	0,04
na vnútornej strane konštrukcie $R_{si}$	
- na zasklení a rámoch	0,13
- všetky ostatné povrchy	0,25



Obr. 1 Odpor pri prestupe tepla a súčinitele prestupu tepla podľa STN EN ISO 13788

- **Relatívna vlhkosť a rýchlosť prúdenia vzduchu**

Relatívna vlhkosť vzduchu  $\varphi$  sa definuje ako miera nasýtenia vzduchu vodnou parou, teda je percentuálnym podielom čiastočného tlaku vodnej pary  $p_d$  obsiahnutej vo vzduchu a čiastočného tlaku nasýtenej vodnej pary  $p_{d,sat}$  pri rovnakej teplote a tlaku podľa vzťahu  $\varphi = (p_d / p_{d,sat}) \cdot 100$ .

## **1.6 Izolačné materiály**

V súčasnosti sa na slovenskom stavebnom trhu sa obchoduje s veľkým množstvom izolačných materiálov s rôznymi vlastnosťami. Pre zvýšenie účinnosti tepelnej ochrany a zlepšenia izolačných vlastností sa kombinujú aj z viacerých izolačných prvkov. Jednoznačne musia spĺňať určité podmienky, podľa ktorých sa posudzuje daný materiál.

### **1.6.1 Vlastnosti izolačných materiálov**

Aby sa dali porovnať a rozlíšiť jednotlivé druhy izolačných materiálov, je dôležité stanoviť ich parametre a tým určiť ich mieru využiteľnosti v daných podmienkach.

- **Tepelnoizolačné vlastnosti**

Najdôležitejšou vlastnosťou izolačných materiálov je ich schopnosť znižovať tepelnú vodivosť danej konštrukcie. Táto schopnosť sa dá číselne vyjadriť hodnotou tepelného odporu. Tepelný odpor pre danú vrstvu materiálu sa stanovuje podľa jej hrúbky a koeficientu tepelnej vodivosti  $\lambda$ . Koeficient tepelnej vodivosti pre jednotlivé stavebné výrobky orientačne uvádza STN 730540 Tepelná ochrana budov, v tretej časti pod názvom Vlastnosti prostredia a stavebných výrobkov. Na presnú hodnotu koeficientu tepelnej vodivosti má vplyv veľa faktorov – primárne je to zloženie a štruktúra posudzovaného materiálu alebo technológia jeho výroby a sekundárne je to vplyv prostredia a podmienky, v ktorých sa meranie koeficientu uskutočňuje. Z tohto dôvodu je dôležité rozlišovať laboratórne nameraný koeficient tepelnej vodivosti a koeficient stanovený pri štandardných podmienkach (Zliechovec, 2008).

### • **Súčiniteľ tepelnej vodivosti**

Z hľadiska tepelnej ochrany je jedným z najdôležitejších parametrov súčiniteľ tepelnej vodivosti  $\lambda$  ( $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ). Je to predstaviteľ schopnosti materiálu viesť teplo. Je daný tepelným tokom ( $W$ ), ktorý prejde rovinnou vrstvou danej látky, o ploche  $1\text{m}^2$  a hrubou  $1\text{m}$ , ak rozdiel teplôt povrchov v smere teplotného spádu činí  $1\text{K}$ . Vplyv vlhkosti má negatívny dopad na tepelnú vodivosť, súčiniteľ  $\lambda$  rýchle vzrastá a vedie teplo, vysoko účinná tepelná izolácia stráca pri tom svoju účinnosť (Zliechovec, 2008).

### • **Akustické vlastnosti**

Stavebné konštrukcie si vyžadujú okrem tepelnej izolácie aj zvukovú izoláciu. Niekedy je dôležitejšia ako tepelná. Akustické vlastnosti izolácie závisia od jej štruktúry a zloženia. Niektoré materiály hluk neabsorbujú, odrazia ho späť do priestoru. Schopnosť materiálu pohltiť dopadajúci zvuk určitej frekvencie číselne vyjadruje koeficient zvukovej pohltivosti  $\alpha_s$  (Zliechovec, 2008).

### • **Požiarna odolnosť**

Z hľadiska zvyšovania požiarnej odolnosti a možnosti prispieť aj k zvýšeniu pasívnej požiarnej bezpečnosti stavieb, je tiež dôležitý výber tepelnoizolačných materiálov. Vhodnou kombináciou materiálov možno zvýšiť požiarne odolnosť stavebných konštrukcií aj o niekoľko desiatok minút. V súvislosti s požiarou bezpečnosťou materiálov sa často uvádza označenie A1, A2, B, C, D, E, F, ktoré označuje triedu reakcie na oheň podľa normy STN EN 13501-1. Toto označenie býva súčasťou dokumentácie výrobcu a opisuje správanie sa daného materiálu pri styku s plameňom (STN EN 13501-1).

### • **Schopnosť prepúšťať vodné pary**

Tú ovplyvňujú použité materiály vrátane izolačných komponentov. Izolačný materiál s vysokou difúziou zabezpečí dokonalé odvetranie vlhkosti z interiéru. Je dôležité, aby sa vlhkosť v obytných priestoroch udržiavala na optimálnej úrovni, čo znamená, že relatívna vlhkosť v budove nesmie byť ani príliš vysoká (riziko vzniku plesní a šírenia baktérií), ale ani príliš nízka (suchý vzduch a ochorenia dýchacích ciest) (Zliechovec, 2008).



## 1.6.2 Mechanické vlastnosti a tvarová stálosť

Priamo určujú použitie izolačných materiálov, pričom tvarová stálosť nesmie meniť svoje charakteristiky ani pri pôsobení klimatických vplyvov a rozmery si musí zachovať aj pri teplotných zmenách. Výrobok si musí zachovávať rozmery a konzistenciu v takej forme, v akej bol zabudovaný.

### • Ľahká spracovateľnosť

Je dôležité, aby sa izolácia dala ľahko a rýchlo upraviť na požadovaný rozmer a tvar. Presné delenie izolačného formátu zabezpečí kompaktné uloženie materiálu do konštrukcie, čím sa predíde vzniku tepelných mostov, ktoré výrazne ovplyvňujú tepelnoizolačné schopnosti celej konštrukcie (Zliechovec, 2008).

## 1.7 Rozdelenie anorganických tepelnoizolačných materiálov

### 1.7.1 Minerálna pena alebo tzv. penové sklo

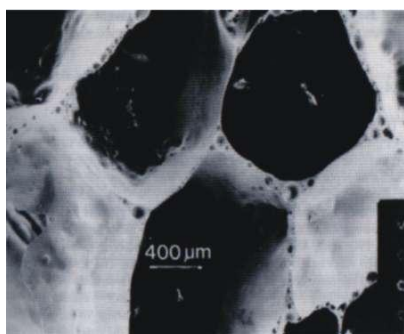
Tento izolačný materiál sa vyrába asi od 40. rokov 20. storočia. Je to anorganický, pórovitý materiál, ktorý sa vyznačuje vysokou pevnosťou v tlaku. Vyrába sa tavením mletých sklenených črepi, sklárskeho piesku a uhlia pri teplote asi 1 000 °C. Pri tomto tavení dôjde až k 12-násobnému napneniu, a tak vznikne pórovitá penová štruktúra. Tento materiál má vynikajúce pevnostné vlastnosti (Obr. 2, 3), je nenasiakavý (Tab. 4), biologicky stabilizovaný, koeficient tepelnej vodivosti má od 0,038 do 0,049 W/(m · K). Penové sklo možno použiť pri extrémnych teplotách od -260 až do +430 °C. Jeho nevýhodou je však vysoká cena (Zliechovec, 2008).

Tab. 4 Technické údaje štrku z penového skla. Zdroj: FOAMGLAS

Vlastnosť	Hodnota	Jednotka
Objemová hmotnosť	150	kg/m <sup>3</sup>
Zrnitosť	30-60	mm
Tepelná vodivosť	0,06	W/mK
Tepelná kapacita	850	J/kgK
Vnútoraná nasiakavosť zrna	0	obj. %
Minimálna hrúbka nezhutneného násypu	15	cm
Trieda horľavosti	A1	



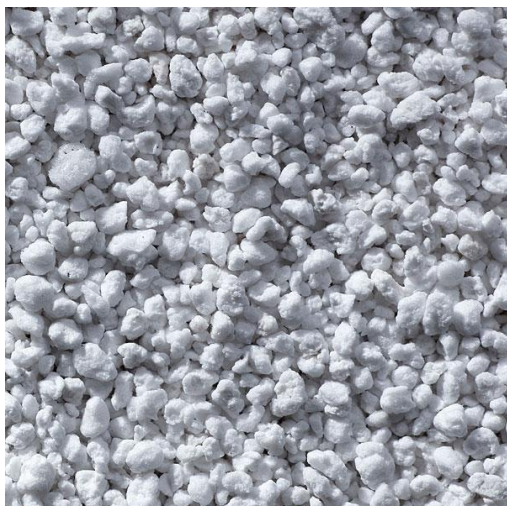
Obr. 2 Prehľad tvarov dosiek a prefabrikátov z minerálnej peny. Zdroj: foamglas.cz



Obr. 3 Zväčšená štruktúra penového skla, Zdroj: Izolace.cz

### 1.7.2 Expandovaný minerál – expandovaný perlit

Expandovaný minerál sa vyrába tepelným spracovaním horniny sopečného pôvodu – perlitu, ktorý má chemické zloženie a vlastnosti podobné ako sklo. Pri teplotách 950 až 1 200 °C upravená surovina expanduje a zväčší objem zrníka až 10-násobne na výsledný produkt vo forme šedo bielych dutých guľičiek. Expandovaný perlit je chemicky neutrálny, nehorľavý, odolný proti mrazu, objemovo stály a má sypanú hmotnosť od 60 do 120 kg/m<sup>3</sup>(Tab. 5). Používa sa ako sypaná izolácia, ktorá dobre vyplňa tvar (Obr. 4, 5). Je však nasiakavý vodou, takže má obmedzené možnosti použitia (Zliechovec, 2008).



Obr. 4 Perlitová omietka



Obr. 5 Perlitbetón

Zdroj: perlit.sk

Tab. 5 Vlastnosti expandovaného perlitu, Zdroj: URL 2

Vlastnosť		Druh expandovaného perlitu		
		EP 100	EP 150	EP 180
Objemová hmotnosť vo voľne sypanom stave [ $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ] max.		100	150	180
Zrnitosť: Celkový prepád [%]	sito 1	max. 2	max. 30	20 až 70
Celkový prepád [%]	sito 0 315	85 až 100	70 až 100	30 až 80
Celkový prepád [%]	sito 0 1	70 až 95	max. 70	max. 40
Vlhkosť [%]		max. 2		
Súčiniteľ tepelnej vodivosti [ $\text{W}/\text{mK}$ ]		0,06	0,07	0,075

### 1.7.3 Minerálna vlna

Minerálna vlna pozostáva z veľkej časti z kremenného piesku (sklená vata), resp. z efúzivnej horniny (kamenná vlna). Kameň sa roztaví, aby sa z neho napokon vyrobili umelé minerálne vlákna. Ako spojovací materiál sa najčastejšie pridáva fenolformaldehydová živica (približne 3 - 10 % pri sklenej vate a 1 - 3 % pri kamennej vlně). Kamenná vlna má v porovnaní so sklenou ( $6 - 30 \text{ kg}/\text{m}^3$ ) dvoj- až desaťnásobne väčšiu hustotu ( $35 - 175 \text{ kg}/\text{m}^3$ ) a je tvrdšia.

Izolácie z minerálnych vlákien sa predávajú ako izolačná plst', ako dosky a môžu byť kašírované hliníkovou fóliou, sklenenou alebo inou textíliou alebo ošetrované kovovou sieťovinou.

Izolačné dosky na báze minerálnej vlny možno podľa orientácie vlákien rozdeliť na lamely a dosky (Tab. 6). Lamely s kolmou orientáciou vlákien sa vyznačujú veľmi dobrými mechanickými parametrami, možnosťou prebrúsenia povrchu lamiel do roviny, schopnosťou prispôbiť sa zakrivenému podkladu a celoplošným nanášaním lepiaceho tmelu. Pre dosky s pozdĺžnou orientáciou vlákien je charakteristická ľahká a rýchla montáž, nanášanie lepiaceho tmelu po obvode a na terče, výborné tepelno-izolačné vlastnosti a veľká priepustnosť pre vodné pary.

Tab. 6 Porovnanie parametrov minerálnej vlny s kolmou a pozdĺžnou orientáciou vlákien, Zdroj: Poradca Weber, 2010

Parameter	Merná jednotka	Hodnota (lamely)	Hodnota (dosky)	Norma EN
súčiniteľ tepelnej vodivosti $\lambda$	W/(mK)	0,042	0,038	12667
trieda horľavosti	-	A1	A1	13501-1
pevnosť v ťahu	kPa	$\geq 80$	$\geq 15$	1607
krátkodobá nasiakavosť	kg/m <sup>2</sup>	1	1	1609
dlhodobá nasiakavosť	kg/m <sup>2</sup>	3	3	12087
faktor difúzneho odporu	$\mu$	1	1	12086
maximálna teplota použitia	°C	200	200	-

#### 1.7.4 Kamenná vlna

Tento u nás najrozšírenejší tepelnoizolačný materiál sa vyrába tavením troskočadičovej zmesi pri teplote 1 350 až 1 400 °C a roztavená zmes sa rozvlákňuje na odstredivých bubnoch. Vlákno má priemer od 4 do 20  $\mu\text{m}$ , dĺžku 10 až 70 mm, typická stredná hodnota bežného vlákna je 50 mm. Na letiace vlákno sa nanáša vodný roztok spojiva – živice (zabezpečuje kompaktnosť izolačného koberca) a silikónového oleja (zvyšuje hydrofobizáciu – vodoodpudivosť izolačného materiálu). Izolačné vlákna sa potom vrstvia do koberca. Ten postupuje do komprimačnej jednotky, v ktorej nadobúda konečnú hrúbku a objemovú hmotnosť. Za touto jednotkou nasleduje kontinuálna sušiareň, kde dôjde k vytvrdeniu spojiva. Potom sa koberec orezáva na požadované rozmery. Na konci výrobného procesu sa výrobky povrchovo upravujú alebo sa balia do balíkov s PE fóliou.

Izolácie na báze minerálneho vlákna sa vyrábajú v objemových hmotnostiach 30 až 200 kg/m<sup>3</sup> a s koeficientom tepelnej vodivosti 0,035 až 0,045 W/(m . K). (Tab. 7) Rozsah objemových hmotností minerálnej vlny ju umožňuje aplikovať do všetkých stavebných konštrukcií (Obr. 6) od nezaťažovaných izolácií v konštrukciách šikmých striech až po zaťažované izolácie v podlahách a plochých strechách. Vďaka svojej difúzii a tvarovej stálosti (stabilite celého systému aj pri kolísaní teplôt) sú tieto výrobky vhodné aj na zateplenie obvodových stien. Výrobky na báze minerálnych vlákien sú anorganické a chemicky neutrálne, sú nehorľavé, a preto ich možno použiť aj na požiaru izoláciu budov a technologických zariadení. Vlákniťa štruktúra výrobkov so vzduchovými dutinami absorbuje dopadajúce zvukové vlny, takže minerálnu vlnu možno aplikovať aj ako akustickú izoláciu (Ďurica, 2000).

Tab. 7 Vybrané požiadavky. Zdroj: Ďurica, 2000

Vlastnosť	Norma			
	STN	SIA 280	DIN 16734	ONORM B3671
Pevnosť v ťahu [MPa]	>5	-	> 800 A	> 1000/900A
Ťažnosť [%]	>40	> 10		
Ohyb za studena (pri -20 °C)	bez trhlín			
Faktor difúzneho odporu $\mu$ [-]	< 30 000	-	< 30 000	
Nasiakavosť [%]	< 0,5	-	-	-
Rozmerová stálosť za tepla (80°C po 6 hod.) [%]	2	bez pľuzgierov < 0,5	bez pľuzgierov < 1,0	
Stupeň horľavosti	C 2	trieda IV	-	-
Odolnosť proti tlaku vody	bez straty tesnosti			
Odolnosť proti prerastaniu koreňov	bez prerastania			
Pevnosť zvarov pri homogénnom zvaraní	pretrhnutie mimo spoj			



Obr. 6 Modifikácie prevedenia minerálnej vlny ROCKWOOL. Zdroj: Archív ROCKWOOL

### 1.7.5 Sklená vlna

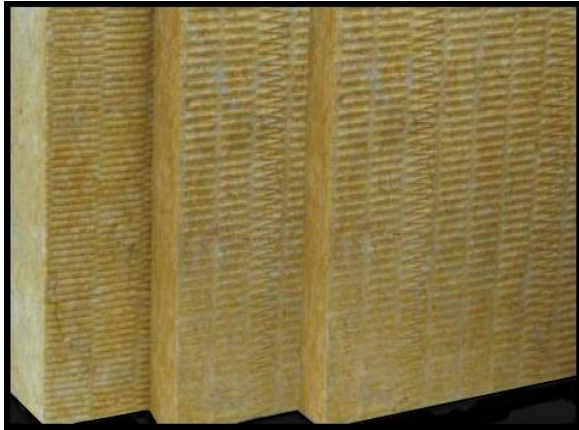
Sklená vlna (Obr. 7) je tepelno a zvukovo izolačný materiál vyrobený zo sklenených vlákien. Najčastejšie sa vyrába zo skla určeného na recykláciu a ďalších dostupných materiálov, ako je kremičitý piesok, vápenec, dolomit, živec a iné. Sklo je obvykle pre zvýšenie pružnosti a zníženie lámavosti upravené. Úprava spočíva na jednej strane v pridávaní hliníka (Al) do taveniny skla, alebo obalením vlákien do vinylacetátových disperzií. Sklenená vata sa vyrába z 6 - 9  $\mu\text{m}$  hrubých vlákien.

Vláknó je odolné voči vysokým teplotám - do 550 °C. Vlákna sa sekajú a stlačeným vzduchom nafúkajú do vrstvy požadovanej hrúbky ktorá sa následne lisuje do pásu. Ten sa reže na jednotlivé dosky. Vata, či už vo forme dosiek, alebo voľná sa používa hlavne ako tepelná izolácia.

#### **Výhody izolačných materiálov zo sklenej vlny:**

- pôvod z prírodných, prakticky nevyčerpatelných surovín,
- podiel recyklátov 60% (sklená vlna), možnosť ďalšej recyklácie,
- ekologicky šetrný postup,
- vynikajúca tepelná, protihluková a protipožiarna ochrana,
- bez nadúvadiel a pesticídov,
- dlhá životnosť, bez biodegradácie, chemicky neutrálne,

- široká použiteľnosť, možnosť opakovaného použitia, možnosť recyklácie,
- tvarová stálosť, vysoká pevnosť v ťahu i tlaku,
- nehorľavé, bez retardérov horenia a chemikálií rizikových pre znečistenie spodných vôd.



*Obr. 7 Sklená vata ISOVER. Zdroj: isoland.sk*

## 2 Cieľ práce

Cieľom práce je posúdenie a zhodnotenie materiálov, ktoré sa používajú na zatepl'ovanie priemyselných objektov.

Hlavným obsahom bakalárskej práce je analýza vlastností materiálov najbežnejšie používaných pri zatepl'ovaní budov, či už novostavieb, alebo rekonštruovaných konštrukcií.

Úvod práce sa zameriava na všeobecnú charakteristiku a rozdelenie materiálov používaných pri zatepl'ovaní stavieb, a ich vlastností.

Druhá časť práce sa zaoberá výberom užšej vzorky daných materiálov a analýzou ich tepelnotechnických vlastností. Spracováva určenie, typy a fyzikálne charakteristiky daných izolácií a vzájomne porovnáva základné tepelnotechnické ukazovatele dôležité pre potreby vyhodnotenia.

Porovnanie údajov od výrobcov jednotlivých izolácií je doplnené analýzou a výpočtovou časťou, kde sa hľadá najvýhodnejšie riešenie výberu izolačného materiálu.



### 3 Metodika práce

Na dosiahnutie cieľa bakalárskej práce, teda posúdenie a zhodnotenie materiálov, ktoré sa používajú na zateplovanie objektov je nutné sa najprv oboznámiť s dostupnými typmi materiálov. Pre potreby porovnávania charakteristických vlastností izolačných materiálov je nutné vybrať vzorku materiálov z každého druhu a od rôznych výrobcov. V práci sú použité najrozšírenejšie druhy izolačných materiálov preferované stavebnými spoločnosťami.

Pre potreby porovnania sa určí výberová vzorka tepelnoizolačných materiálov – minerálna vlna, expandovaný perlit a minerálna pena v rôznych vyhotoveniach. Charakteristické hodnoty vybraných materiálov získame z informácií od konkrétnych výrobcov a dosadíme do vzorcov metódami stanovenými normami tepelnotechnických vlastností stavebných konštrukcií a budov STN 73 0540-2 a STN 73 0540-4.

#### 3.1 Postup práce:

- Vlastnosti izolačných materiálov a prostredia
  - Charakteristika prostredia
  - Charakteristika a porovnanie vlastností anorganických tepelnoizolačných materiálov
- Prehľad aplikovaných vzorcov
- Tepelnotechnické posúdenie obalového plášťa
  - Popis modelovej situácie
  - Analýza aplikovanej výberovej vzorky
  - Spracovanie a kontrola získaných údajov
- Vyhodnotenie štúdie

#### 3.2 Výpočet ukazovateľov

Postupujeme podľa výpočtových metód stanovených normou STN 73 0540-4 Výpočtové metódy nasledovne:

- Tepelný odpor  $R$ ,  $m^2KW^{-1}$

$$R = \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{\lambda_i} \quad (1)$$

kde  $d_i$  je hrúbka vrstvy v m,

$\lambda_i$  je súčiniteľ tepelnej vodivosti vo  $\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ ,

$n$  je počet vrstiev.

Pričom platí  $\mathbf{R} > \mathbf{R}_N$ .

– Súčiniteľ prechodu tepla  $U$ ,  $\text{m}^2\text{KW}^{-1}$

$$U = \frac{1}{R_0} \quad (2)$$

kde  $R_0$  je odpor pri prechode tepla v  $\text{m}^2\text{KW}^{-1}$ .

Pričom musí platiť  $\mathbf{U} \leq \mathbf{U}_N$ .

$$R_0 = R_{si} + R + R_{se} \quad (3)$$

kde  $R_{si}$  je odpor pri prestupe tepla na vnútornej strane v zimnom a letnom období,

$R_{se}$  je odpor pri prestupe tepla na vonkajšej strane v zimnom a letnom období.

– Teplota vnútorného povrchu  $\theta_{si}$ ,  $^{\circ}\text{C}$

$$\theta_{si} = \theta_{ai} - U(\theta_{ai} - \theta_e) \cdot R_{si} \quad (4)$$

kde  $\theta_{ai}$  je vnútorná výpočtová teplota,

$\theta_e$  je vonkajšia výpočtová teplota v zimnom a letnom období.

Platí, že  $\theta_{si} > \theta_{dp}$ .

## 4 Výsledky práce a diskusia

### 4.1 Vlastnosti anorganických izolačných materiálov a prostredia

#### 4.1.1 Charakteristika prostredia

Pre potreby charakteristiky prostredia vychádzame z normy STN 73 0540-3 Vlastnosti prostredia a stavebných výrobkov. Všeobecné charakteristiky sú už spomenuté v kapitole 1.5 Tepelnotechnické vlastnosti vonkajšieho a vnútorného prostredia na obvodové konštrukcie. V práci volíme teplotnú oblasť aj veternú oblasť 1 podľa polohy a nadmorskej výšky danej pre oblasť Nítry v zimnom období. Ďalej volíme nasledujúce hodnoty:

Hodnota vonkajšej výpočtovej teploty  $\theta_e = -11 \text{ }^\circ\text{C}$  v zimnom období.

Vnútorná výpočtová teplota  $\theta_{ai} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Vlhkosť vzduchu  $\varphi = 50 \text{ } \%$ .

Teplota rosného bodu  $\theta_{dp}$  stanovená normou je  $9,26 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Súčiniteľ prestupu tepla má normalizovanú hodnotu  $U_N = 0,46 \text{ m}^2\text{KW}^{-1}$  a normalizovaná hodnota pre tepelný odpor konštrukcie je  $R_N = 2,0 \text{ m}^2\text{KW}^{-1}$ .

Odpor pri prestupe tepla na vnútornej strane konštrukcie  $R_{si} = 0,13 \text{ m}^2\text{KW}^{-1}$  a odpor pri prestupe tepla na vonkajšej strane konštrukcie v zimnom období je  $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{KW}^{-1}$ , v letnom období je hodnota  $R_{se} = 0,07 \text{ m}^2\text{KW}^{-1}$ .

#### 4.1.2 Charakteristika a porovnanie vlastností anorganických tepelnoizolačných materiálov

V tabuľke (Tab. 8) sa nachádza širší výber z ponuky viacerých výrobcov daných materiálov spolu s informáciami a parametrami danými výrobcom. Tabuľka obsahuje roztriedenie vybraných materiálov najprv podľa druhu izolačného materiálu, podľa výrobcu a typového označenia daného výrobcom. Ďalej obsahuje príklad určenia, rozmery a potrebné ukazovatele.

Tab. 8 Prehľad anorganických izolačných materiálov pre ich porovnanie

Druh	Výrobca	Typ	Určenie	Rozmery [mm]		Súčiniteľ tepelnej vodivosti $\lambda$ [W/mK]	Tepelný odpor R [m <sup>2</sup> K/W]
				H	ŠxD		
Penové sklo	REFAGLASS	penové sklo	uni	150	-	0,050	2,00
Penové sklo	REFAGLASS	penové sklo	uni	190	-	0,040	2,50
Penové sklo	REFAGLASS	penové sklo	uni	260	-	0,030	3,34
Penové sklo	REFAGLASS	penové sklo	uni	390	-	0,020	5,00
Penové sklo	REFAGLASS	penové sklo	uni	520	-	0,015	6,67
Penové sklo	FOAMGLAS	T4+	podlahy, ploché strechy	150	600x450	0,041	-
Penové sklo	FOAMGLAS	S3	podlahy, ploché strechy	150	600x450	0,045	-
Penové sklo	FOAMGLAS	F	podlahy, ploché strechy	150	600x450	0,050	-
Expand. perlit	Lb MINERALS	EP 100	zásypy	-	-	0,047	-
Expand. perlit	Lb MINERALS	EP 150	zásypy	-	-	0,047	-
Expand. perlit	Lb MINERALS	EP 180	zásypy	-	-	0,048	-
Kamen. vlna	KNAUF INSULATION	NOBASIL ADN	šikmé strechy	150	600x1000	0,035	4,05
Kamen. vlna	KNAUF INSULATION	NOBASIL MPN	šikmé strechy	180	600x1000	0,039	4,60
Kamen. vlna	KNAUF INSULATION	NOBASIL PTE	podlahy	50	600x1000	0,036	1,35
Kamen. vlna	KNAUF INSULATION	NOBASIL PVT	podlahy	60	600x1000	0,040	1,5
Kamen. vlna	KNAUF INSULATION	NOBASIL FKD	obvodové steny	150	600x1000	0,039	3,85
Kamen. vlna	KNAUF INSULATION	NOBASIL FRK	obvodové steny	150	600x1000	0,036	4,17
Kamen. vlna	KNAUF INSULATION	NOBASIL SAE, SAS	ploché strechy	140	1000x1200	0,040	3,5
Kamen. vlna	KNAUF INSULATION	NOBASIL SKE, SKS	ploché strechy	140	1000x900	0,040	3,5
Kamen. vlna	ROCKWOOL	Airrock HD	obvodové steny	160	600x1000	0,035	-

Kamen. vlna	ROCKWOOL	Dachrock	ploché strechy	120	600x1000	0,041	-
Kamen. vlna	ROCKWOOL	Fasrock	obvodové steny	150	500x1000	0,039	-
Kamen. vlna	ROCKWOOL	Multirock	uni	150	600x1000	0,039	-
Kamen. vlna	ISOVER	NF 333	obvodové steny	160	1000x333	0,042	3,85
Kamen. vlna	ISOVER	TF 160	obvodové steny	160	1000x600	0,038	4,20
Kamen. vlna	ISOVER	POLTERM UNI	uni	150	1000x600	0,040	3,75
Kamen. vlna	ISOVER	DACHO- TERM G	ploché strechy	60	1200x2000	0,042	1,40
Sklená vlna	ISOVER	PIANO	priečky	50	6000x625	0,038	1,30
Sklená vlna	ISOVER	AKUPLAT	uni	150	1200x600	0,037	4,05
Sklená vlna	ISOVER	TANGO	podlahy	35	1200x600	0,033	1,05
Sklená vlna	KNAUF INSULATION	TI 135 U	šikmé strechy	160	1200x4000	0,035	4,55
Sklená vlna	KNAUF INSULATION	TI 137 U	šikmé strechy	160	1200x4500	0,037	4,10
Sklená vlna	KNAUF INSULATION	TP 115	priečky	160	625x1250	0,037	4,30
Sklená vlna	KNAUF INSULATION	TP 138	obvodové steny	160	600x1350	0,032	5,00
Sklená vlna	KNAUF INSULATION	Classic 032	uni	160	1200x2500	0,032	5,00
Sklená vlna	KNAUF INSULATION	Ekoboard (TP 112)	uni	160	625x1000	0,039	4,10

## 4.2 Výpočet ukazovateľov

Hodnoty potrebné pre ďalšie porovnanie vybraných izolačných materiálov vypočítame nasledovne, a to využitím metód bližšie spomenutých v kapitole 3.2 Výpočet ukazovateľov.

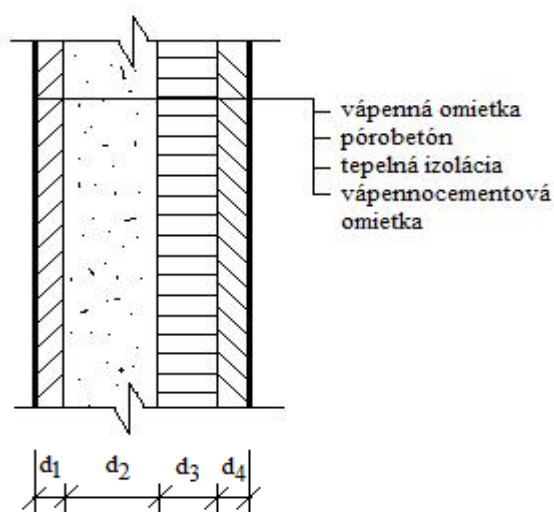
## 4.3 Tepelnotechnické posúdenie obalového plášťa

### 4.3.1 Popis modelovej situácie

Na lepšie pozorovanie vlastností izolačných materiálov sme si zvolili príklad konštrukcie, na ktorej sme menili jednotlivé druhy izolácií.

Pre návrh vonkajšej zvislej konštrukcie máme k dispozícii náčrt (Obr. 8), na ktorom sú navrhnuté jednotlivé vrstvy konštrukcie a hrúbky vrstiev. Hrúbky a skladba vrstiev sa bude zachovávať, meniť sa bude postupne len druh tepelnej izolácie, poprípade najbližšia podobná hrúbka aká je k dispozícii v sortimente výrobcu.

Details rozmerov a zloženia konštrukcie sú zhrnuté v tabuľke (Tab. 9) spolu s hodnotami súčiniteľa tepelnej vodivosti.



Obr. 8 Náčrt skladby zvislej konštrukcie

Tab. 9 Rozmery a hodnoty vrstiev konštrukcie

<b>Materiál</b>	<b>d, m</b>	<b><math>\lambda</math>, <math>\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}</math></b>
Vápenná omietka	0,015	0,88
Pórobetón	0,250	0,12
Izolácia	0,150 / 0,160	
Vápenocementová omietka	0,015	0,99

#### 4.3.2 Analýza aplikovanej výberovej vzorky

##### ***KNAUF INSULATION NOBASIL FKD 150***

Vypočítané hodnoty konštrukcie:

Tepelný odpor  $R = 5,962 \text{ m}^2\text{K/W}$

Súčiniteľ prechodu tepla  $U = 0,163 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$

Teplota vnútorného povrchu  $\theta_{si} = 19,343 \text{ }^\circ\text{C}$

##### ***ROCKWOOL AIRROCK HD 160***

Vypočítané hodnoty konštrukcie:

Tepelný odpor  $R = 6,687 \text{ m}^2\text{K/W}$

Súčiniteľ prechodu tepla  $U = 0,146 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$

Teplota vnútorného povrchu  $\theta_{si} = 19,412 \text{ }^\circ\text{C}$

##### ***ISOVER NF333 160***

Vypočítané hodnoty konštrukcie:

Tepelný odpor  $R = 5,925 \text{ m}^2\text{K/W}$

Súčiniteľ prechodu tepla  $U = 0,164 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$

Teplota vnútorného povrchu  $\theta_{si} = 19,339 \text{ }^\circ\text{C}$

##### ***KNAUF INSULATION TP 138 160***

Vypočítané hodnoty konštrukcie:

Tepelný odpor  $R = 7,116 \text{ m}^2\text{K/W}$

Súčiniteľ prechodu tepla  $U = 0,137 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$

Teplota vnútorného povrchu  $\theta_{si} = 19,447 \text{ }^\circ\text{C}$

### **ISOVER TF 160**

Vypočítané hodnoty konštrukcie:

Tepelný odpor  $R = 6,326 \text{ m}^2\text{K/W}$

Súčiniteľ prechodu tepla  $U = 0,154 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$

Teplota vnútorného povrchu  $\theta_{si} = 19,380 \text{ }^\circ\text{C}$

### **REFAGLASS PENOVÉ SKLO 150**

Vypočítané hodnoty konštrukcie:

Tepelný odpor  $R = 5,116 \text{ m}^2\text{K/W}$

Súčiniteľ prechodu tepla  $U = 0,189 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$

Teplota vnútorného povrchu  $\theta_{si} = 19,238 \text{ }^\circ\text{C}$

#### **4.3.3 Spracovanie a kontrola získaných údajov**

Zosumarizovanie výsledkov je zobrazené v nasledujúcej tabuľke (Tab. 10), pričom sa v nej nachádzajú aj normalizované hodnoty, podľa ktorých sme schopný posúdiť dodržanie podmienok stanovených normou STN 73 0540-2 Funkčné požiadavky.

Tab. 10 Porovnanie výsledných hodnôt s požadovanými

Tepelná izolácia	$R, \text{ m}^2\text{KW}^{-1}$	$R_N, \text{ m}^2\text{KW}^{-1}$	$U, \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$	$U_N, \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$	$\theta_{si}, \text{ }^\circ\text{C}$	$\theta_{dp}, \text{ }^\circ\text{C}$
KNAUFINSULATION NOBASIL FKD 150	5,962	2,000	0,163	0,460	19,343	9,260
ROCKWOOL AIRROCK HD 160	6,687	2,000	0,146	0,460	19,412	9,260
ISOVER NF333 160	5,925	2,000	0,164	0,460	19,339	9,260
KNAUFINSULATION TP 138 160	7,116	2,000	0,137	0,460	19,447	9,260
ISOVER TF 160	6,326	2,000	0,154	0,460	19,380	9,260
REFAGLASS penové sklo 150	5,116	2,000	0,189	0,460	19,238	9,260



#### 4.4 Zhodnotenie štúdie

Všetky hodnoty tepelného odporu, súčiniteľa prechodu tepla aj teploty vnútorného povrchu spĺňajú kritériá dané normou, ktoré sú označené v časti 4.2 Prehľad aplikovaných vzorcov. Nedostatky v tomto smere, by viedli k možným poruchám štruktúry vonkajšej nosnej konštrukcie budovy.

Medzi možné poruchy spôsobené nevhodne zvoleným materiálom by mohlo dôjsť k vzniku tepelných mostov, zvýšenému úniku tepla z miestnosti, tvorbe plesní a ďalších poškodení.

Pre zadanú zvislú konštrukciu s príslušnou skladbou vrstiev a danými vlastnosťami nám vychádza ako najvhodnejšie využitie sklenej vlny TP 138 na obvodové steny od KNAUF INSULATION. Z vybraných materiálov dosiahla najvyššiu hodnotu teploty vnútorného povrchu konštrukcie až 19,447 °C. Uprednostnenie však tohto typu pred konkurenciou nie je jednoznačné z viacerých dôvodov. Na rozdiel od kamennej vlny toho istého producenta je vyrábaná daná izolačná doska v o 10 mm hrubšom profile. Rozdiely medzi výslednými hodnotami vybraných materiálov sú minimálne rádovo v niekoľkých desatinách. Podľa niektorých zdrojov z praxe sa zdá minerálna vlna na báze čadičových vlákien odolnejšia voči určitým nepriaznivým vplyvom a je menej náchylná na trvalú deformáciu štruktúry. Podľa spoločnosti Saint-Gobain Isover medzi hlavné výhody izolačných materiálov z minerálnej vlny patria vynikajúce tepelnoizolačné vlastnosti, tepelná a zvuková izolácia v jednom, nehorlavosť, ekologickosť a možnosť aplikácie na všetky stavebné podklady. Tepelné izolácie na báze minerálnych vlákien sú nevhodné do miest s vysokou vlhkosťou. Pri kontakte s vodou totiž úplne strácajú všetky tepelnotechnické parametre, čo kladie vysoké nároky na správnu realizáciu celej konštrukcie (Zliechovec, 2009). Nevýhodou sa môže stať aj nepríjemná montáž (uvoľňovanie mikroskopických vlákien), alebo medzery spôsobené neodbornou aplikáciou. Možnou alternatívou by sa mohla stať organická celulózová izolácia, ktorá rieši tieto nedostatky, avšak podľa The Healthy House Institute sa riziko skrýva v možnom obsahu chemických látok ako bór, formaldehyd, kadmium, fluór, chlór, a ďalšie (URL 3).

Konečný výber izolácie proti stratám tepla zostáva na každom investorovi a projektantovi zvlášť. Spoliehať sa dá najmä na skúsenosti z praxe s osvedčenými postupmi a kvalitou prevedenia, ktorá sa môže líšiť rôzne aj pri použití totožných materiálov.

## 5 Záver

Zatepľovanie administratívnych budov, rodinných domov, ale aj priemyselných objektov je v súčasnosti veľmi rozšíreným trendom stavebných firiem, či jednotlivcov. Táto oblasť stavebnej činnosti zažíva značný rozmach práve vďaka vplyvom hospodárskej krízy a z nej vyplývajúca neistota investorov púšťať sa do nových projektov. Ďalším dôležitým faktorom je nárast požiadaviek na obalové plášte budov a úsporu energie najmä zo strany vlád, ale aj orgánov Európskej únie. Spoločnosti pôsobiace na trhu s materiálmi proti stratám tepla sa snažia prispôbovať týmto trendom a rastúcim požiadavkám na kvalitu a presnosť spracovania produktov.

Zo širokej ponuky so zatepľovacími materiálmi sme pre účely práce vybrali vzorku z každého druhu anorganických materiálov. Následným porovnaním a analýzou sme dostali poznatky, ktoré potvrdzujú snahu firiem vyrovnane konkurovať vlastnostiam ostatných typov. Najpodstatnejším faktorom, ktorý ovplyvňuje tepelný odpor izolačnej dosky je stále jej hrúbka, ale postupne prichádza do popredia aplikovanie rôznych úprav na zvýšenie životnosti, odolnosti a vrstiev podporujúcich vlastnosti uprednostňované podľa druhu určenia. Hrúbka izolačného pásu alebo dosky najviac ovplyvňuje súčiniteľ tepelnej vodivosti práve kvôli jej funkcii v štruktúre vlákien zadržiavať vzduch a brániť mu v jeho voľnom prúdení. Všetky zvolené varianty spĺňajú podmienky dané normou. Ďalšími dôležitými parametrami, ktoré ovplyvňujú tepelnotechnické vlastnosti minerálnych izolácií sú objemová hmotnosť, priemer, dĺžka a orientácia vlákien. Využitie kamennej vlny oproti konkurenčným produktom je práve vďaka zvýšeným požiadavkám na požiaru odolnosť.

Z vlastnej skúsenosti by sme pre potreby zateplenia odporučili izolačné dosky z kamennej vlny, pričom pozornosť treba venovať najmä na kvalitu realizácie zateplenia. Dôležitým faktorom je aj cena danej izolácie, pričom bezpečnosť netreba podceňovať na úkor úspor. Momentálne je medzi producentmi priaznivá cenová konkurencia, najpodstatnejšie sa cenovo líši penové sklo, čo ho pomerne znevýhodňuje.

Nároky na izolačné materiály budú stále prísnejšie, preto sa treba hlavne zamerať na využívanie moderných technológií spracovania s ohľadom na životné prostredie. Už teraz je možné vidieť snahu o ekologickejšie technológie, zlepšenie vlastností nielen po tepelno-technickej stránke, ale aj o odstránenie nepriaznivých vplyvov pri montáži, a vyvíjanie fúkaných metód nanášania izolačných materiálov.

## 6 Použitá literatúra

1. DĚDEK, Miloň. 1989. *Stavebné materiály*. 1. vyd. Min. výstavby a stavebníctva ČSR. SNTL, Praha : 1989. 306 s.
2. ĎURICA, Tibor. 2000. *Izolačné materiály*. JAGA group. Bratislava : 2000. 236-9 s. ISBN 80-88905-21-4
3. FRAŇO, Vladimír. a i. 1987. *Stavebné látky*. 2. vyd. ALFA, Bratislava : č. 10 521/1982-32 SNTL – Nakladatelství technické literatury, Praha : 1987. 286-7s.
4. CHMÚRNY, Ivan. 2003. *Tepelná ochrana budov*. 1. vyd. Bratislava : JAGA group, 2003, 25 s. ISBN 80-88905- 27-3
5. INSULATION, s.r.o. 2008. Spoločnosť KNAUF, článok [online] B. m. : b. v. [cit. 2011 – 02 - 15] Dostupné na: <[http://www.asb.sk/stavebnictvo/materialy - a - vyrobky/tepelne-izolacie/izolacnematerialy-1517.ht/](http://www.asb.sk/stavebnictvo/materialy-a-vyrobky/tepelne-izolacie/izolacnematerialy-1517.ht/)>.
6. KATUNSKÁ, Janka. ASB, [online] B. m. : b. v. [cit. ] Dostupné na <<http://www.asb.sk/stavebnictvo/konstrukcie-a-orvky/obvodove-plaste/poziadavky-obvodove-plaste>>.
7. KUČERA, Miroslav. 2000. *Energetická legislatíva a podpora energetickej účinnosti*. Slovenská energetická agentúra, *Magazín Energia*. roč. 2, PANORAMA group, Praha : 2000, 6 s.
8. POGRAN, Štefan. 2006. *Energetická náročnosť budov*. 1. vyd. Nitra : SPU, ISBN 80-8069-699-3. 2006 : 16 - 24 s.
9. Poradca Weber, 2010. *Fasádne dosky na báze minerálnej vlny*. Katalóg, Bratislava : 2010, 54 s.
10. ROUSEKOVÁ, Ildikó. a i. 2000. *Stavebné materiály*. 1. vyd. Bratislava : JAGA group, 2000. 11 – 120 s. ISBN 80-88905-21-4
11. STERNOVÁ, Zuzana. a kolektív. 2006. *Atlas tepelných mostov*. 1. vyd. Bratislava : JAGA group, 2006. 19 s. ISBN 80-8076-034-9
12. STN 73 0540 – 2 : 2002. *Tepelnotechnické vlastnosti stavebných konštrukcií a budov – Tepelná ochrana budov – Časť 2 : Funkčné požiadavky*.
13. STN 73 0540 – 3 : 2002. *Tepelnotechnické vlastnosti stavebných konštrukcií a budov – Tepelná ochrana budov – Časť 3 : Vlastnosti prostredia a stavebných výrobkov*.
14. STN 73 0540 – 4 : 2002, *Tepelnotechnické vlastnosti stavebných konštrukcií a budov – Tepelná ochrana budov – Časť 4 : Výpočtové metódy*.

15. STN EN ISO 10211-1, *Podmienky na výpočet teploty na vnútornom povrchu.*
16. STN EN ISO 13788, *Podmienky na hodnotenie kritickej teploty na vnútornom povrchu.*
17. STN EN ISO 13788, *Podmienky na výpočet rizika vzniku plesní použiť:*
18. STN EN ISO 15927-1- *Teplota vonkajšieho vzduchu určená ako priemerná mesačná teplota*
19. SVOBODA, Luboš. a i. 2005. *Stavebné materiály.* Bratislava : JAGA group, 2005. s. 17-440 9788080760144
20. *Tepelné, chladové a protipožiarne izolácie.* [online] B. m. : b. v. [cit. 2010 – 02 - 20] 1-3 s. Dostupné na <<http://www.cra.sk/index.cfm?s=izoflex>>
21. *Tepelné izolácie – prehľad, materiály, druhy, spôsoby použitia.* [online] B. m. : b. v. [cit. 2010 – 02 - 20] Dostupné na <<http://www.istavebnictvo.sk/clanky/tepelne-izolace-prehled-materialy-fruhy-zpusoby-po/>>.
22. URL 1 – [online] [cit. 2011 – 04 - 20] 12-13 s. Dostupné na: <<http://www.ostrovskeho.sk/sou/podlahar/izolac3.htm>>.
23. URL 2 – [online] [cit. 2011 – 04 - 20] Dostupné na: <<http://www.lbminerals.sk/sk/vyrobky/perlit/expandovany-perlit/>>.
24. URL 3 – [online] [cit. 2011 – 04 - 20] Dostupné na: <[http://www.healthyhouseinstitute.com/a\\_688-Cellulose\\_Insulation](http://www.healthyhouseinstitute.com/a_688-Cellulose_Insulation)>
25. ZLIECHOVEC, Miroslav. 2009. *Minerálne izolácie a ich použitie.* ASB [online] B.m. : b. v. [cit. 2011 – 04 - 20] Dostupné na: <<http://www.asb.sk/stavebnictvo/materialy-a-vyrobky/tepelne-izolacie/mineralne-izolacie-a-ich-pouzitie-3358.html>>
26. ZLIECHOVEC, Miroslav. 2008. *Izolačné materiály.* ASB [online] B. m. : b. v. [cit. 2011 – 02 – 12] Dostupné na: <<http://www.asb.sk/stavebnictvo/materialy-a-vyrobky/tepelne-izolacie/izolacne-materialy-1517.html>>