

Tepelné izolace staveb

Marie Rychlíková

Bakalářská práce
2012



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav inženýrství polymerů
akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Marie RYCHLÍKOVÁ**
Osobní číslo: **T08706**
Studijní program: **B 2808 Chemie a technologie materiálů**
Studijní obor: **Chemie a technologie materiálů**

Téma práce: **Tepelné izolace staveb**

Zásady pro vypracování:

1. Mechanismy sdílení tepla a jejich kvantitativní popis
2. Názvosloví a hodnocení tepelné izolace staveb podle současných norem
3. Problematika tepelných mostů okeních konstrukcí
4. Tepelná izolace klasických dřevěných budov
5. Diskuze získaných poznatků

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. BIRD, R.B. aj.: Přenosové jevy. ACADEMIA, Praha 1968
2. ČSN EN ISO 9251. Tepelná izolace- Podmínky šíření tepla a vlastnosti materiálů - Slovník, Listopad 1997, Český normalizační institut 1997, a navazující normy
- 3.ŘEHÁNEK, Jaroslav , et al. Tepelná akumulace budov. 2002. IC ČKA/T ISBN 80-86364-59-3
4. ŠUBRT Roman, VOLF Michal, Stavební detail, Tepelné mosty, GRADA 2003 PRAHA
5. Řehánek Jaroslav, Janouš Antonín, Kučera Petr, Šafránek Jaroslav, Zateplení budov. GRADA 2002 Praha ISBN 80-7169-582-3

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Antonín Blaha, CSc.**
Ústav inženýrství polymerů

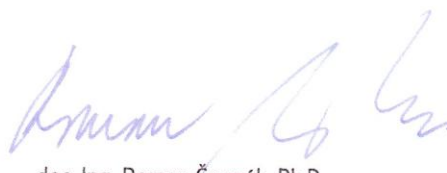
Datum zadání bakalářské práce: **10. února 2012**

Termín odevzdání bakalářské práce: **1. června 2012**

Ve Zlíně dne 10. února 2012


doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan




doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno: RYCHLÍKOVÁ MARIE

Obor: CHM-IP

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 24.5.2012

Rychlíková

²⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací;

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlázení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

³⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Tato práce se zabývá problémem tepelných izolací staveb, konkrétně využití polymerních materiálů ve stavebnictví. Podává stručný, ucelený pohled o izolačních materiálech od jejich výroby, vlastnostech, až po použití přímo ve stavebnictví. Popisuje problémy, výhody, nevýhody dřevostaveb.

Klíčová slova:

Prostupy tepla, tepelná izolace, zateplovací materiály, tepelné mosty, dřevostavby.

ABSTRACT

This paper deals with the problem of thermal insulation, more precisely the use of polymer materials in the construction field. Our aim is to provide a brief but complete view on insulating materials from their production, properties, to their actual use in the domain of construction. This essay describes the problems, advantages and disadvantages of wooden buildings.

Keywords:

Heat transfer, thermal insulation, thermal insulation materials, thermal bridges, wooden constructions.

Poděkování:

Děkuji vedoucímu této bakalářské práce panu docentovi Bláhovi, za odborný přístup, cenné rady, ochotu, pomoc, trpělivost a čas, který mi věnoval při zpracování mé bakalářské práce. Děkuji své rodině za podporu, svému příteli a hlavně mamince, která pro mě byla vším.

Motto:

„Nezáleží na tom, s čím si přišel, ale s čím odcházíš.“

Neznámý autor

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně 2012

Podpis diplomanta

OBSAH

ÚVOD	10
1 MECHANISMY SDÍLENÍ TEPLA A JEJICH KVANTITATIVNÍ POPIS	12
1.1.1 Sdílení tepla vedením (kondukcí)	12
1.1.2 Sdílení tepla sáláním (radiací).....	15
1.1.3 Sdílení tepla prouděním (konvekci)	16
1.2 PROSTUP TEPLA	19
2 NÁZVOSLOVÍ A HODNOCENÍ TEPELNÉ IZOLACE STAVEB PODLE SOUČASNÝCH NOREM	21
2.1 POŽADAVKY DŘÍVĚJŠÍCH NOREM.....	21
2.2 SOUČASNÉ NORMY	22
2.2.1 ČSN 73 0540-1 Tepelná ochrana budov - Část 1: Terminologie.....	22
2.2.2 ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky	23
2.2.3 ČSN 73 0540-3 Tepelná ochrana budov – Část 3: Návrhové hodnoty veličin	24
2.2.4 ČSN 73 0540-4 Tepelná ochrana budov – Část 4: Výpočtové metody	25
3 PROBLEMATIKA TEPELNÝCH MOSTŮ A OKENNÍCH KONSTRUKCÍ	26
3.1 MÍSTA VÝSKYTU TEPELNÉHO MOSTU	26
3.2 DŮSLEDKY TEPELNÝCH MOSTŮ	28
3.3 DRUHY TEPELNÝCH MOSTŮ	29
4 TEPELNÁ IZOLACE KLASICKÝCH DŘEVĚNÝCH BUDOV	31
4.1 TEPELNÉ IZOLACE	31
4.1.1 Vláknité izolace.....	32
4.1.2 Dřevovláknité izolace.....	33
4.1.3 Dřevocementové izolace	34
4.1.4 Polystyren.....	34
4.1.5 Polyuretan (PUR)	36
4.1.6 Polyisokyanurát (PIR).....	36
4.1.7 Polyetylén (PE)	37
4.1.8 Pěnové sklo	37
4.1.9 Foukaná a sypká izolace.....	38
4.1.10 Sendvičové desky.....	39
4.1.11 Izolace z přírodních materiálů.....	39
4.2 VÝHODY DŘEVOSTAVEB.....	41
4.3 NEVÝHODY DŘEVOSTAVEB	41
4.4 DŘEVO A DŘEVĚNÉ DESKY	42
4.5 KONSTRUKCE DŘEVOSTAVEB	42
5 DISKUZE	45
6 ZÁVĚR	47
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	48
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	50
SEZNAM OBRÁZKŮ	51
SEZNAM TABULEK	52

SEZNAM PŘÍLOH.....	53
PŘÍLOHA.....	54

ÚVOD

Cílem každého státu je, respektive by měla být, důsledná ochrana životního prostředí a energetická nezávislost. Proto existuje v řadě zemí systém pobídek, dotací, ale i restrikcí, které by měly stavební firmy donutit ke stavění co nejúspornějších objektů. Majitelé dříve postavených budov by měli zase motivovat k rekonstrukcím vedoucím k energetickým úsporám.

Evropská unie podle svých strategických plánů předpokládá, že domy postavené po roce 2012 budou muset dosahovat energetického standardu „blízkého nuly“. Definice „blízkosti nuly“ ovšem není nikde specifikovaná, takže se můžeme dočkat řady tragikomických předpisů. Navíc je zřejmé, že navrhovaný termín roku 2012 se jeví jako nereálný a předpokládá se jeho posunutí nejméně o rok.

Podle ČSN 73 0540 se budovy dělí podle následující tabulky č. 1.

Tabulka 1 Dělení budov dle ČSN 73 0540-2

domy běžné v 70. -80. letech	současná novostavba	nízkoenergetický dům	pasivní dům	nulový dům, dům s přebytkem tepla
Charakteristika				
zastaralá otopné soustava, zdroj tepla je velkým zdrojem emisí; větrá se pouhým otevřením oken, nezateplené, špatně izolující konstrukce, přetápí se	klasické vytápění pomocí plynového kotle o vysokém výkonu, větrání otevřením okna, konstrukce na úrovni požadavků normy	otopná soustava o nižším výkonu, využití obnovitelných zdrojů, dobře zateplené konstrukce, řízené větrání	pouze teplovzdušné vytápění s rekuperací tepla, vynikající parametry tepelné izolace, velmi těsné konstrukce	parametry min. na úrovni pasivního domu, velká plocha fotovoltaických panelů
Měrná potřeba tepla na vytápění [kWh/(m²a)]				
většinou nad 200	80 - 140	méně než 50	méně než 15	méně než 5

Měrná potřeba tepla na vytápění v tabulce udává, kolik energie na topení a ohřívání spotřebujeme na jednotku plochy za určitou časovou jednotku a je uvedena v kWh/(m²a). Někdy se místo značky „a“ v takovém zlomku setkáváme se slovem „rok“ (latinsky annus – značka a). Vyjadřování jednotek slovy a značkami avšak není správné. [1]

V našem státě k výraznější změně týkající se energetické náročnosti budov došlo v lednu 2009. Od tohoto roku musí mít každý nově postavený dům a rekonstruované domy o ploše větší než 1000 m² takzvaný energetický štítek budovy. Na příští rok je plánováno, že tento štítek bude muset mít každý objekt, který bude chtít jeho majitel prodat. Pořízení takového štítku vyjde na 4 až 8 tisíc Kč.

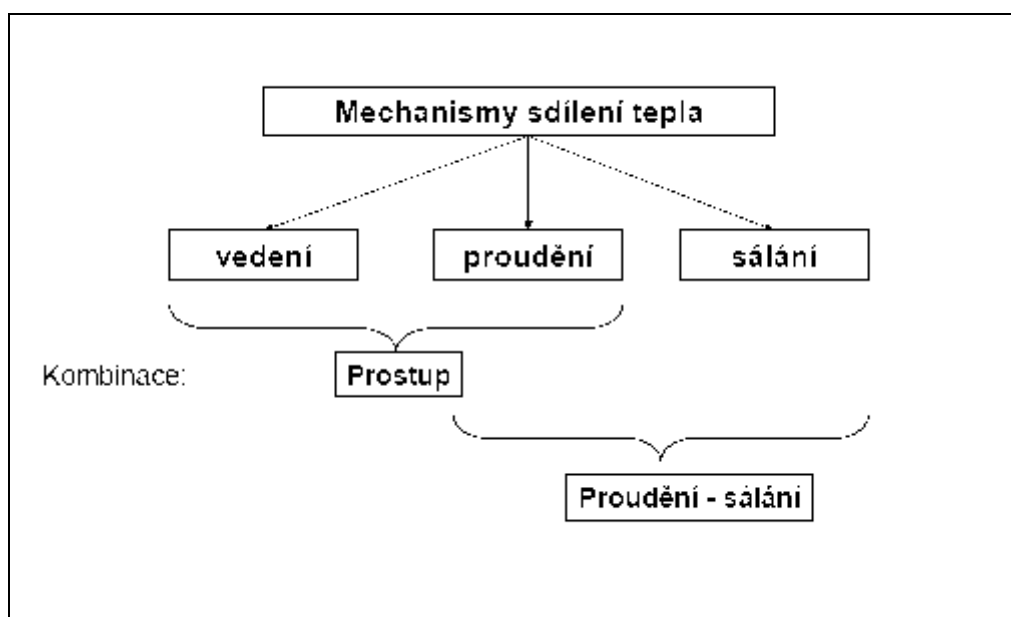
Ruku v ruce by s těmito plánovanými strategiemi měl jít i systém pobídek a dotací. Například v Německu funguje Úvěrová banka pro stavební obnovu (Kreditanstalt für Wiederaufbau), od níž mohou majitelé získat příspěvky nebo velmi výhodné půjčky pro energeticky šetrné objekty (týká se novostaveb i rekonstrukcí), případně úvěry na investiční záměry související s obnovitelnými zdroji energií.

Tuzemská vláda v tomto ohledu není příliš velkorysá. Pro stavební firmy je nejzajímavější program Zelená úsporám, který ovšem od října 2010 roku stagnoval. Jeho opětovné spuštění mělo nastat 1.2.2011. Ale teprve v dubnu vydal ministr životního prostředí Tomáš Chalupa tiskové prohlášení a 2.5.2011 podepsal aktualizovanou verzi směrnice ministerstva životního prostředí č. 9/2009 o poskytování finančních prostředků ze Státního fondu životního prostředí ČR v rámci programu Zelená úsporám. Teprve ve druhé polovině roku 2011 vláda ČR schválila, aby se část financí z prodeje emisních povolenek pro elektrárny využily pro program Zelená úsporám. Ten byl ale naplánován tak, aby skončil v roce 2012, a proto se nyní dostal do časového tlaku a hrozí, že se nestihnou vyčerpat všechny prostředky.

1 MECHANISMY SDÍLENÍ TEPLA A JEJICH KVANTITATIVNÍ POPIS

Sdílení tepla probíhá třemi základními mechanismy, a to buď jen některým z nich, nebo jejich kombinací. Jsou rozlišovány následující mechanismy sdílení tepla:

- Kondukce (vedení)
- Radiace (vyzařování)
- Konvekce (proudění)



Obrázek 1 Schéma mechanismů sdílení tepla

1.1.1 Sdílení tepla vedením (kondukcí)

Sdílení tepla vedením nastává předáváním kinetické energie mezi molekulami a elektrony vlivem teplotních rozdílů. Vedení tepla je tedy molekulárním mechanismem sdílení tepla. Molekuly a elektrony mají v místě s vyšší teplotou vyšší kinetickou energii než v místě s nižší teplotou. Jelikož se kinetická energie přenáší z molekuly na molekulu nebo z elektronu na elektron, závisí tento přenos značně na vlastnostech prostředí, v němž se vede teplo, tj. na vlastnostech molekul a elektronů a na jejich vzdálenosti. [2]

Sdílení tepla vedením se uplatňuje přednostně v látkách pevného skupenství. V kapalinách a plynech bývá jeho význam druhořadý oproti konvekci. Plyny, zejména při velmi nízkém tlaku, jsou velmi špatnými vodiči tepla, stejně jako některé pevné látky, a proto se jich využívá k tepelným izolacím. Volné a vysoce pohyblivé elektrony kovových materiálů jsou zase příčinou jejich vysoké vodivosti nejen elektrické, ale i tepelné. [3]

Množství tepla sdíleného vedením velmi dobře popisuje empiricky získaný vztah, který se nazývá Fourierův zákon vedení tepla:

$$\mathbf{q} = -\lambda \mathbf{grad} T \quad (5)$$

Nebo použitím parciálního diferenciálního operátoru ∇ :

$$\mathbf{q} = -\lambda \nabla T \quad (6)$$

Kde

\mathbf{q} je intenzita toku tepla, [$\text{J} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$], [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$]

T - Teplota [K]

$\mathbf{grad} T$ - gradient teploty [$\text{K} \cdot \text{m}^{-1}$]

λ - tepelná vodivost nebo součinitel tepelné vodivosti [$\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$]

Fourierův zákon vedení tepla udává kvantitativně, že intenzita toku tepla je úměrná vlastnosti materiálu, který se jmenuje tepelná vodivost, a gradientu teploty v daném místě materiálu.

$$q_x = -\lambda \frac{\delta T}{\delta x} \quad (7)$$

Znaménko minus znamená, že teplo teče proti směru rostoucí teploty. Fourierův zákon je napsán pro homogenní izotropní materiál. Používá se také popis vedení tepla nehomogenními materiály, např. lehčený polystyrén, pak se používá termín efektivní tepelná vodivost. [1]

Tabulka 2 Tepelná vodivost různých materiálů nejčastěji při 20°C

Materiál	λ [W.m ⁻¹ .K ⁻¹]	Poznámka
Vzduch	0,024	
Sníh	0,120	-150kg*m ⁻³
Voda	0,599	
Led	2,200	Při 0°C
Guma (pryž)	0,160	
Lehčený PS	0,165	
Cihla	0,290	
Sklo	1,350	
Beton	1,279	
Kámen	1,670	čedič
Ocel	52,000	
Litina	63,000	

Tepelná vodivost je závislá na chemickém složení látek. Vyjadřuje charakteristickou vlastnost každé látky. Hodnoty jsou uváděny ve fyzikálních nebo fyzikálně-chemických tabulkách. [4]

Tepelná vodivost tuhých látek je závislá na teplotě a s rostoucí teplotou se zvyšuje. U většiny kapalin je tomu naopak. Závislost tepelné vodivosti na teplotě je přibližně přímková a bývá vyjádřena rovnicí:

$$\lambda = \lambda_0 (1 + \alpha t) \quad (8)$$

λ - tepelná vodivost při teplotě t °C [W.m⁻¹K⁻¹]

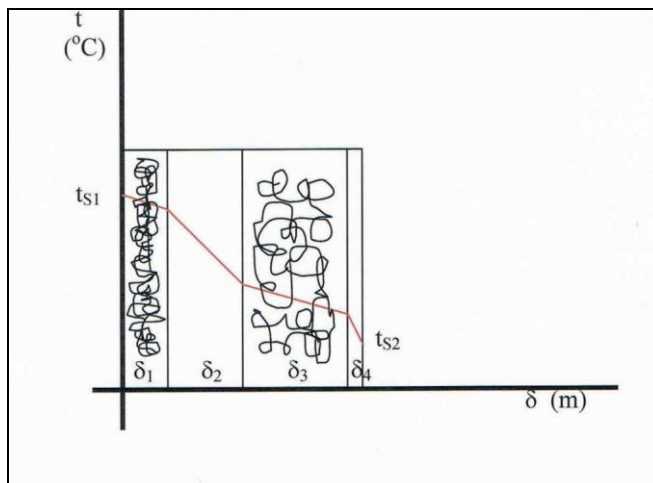
λ_0 - tepelná vodivost při standardní teplotě 273,15 K [W.m⁻¹K⁻¹]

α - teplotní součinitel [W.m⁻²K⁻¹]

V technických výpočtech za předpokladu malé změny teploty (do 373,15 K) je počítáno se středními hodnotami tepelných vodivostí.

Pro ustálené vedení tepla rovinnou stěnou o povrchu A , za čas τ složenou z několika vrstev lišících se tepelnou vodivostí a silou vrstvy δ_i a tepelné vodivosti λ_i platí rovnice:

$$Q = \frac{t_{s1} - t_{s2}}{\sum \frac{\delta_i}{\lambda_i}} A \tau \quad (9)$$



Obrázek 2 Vedení tepla vícevrstvou rovinnou stěnou

t_{s1} - teplota na jedné straně vícevrstvé stěny

t_{s2} - teplota na druhé straně stěny

Teplotní spád ve stěně je patrný z obrázku (obrázek 2). Tato rovnice je důležitá pro výpočty tepelných izolací a minimalizaci tepelných ztrát na rovinných stěnách (např. budov).[2]

1.1.2 Sdílení tepla sáláním (radiací)

Ke sdílení tepla sáláním neboli zářením či radiací, dochází mezi dvěma tělesy tak, že se z jednoho tělesa přenáší energie ve formě elektromagnetického vlnění na těleso druhé. Tento proces je kvantitativně vyjadřován jako tepelný tok. V tělese, které vyzařuje - emituje, dojde k přeměně vnitřní energie na radiační energii. U druhého tělesa nastává proces opačný. Pohlcená – absorbovaná část radiační energie, která dopadne na jeho povrch se změní na vnitřní absorbovanou radiační energii. Aby k tomuto přenosu radiační energie z jednoho tělesa na druhé mohlo dojít, musí být mezi těmito tělesy prostředí, které propouští záření. Takovému prostředí říkáme prostředí transparentní.[5]

Celkový tok zářivé energie na těleso E může být z části odražen (reflexe) jako tok E_r , z části pohlcen (absorpce) jako tok E_a a z části propuštěn (transparence) jako tok E_t .

Při tom platí:

$$E = E_r + E_a + E_t \quad (10)$$

Relativní míry jednotlivých toků jsou dány podílem z celkové zářivé energie. Označujeme je:

$$\text{odrazivost: } \varepsilon_r = \frac{\dot{E}_r}{\dot{E}} \quad (11)$$

$$\text{pohltivost: } \varepsilon_a = \frac{\dot{E}_a}{\dot{E}} \quad (12)$$

$$\text{propustnost: } \varepsilon_t = \frac{\dot{E}_t}{\dot{E}} \quad (13)$$

Je zřejmé, že z rovnice (10) dostaneme:

$$\varepsilon_r \cdot \varepsilon_a \cdot \varepsilon_t = 1$$

Technicky se sdílení tepla sáláním uplatňuje u vysokoteplotních procesů, jako je sdílení tepla v pecích.

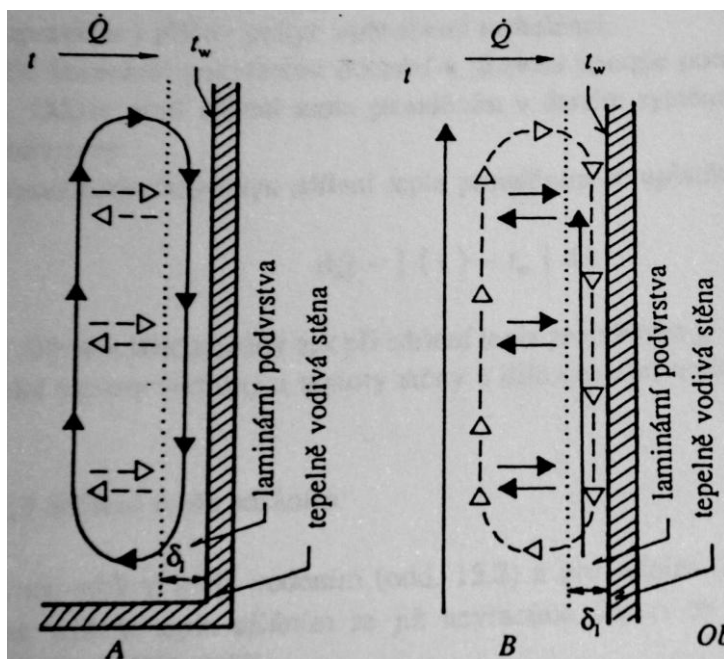
Velmi často převažuje některý mechanismus nad ostatními. Potom při výpočtech bereme v úvahu pouze dominantní mechanismus a ostatní zanedbáváme. Pokud není možný předpoklad jediného dominantního mechanismu, hovoříme o složeném sdílení tepla. [6,3,8]

1.1.3 Sdílení tepla prouděním (konvekci)

Budeme se zabývat jen jedním speciálním případem sdílení tepla prouděním, který je ale technologicky velmi významný. Nazývá se přestup tepla a jedná se o sdílení tepla mezi fázemi, mezi proudící tekutinou a povrchem tuhé fáze. V pohyblivém prostředí, tedy především v tekutinách, ale také u pevných částic ve fluidní vrstvě, při pneumatickém transportu a v sesuvné vrstvě, dochází k přenosu energie z místa o vyšší teplotě na místo o nižší teplotě cirkulačním a turbulentním pohybem částic. Z hlediska teorie spojitého prostředí jde o přesun velkých souborů molekul. Tento přenos energie je vázán na pohybující se hmotné částice a je o řád až dva řády intenzivnější, než pouhé molekulární sdílení tepla vedením v téže látce.

Intenzita přenosu energie prouděním závisí na složce intenzity pohybu částic ve směru požadovaného sdílení tepla. Proudění tekutiny při sdílení tepla, je buď volné nebo nucené. Volné

proudění je vyvoláno pouze rozdílem hustot u teplosměnné plochy a v jádru tekutiny. Až na výjimky klesá hustota tekutiny se vzrůstající teplotou. Potom např. u teplosměnné plochy s nižší teplotou t_w , než je teplota v jádru tekutiny t , dochází v gravitačním poli k pohybu tekutiny dolů (obrázek 3)



Obrázek 3 Proudění volné (A) a nucené (B)

V jádru tekutiny, kde je vyšší teplota, dochází naopak k pohybu tekutiny směrem nahoru. V blízkosti nehybné teplosměnné plochy je rychlost proudění nízká a proudění je zde proto laminární i při turbulentním proudění v jádru tekutiny. V tomto případě se zde vytváří laminární podvrstva, v níž se tekutina pohybuje pouze podél teplosměnné plochy. Napříč touto laminární podvrstvou nemůže tedy nastat přenos energie pohybem částic, ale jen jejich molekulárním pohybem, tedy vedením tepla.

Z jádra tekutiny se energie na rozhraní s laminární podvrstvou přenáší nejen vedením tepla, ale především pohybem tekutiny ve formě toku entalpie \dot{H} . Turbulentní fluktuace rychlosti v jádru tekutiny zvyšují intenzitu přenosu energie tokem entalpie. V laminární podvrstvě se přenáší energie pouze ve formě vedení tepla \dot{Q} . Celý tento mechanismus se nazývá sdílení tepla prouděním.

Stejný mechanismus přenosu energie je i při nuceném proudění, které může být realizováno různým způsobem. Nucené proudění může být např. vyvoláno dodáním mechanické energie tekutině čerpadlem, míchadlem nebo ventilátorem. Je využíváno tam, kde je nutné přestup tepla

intenzifikovat. Při některých procesech je viskozita kapalin vysoká, přirozená cirkulace pro vysoké ztráty energie je nízká a intenzita přestupu tepla proto prudce klesá.

Zákon přestupu tepla je definován Newtonovým zákonem ochlazování. Dle tohoto zákona je množství tepla dQ odevzdaného za čas $d\tau$ na ploše dF přímo úměrné součiniteli přestupu tepla α , rozdílu teplot pevné stěny t_s a teploty tekutiny t_L :

$$Q = \alpha (t_s - t_L) F \cdot \tau \quad (14)$$

Při hustotě tepelného toku dq , pro který platí rovnice:

$$dq = \frac{dQ}{dA \cdot d\tau} \quad (15)$$

Ize rovnici (15) přepsat do tvaru:

$$q = \alpha (t_s - t_L) \quad (16)$$

Pro součinitel přestupu tepla α je používán rozměr $[\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$.

Velikost součinitele přestupu tepla je závislá na:

- Druhu tekutiny – plyn, pára, kapalina
- Rychlosti v a charakteru proudění - laminární, turbulentní
- Typu proudění – přirozené, nucené
- Tvaru a rozměrech teplosměnných stěn – jejich charakteristickém rozměru (průměr d nebo délka L)
- Stavů a vlastnostech tekutiny – teplotě t , hustotě ρ , měrném teple c_p , tepelné vodivosti λ , dynamické viskozitě η
- teplotě stěny t_s .

Při sdílení tepla mezi pevnou stěnou a proudící tekutinou musí platit, že hustota tepelného toku vedeného stěnou q_S je rovna hustotě tepelného toku q_K (množství tepelné energie), který z jejího povrchu přestoupí do objemu tekutiny:

$$q_S = q_K \quad (17)$$

$$-\lambda \frac{dt}{dx} = \alpha (t_s - t_L) \quad (18)$$

Ze zákonů hydromechaniky a rovnice (18) můžeme odvodit kritériální vztahy:

- kritérium Reynoldsovo zahrnující hydrodynamické podmínky a určující charakter proudění:

$$Re = \frac{v \cdot \rho \cdot d}{\eta} \quad (19)$$

- kritérium Péckletovo zahrnující vliv tepelných vlastností látek:

$$Pe = \frac{v \cdot l}{a} \quad (20)$$

$$a = \frac{\lambda}{c_p \cdot \rho} \quad (21)$$

- kritérium Nusseltovo zahrnující konvektivní přestup tepla a tepelnou vodivost:

$$Nu = \frac{\alpha \cdot l}{\lambda} \quad (22)$$

- kritérium Prandtlovo zahrnující vliv vnitřního tření a tepelných konstant látek:

$$Pr = \frac{\eta \cdot g \cdot c_p}{\lambda} \quad (23)$$

- kritérium Eulerovo zahrnující vliv tlakových ztrát:

$$Eu = \frac{\Delta p}{\rho \cdot v^2} \quad (24)$$

- kritérium Grashoffovo zahrnující především vliv změny teploty a materiálových konstant látek:

$$Gr = \frac{g \cdot l^3}{\gamma^2} \rho^2 \cdot \beta \cdot \Delta t \quad (25)$$

kde γ je kinematická viskozita tj. podíl viskozity dynamické a hustoty tekutiny.[2]

1.2 Prostup tepla

Prostup tepla je kombinací mechanismů sdílení tepla vedením a prouděním. Je tím rozuměn přenos tepelné energie z jednoho prostoru s první tekutinou odděleného pevnou stěnou do druhého prostoru s druhou tekutinou. Při výměně tepla za ustálených podmínek na pevné stěně jedno nebo vícevrstvé potom platí rovnice:

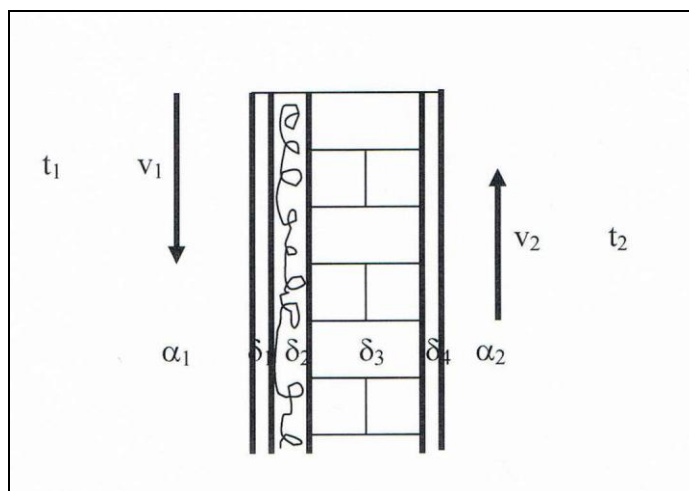
$$Q = K \cdot \Delta t \cdot F \cdot \tau \quad (26)$$

kde K je koeficient prostupu tepla definovaný rovnicí:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i}} \quad (27)$$

kde α_1 je koeficient přestupu tepla z jedné strany teplosměnné plochy, α_2 je koeficient přestupu tepla z druhé strany teplosměnné plochy, λ_i jsou tepelné vodivosti materiálu nebo všech materiálů v případě vícevrstvé stěny a δ_i je síla stěny nebo síly vrstev. [2]

Na schematickém obrázku č. 3 je cihlová stěna budovy o síle zdiva δ_3 a tepelnou vodivostí λ_3 , s tepelnou izolací o síle δ_2 a tepelnou vodivostí λ_2 , vnitřní a vnější omítkou o síle δ_4 a δ_1 a tepelnými vodivostmi λ_4 a λ_1 . Kolem stěn zvenčí proudí atmosférický vzduch rychlostí v_1 s teplotou t_1 . V místnosti je přirozené proudění vzduchu s rychlostí v_2 s teplotou t_2 .



Obrázek 4 Prostup tepla izolovanou stěnou

Je-li $t_2 > t_1$, pak teplo proudí z vnitřního prostoru do okolní atmosféry a představuje tepelné ztráty objektu. Přestup tepla z vnitřního vzduchu na vnitřní stranu stěny objektu charakterizuje koeficient přestupu tepla konvekcí α_2 , teplo je vedením přenášeno všemi vrstvami až na povrch venkovní stěny objektu, odkud přestupuje do okolní atmosféry opět konvekcí s koeficientem přestupu tepla α_1 .

Prostup tepla stěnou objektu je tedy tvořen dvěma mechanismy – konvekcí z vnitřní a vnější strany objektu a kondukcí uvnitř čtyřvrstvé stěny objektu. Radiace vnější bývá proti konvektivnímu přestupu tepla zanedbatelně malá, proto se s ní ve výpočtech tepelných ztrát stěnami objektů zpravidla neuvažuje. [1]

2 NÁZVOSLOVÍ A HODNOCENÍ TEPELNÉ IZOLACE STAVEB PODLE SOUČASNÝCH NOREM

Obvodové konstrukce mají vnitřní prostředí chránit před exteriérem. V našich klimatických podmínkách jsou důležité tepelně izolační vlastnosti konstrukcí. Požadavky na ně se postupně vyvíjely, a přestože jsou dnes rozsáhle definované, málokterá novostavba je beze zbytku splní.

Že je potřeba stavby v našich zeměpisných šířkách tepelně izolovat, bylo známé již dříve. V učebnicích Pozemního stavitelství tento požadavek najdeme již v polovině minulého století. V té době byla za základ vzata cihelná stěna tloušťky 45 cm, a tepelně izolační vlastnosti se vyjadřovaly ekvivalentní tloušťkou zdiva označovanou „e“. Cihelné zdivo o tloušťce 45 cm bylo bráno jako standard, který vycházel ze Stavebního řádu uzákoněného 10.2.1886. Tento zákon byl několikrát novelizován, např. zákonem z 15.4.1919 o stavebních úlevách, kde byly povoleny nosné zdi o menších tloušťkách.

2.1 Požadavky dřívějších norem

Norma ČSN 73 0540 z 12.12.1964 již uváděla požadavky na tepelné izolace, ale ty vycházely z, v té době obvyklého názoru, že cihelná zeď má mít tloušťku 45 cm, což odpovídá tepelnému odporu $R_N = 0,55 \text{ m}^2\text{KW}^{-1}$. Dle této normy byla republika rozdělena na 3 teplotní pásma. V 60. letech byl také uzákoněn první požadavek na měrnou tepelnou potřebu tepla, a to vládním usnesením 1043/62. Zde byl stanoven požadavek, aby obytné budovy měly takové tepelné izolace, aby měrný byt o rozloze 200 m^3 měl potřebu tepla 9,3 – 9,9 MWh/rok.

Výše uvedená norma byla v roce 1977 nahrazena souborem 3 nových norem. Normou obsahující názvosloví, požadavky a kritéria – ČSN 73 0540, normou uvádějící vlastnosti materiálů – ČSN 0542 a normou s výpočtovými metodami – ČSN 73 0549. Požadavky na tepelné izolace nabyly účinnosti 1.1.1979. Zároveň bylo vládním usnesením 182/1978 potvrzeno energetické kritérium 9,3 MWh/rok na normový byt o 200 m^3 obestavěného objemu. Toto kritérium bylo obsaženo i v ČSN 73 0540.

Tato norma měla postupně různé změny. Nejzávažnější změnou byla změna Z 4, která nabyla účinnosti 1.5.1992. V ní byly požadovány vyšší tepelné odpory konstrukcí a snížila kritérium celkové potřeby tepla na normový byt na 7,3 MWh/rok. Následovalo nové vydání normy ČSN 73 0540, část 1 až 4 z května 1994. V ní se celková potřeba tepla řídí charakteristikou budovy q .

Vyhláška 29/2001 Sb. se opět vrací k měrné potřebě tepla, tentokrát na 1 m^3 a požaduje hodnoty v závislosti na geometrické charakteristice objektu v rozmezí od 25,8 do $46,7 \text{ kWhm}^{-3}$ za rok. Tento požadavek přebrala norma ČSN 73 0540-2 z roku 2002 a upřesněn byl změnou ČSN 73 0540-2 z března 2005 a z dubna 2007. [9]

Srovnáním výše uvedených norem zjistíme, že od roku 1992 se požadavek na potřebu tepla na vytápění na 1 m^3 za rok zpřísňuje velmi pomalu. Stejně pomalu se zvyšují i požadavky na tepelně izolační vlastnosti stěn a střech s výjimkou oken, kde se v roce 2002 výrazně zvýšil požadavek na maximální hodnotu součinitele prostupu tepla U . Dochází však ke zpřesňování požadavků a ke sledování dalších hodnot, které se dříve nesledovaly, např. lineární či bodové tepelné mosty. [1]

2.2 Současné normy

2.2.1 ČSN 73 0540-1 Tepelná ochrana budov - Část 1: Terminologie

V červnu 2005 vydaná norma vymezuje termíny užívané v oboru stavební tepelné techniky, definice veličin, jejich značky a jednotky popisující šíření tepla, vlhkosti a vzduchu stavebními materiály a konstrukcemi a popisuje stav vnitřního a venkovního prostředí používané v ČSN 73 0540 – 2,3 a 4. Touto normou byla nahrazena ČSN 73 0540-1 z května roku 1994.

Součástí této normy jsou i odkazy na normy:

- ČSN EN 1745 (72 2636) Zdivo a výrobky pro zdivo – Metody pro stanovení návrhových tepelných hodnot
- ČSN EN 13499 (72 7101) Tepelně izolační výrobky pro použití ve stavebnictví – Vnější tepelně izolační kompozitní systémy (ETICS) z pěnového polystyrenu – Specifikace
- ČSN EN 13500 (72 7102) Tepelně izolační výrobky pro použití ve stavebnictví – Vnější tepelně izolační kompozitní systémy (ETICS) z minerální vlny – Specifikace
- ČSN EN 13162 (72 7201) Tepelně izolační výrobky pro stavebnictví - Průmyslově vyráběné výrobky z minerální vlny (MW) – Specifikace
- ČSN EN 13163 (72 7202) Tepelně izolační výrobky pro stavebnictví - Průmyslově vyráběné výrobky z pěnového polystyrenu (EPS) – Specifikace
- ČSN EN 13164 (72 7203) Tepelně izolační výrobky pro stavebnictví - Průmyslově vyráběné výrobky z extrudované polystyrenové pěny (XPS) - Specifikace

- ČSN EN 13165 (72 7204) Tepelně izolační výrobky pro stavebnictví - Průmyslově vyráběné výrobky z tvrdé polyuretanové pěny (PUR) - Specifikace
- ČSN EN 13166 (72 7205) Tepelně izolační výrobky pro stavebnictví - Průmyslově vyráběné výrobky z fenolické pěny (PF) - Specifikace
- ČSN EN 13167 (72 7206) Tepelně izolační výrobky pro stavebnictví - Průmyslově vyráběné výrobky z pěnového skla (CG) - Specifikace
- ČSN EN 13168 (72 7207) Tepelně izolační výrobky pro stavebnictví - Průmyslově vyráběné výrobky z dřevité vlny (WW) - Specifikace
- ČSN EN 13169 (72 7208) Tepelně izolační výrobky pro stavebnictví - Průmyslově vyráběné výrobky z expandovaného perlitu (EPB) - Specifikace
- ČSN EN 13170 (72 7209) Tepelně izolační výrobky pro stavebnictví - Průmyslově vyráběné výrobky z expandovaného korku (ICB) - Specifikace
- ČSN EN 13171 (72 7210) Tepelně izolační výrobky pro stavebnictví - Průmyslově vyráběné dřevovláknité výrobky (WF) - Specifikace
- ČSN EN 13307 (72 7601) Hydroizolační pásy a fólie – Vyztužené asfaltové pásy pro hydroizolaci střech – Definice a charakteristiky
- ČSN EN ISO 10211-2 (73 0551) Tepelné mosty ve stavebních konstrukcích – Výpočet tepelných toků a povrchových teplot – Část 2: Lineární tepelné mosty
- ČSN EN 13986 (73 2871) Desky na bázi dřeva pro použití ve stavebnictví – Charakteristiky, hodnocení, shody a označení. [10]

2.2.2 ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky

Tato norma vydaná v říjnu 2011 nahrazuje normu z dubna 2007. Norma stanovuje tepelně technické požadavky pro navrhování a ověřování budov s požadovaným stavem vnitřního prostředí při jejich užívání, které zajišťují plnění základních požadavků na stavby, zejména na úsporu energie a tepelnou ochranu budov. Platí pro nové budovy a pro stavební úpravy, udržovací práce, změny v užívání budov a jiné změny dokončených budov.

Příloha A obsahuje Pokyny pro navrhování různých typů budov, příloha B pak obsahuje příklady hodnocení budov z hlediska průměrného součinitele prostupu tepla. Příloha C je věnována Energetickému štítku budovy a obsahu jeho protokolu. Ten je podrobněji řešen i ve Sbírce zákonů č. 148/2007 Vyhláškou ze dne 18.6.2007 o energetické náročnosti budov. Grafické znázornění Průkazu energetické náročnosti budovy je v Příloze I této práce. [11]

2.2.3 ČSN 73 0540-3 Tepelná ochrana budov – Část 3: Návrhové hodnoty veličin

Touto normou se nahrazuje ČSN 73 0540-3 z května 1994 a stanoví normové, charakteristické a návrhové hodnoty fyzikálních veličin stavebních materiálů, výrobků, výplní otvorů, zdících prvků a zdiva, návrhové hodnoty veličin venkovního prostředí, vnitřního prostředí a vzduchu pro navrhování a ověřování stavebních konstrukcí z hlediska šíření vlhkosti a tepelné ochrany. Zohledňuje i klimatické podmínky České republiky.

Součástí této normy jsou i odkazy na normy:

- ČSN EN 13163 (72 7202) Tepelně izolační výrobky pro stavebnictví - Průmyslově vyráběné výrobky z pěnového polystyrenu (EPS) – Specifikace
- ČSN EN 13164 (72 7203) Tepelně izolační výrobky pro stavebnictví - Průmyslově vyráběné výrobky z extrudované polystyrenové pěny (XPS) - Specifikace
- ČSN EN 13165 (72 7204) Tepelně izolační výrobky pro stavebnictví - Průmyslově vyráběné výrobky z tvrdé polyuretanové pěny (PUR) - Specifikace
- ČSN EN 13166 (72 7205) Tepelně izolační výrobky pro stavebnictví - Průmyslově vyráběné výrobky z fenolické pěny (PF) - Specifikace
- ČSN EN 13167 (72 7206) Tepelně izolační výrobky pro stavebnictví - Průmyslově vyráběné výrobky z pěnového skla (CG) - Specifikace
- ČSN EN 13168 (72 7207) Tepelně izolační výrobky pro stavebnictví - Průmyslově vyráběné výrobky z dřevité vlny (WW) - Specifikace
- ČSN EN 13169 (72 7208) Tepelně izolační výrobky pro stavebnictví - Průmyslově vyráběné výrobky z expandovaného perlit (EPB) - Specifikace
- ČSN EN 13170 (72 7209) Tepelně izolační výrobky pro stavebnictví - Průmyslově vyráběné výrobky z expandovaného korku (ICB) - Specifikace
- ČSN EN 13171 (72 7210) Tepelně izolační výrobky pro stavebnictví - Průmyslově vyráběné dřevovláknité výrobky (WF) – Specifikace
- ČSN EN 1931 (72 7644) Hydroizolační pásy a fólie – Asfaltové, plastové a pryžové pásy a fólie pro hydroizolaci střech – Stanovení propustnosti pro vodní páry. [12]

2.2.4 ČSN 73 0540-4 Tepelná ochrana budov – Část 4: Výpočtové metody

Touto normou se nahrazuje norma z května 1994 a obsahuje stanovení a upřesnění výpočtových metod pro navrhování a ověřování konstrukcí a budov podle požadavků na tepelnou ochranu budov a úsporu energie na jejich vytápění, daných v ČSN 73 0540-2. Platí pro stanovení vlastností konstrukcí a budov, užívané ve výpočtech tepelných soustav v budovách a dalších výpočtech pro stanovení energetické náročnosti budov. [13]

3 PROBLEMATIKA TEPELNÝCH MOSTŮ A OKENNÍCH KONSTRUKCÍ

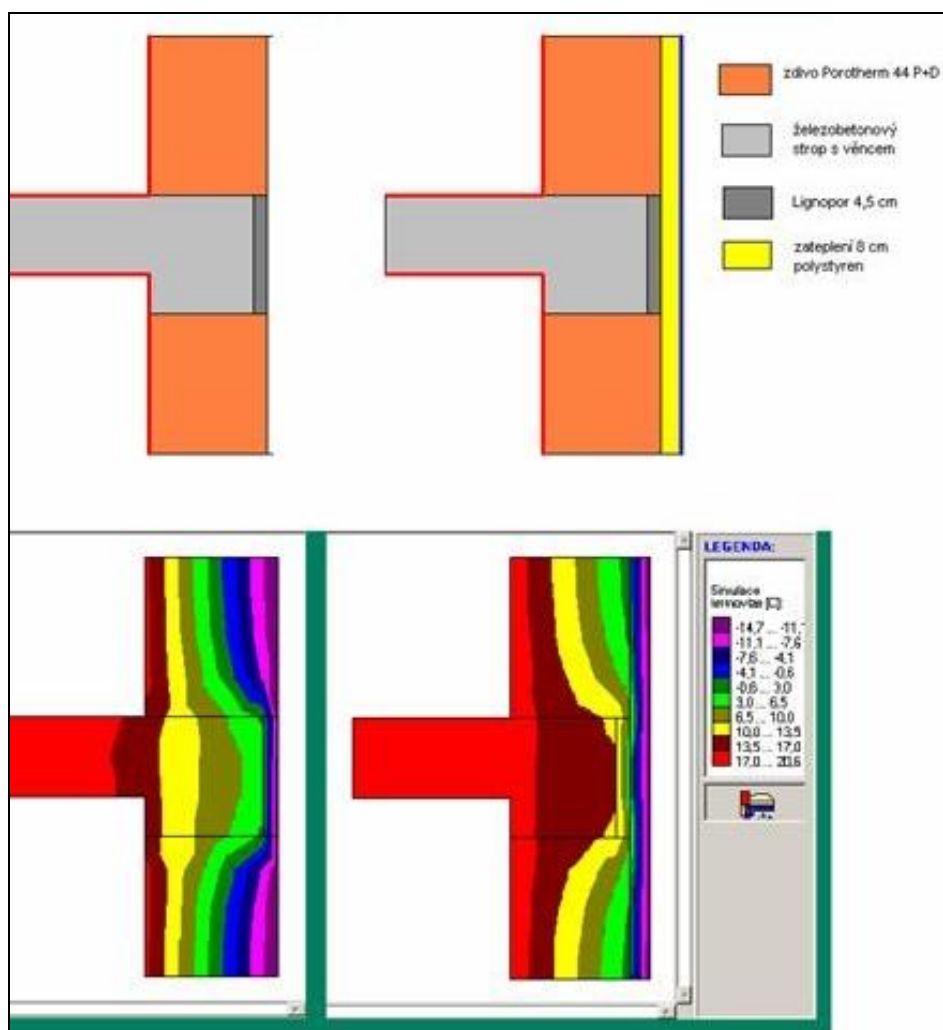
Tepelný most patří ke skrytým vadám, které mohou znamenat nejen tepelné ztráty energie, ale i poškození stavby. Co vlastně tepelný most je a jak působí? Pokud si stavbu představíme jako homogenní těleso, v jehož nitru je vyšší teplota než v exteriéru, mělo by mít povrchovou teplotu v celé ploše zhruba stejnou. Pokud se na jeho povrchu objeví místo s vyšší teplotou, jde o nežádoucí jev tzv. tepelný most, který vzniká nejčastěji špatným provedením řemeslných prací nebo kvůli nevhodnému technologickému postupu. Tepelné mosty je nutné brát v potaz již v projektové fázi přípravy stavby, protože správný návrh ušetří náklady spojené s jeho odstraňováním.

3.1 Místa výskytu tepelného mostu

Jedním z nejčastějších míst výskytu tepelného mostu je styk vodorovné konstrukce (např. stropu nebo balkónové konzoly) a svislé zdi. Zavedené stavební systémy mají toto nebezpečí zpravidla ošetřeno tak, že se zvnějšku přidává izolace k pozednímu věnci a překladům. Je však zapotřebí, aby izolační vrstva byla dostatečně silná (obrázek 5).

Ke vzniku tepelného mostu může také dojít, pokud jsou ve stavebním systému nahrazeny předepsané prvky jinými, méně kvalitními nebo méně vhodnými. Pokud se například použijí místo betonových překladů ocelové, vznikne obtížně odstranitelný most v nadokenní oblasti (obrázek 6).

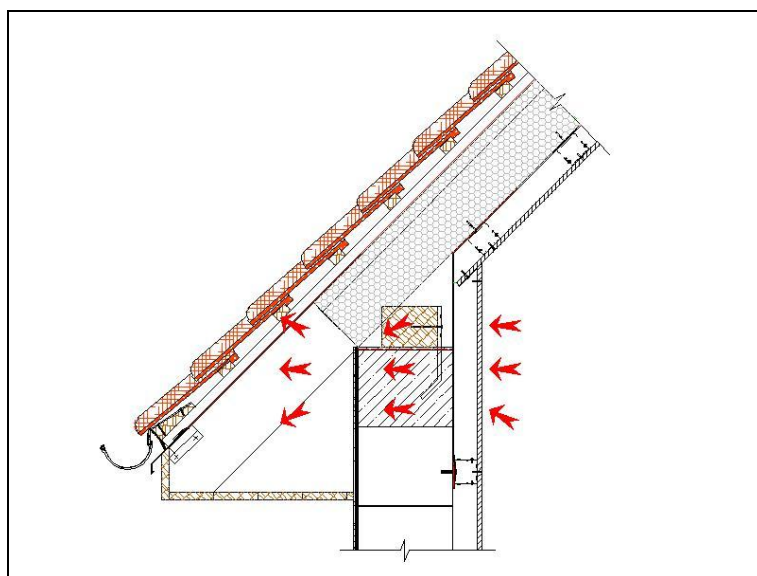
Jiným případem tepelných mostů jsou prostupy sítí skrze konstrukci vnějšího pláště budovy. Často se při rekonstrukci střech nebo při adaptaci podstřešních prostor také zapomíná na skutečnost, že dřevo krokových trámů má zcela odlišné tepelně izolační vlastnosti, než používaný polystyren nebo minerální vata. Izolace se umísťuje jen mezi krokve a trámy se stávají ve střešní konstrukci tepelnými mosty (obrázek 7). Vhodným způsobem eliminace tepelných mostů u nosných krokví je aplikace tepelné izolace ve dvou nebo ve třech vrstvách, nebo použití minerální foukané vlny. Zajímavým řešením je také nekroková izolace – tepelná izolace umístěná nad krokvemi, čímž dojde k zateplení samotných trámů a snížení vlivu těchto rozdílných typů konstrukcí a tím i problémům s tepelnými mosty.



Obrázek 5 Tepelný most tvořený železobetonovým stropem s nedostatečnou izolací lignoporem a s vnějším zateplením



Obrázek 6 Projev tepelného mostu tvořeného železobetonovým okenním překladem – vlhkost a plíseň



Obrázek 7 Nekvalitně provedené zateplení – vznik tepelného mostu

3.2 Důsledky tepelných mostů

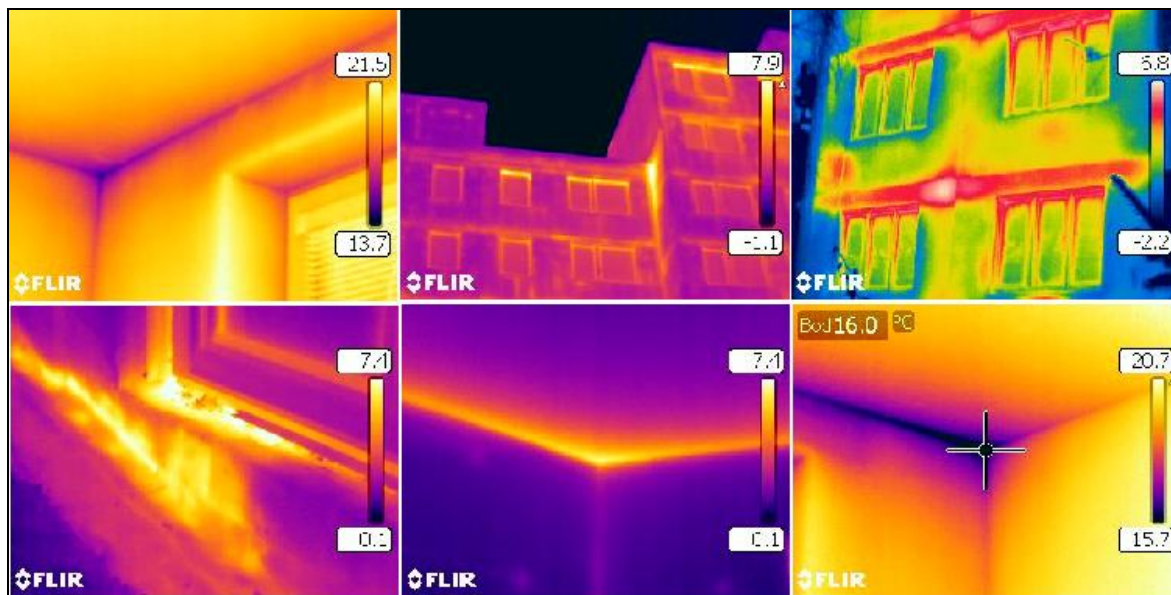
Jedním z důsledků, které tepelný most způsobuje, je únik tepla z interiéru, tedy tepelná ztráta. Závažnější ale zpravidla bývá to, co způsobuje uvnitř obvodového pláště domu a v interiéru. Pokud v místnosti například teplota části stěny, za níž je tepelný most, poklesne pod rosný bod odpovídající vnitřním tepelně vlhkostním podmínkám, začne se v tomto místě srážet pára, zeď vlhne a brzy se na ní objevují plísně. Ty jsou v takovém případě jen obtížně odstranitelné, protože příčina vzniku vlhkosti – nižší teplota zdi – trvá. Plísně, které se takto vyskytují v obytných místnostech, znamenají vážné zdravotní riziko, protože jsou toxické a mají karcinogenní účinky.

Kondenzace vlhkosti způsobená tepelným mostem se ale nemusí odehrávat jen v interiéru. Pára se může srážet i uvnitř konstrukce vnějšího pláště domu, kde způsobí znehodnocení izolačního materiálu. Izolační materiál ztrácí své izolační schopnosti, u dřevěných konstrukcí krovu apod. může být výsledkem působení tepelného mostu i vážné poškození konstrukce nebo úplná destrukce.

Tepelný most je vada, kterou běžným způsobem odhalíme jen velmi obtížně. Plíseň na zdi sice může signalizovat existenci tepelného mostu, stejně tak ale může jít o vlhnutí stavby z jiných důvodů (např. špatné větrání). Pokud předpokládáme existenci tepelného mostu v konkrétním místě, můžeme povrchovou teplotu měřit bodově, a to buď kontaktně chrom-niklovými teplotními odporovými čidly, nebo bezkontaktně infrapyrometrem.

V současnosti se s dobrými výsledky k odhalování tepelných mostů používá termografie, která dokáže zobrazit celou „tepelnou mapu“ stavby (obrázek 8). Díky termografickým snímkům lze

vytvořit matematický model konstrukce domu a pomoci při řešení problému. Měření lze ale provádět pouze v chladném období, kdy je dostatečný rozdíl mezi vnější a vnitřní teplotou. [14,15]



Obrázek 8 Galerie různě závažných tepelných mostů budov zachycených termovizní kamerou

3.3 Druhy tepelných mostů

V zásadě je možné rozlišit dva základní typy tepelných mostů. V prvním případě se jedná o tepelné mosty způsobené netěsnostmi v plášti dělicí konstrukce, kdy jde o tepelný únik způsobený přímou odvětráváním vnitřního vzduchu do exteriéru – hovoříme o tepelných ztrátách prouděním. V druhém případě jde o tepelné mosty vzniklé nesprávně navrženou skladbou dělicí konstrukce či nevhodně navrženým detailem. Potom dochází k únikům tepelné energie vedením. Mezi rizikové detaily patří zejména ukončení zateplovacího systému u základových konstrukcí, u parapetu a nadpraží okenního otvoru, nebo u atiky či pozednice.

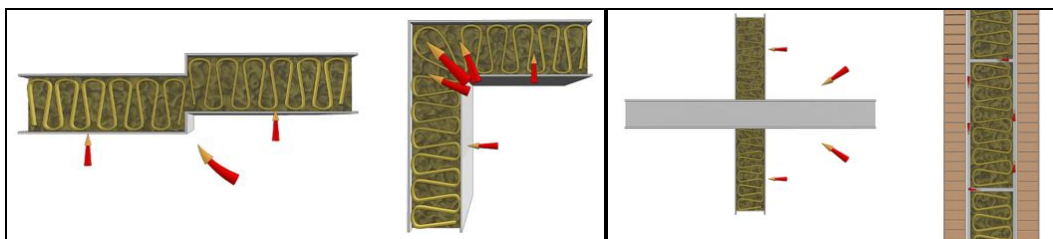
Tepelná energie se šíří konstrukcemi vždy cestou nejmenšího odporu a množství energie, které prostoupí konstrukcí, je úměrné teplotnímu spádu. Podle směru prostupu tepla konstrukcí rozlišujeme vedení **jednorozměrné** – týká se prostupu tepla v ploše, např. obvodovou zdi. Dále vedení **dvourozměrné** – dochází k němu v místě styku dvou dělicích konstrukcí. A konečně vedení **třírozměrné** – dochází k němu v rozích, tedy styku tří dělicích konstrukcí. Je zřejmé, že pokud má tepelná energie možnost uniknout z jednoho místa vnitřního prostoru více směry, její úbytek zde bude největší. Z toho vyplývá, že největší riziko snížení povrchové teploty pod hodnotu teploty rosného bodu bude právě zde. [16]

Tepelné mosty mohou být dále:

- **Systémové** – takové tepelné mosty se neustále pravidelně opakují a jejich vliv musí být při výpočtech vždy zahrnut již do součinitele prostupu tepla konstrukcí. Jde například o krokve, mezi kterými je tepelná izolace v podkroví, o maltové lože u zděných staveb nebo o různé příčky u tepelně izolačních tvarovek, které jsou určeny pro prolití betonem. Při stavbě domu je velmi důležité kontrolovat, zda dodavatel skutečně provádí stavbu tepelně izolační maltou, jak obvykle předepisuje stavební projekt, nebo zda „šetří“ a používá maltu normální.
- **Nahodilé** – tyto tepelné mosty se v konstrukci pravidelně neopakují. Mohou být buď:
 1. Lineární – např. při nesprávném napojení konstrukce podlahy a stěny
 2. Bodové – např. při prostupu ocelového I profilu obvodovou konstrukcí nebo ukotvením tepelné izolace
- **Tepelné vazby** – jsou styky dvou různých konstrukcí. Nejde tedy o klasický tepelný most, kdy je tepelná izolace zeslabena či přerušena jinou konstrukcí, ale kde dochází ke zvýšenému tepelnému toku díky styku dvou a více různých konstrukcí. Např. napojení stropní konstrukce na obvodovou stěnu, napojení stěny na okno, napojení stěny na základy apod.

Dále lze tepelné mosty dělit na:

- **Stavební** – napojení dvou konstrukcí. Základ – stěna, stěna – okno, stěna - dveře, vstup potrubí.
- **Geometrické** – geometrické změny konstrukce. Např. roh stěn, uskočení
- **Systematické** – v konstrukci se opakují místa s horšími tepelně izolačními vlastnostmi. Např. krokve mezi izolací ve střeše, maltové lože mezi cihlami
- **Konvektivní** – zde může docházet k přenosu energie přes tepelnou izolaci prouděním. Např. v netěsných střešních konstrukcích. [17]



Obrázek 9 Možnosti výskytu tepelných mostů

4 TEPELNÁ IZOLACE KLASICKÝCH DŘEVĚNÝCH BUDOV

V objemu výstavby rodinných domů v naší republice stále převládá klasická zděná technologie. K tomu ovšem nevedou objektivní důvody, ale konzervativní přístup našich obyvatel.

Podíl staveb na bázi dřeva v bytové výstavbě je v naší republice zatím pouhé 1 %, zatímco v Německu je to 7 %, v Rakousku a Švýcarsku 10 % a ve Skotsku, kde zásoby dřeva nejsou příliš velké, dokonce 50 %. Ještě více dřevěných staveb je ve Skandinávii, v USA a v Kanadě, kde podíl staveb na bázi dřeva činí 80 %. [18]

Současné a zejména budoucí cenové relace tepelných energií nutí každého stavebníka k zamyšlení nad tepelně technickými parametry svého plánovaného domu. Není žádným tajemstvím, že klasické zděné systémy jsou již na vrcholu dosažitelných izolačních vlastností, zatímco dřevěné konstrukce lze v tomto ohledu celkem lehce ještě dále vylepšovat. Dřevo má tu vynikající vlastnost, že je zároveň nosné a při tom i tepelně izolující, což eliminuje nutnost řešení těžkopádných tepelných mostů obvodové konstrukce, jako tomu je u zděných systémů. [19]

4.1 Tepelné izolace

Výzkum a vývoj v oblasti chemie, zejména pak v oblasti plastů, ovlivnil významně trh tepelných izolací. Jejich škála je opravdu rozmanitá. Přestože jsou na trh uváděny pod různými obchodními názvy, je možné je rozdělit zhruba do těchto kategorií:

- Vlákenné izolace
- Dřevovlákenné izolace
- Dřevocementové izolace
- Polystyren
- Polyuretan, PUR
- Polyisokyanurát, PIR
- Polyetylén, PE
- Pěnové sklo
- Foukaná a sypká izolace
- Sendvičové desky
- Izolace z přírodních materiálů

4.1.1 Vlákenné izolace

Mezi vláknité izolace patří minerální a skelná vata. Propouští vodní páry, jsou nehořlavé a odolné proti škůdcům, Vlákenné izolace jsou nabízeny v podobě izolačních rohoží mezi střešní krokve, na stropy, potrubí anebo ve formě desek pro izolaci fasád a mezistěnných ploch.

Skelná vata

Skelná vata je jedna z nejpoužívanějších vláknitých izolací. Její výroba spočívá v roztavení křemičitého písku, sody, vápence a starého skla a následným rozpojováním na vlákna spojovaná pryskyřicí.

Výsledný produkt je nehořlavý, difúzně otevřený, odolný vůči houbám a škůdcům s vynikající tepelnou vodivostí. Naproti tomu je pro výrobu potřeba velké množství energie a při užívání vzniká prach, takže je doporučeno používat respirátory a ochranné pomůcky. Akumuluje hůře teplo a nesmí se používat ve vlhkých prostředích.

Výrobou skelné vaty se zabývá např. společnost Dekwool, Isover, Knauf nebo Ursa. Na obrázku 10 je (zleva) izolační rohož firmy Dekwool, skelná izolační deska Knauf TP 134, pružná izolační plst' ze skelné vlny Ursa SF 40 a fasádní izolační deska ze skelné vlny Ursa FKP 1.



Obrázek 10 Výrobky firmy Dekwool, Knauf a Ursa.

Minerální vata

Nejčastějším výchozím nerostem pro výrobu této izolace bývá čedič, proto bývá někdy nazývána čedičová vata. Hornina se roztaví, každá kapka se natáhne do vláken a následně se přidávají látky na zlepšení vlastností. Dodávají se ve formě desek. Na rozdíl od skelné vaty má tato izolace lepší akumulaci tepla. Stejně tak je nehořlavá, difúzně otevřená a má schopnosti odpuzovat vodu.

Výrobou minerální vaty se zabývají např. firmy Ursa, Baumit, Rockwool, Isover a Nobasil. Izolace Rockwool mají schopnost odolávat vysokým teplotám až 1000°C a používá se jich jako protipožární bariéry. Na obrázku č. 11 jsou (zleva) Izolace z bílé minerální vlny URSA Pure 40 PN, Izolační deska z kamenné vlny ROCKWOOL Steprock ND, Čedičová izolační deska Isover HARSDIC a Izolační deska z čedičové vlny Nobasil FRK.



Obrázek 11 Izolační výrobky firem Ursa, Rockwool, Isover a Nobasil

4.1.2 Dřevovláknité izolace

Jako základní materiál pro dřevovláknité desky pro tepelnou a zvukovou izolaci jsou jehličnaté stromy. Ty se zpracují na dřevní štěpku, pomocí vodní páry se nechají změkhnout a mezi ocelovými kotouči se postupně rozvlákní. Do výsledné formy desek se materiál upravuje suchým či mokřým způsobem. Mokřý proces využívá přirozených pojících vlastností dřeva a jeho vláken. Tímto způsobem vznikají desky o menší tloušťce do 32 mm, ale větší hustoty až 300 kg/m^3 . V suchém procesu se vlákna obalují do polyuretanové pryskyřice, což umožňuje výrobu desek o větší tloušťce, ale s menší hustotou do 230 kg/m^3 . Desky jsou vyráběny výhradně mokřým procesem.

Hlavní předností dřevovláknitých desek je díky jejich objemové hmotnosti, schopnost tepelné akumulace, která zabraňuje v interiéru letnímu přehřívání a v podzimních a zimních měsících rychlému vychládání. Díky difúzní propustnosti těchto izolací je možnost konstruovat difúzně otevřené skladby obvodových plášťů dřevostaveb a střešních plášťů. Tlumí zvuk šířený vzduchem i tzv. kročejem. Díky své pórovité struktuře dokáže absorbovat ze vzduchu vlhkost až do objemu $1/5$ své hmotnosti. Tyto desky se využívají převážně jako vnější izolace, jádrová izolace nebo izolace z interiéru. Také bývají používány místo sádkartonových desek, protože tolik nepraskají, mohou se upravovat tenkovrstvými omítkami a na rozdíl od sádkartonu mají vyšší odolnost vůči ohni. Desky se nejčastěji spojují na pero a drážku s ukotvením sponami či vruty do dřevěného podkladu.

Tradičním výrobcem izolací z dřevěných vláken je Smrečina Hofatex. Vyrábí z přírodních materiálů bez použití lepidel a splňují tak veškerá kritéria ekologického materiálu. Hofatex nabízí široký sortiment typů desek (obrázek 12), které jsou plnohodnotnou náhradou za izolace z minerálních vláken či polystyrenu.



Obrázek 12 Různé typy desek Hofatex

4.1.3 Dřevocementové izolace

Tepelná izolace, která spojuje vlastnosti přírodních i syntetických materiálů, se dříve nazývala Heraklit (obrázek 13). Kombinuje dřevní vlákna s polystyrenem a pro ztužení ve formě desek je použito cementu.

Jelikož má tento materiál i vyšší pevnost, využívá se pro vrchní izolaci vnějších stěn do výšky 2 m. Díky difúzní otevřenosti se může vlhkost vypařovat konstrukcí bez větších problémů. Také slouží jako výborná zvuková izolace do sendvičových příček. Bohužel, ne vždy je kombinace ideálním řešením problémů, a proto má dřevocementová deska pouze poloviční izolační vlastnosti, než jednotlivé složky, které obsahuje.



Obrázek 13 Výrobky firmy Knauf – Heraklith

4.1.4 Polystyren

Tepelné izolace z polystyrenu jsou dnes jedny z nepoužívanějších izolací na trhu ČR. Je to hlavně z důvodu cenové dostupnosti polystyrenu v kombinaci s výbornými tepelně izolačními parametry polystyrénových dílců. Výhodou je také široké uplatnění v zateplení jednotlivých stavebních konstrukcí.

Polystyrenové dílce se rozdělují dle způsobu výroby na expandované a extrudované. Používanější jsou polystyreny expandované, a to z důvodu širokého uplatnění při zateplení budov. Jejich nevýhodou je nasákavost. Naopak polystyreny extrudované požadavek na nenasákavost splňují, proto jsou hojně využívány např. při zateplování spodní části stavby.

Označení expandovaných polystyrenů je EPS. Polystyreny na fasády se označují jako EPS F, na střechy EPS S, zemní polystyreny jako EPS Z. Označení extrudovaných polystyrenů je XPS. Další rozdělení mají výrobci individuální.

Expandovaný polystyren, EPS

Vyrábí se v uzavřených formách vyhříváných parou asi na 100°C za pomoci zpěňování a použití pentanu jako nadouvadla. Tím vzniká otevřená struktura materiálu, s čímž úzce souvisí větší nasákavost. Proto tento typ nemůže být instalován do míst s trvale vyšší vlhkostí. Co se týče teploty prostředí, může být EPS vystaven až 200°C, ovšem pouze krátkodobě. Po delší čas nesmí překročit teplotu 70°C.

Jelikož má EPS velkou roztažnost, vyrábí se tzv. stabilizovaný polystyren, který se nechá odležet několik týdnů a po dosažení největších objemových změn se teprve začne řezat. Nesmí přijít do kontaktu s dehty, určitými organickými rozpouštědly a zeminou.

Firmy zabývající se výrobou EPS jsou např. Styrotrade, Isover, Baumit nebo Enroll. Styrotrade je česká rodinná firma nabízející polystyrenové izolační desky, soklové a perimetrické desky, fasádní profily a doplňky, stropní dekorativní desky, extrudovaný polystyren a zakázkovou výrobu. Pěnový polystyren od firmy Styrotrade je samozhášivý. Enroll působí na trhu od roku 1991 a jejími hlavními produkty jsou foukané tepelné izolace Tempelan na bázi celulózy (jemná celulósová vata z recyklovaného papíru), polystyrenové izolace Styroball (obrázek 14 a) a polystyrenové kuličky Izo-ball (obrázek 14 b), což je jediný výrobek na našem trhu se základní přísadou do lehké izolační betonové směsi (polystyrenbetonu).



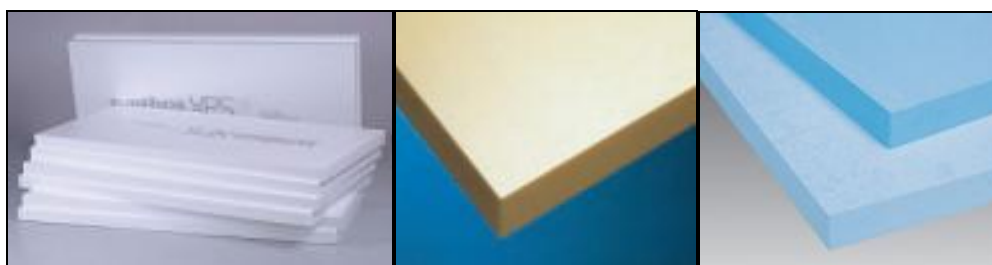
Obrázek 14 a) Styroball, b) Izo-ball

Extrudovaný polystyren (XPS)

Na rozdíl od expandovaného se extrudovaný polystyren do forem vtlačuje a tak se vytvoří uzavřená struktura, díky níž se výrazně sníží jeho nasákavost a zvýší se pevnost. Nevadí mu ani vlhké prostředí a jeho využití je kromě tepelné izolace i do betonu jako vylehčující prvek nebo do podlah a příček jako kročejová nebo zvuková izolace.

Řadí se do požární třídy E a označuje se jako samozhášivý. Nevýhodou je uvolňování styrenu a pentanu při výrobě, přičemž obě látky jsou jedovaté.

Mezi výrobce patří firmy Synthos, Ursa, Isover, Dow Chemical a Austrotherm. Na obrázku č. 15 jsou (zleva) Izolační deska z extrudovaného polystyrenu Synthos XPS 30 IR, Izolační deska z extrudovaného polystyrenu Ursa XPS N-W-I a Izolační deska z extrudovaného polystyrenu DOW Chemical STYROFOAM IB.



Obrázek 15 XPS firem Synthos, Ursa a DOW Chemical

4.1.5 Polyuretan (PUR)

Polyuretanová pěna PUR je dalším pěnovým izolantem, který se využívá na střechy a podlahové topení ve formě desek, ke kterým je připevněna nejčastěji hliníková fólie, nebo se nástřikem aplikuje na stěny, kde během pár vteřin zvětší svůj objem až 100x.

Díky své pevné struktuře přilne na jakýkoli povrch a má minimální nasákavost. Nástřikem aplikovaná hmota zaplní veškeré detaily v konstrukci.

Výrobou se zabývají firmy Eurothane, ITP, Jitans Trade nebo Pur Izolace.



Obrázek 16 Deska z PUR s Al fólií a nástřik střechy PUR

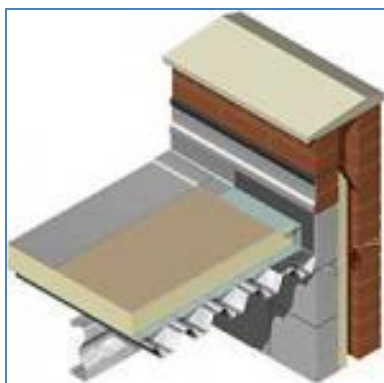
4.1.6 Polyisokyanurát (PIR)

Stejně jako PUR má nízkou objemovou hmotnost, ale na rozdíl od ní je tužší, má uzavřenou strukturu a nepřijímá tedy žádnou vlhkost. Má také lepší protipožární vlastnosti. Je velice odolný a

patří do třídy hořlavosti B2 – nesnadno hořlavé materiály. Standardní teplota, které může tento materiál odolávat je 90°C, ale krátkodobě odolává i teplotám do 250°C.

PIR pěna se dodává ve formě desek, které bývají oboustranně opatřeny různým povrchem, např. plechem nebo plastem (obrázek 17). Díky svým výborným tepelně izolačním vlastnostem splňuje normové požadavky i při tloušťkách 40-80 mm. Vhodné použití je do plochých nebo šikmých střech.

Používá se také pod plovoucí podlahy. Ve formě trubic slouží zase k izolaci rozvodů a kabelů, ve formě pásů jako parozábrana, odhlučnění nebo k dilataci spár. Kromě toho, že není nasákvavý je trvale pružný a ohebný a navíc se velice dobře zpracovává. Výhodou je i zdravotní nezávadnost a šetrnost k životnímu prostředí. Je možné jej opětovně recyklovat a znovu využívat.



Obrázek 17 Střešní izolace z PIR firmy Kingspan

4.1.7 Polyetylén (PE)

Tento polymer má výborné vlastnosti pro použití pod plovoucí podlahy. Vyrábí se ve formě trubic, které slouží k izolaci rozvodů a kabelů, ve formě pásů sloužících jako parozábrana, odhlučnění nebo dilatace spár. Také se používají polyetylenové šňůry pro utěsnění spár a prasklin. Není nasákvavý, je trvale pružný a ohebný a snadno se zpracovává. Je zdravotně nezávadný a šetrný k životnímu prostředí. Je možné jej recyklovat a dále používat.

4.1.8 Pěnové sklo

Výroba tohoto izolantu se provádí dvěma způsoby. Jeden spočívá ve výrobě ze speciálního aluminosilikátového skla, které se rozemele na prášek s přidáním uhlíkového prachu, směs se rozprostře do forem a po zahřátí se jeho objem zvětší až 20x. Druhou variantou je zpracování odpadních střepů, které se taví za přítomnosti chemikálií.

Výrobky jsou nehořlavé, nepřijímají vlhkost, a tudíž nenamrzají. Vzhledem k vysoké únosnosti a pevnosti v tlaku se hodí pro zateplení téměř jakékoliv části domu od základů až po střechu. Jsou zcela recyklovatelné. Výrobou se zabývá např. firma Foamglas (obrázek 18).

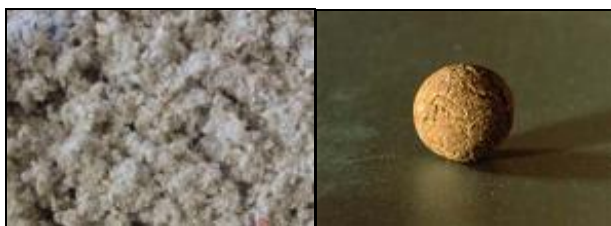


Obrázek 18 Izolační deska z pěnového skla Foamglas Floorboard F

4.1.9 Foukaná a sypká izolace

Foukaná izolace se aplikuje vháněním drobných částí izolace pod tlakem vzduchu do konstrukce stavby. Bývá z minerální hmoty, celulózy nebo syntetických materiálů. Výhodou je, že při aplikaci izolace foukáním nevzniká žádný odpad a izolace dokonale vyplňuje jinak nepřístupná místa (roh, nepřístupné části u krovů, atd.) a je velmi jednoduchá.

Sypké izolace jsou granuláty minerální, konopné nebo skelné. Stejně jako u foukaných izolací se granuláty pneumaticky vhání přímo do konstrukcí staveb. Na obrázku 19 je foukaná celulózová izolace Tempelan firmy Enroll a minerální granule z keramického kameniva Liapor firmy Lias.



Obrázek 19 Foukaná a sypká izolace

Celulóza pro účely tepelné izolace se provádí z recyklovaného, rozemletého, rozvlákněného, a nebo tříděného starého novinového papíru. Do směsi se přidávají přísady pro zlepšení vlastností v podobě boraxu nebo kyseliny borité. Pokud je třeba uchytit izolaci na zeď, přidává se i lepidlo. Nespornou výhodou odpadní celulózy je minimální spotřeba vstupní energie pro výrobu. Také může sloužit jako zvuková izolace. S tím souvisí míra zhutnění. Čím více je zhutněna, tím větší má objemovou hmotnost a tím lépe tlumí hluk.

U celulózy se provádí 4 druhy aplikace:

- Jako sypaná se doporučuje do malých ploch, kde je dobrý přístup a místo.
- Foukaná se provádí pneumatickou hadicí, která čerpá celulózu přímo z nákladního prostoru vzdáleného max. 45 m. Vločky zaplní všechny mezery a dutiny konstrukcí.
- Celulóza stříkaná se nanáší na bednění svislé konstrukce ve vlhkém stavu a v omezené tloušťce.
- Celulóza v deskách se aplikuje na jutovou podložku a zafixuje se. Při této aplikaci je nutné vytváření spár.

Minerální granulát se pneumaticky vhání přímo do dutin stavebních konstrukcí. V místě aplikace vznikne kvalitní, spolehlivá a bezpečná izolační vrstva s dlouhou životností.

Minerální granuláty mají dobré protipožární vlastnosti. Další výhodou je hydrofobizace vláken. To znamená, že pokud se vlákna dostanou do kontaktu s vlhkým prostředím, voda je nepoškodí a po vyschnutí se vlastnosti izolace nezmění. Minerální granuláty mají nízký difúzní odpor – vodní páry jimi dobře prostupují.

4.1.10 Sendvičové desky

Sendvičové desky se skládají ze dvou nebo více materiálů a tyto panely jako celek získávají následně vlastnosti použitých komponentů. Materiálem bývá nejčastěji kov a izolační vrstva. Používají se převážně při stavbách výrobních a skladovacích hal, a to k opláštění stěn nebo střech. Takto postavené objekty jsou zároveň vlivem konstrukce sendvičových panelů kvalitně tepelně zaizolovány. Výhodou při použití sendvičových desek je jednoduchost výstavby a rychlost montáže těchto objektů.

4.1.11 Izolace z přírodních materiálů

Ovčí vlna se v dnešní době přiváží zejména ze zahraničí a je dražší než jiné izolace. Vlna pro izolaci musí být perfektně zbavena nečistoty. Ve formě provazců se hodí převážně jako výplňový tepelně izolační materiál. Všitá na tkanou rohož (obrázek 20) ve formě filcového pásu se používá do lehkých konstrukcí a střešních pláštů nebo jako kročejová izolace pod plovoucí podlahu. Do klasických podlah nebo prostorů pod terénem je nevhodná.

Ovčí vlna patří do skupiny přírodních izolací, které mají výbornou hydroskopičnost a i přes opakovaný tlak se vždy po odlehčení vrátí do původního stavu. Při manipulaci není nutné používat žádné ochranné pomůcky a vydrží i stovky let.

Mezi nevýhody patří nebezpečí biologického napadení a hořlavost. Proto se často impregnuje vodním sklem, borovou solí nebo boraxem. Pokud je zabudovaná v konstrukci, lze ji chránit omítkou nebo opláštěním sádkartonovými nehořlavými deskami. Řadí se do požární skupiny lehce hořlavých materiálů a je samozhášivá. Bez přispění jiného plamene sama nevzplane a po vyjmutí z ohně sama hasne.



Obrázek 20 Izolační rohož z ovčí vlny

Konopí, respektive konopné vlákno, se zkracuje na délku 7 až 8 cm. Aby vlákna držela pohromadě, využívá se pojiva na bázi polypropylenu, který je zdravotně nezávadný. Připravená směs se vsune do termofixačních pecí, kde se pojivo s vlákny propojí.

Výsledné rohože bývají nejčastěji tloušťky 20 až 180 mm. Izolace se řadí do třídy hořlavosti B2 - nesnadno hořlavé. Využívá se na jakékoliv zateplení konstrukce – střeš, stěn i fasád. Dá se využít i jako zvuková izolace. [21]



Obrázek 21 Rohož z konopných vláken

4.2 Výhody dřevostaveb

První výhodou dřevostavby je variabilita stavebního materiálu, a to jak dřeva, tak i tepelných izolací. Dále oproti klasické stavbě ze současných stavebních materiálů má dřevostavba krátkou dobu výstavby a nezanedbatelně nižší cenu. Navíc stavba není vázána na počasí a se stavbou je prakticky možné začít kdykoliv.

Dřevostavba je ekologická. Dřevo má velmi malé emise při těžbě, zpracování a díky své malé hmotnosti oproti klasickým materiálům i při přepravě. Na zpracování dřeva je zapotřebí 3 až 5 krát méně energie než na jakýkoliv jiný materiál. Při stavbě vytváří méně stavebního odpadu, jehož likvidace není finančně náročná.

Dřevo je lehké, pevné, pružné a prodyšné a přitom výborně tepelně izoluje. Splňuje tak i nároky na nízkoenergetické nebo pasivní domy, jejichž náklady na vytápění mohou být až o 90 % nižší, než u tradičních zděných domů. [18]

4.3 Nevýhody dřevostaveb

Dřevo má sice dobré tepelně izolační vlastnosti, ale špatně izoluje hluk. Ve vlhkém prostředí může kvalita neošetřeného dřeva degradovat.

Jako další nevýhoda se může jevit to, že dřevo má velmi malou akumulaci schopnost. Po zapnutí topení se dřevostavba prohřeje dřívě, ale teplo se neakumuluje a po vypnutí topení zase dřívě vychládne. Vezmeme-li ale v úvahu kvalitní zaizolování, je z pohledu vnitřního klimatu povrchová teplota stěn velkou výhodou. Povrchová teplota sádrokartonu se velmi rychle přizpůsobuje teplotě okolního vzduchu, je tedy v zimním období relativně vysoká. Tento faktor je základní veličinou pro posuzování tzv. pohody bydlení. Prakticky v interiéru s teplotou 20°C a chladnými stěnami můžeme mít pocit chladu a vyžadujeme vyšší teplotu vzduchu. V interiéru s teplotou opět 20°C, ale naopak s relativně teplými stěnami je pohoda bydlení vyšší a pocit tepla je dostačující. Tento faktor povrchové teploty stěn a eliminace tepelných mostů také zabrání kondenzaci vodních par na stěnách a tím i vznikům plísní. [18,20]

4.4 Dřevo a dřevěné desky

Pro konstrukci dřevostaveb z těžkého dřevěného skeletu se využívá lepených hranolů ze smrkového dříví. Pro výplňové stěny a příčky těžkého dřevěného skeletu a nosnou konstrukci lehkého dřevěného skeletu se používají tzv. KVH hranoly. Veškeré řezivo užívané při stavbě skeletových domů je tzv. mrtvé dřevo, které je sušeno při vysokých teplotách, což zaručuje tvarovou stálost a vyhubení případných dřevokazných škůdců.

OSB (lisovaná deska z orientovaně rozprostřených velkoplošných třísek desky), (obrázek 22) jsou vysoce kvalitní dřevěné stavební desky. Jejich štěrpy – velké ploché hobliny, jsou kontrolovatelně složené a uspořádané do tří vrstev. Ve vrchní a spodní vrstvě OSB desky jsou štěrpy uloženy v podélném směru a střední vrstva je uložena v příčném směru, kolmo na vrchní a spodní vrstvu. Takto laminované vrstvy OSB desky jsou při určité teplotě a tlaku, spojeny vodovzdornou pryskyřicí. Tato deska je tedy odolná proti vlhkosti a bez běžných vad jako jsou suky, otvory po nich nebo praskliny.

Mezi hlavní přednosti OSB desky patří její pevnost a tuhost, velké formáty umožňují méně spojů a tím zaručují méně tepelných a akustických ztrát. Mají dobrý tepelný odpor (B2) a požární odolnost, jsou odolné proti rázům a vibracím. Jsou zdravotně nezávadné a dobře opracovatelné. [22,23]



Obrázek 22 OSB desky

4.5 Konstrukce dřevostaveb

Z výše uvedených kapitol je zřejmé, že při návrhu konstrukce dřevostavby je možné vycházet ze spousty materiálů konstrukčních i izolačních a vyhovět tak všem požadavkům z hlediska situačního, klimatu, požadavků zákazníka i všech předpisů a norem.

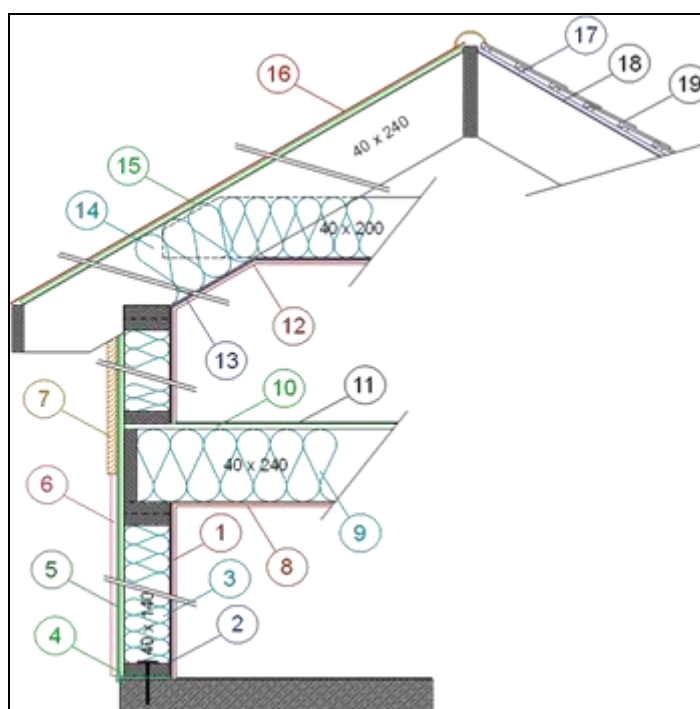
Příklad návrhu konstrukce stěn, podlahy a střechy je na obrázku 23.

Konstrukce stěn

1. Sádrokarton
2. Parozábrana – fólie
3. Dřevěná konstrukce 40 mm x 140 mm vyplněná izolační minerální vatou
4. OSB deska 12 mm
5. Difúzní fólie
6. Fasáda 50 mm – 150 mm
7. Dřevěné obložení

Konstrukce podlahy

8. Sádrokarton
9. Dřevěná konstrukce 40 mm x 240 mm
10. OSB deska, perodrážka 18 mm
11. Podlahová krytina (koberec, plovoucí podlaha, dlažba)



Obrázek 23 Návrh konstrukce dřevostavby

Konstrukce střechy

12. Sádrokarton
13. Parozábrana – fólie
14. Dřevěná konstrukce 40 mm x 240 mm vyplněná izolační minerální vatou
15. OSB deska 12 mm
16. Kanadský šindel
17. Latě
18. Fólie
19. Střešní krytina

5 DISKUZE

V této práci se zabývám popsáním norem (ČSN 73 0540), které jsou členěné do čtyř částí. První část normy se zabývá termíny, definicemi a veličinami pro navrhování a ověřování technické stránky budov. Druhá část pojednává o požadavcích, které musí každá budova splňovat. Část třetí obsahuje výpočtové hodnoty pro navrhování a ověřování. Nakonec čtvrtá část ukazuje výpočtové metody pro navrhování a ověřování. Pro běžnou projektovou praxi má klíčový význam zejména část druhá, která stanovuje požadavky na šíření tepla konstrukcí (nejnižší vnitřní povrchové teploty konstrukce, součinitel prostupu tepla, šíření vzduchu konstrukcí budov). Popisuje energetickou náročnost budov. Norma popisuje způsoby užívání, které podle stavebního zákona zajišťují hospodárné splnění základního požadavku na úspory energie a tepelnou ochranu. Normy platí i pro nové budovy a pro stavební úpravy, udržovací práce, změny v užívání budov a jiné změny dokončených staveb. Zmiňovaná norma se také týká památkově chráněných nebo stávajících budov uvnitř památkových rezervací podle Zákona o státní památkové péči.[1]

Dalším významnou částí při tepelné ochraně budov je problematika takzvaných tepelných mostů. Jsou to problémy, kde například dochází ke styku vodorovné konstrukce (stropu, balkónu) s konstrukcí svislou (stěnou). Je způsoben například tím, že dojde ke změně tloušťky stavební konstrukce, jednak rozdílnou velikostí vnitřní plochy, která teplo přijímá, a vnější plochy, která teplo odevzdává (například kouty stěn, podlah). Tepelné mosty jsou skryté vady budovy. Významně zasahují do tepelných ztrát energie, a mohou poškodit celou konstrukci budovy. Tepelné mosty jsou nepřijatelné také z hygienického hlediska. Při vzniku tepelného mostu dochází ke kondenzaci vodní páry a následné relativní vlhkosti, která může stoupnout až na 80 %, což je ideální prostředí pro růst plísní obsahující výrazné zdroje alergenů. Způsoby jak vyřešit problém teplých mostů prakticky neexistuje. Pokud se omezíme jen na obvodové stěny budovy, pak může být za jistých okolností řešením kontaktní zateplení fasády správným izolačním materiálem.

Dále je uvedena kapitola, která pojednává o tepelné izolaci klasických dřevěných budov. Vývoj a výzkum zateplovacích materiálů značně ovlivňuje trh tepelných izolací. Používají se vláknité izolace jako například skelná vata, minerální vata. Dále se používají dřevovláknité materiály, dřevocementové izolace, polyuretany, polyisokyanuráty, pěnové skla, sendvičové desky a také izolace z přírodních materiálů.

Nejen, že se od sebe liší tepelnou vodivostí a místem použití, hygienickou nezávadností ale také pro nás v dnešní době důležitým parametrem, kterým je cena. Pokud budeme mluvit o vláknitých izolacích jako je například skelná vata můžeme říct, že jde o nejčastěji používanou izolaci. Využívá se nejen k zateplování budov ale také jako izolant. Má výborné tlumící účinky proti hluku a chrání i proti ohni a jde o zdravotně nezávadnou izolaci. Také patří k cenově přijatelným materiálům. Dřevovláknité izolace mají výhodu v tom, že v letním období zpožďují vniknutí tepla přes konstrukci budovy. Neobsahují žádná lepidla a tím také splňují kritéria ekologického materiálu, jde o materiál sice ekologicky nezávadný, ale také drahý. Dřevocementové izolace jsou izolace, které mají vyšší pevnost, využívají se pro vrchní izolaci vnějších stěn. Díky difúzní otevíratelnosti se může vlhkost vypařovat konstrukcí bez vnějších problémů. Také slouží jako výborný zvukový izolant.

Polyuretan se používá především k zateplování střech a podlah pracuje na principu nafoukání do vymezeného prostoru. Nástřikem během pár vteřin zvětší svůj objem až o 100 %. Polyisokyanuráty slouží nejčastěji k výplni pod plovoucí podlahy. Pěnové sklo zvětší svůj objem až o 20 %.

Dalším probraným tématem je konstrukce dřevostaveb. Na obrázku 23 je popsán jaký materiál se kde používá. Jsou zde uvedeny výhody a nevýhody, které se týkají dřevostaveb. Důraz je kladen na používání polymerních materiálů. Je zde pojednáno také o celkové konstrukci, a jakým způsobem se používá při konstrukci dřeva.

Další část práce je věnována problematice tepelné izolace klasických dřevěných staveb. Popisují možnosti, kterých je třeba využít jak z hlediska konstrukčních materiálů tak z hlediska izolačních materiálů. Jsou zde uvedeny výhody a nevýhody klasických dřevostaveb. Výhodou je například rychlejší možnost výstavby. Nevýhoda, ve vlhkém prostředí může kvalita dřeva degradovat. Obsahuje nejen náhled do konstrukce stěn, ale také do konstrukce střechy dřevostavby.

6 ZÁVĚR

Tato bakalářská práce se zabývá tepelnou izolací staveb. Jsou zde uvedené mechanismy sdílení tepla a způsoby jejich kvantitativního popisu. Uvádí možnosti, jak popsat tepelné ztráty budov prostřednictvím platných norem, tepelná ochrana budov „ČSN 73 0540“. Tyto normy se zabývají stanovením tepelně technických požadavků pro navrhování a stavbu budov.

Problematika týkající se tepelných mostů a okenních konstrukcí je probrána v další kapitole. Uvádí, jaké mohou být následky při vzniku tepelných mostů, jako například vlhkost a následný vznik zdravotně závadných plísní.

Největší část práce je věnována problematice tepelné izolace klasických dřevěných staveb. Jsou zde uvedeny výhody a nevýhody klasických dřevostaveb. Výhodou je například rychlejší možnost výstavby. Nevýhodou ve vlhkém prostředí může kvalita dřeva degradovat.

Práce je také zaměřena na dřevostavby z hlediska použití polymerních materiálů. Obsahuje také nejen náhled do konstrukce stěn, ale také do konstrukce střechy dřevostavby.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ČSN 73 0540-2 *Tepelná ochrana budov* Příloha A.
- [2] NOŽIČKA J.: *Termomechanika*. Praha : ČVUT, 1998. ISBN 80-01-01836-9.
- [3] BRZOBOHATÝ, P.: *Měření tepelné a teplotní vodivosti polymerních materiálů*. Diplomová práce, UTB ve Zlíně, , s. 15-18, Zlín 2002.
- [4] CHARVÁTOVÁ, H. – JANÁČOVÁ, D.: *Termofyzikální vlastnosti vybraných látek*. ISBN 978-80-7318-787-3 Zlín 2009.
- [5] MÍKA, V.: *Základy chemického inženýrství*. SNTL, Praha 1981.
- [6] KUTALELADZE, S. S. – BORIŠANSKIJ, V. M.: *Příručka sdílení tepla*. SNTL, 1. vydání, Praha 1962.
- [7] BIRD, B. – STEWARD, E. W. – LIGHTFOOT, N. E.: *Přenosové jevy*. Nakladatelství ČSAV, Praha 1988.
- [8] ŠUBRT, R.: *Požadavky norem na tepelné izolace 23.1.2006*, [cit. 3.2.2012]. Dostupné z: <<http://www.tzb-info.cz/3015-pozadavky-norem-na-tepelne-izolace>>.
- [9] ČSN 73 0540-1 Vydal Český normalizační institut, Praha, 2005, 68 stran.
- [10] ČSN 73 0540-2 Vydal Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha, Rok vydání 2011, 56 stran.
- [11] ČSN 73 0540-3 Vydal Český normalizační institut, Praha, rok vydání 2005, 96 stran.
- [12] ČSN 73 0540-4 Vydal: Český normalizační institut, Praha, rok vydání 2005, počet stran 60.
- [13] *Tepelné mosty*, [cit. 8.2.2012]. Dostupné z: <<http://www.energeticky.cz/tepelne-mosty-predstavuji-ztraty-a-riziko.htm>>.
- [14] *Tepelný most*, [cit. 9.2.2012]. Dostupné z: <http://termowiki.termogram.cz/index.php/Tepeln%C3%BD_most>.
- [15] JŮN, P.: *Tepelné mosty*, [cit. 11.2.2012]. Dostupné z: <<http://www.stavarina.cz/poruchy/tepelne-mosty.htm>>.
- [16] *Tepelné mosty*, [Cit. 12.2.2012]. Dostupné z: <<http://www.energetickyporadce.cz/tepelne-ztraty/tepelne-mosty.html>>.

[17] *Dřevostavby*, [cit. 24.2.2012]. Dostupné z: <<http://www.woodmaxim.cz/drevostavby.html>>.

[18] *Projekty rodinných domů, Dřevostavby*, [cit. 24.2.2012]. Dostupné z: <<http://www.domysnu.cz/typove-projekty/drevostavby>>.

[19] *Pasivní domy*, [cit. 24.2.2012]. Dostupné z: <<http://www.pasivni-rodinne-domy.cz/>>.

[20] *Katalog Tepelných izolací*, [cit. 24.2.2012]. Dostupné z: <<http://www.izolace-info.cz/katalog/>>.

[21] *Otázky kolem dřevostaveb*, [cit. 24.2.2012]. Dostupné z: <<http://www.tfh.cz/casto-kladene-otazky/#fag11/>>.

[22] *OSB desky*, [cit. 28.2.2012]. Dostupné z: <<http://stavbaonline.cz/osb-desky/>>.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ČSN Česká technická norma

EPB Expandovaný perlit

EPS Expandovaný polystyren

ICB Expandovaný korek

OSB lisovaná deska z orientovaně rozprostřených velkoplošných třísek desky

PE Polyetylén

PIR Polyisokyanurát

PUR Polyuretan

XPS Extrudovaný polystyren

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Schéma mechanismů sdílení tepla	12
Obrázek 2 Vedení tepla vícevrstvou rovinnou stěnou.....	15
Obrázek 3 Proudění volné (A) a nucené (B)	17
Obrázek 4 Prostup tepla izolovanou stěnou.....	20
Obrázek 5 Tepelný most tvořený železobetonovým stropem.....	27
Obrázek 6 Projev tepelného mostu tvořeného železobetonovým okenním překladem	27
Obrázek 7 Nekvalitně provedené zateplení – vznik	28
Obrázek 8 Galerie různě závažných tepelných mostů budov zachycených	29
Obrázek 9 Možnosti výskytu tepelných mostů.....	30
Obrázek 10 Výrobky firmy Dekwool, Knauf a Ursa.....	32
Obrázek 11 Izolační výrobky firem Ursa, Rockwool, Isover a Nobasil.....	33
Obrázek 12 Různé typy desek Hofatex	33
Obrázek 13 Výrobky firmy Knauf – Heraklith.....	34
Obrázek 14 a) Styroball, b) Izo-ball	35
Obrázek 15 XPS firem Synthos, Ursa a DOW Chemical.....	36
Obrázek 16 Deska z PUR s Al fólií a	36
Obrázek 17 Střešní izolace z PIR	37
Obrázek 18 Izolační deska z pěnového skla	38
Obrázek 19 Foukaná a sypká izolace.....	38
Obrázek 20 Izolační rohož z ovčí vlny	40
Obrázek 21 Rohož z konopných vláken	40
Obrázek 22 OSB desky.....	42
Obrázek 23 Návrh konstrukce dřevostavby.....	43

SEZNAM TABULEK

<i>Tabulka 1 Dělení budov dle ČSN 73 0540-2</i>	10
<i>Tabulka 2 Tepelná vodivost různých materiálů.....</i>	15

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Energetický štítek budovy

PŘÍLOHA: ENERGETICKÝ ŠTÍTEK BUDOVY

Poskytnuto za poplatek - EUROVIA Services, s.r.o. - Zbynek Slovak
 Rozmnožování a rozšiřování českých technických norem nebo jejich částí bez souhlasu UNMZ je porušením zákona c. 22/1997 Sb. a podléhá pokutě

ČSN 73 0540-2

ENERGETICKÝ ŠTÍTEK OBÁLKY BUDOVY						
Typ budovy, místní označení				Hodnocení obálky budovy		
Adresa budovy						
Celková podlahová plocha $A_c = \text{_____} \text{m}^2$				stávající	doporučení	
CI	Velmi úsporná					
0,5	A					
0,75	B					
1,0	C					
1,5	D					
2,0	E					
2,5	F					
	G					
	Mimořádně neekonomická					
KLASIFIKACE						
Průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy U_{em} ve $W/(m^2 \cdot K)$ $U_{em} = H_T/A$						
Požadovaná hodnota průměrného součinitele prostupu tepla obálky budovy podle ČSN 73 0540-2 $U_{em,N}$ ve $W/(m^2 \cdot K)$						
Klasifikační ukazatele CI a jim odpovídající hodnoty U_{em}						
CI	0,50	0,75	1,00	1,50	2,00	2,50
U_{em}						
Platnost štítku do			Datum			
			Jméno a příjmení			

Obrázek C.1 – Příklad energetického štítku obálky budovy