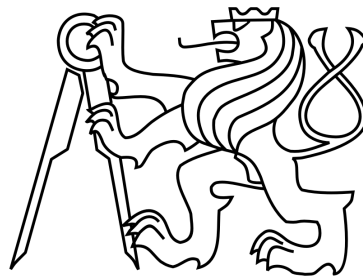


**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ  
FAKULTA STAVEBNÍ**

Katedra Ekonomiky a řízení ve stavebnictví



**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

Technicko-ekonomické posouzení zateplovacích  
systémů

2015/2016

Lucie Bendlová

Prohlašuji, že jsem předkládanou diplomovou práci vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

V Praze .....

.....

## Anotace

Správné zateplení pláště budov a zastřešení je problém, který se musí řešit jak při výstavbě nových budov tak i při rekonstrukcích. Podcenění tohoto problému vede např. ke zbytečně vysokým nákladům na vytápění. Závažným problémem je také zatékání vody do konstrukcí a jejich následnému poškození a tím může dojít i k porušení statiky staveb nebo k úplné destrukci konstrukce. K zateplení budov se používá několik druhů zateplovacích systémů. Návrh správného druhu zateplovacího systému není vždy jednoduchý. Využívají se výsledky dlouholetých výzkumů i praktické zkušenosti z již zrealizovaných staveb. V mé diplomové práci se budu zabývat výběrem vhodného zateplovacího systému pro rekonstrukci panelového domu konstrukční soustavy T 06 B ve Strakonících. Výběr správného zateplovacího systému provedu pomocí vícekritériální analýzy. Výsledky této analýzy porovnam se zateplovacím systémem, který byl použit při rekonstrukci uvedeného panelového domu.

Klíčová slova: zateplovací systémy, izolace, kritéria, teplo

## Annotation

Proper insulation of building envelope and roofing is a problem that must be addressed both in the construction of new buildings and renovations. Underestimation of the problem leads eg. To unnecessarily high heating costs. A serious problem is also leaking water into structures and their subsequent damage and thus can also be a violation of static structures, or complete destruction of the structure. The insulation is used several kinds of insulation systems. Proposal right kind of insulation system is not always easy. Are the results of many years of research and practical experience in the constructions already implemented. In my thesis I will deal with the selection of a suitable insulation system for renovation prefab house construction system T 06 B in Strakonice. Choosing the right insulation system performed using multi-criteria analysis. The results of this analysis will compare the insulation system, which was used in the reconstruction of that block of flats.

Keywords: Insulating systems, insulation, criteria, warmth

<b>1</b>	<b>ÚVOD</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>PROBLEMATIKA ZATEPLOVÁNÍ</b> .....	<b>2</b>
2.1	DŮVODY ZATEPLOVÁNÍ, VHODNOST IZOLACE .....	2
2.2	ZÁKLADNÍ POJMY .....	3
2.2.1	<i>Přenos tepla</i> .....	3
2.2.2	<i>Tepelný most, tepelná vazba</i> .....	6
2.2.3	<i>Součinitel prostupu tepla "U" [W/(m<sup>2</sup>K)]</i> .....	7
2.2.4	<i>Tepelný odpor konstrukce "R" [m<sup>2</sup>*K/W]</i> .....	8
2.2.5	<i>Součinitel tepelné vodivosti "λ"[W/mK]</i> .....	8
2.2.6	<i>Průběh teplot v konstrukci</i> .....	9
<b>3</b>	<b>VARIANTY ZATEPLOVACÍCH SYSTÉMŮ</b> .....	<b>12</b>
3.1	VNĚJŠÍ ZATEPLENÍ.....	12
3.1.1	<i>Kontaktní zateplovací systémy</i> .....	12
3.1.2	<i>Provětrávané zateplovací systémy</i> .....	22
3.1.3	<i>Sendvičový zateplovací systém</i> .....	28
3.1.4	<i>Tepelně-izolační omítka</i> .....	29
3.2	VNITŘNÍ ZATEPLENÍ .....	31
3.3	SHRNUTÍ .....	32
3.3.1	<i>Kritéria pro porovnání</i> .....	33
<b>4</b>	<b>VÍCEKRITERIÁLNÍ ANALÝZA VARIANT</b> .....	<b>36</b>
4.1	PODSTATA VÍCEKRITERIÁLNÍ ANALÝZY .....	36
4.2	MODEL VÍCEKRITERIÁLNÍ ANALÝZY VARIANT .....	37
4.3	STANOVENÍ VAH KRITÉRIÍ .....	38
<b>5</b>	<b>VÝBĚR IZOLACE PRO KONKRÉTNÍ STAVEBNÍ OBJEKT</b> .....	<b>41</b>
5.1	POPIS OBJEKTU.....	41
5.2	KRITÉRIA PRO POROVNÁNÍ A STANOVENÍ JEJICH VAH.....	43
5.3	VÍCEKRITERIÁLNÍ ANALÝZA- PRAKTICKÝ PŘÍKLAD, VÝBĚR.....	47
<b>6</b>	<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>53</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ</b> .....	<b>54</b>

## Seznam obrázků

Obrázek 1 Vedení tepla[3].....	4
Obrázek 2 Proudění tepla[3].....	5
Obrázek 3 Sálání tepla[3] .....	6
Obrázek 4 Termogram-tepelné mosty [4].....	7
Obrázek 5 Průběh teplot - nezateplená konstrukce[5].....	9
Obrázek 6 Průběh teplot - zateplení konstrukce z vnitřní strany[5] .....	10
Obrázek 7 Průběh teplot - zateplení konstrukce s vnější strany[5] .....	11
Obrázek 8 Kontaktní zateplovací systém[7].....	14
Obrázek 9 Tepelná izolace z Polyuretanu[10].....	15
Obrázek 10 Konopná izolace [24] .....	17
Obrázek 11 Kontaktní zateplovací systém při použití korkové izolace [14].....	18
Obrázek 12 Účinky hydrotermického zatížení [12].....	19
Obrázek 13 tzv. "Polštářový efekt"[12].....	20
Obrázek 14 Chybné lepení desek[13].....	21
Obrázek 15 Špatné založení první vrstvy[13] .....	22
Obrázek 16 Provětrávaný zateplovací systém [7] .....	26
Obrázek 17 Sendvičový zateplovací systém [7].....	29
Obrázek 18 Panelový dům před zateplením [25] .....	41
Obrázek 19 Panelový dům před zateplením [25] .....	42
Obrázek 20 Svislé trhliny na panelovém domě [25] .....	42

## Seznam tabulek

Tabulka 1 Třída vývinu kouře [23].....	35
Tabulka 2 Třídy plamenně hořících kapek [23].....	35
Tabulka 3 třídy požární odolnosti [23] .....	43
Tabulka 4 součinitel tepelné vodivosti .....	43
Tabulka 5 Určení významu kritérií.....	44

Tabulka 6 Shrnutí informací o izolačních materiálech kontaktního zateplovacího systému .....	48
Tabulka 7 Porovnání izolačních materiálů kontaktního zateplovacího systému...	48
Tabulka 8 Shrnutí informací o izolačních materiálech provětrávaného zateplovacího systému .....	49
Tabulka 9 Porovnání izolačních materiálů provětrávaného zateplovacího systému .....	49
Tabulka 10 Shrnutí informací o vybraných zateplovacích systémech .....	50
Tabulka 11 Výběr nejvhodnějšího zateplovacího systému pro posuzovaný objekt .....	51

# 1 ÚVOD

Tématem mé diplomové práce je použití různých druhů zateplovacích systémů při rekonstrukcích stávajících staveb. Toto téma jsem si vybrala z toho důvodu, že mě vždy zajímaly problémy starých staveb, ať se stýkaly komfortu bydlení, zatékající vody do konstrukcí nebo dodatečné odstraňování vlhkosti. V mé bakalářské práci jsem se zabývala dodatečnými hydro-izolacemi a odstraněním vlhkosti ze stávajících staveb. Dnešní doba nutí stále více lidí vyhledávat možnosti úspory energií ve starších domech. S úsporami souvisí i menší zatěžování životního prostředí emisemi vznikajícími při výrobě energií. Ve svém okolí jsem zaznamenala zvýšený zájem o zateplování stávajících budov vhodným zateplovacím systémem. Většina z nich je postavena z nevyhovujících materiálů, které mají špatné izolační vlastnosti a tím dochází k velké ztrátě energií při vytápění. Při jejich rekonstrukci musí majitelé řešit výběr vhodného zateplovacího systému pro konkrétní objekt, protože ve většině případů nebylo žádné zateplení použito.

Nedostatečným zateplením nevzniká pouze problém s vysokými náklady na vytápění. Zatékající voda může zapříčinit jak estetické, tak i zdravotní problémy. Vznikají mapy na stěnách, dochází k růstu řas a plísní. Majitelé domů zaznamenávají zvýšený výskyt dýchacích potíží a alergických projevů zvláště u malých dětí a starších lidí. Ve většině případů dochází k poškození konstrukcí nebo dokonce i k narušení statiky staveb. Návrhy vhodných zateplovacích systémů je nutno řešit ve spolupráci se specialisty tohoto oboru. V přípravné fázi se nesmí podcenit důkladný rozbor poškození a vad konstrukcí, návrhy na jejich odstranění, případně je nutné si vyžádat posouzení statika. Při samotném provádění zateplení se musí dodržovat závazné platné normy.

Na základě dlouholetých zkušeností se zateplováním staveb, vznikají stále nové technologie, mezi které patří vnitřní zateplení, kontaktní zateplovací systém, provětrávaný zateplovací systém nebo tepelně-izolační omítka. Vyvíjejí se nové typy izolací. Vedle průmyslově vyrobených izolací (EPS, PUR, minerální vlna) se v poslední době začínají používat izolace na přírodní bázi např. sláma, konopí, korek nebo ovčí vlna. Kvalitu a správnou funkčnost zateplení lze docílit vytvořením reálného komplexního návrhu zateplovacího systému, s přihlédnutím k jedinečnosti každé konstrukce.

Cílem mé diplomové práce je porovnání jednotlivých způsobů zateplení budov, jejich využití a aplikace zateplovacího systému na konkrétní stavbě (rekonstrukce panelového domu ve Strakoncích). Výběr vhodné metody provedu pomocí vícekritériální analýzy.



## 2 PROBLEMATIKA ZATEPLOVÁNÍ

Problematika zateplování je velmi široký pojem, kde se musí posuzovat mnoho hledisek pro výběr vhodné izolace. V této kapitole se autor zabývá důvody zateplování a základními pojmy. Vedení tepla, tepelné mosty, tepelné vazby, součinitel prostupu tepla, tepelný odpor konstrukce, součinitel tepelné vodivosti a průběh teplot v konstrukci.

### 2.1 Důvody zateplování, vhodnost izolace

Nejdůležitějším důvodem pro zateplování budov je zvýšení odporu obvodových stěn vůči pronikání tepla nebo chladu skrz tyto stěny. Zateplením lze v průběhu topné sezony dosáhnout významné úspory nákladů na vytápění. U menších objektů tato úspora činí až 50%, u větších až 30%. S úsporou nákladů na vytápění souvisí též zlepšení životního prostředí, protože je méně zatěžováno emisemi vznikajícími při výrobě energií. Zateplení také výrazně omezuje pronikání tepla skrz stěny budovy z vnějšího prostředí do vnitřního a v kombinaci s instalací kvalitních oken s tepelně-izolačními skly tak v letních měsících významným způsobem přispívá ke zlepšení vnitřních klimatických podmínek uvnitř objektu. [1]

Zateplovací systém výrazně omezuje vlivy klimatických podmínek, které působí na konstrukci domu. Teplotní změny a zatékající voda může závažným způsobem poškodit nosné i obvodové konstrukce domu. Odborně provedené zateplení zamezuje těmto vlivům a tím zabraňuje poškození konstrukcí a výrazně prodlužuje jejich životnost. [1]

Dalším důvodem proč zateplovat je zdravotní hledisko. Správně provedené zateplení zajistí výměnu vzduchu v interiéru, stálou teplotu a vlhkost vzduchu a tím zamezí možnosti vzniku plísní a řas. Ke správně provedenému zateplení patří i následné kvalitní oplechování, které omezuje průsak vody a tím také zabraňuje vzniku plísní. Vhodná skladba zateplení má také velmi příznivý vliv na akustické vlastnosti budovy, výrazně snižuje se průnik hluku z ulice do budovy a tím zvyšuje kvalitu bydlení. [1]

Zateplení, které je vždy spojeno s novou fasádou umožňuje také nové originální architektonické řešení budovy. Velmi estetického provedení lze docílit také vybranou kombinací barev.[1]

Po dokončení kompletního zateplení se výrazně zvýší tržní hodnota budovy nebo bytových jednotek jak z důvodů technického řešení (např. ochrana konstrukcí, úspora energií) tak i z důvodů architektonických.

V současnosti existuje na trhu se stavebním materiálem velmi rozsáhlá nabídka různě tepelně izolačních materiálů od různých výrobců. Při výběru nejvhodnější izolace je potřeba zohlednit několik základních hledisek, ze kterých budeme izolace posuzovat.

Hledisko účelu, hledisko tepelně izolačních vlastností, ekologické hledisko a finanční hledisko.

Před vlastním návrhem zateplení je nutno si rozhodnout jakou kvalitu zateplení očekáváme. Je nutné ujasnit, zda je potřeba jen to nejnnutnější nebo spíše běžný standard nebo už něco víc. Pokud je již rozhodnuto jakou kvalitu zateplení, je zapotřebí, je nejlepší obrátit se na odborníka, nejčastěji projektanta a nechat zpracovat podrobný projekt zateplení stavby. Do projektu se pak zohlední zvolená kvalita zateplení, která je vyžadována. Jakmile je zpracovaný projekt, mohou realizační firmy zpracovat jednotlivé cenové nabídky. Jakmile proběhne i nutná legislativa, může se realizovat vlastní zateplení.

Zateplení by měl řešit projekt. Aby byl projekt správně proveden, musí se vědět, co vše se zatepluje a jak se to bude řešit.

## **2.2 Základní pojmy**

Mezi základní pojmy patří přenos tepla, tepelné mosty, tepelné vazby, součinitel prostupu tepla, tepelný odpor konstrukce, součinitel tepelné vodivosti a průběh teplot v konstrukci.

### **2.2.1 Přenos tepla**

Teplo se bude snažit unikat fasádou nebo střechou, ale i dalšími částmi stavby např. podlahou, stěnou sklepa a výplněmi otvorů. Ideální řešením by bylo obalit úplně celou stavbu do tepelné izolace. Tepelné ztráty budou při rozdílu teploty z 0°C na 20°C nebo z -15°C na 20°C jinak velké a tedy i požadavky na zateplení zde budou rozdílné. K rozdílu teploty celkem 35°C dochází například u zmiňovaných fasád a střech, a právě proto by se zde měla kvalita a tloušťka tepelné izolace volit co možná nejvyšší, ale i provedení montáže by mělo být podle určitých zásad. Nesmí se opomíjet ani kvalita oken a dveří a řešení detailů. Musí se zabránit vzniku tepelných mostů v konstrukci.

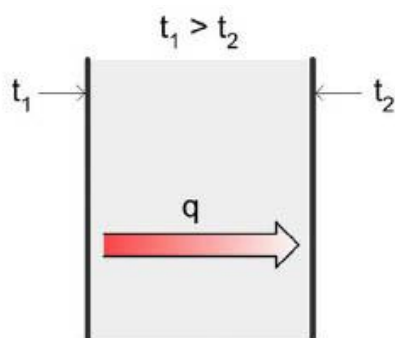
Přenos tepla je popsán především tepelným tokem. Teplený tok je veličina, která definuje, kolik tepelné energie je přeneseno za jednotku času. Tento proces probíhá od částic s vyšší energií k částicím s nižší energií. V současné době rozeznáváme tři způsoby přenosu tepla.[2]

## Vedení (kondukce)

K vedení tepla dochází při pohybu elektronů mezi pevně fixovanými, nepohybujícími se molekulami tuhé látky nebo při pohybu molekul u látek kapalných a plynných. Pouze v případě rozdílu teplot dochází k přenosu tepla ve směru klesající teploty. Tento přenos ovlivňuje tloušťka materiálu "d", rozdíl teplot na jednotlivých stranách tohoto materiálu " $\Delta T$ ", velikost plochy "S" a součinitel tepelné vodivosti " $\lambda$ ", který je níže podrobněji popsán.

Vzorec pro ustálený tepelný tok  $\dot{Q}$  je popsán následujícím vztahem, který vychází z Fourierova zákona.[2]

$$\dot{Q} = \frac{S \cdot \lambda \cdot \Delta T}{d} \text{ [W]}$$



Obrázek 1 Vedení tepla[3]

## Proudění (konvekce)

Tepelný tok je přenášen mezi povrchem tělesa (budovy) a okolní tekutinou (vzduchem). Směr proudění závisí na teplotách tělesa a tekutiny.

*K uskutečnění tohoto přenosu je třeba dvou mechanismů, tím prvním je náhodný pohyb molekul, neboli difuze, což je nazýváno Kondukcí. Druhým mechanismem je pohyb tekutiny z makroskopického hlediska, neboli kolektivní pohyb velkého množství molekul, což nazýváme Advekce. Pojem konvekce pak vznikl pouhým spojením částí názvů těchto mechanismů, protože přenos energie je dán složením těchto dvou mechanismů.[2]*

Rozlišujeme konvekci při proudění vnitřním a při proudění vnějším. Ke konvekci při proudění vnitřním dochází například u proudění v trubkách, kanálech, válcích

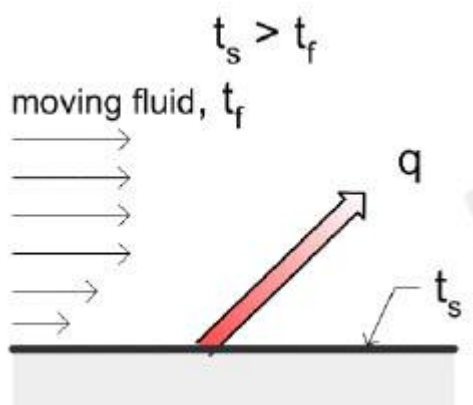
spalovacích motorů, tedy tam kde je kapalina uzavřena stěnami. Ke konvekci při proudění vnějším dochází například u obtékání trubek zvenčí, obtékání lopatek turbín, ale především u obtékání povrchu budov.

Dále konvekce se rozlišuje na dva základní druhy. První druh je přirozená konvekce. Zde je hnací silou objemová změna způsobena teplotními rozdíly a je v podstatě mimo naši kontrolu, protože je dán povahou tekutiny. Druhým druhem je nucená konvekce. Zde se uvádí tekutina do pohybu nuceným způsobem (například ventilátorem) a je zcela pod naší kontrolou. Tento druh konvekce se využívá například u klimatizací.

Tepelný tok  $\dot{Q}$  je ovlivněn u konvekce rozdílem teplot obtékaného tělesa "T" a okolní tekutiny "T<sub>f</sub>", dále pak plochou tělesa "S" a součinitelem přenosu tepla "α", který je ovlivněn faktory při konvekci, kterými jsou vlastnosti tekutiny, tvar obtékání tělesa, rychlost proudění a mnoho dalších, a proto jej není jednoduché určit.

Vzorec pro výpočet tepelného toku je pak určen následujícím vztahem:[2]

$$\dot{Q} = S * \alpha * (T - T_f) [W]$$



Obrázek 2 Proudění tepla[3]

### Sálání (radiace, záření)

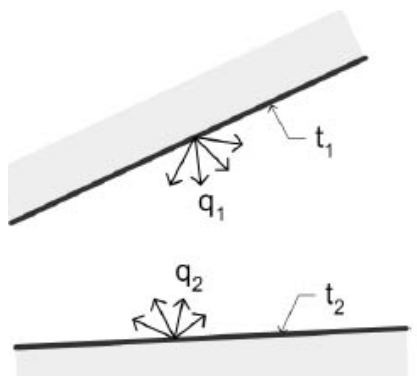
Tepelná energie vyzařuje z povrchu tělesa nebo z tekutin ve formě elektromagnetického záření. Toto vyzařování probíhá u každého tělesa s teplotou vyšší než 0 [K]. Tento druh přenosu tepla nevyžaduje přímý styk dvou prostředí nebo těles, ale vyžaduje přímé tzv. "vizuální spojení. To znamená, že z povrchu jednoho tělesa nebo tekutiny musí být vidět na povrch druhého tělesa nebo tekutiny.

Přenos tepla probíhá oběma směry a výsledný tok závisí pouze na tom, které těleso vyzáří více tepelné energie.[2]

Celková zářivost tělesa " $E_0$ " je dána Stefan-Boltzmannovou konstantou o hodnotě přibližně  $\sigma = 5,67 [Wm^{-2}K^{-4}]$ , čtvrtou mocninou absolutní teploty tělesa " $T$ ". Při výpočtu zářivosti reálného tělesa je nutno finální vztah vynásobit emitancí " $\varepsilon$ ", která udává, jaký podíl teoretické vyzářené energie ideálního zářiče skutečné těleso vyzařuje. Ideální zářič je pojmenován jako absolutně černé těleso.

Vzorec pro výpočet je pak dán vztahem:[2]

$$E_0 = \varepsilon * \sigma * T^4 [W*m^{-2}]$$

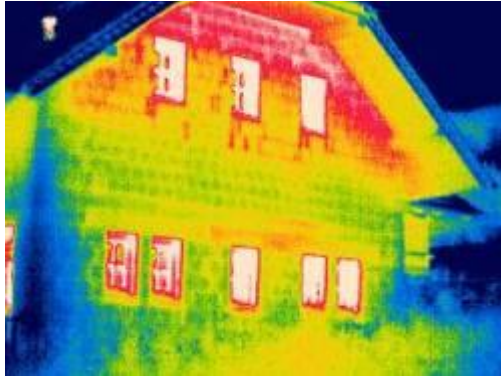


Obrázek 3 Sálání tepla[3]

## 2.2.2 Tepelný most, tepelná vazba

Vliv tepelných mostů se výrazně zvyšuje s rostoucími požadavky na tepelnou ochranu budov. Mají negativní vliv na energetickou bilanci stavby a jsou to místa pro lokální kondenzaci vodní páry. Z tohoto důvodu vznikají v místě tepelných mostů plísně, a proto vzniká nevhodné mikroklima pro pobyt lidí. Tepelné mosty mohou mít vliv i na statiku stavby a mohou vést až k její destrukci.

Tepelný most je místo, kde dochází ke zvýšenému tepelnému toku. Uniká jím více tepelné energie. V interiéru má studenější povrch a naopak v exteriéru teplejší povrch než okolní konstrukce.[4]



Obrázek 4 Termogram-tepelné mosty [4]

Tepelné mosty jsou nepříjemné i z hygienického hlediska. Na chladném povrchu v interiéru může kondenzovat vodní pára nebo zde může lokálně relativní vlhkost vzduchu stoupnout nad 80 % a to je prostředí, které je ideální pro růst plísní. Plísně jsou zdroje alergenů a tím vytváří vnitřní mikroklima nevhodné pro pobyt osob. Plísně mohou vznikat nejen na viditelných místech, ale také tam kde je nevidíme, ale na mikroklima mají velmi špatný vliv. V minulosti tepelné mosty takový vliv na růst plísní neměly, protože když se topilo v lokálních kamnech pevnými palivy, docházelo k intenzivnímu větrání místností. Vnitřní vzduch byl proto v zimě suchý, a tak na studených površích nedocházelo ke kondenzaci vodní páry, jako je tomu v současné době.[4]

Tepelné mosty mohou být lineární a bodové. Lineární tepelný most je například osazení okna do stěny nebo krokvů při zateplování podkroví. Bodové tepelné mosty mohou vznikat například v místě kotevní hmoždinky zateplovacího systému s kovovým trnem.

Tepelné mosty mohou vznikat nejen vedením tepla méně izolačními materiály, ale i prouděním vzduchu, tedy infiltrací vzduchu, popřípadě prouděním vzduchu z exteriéru mezi konstrukcí například mezi tepelnou izolací a vnitřní povrch provedený ze sádrokartonu.[4]

Tepelná vazba je zvláštní případ tepelného mostu, který nelze přiřadit k jedné nebo druhé konstrukci. Je to rozhraní mezi dvěma a více konstrukcemi, kde tepelný tok v konstrukcích je významně změněn jejich vzájemným působením. Rozlišují se dva druhy tepelných vazeb: lineární a bodové.[4]

### 2.2.3 Součinitel prostupu tepla "U" [W/(m<sup>2</sup>K)]

**Definice:** celková výměna tepla v ustáleném stavu mezi dvěma prostředími vzájemně oddělenými stavební konstrukcí o tepelném odporu "R" s přilehlými mezními

vzduchovými vrstvami, zahrnuje vliv všech tepelných mostů včetně vlivu prostupujících hmoždinek kotev, které jsou součástí konstrukce.[5]

Je definován vztahem:

$$U = \frac{1}{R}$$

Kde "R" je odpor konstrukce při prostupu tepla (z prostředí do prostředí) [m<sup>2</sup>\*K/W]

#### **2.2.4 Tepelný odpor konstrukce "R" [m<sup>2</sup>\*K/W]**

Je to fyzikální veličina, která vyjadřuje tepelně-izolační vlastnosti konstrukce. Je přímo závislá na tloušťce konstrukce a na součiniteli tepelné vodivosti. Cílem při dosahování co nejvyšší hodnoty tepelného odporu je, aby tloušťka konstrukce byla co největší a hodnota součinitele tepelné vodivosti při jednotlivých materiálech konstrukce co nejnižší. Tepelný odpor "R" vyjadřuje odpor 1 m<sup>2</sup> konstrukce proti prostupu tepelné energie při rozdílu teplot 1 K. [5]

Při vícevrstvých konstrukcích se jednotlivé tepelné odpory sčítají. Tepelný odpor stavební konstrukce se vypočítává jako průměrná hodnota z jednotlivých tepelných odporů částí stavební konstrukce včetně tepelných mostů.[5]

Je vyjádřen vztahem:

$$R = \frac{d}{\lambda}$$

#### **2.2.5 Součinitel tepelné vodivosti "λ"[W/mK]**

*Schopnost stejnorodého, isotropního materiálu při dané střední teplotě vést teplo.*

Tepelná vodivost je schopnost daného kusu látky, konstrukce, vést teplo. Znázorňuje rychlost, s jakou se teplo šíří z jedné zahřáté části látky do jiných, chladnějších částí.[5]

Tepelná vodivost dané látky je vyznačována součinitelem tepelné vodivosti. Je definován jako: množství tepla, které musí za jednotku času projít tělesem, aby na jednotkovou délku byl jednotkový teplotní spád.[5]

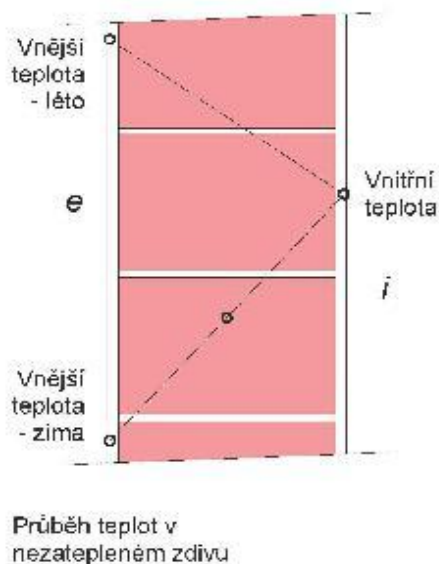
Součinitel tepelné vodivosti je přímo závislý na více faktorech, například na vlhkosti, objemové hmotnosti, střední teplotě, tloušťce materiálu.[5]

## 2.2.6 Průběh teplot v konstrukci

Průběh teplot v konstrukci se liší podle způsobu zateplení. V textu jsou uvedeny tři způsoby zateplení. Je představen průběh teplot v případě nezateplené konstrukce, konstrukce s vnitřním zateplením a konstrukce s vnějším zateplením.

### Nezateplené

V zimním období je na vnějším povrchu teplota pod bodem mrazu. Směrem dovnitř se teplota zvyšuje. Přibližně uprostřed obvodové stěny je teplota  $T_i = 0^\circ\text{C}$ , to znamená, že vnější část konstrukce v zimě promrzá a v létě se přehřívá. Tyto rozdíly teplot spolu s vlhkostí nepříznivě ovlivňují vnitřní mikroklima, ale také znehodnocují obvodovou konstrukci a snižují její životnost.[5]



Obrázek 5 Průběh teplot - nezateplená konstrukce[5]

### Vnitřní

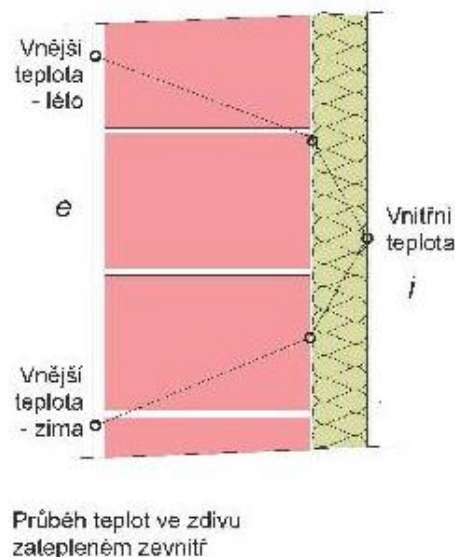
U tohoto druhu zateplení vznikají velmi často tepelné mosty, především v místech nadokenních překladů a stropů, protože se tepelná izolace může provést pouze od



podlahy ke stropu. Tepelné mosty jsou příčinou povrchové kondenzace a tím i vzniku plísní a řas.

Volbou druhu a správné tloušťky tepelné izolace je možno získat potřebný součinitel prostupu tepla. Tento typ zateplení je horší než zateplení vnější, protože teplota  $T = 0^{\circ}\text{C}$  je posunuta až do vnitřní tepelné izolace. Obvodová konstrukce je proto vystavena velkému rozdílu teplot. V letním období je konstrukce vystavena vysokým nárokům a její funkce a životnost je výrazně snížena. Tepelné izolace, které se běžně používají (pěnový polystyren a minerální vata) mají nízkou tepelnou akumulaci, která umožňuje rychlé vytopování místností, ale po přerušení vytápění teplota rychle klesá. Z tohoto důvodu je nutné nepřerušované vytápění.

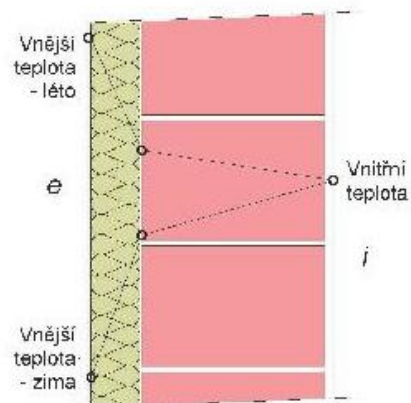
Toto zateplení je možno použít v suchých stavbách, tam kde relativní vlhkost nepřekročí 40 % při teplotě  $20^{\circ}\text{C}$ . [5]



Obrázek 6 Průběh teplot - zateplení konstrukce z vnitřní strany [5]

### Vnější zateplení

U zateplení z vnější strany se odstraní v místě stropů tepelné mosty. Zateplením se zvýší vnitřní povrchová teplota a tím se i odstraní kondenzace vodní páry na vnitřním povrchu stěn a oken. Z tohoto důvodu se sníží možnost vzniku plísní na obvodových stěnách, kolem oken a v rozích místností. Problémem obvodového pláště zůstávají okna, kde mohou vznikat stále tepelné mosty.



Průběh teplot ve zdivu  
při vnějším zateplení

**Obrázek 7 Průběh teplot - zateplení konstrukce s vnější strany[5]**

Zateplením z vnější strany se teplota  $T = 0 \text{ }^{\circ}\text{C}$  posune z obvodové konstrukce do tepelné izolace a tím se zabrání promrzání konstrukce. Zvyšuje se také životnost celé konstrukce. Správné řazení jednotlivých vrstev a umístění vrstvy s vyšším difúzním odporem na vnitřní stranu konstrukce, snižují riziko difúze vodní páry. Při správné volbě druhu a tloušťky tepelné izolace, lze zajistit optimální komfort bydlení při současné úspoře energie na vytápění.[5]

### 3 VARIANTY ZATEPLOVACÍCH SYSTÉMŮ

V této kapitole jsou popsány druhy zateplení a varianty zateplovacích systémů. Dále jsou zde představeny typy používaných tepelných izolací v jednotlivých zateplovacích systémech.

#### 3.1 Vnější zateplení

Z hlediska stavební tepelné techniky je tento způsob zateplení výhodnější než zateplení z vnitřní strany. Výhodnější je především z následujících důvodů:

- uvnitř konstrukce nedochází ke kondenzaci vodní páry nebo se oblast kondenzace vodní páry posouvá k vnějšímu povrchu konstrukce
- tvoří souvislou obálku objektu bez tepelných mostů
- zachovává tepelnou akumulaci obvodových konstrukcí

výhody:

- snižuje dilatační pohyby obvodových konstrukcí
- realizace neomezuje provoz uvnitř objektu
- chrání původní povrch obvodové konstrukce před povětrnostními vlivy

nevýhody:

- realizace je závislá na počasí
- potřeba lešení nebo závěsných lávek [7]

##### 3.1.1 Kontaktní zateplovací systémy

Kontaktní zateplovací systémy patří mezi nejrozšířenější zateplovací systémy. Jde o konstrukci bez jakékoliv vzduchové mezery. Konstrukce zateplovacího systému se skládá z tepelné izolace, na kterou se nanáší základní vrstva, též označovaná jako výztužná stěrka s vloženou síťovinou. Následuje penetrace a finální povrchová úprava (například probarvená omítka). Nejčastěji jsou používány výrobky z polystyrénu nebo minerálních vláken. [7]

Výhodou systému je celistvé zateplení plochy po celém obvodu pláště budovy bez rizika vzniku tepelných mostů.[7]

Nevýhodou jsou vysoké nároky na kvalitu provedení, včetně přípravné fáze (návrh, materiál, podklad).[7]

### **Typy izolací pro kontaktní zateplovací systém:**

- minerální vláknité izolace
- dřevovláknité izolace
- dřevocementové izolace
- expandovaný a extrudovaný polystyren
- polyuretan (PUR)
- pěnové sklo
- izolace z ovčí vlny, konopí a džínoviny

**Výhody :**

- dobré tepelně izolační vlastnosti
- eliminace tepelných mostů
- zamezují zvětrávání povrchových vrstev obvodové konstrukce
- mají přibližně stejnou životnost všech částí
- zlepšení akumulární schopnosti stěn
- menší tloušťka izolace (v porovnání s bezkontaktními systémy)
- zachování původního rázu fasády (povrch tvoří omítka)
- snadná údržba a opravitelnost
- technologicky nenáročné

**Nevýhody:**

- náročné na kvalitu provedení a použité materiály
- nedá se provést u objektů s vysokou vnitřní vlhkostí
- přípravná fáze (kvalifikovaný návrh, podklad) je časově náročná
- vyšší difúzní odpor (omezený prostup vodních par)
- realizaci ovlivňují klimatické podmínky (dílčí mokrá proces)
- vyšší pracnost u členitých pláštů
- nižší odolnost vůči mechanickému poškození [7]

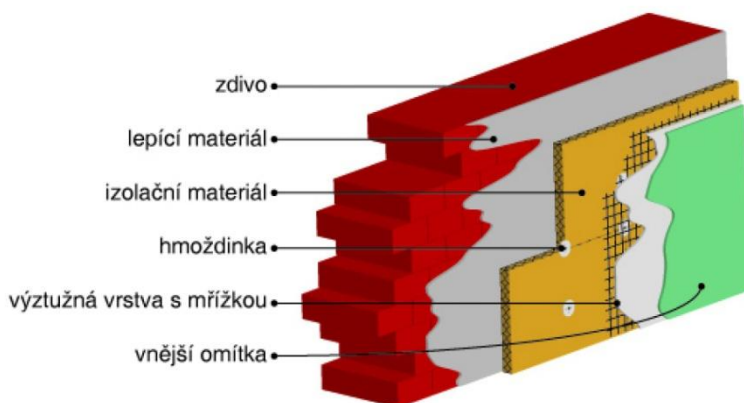
### **Druhy připevnění:**

Kontaktní zateplovací systémy se připevňují:

- lepením
- lepením a hmoždinkami
- patními lištami zároveň s bodovým lepením
- patními lištami zároveň s bodovým lepením a hmoždinkami

## Technologický postup provádění kontaktního zateplovacího systému

Jedná se o lepení izolantu na obvodové zdivo příslušným lepidlem na daný izolant (fasádní polystyren, kamenná vata), založené do zakládacích lišt. Dle doporučeného kladečského plánu se dodatečně kotví talířovými hmoždinkami a provádí se další důležité kroky v přípravě (začištění okenních výplní, orohování, diagonální armování namáhaných oblastí). Následuje přetažení izolantu stěrkovou hmotou, která je zpravidla stejná jako lepicí směs a do této „stěrky“ se vpraví armovací tkanina (perlínka). Po dodržení technologické pauzy se podklad napenetruje příslušnou penetrací. Opět po zaschnutí penetrace se na připravený podklad nanáší finální omítka dle požadavku. [8]



Obrázek 8 Kontaktní zateplovací systém[7]

## Typy používaných materiálů na zateplení

Materiálů pro zateplení fasády domu je na našem trhu velký výběr a stále přibývají nové typy tepelných izolací jak přírodní tak uměle vyrobené.

### Pěnový (expandovaný polystyren) EPS-F

Pěnový polystyren je jednou z nejdostupnějších tepelných izolací. Pro zateplování je nepřijatelné používat typ EPS bez přídavku žháředla, který se používá především v obalové technice, ve stavebnictví nyní již jen výjimečně pro nenáročné aplikace. Používá se ve formě bloků, které jsou lepeny, popř. mechanicky kotveny, na budovy či zřídka jako plnivo lehčených betonů nebo omítek ve formě sypaných kuliček. Jde o levný a dobře tepelně izolující materiál, ale slabou stránkou je akustická izolace tohoto materiálu, stejně jako schopnost propouštět vodní páru. Kvůli nedefinovatelné hořlavosti se nesmí pro zateplovací systém používat ani recyklovaný EPS, jehož součástí bývají drcené obaly.

Ve vnějších zateplovacích systémech se předepisují fasádní desky z tuhého stabilizovaného samozhášivého EPS-F. Má stupeň hořlavosti C1 a obvykle objemovou hmotnost 15-25 Kg/m<sup>3</sup>. Fasádní desky EPS-F nesmí obsahovat žádný cizí regranulát, vzniklý recyklací EPS.

Při použití na konstrukce s nízkým vlhkostním zatížením, jako jsou zemní vlhkost nebo odstříkující dešťová voda, se vyrábějí ve formách desky EPS-F se sníženou nasákavostí (nahrazují v těchto mírnějších případech extrudovaný polystyren XPS).[9]

### **Extrudovaný polystyren XPS-F**

Vytlačovaný neboli extrudovaný polystyren XPS je hutnější- užívá se o objemové hmotnosti 30-40 Kg/m<sup>3</sup>. Výhodou oproti EPS jsou jeho lepší mechanické vlastnosti, praktická nasákavost a také zdatně nižší tepelná vodivost. Je to dražší materiál než EPS a je náchylný na UV záření, ale má vyšší pevnost v tahu, nižší nasákavost a hůře vede teplo. Vyrábí se ve formě desek s polodrážkou nebo hranou. Specifické vlastnosti XPS, využívané při řešení detailů, vyvažují jeho výrazně vyšší cenu. [9]

### **Pěnový polyuretan (PUR)**

Pěnový polyuretan má podobnou strukturu jako extrudovaný pěnový polystyren (přes 90 % buněk je uzavřených), má o něco lepší tepelně-izolační vlastnosti a vyšší teplotní odolnost (do 130 - 140°C). Používá se buď ve formě tuhých desek (často jedno nebo oboustranně laminovaných), nebo v podobě měkké pěny s otevřenými póry (molitan). Polyuretanové pěny lze také vyrábět přímo na stavbě mísením dvou komponent a nastříkáním na povrch, který chceme izolovat. Není odolný proti UV záření, a proto se musí na povrchu zakrýt (nalaminovaná hliníková fólie nebo nátěr). Nevýhodou je zdatně vyšší cena oproti polystyrenu.[10]



**Obrázek 9 Tepelná izolace z Polyuretanu[10]**

## **Minerální a skelná vlna**

U nás druhá nejrozšířenější tepelná izolace, po pěnovém polystyrenu. Vyrábí se průmyslově tavením hornin. Surovinou pro výrobu je buď čedič, nebo křemen a další sklotvorné příměsi, kde může značný podíl tvořit také recyklát. Podle suroviny se potom mění název kamenná nebo skelná vata. Nejčastějším pojivem jsou fenolformaldehydové pryskyřice, které někteří výrobci již nahrazují šetrnějšími a zdravotně nezávadnými alternativami. Na trhu je široký sortiment výrobků z minerální vaty a na rozdíl od skelné vaty se z ní vyrábějí i poměrně tuhé desky. Skelná vata se dodává v rolích, které po rozvinutí expandují na větší tloušťku, nebo ve formě desek. Výhodou tohoto materiálu je velká pružnost a chemická i teplotní odolnost. Desky nelze trvale vystavit vlhku, ale jsou v celém objemu hydrofobizované. Výborná odolnost vůči vysokým teplotám, proto se používají v kombinaci s polystyrenem u panelových domů nad požárně dovolenou výškou nebo pro vytvoření požárních pásů. [9] [10]

Pro kontaktní zateplovací systémy se používají tužší typy desek z minerální vlny MW, které se významně liší od běžných výrobků a nelze je tedy zaměňovat. Kromě desek z minerální vlny s podélnými vlákny se používají také lamelové desky z minerální vlny s vlákny kolmými na povrch, které jsou odolnější v tlaku a snadněji se tvarují podél zakřivených fasádních ploch.[9] [10]

MW-F mají tepelně izolační vlastnosti blízké polystyrenovým izolacím. Příznivější požárně technické vlastnosti a akustické vlastnosti vyvažují jejich vyšší cenu. Jsou vhodné pro zateplení staveb s vyššími požárně technickými nároky, pro zateplení požárních únikových cest a pro zateplení vyšších domů nebo jejich vyšších podlaží nad požární výškou 22,5 m.

Kontaktní zateplovací systémy s MW-F nejsou vhodné do vlhkého prostředí. Proti navlhání při přepravě, skladování a použití na stavbě jsou zpravidla chráněny dočasnou hydrofobizací.[9]

Při použití kontaktního zateplovacího systému je desky nutné lepit a mechanicky kotvit hmoždinkami. Hmoždinky je nutné zátkovat a zapouštět kolečky z izolace. Při realizaci a po realizaci je nutné chránit izolaci proti vlhkosti, protože je vysoce nasákavá. Například nesmí být zabudována pod úroveň terénu, při montáži je nutné ji chránit proti promáčení deštěm nebo zatečením. U této izolace se více projevuje vliv vlhkosti na zhoršování hodnot tepelné vodivosti. Toto je stejné u všech druhů vláknitých izolací.

Častější použití je ale u provětrávaných fasád, kde je požadována větší požární odolnost nebo také u dvouplášťových střech.[9]

## Sláma

Zájem o tepelnou izolaci v podobě slaměných balíků v poslední době roste zejména u stavebníků, kteří chtějí být ekologičtí. Často se používá v kombinaci s dalšími přírodními materiály, jako jsou například hliněné omítky a nepálené cihly. Jako tepelné izolační materiály jsou používány lisované balíky nebo desky slámy, které mohou mít povrchovou úpravu. Díky způsobu výroby vzniká velké vnitřní pnutí, které izolaci chrání proti škůdcům a částečně i proti požáru. U slaměné izolace je třeba počítat s vyšší pracností vzhledem k nerovnostem v rozměrech balíků a s tím spojeným vycpáváním. Izolace má ve spojení s hliněnou omítkou požární odolnost 90 minut, tím vyhovuje všem typům konstrukcí. Při realizaci je nutné dát pozor na to, aby balíky slámy byly odděleny od všech zdrojů vlhkosti omítkou nebo obkladem.[15]

## Konopí

Konopí patří do skupiny obnovitelných zdrojů. Je hojně používané jako technický materiál, jeho pěstování je totiž málo náročné na péči, roste rychle, nepožaduje chemický postřik, redukuje CO<sub>2</sub> a zachovává kvalitní půdu. Tato rostlina obsahuje hořké látky a díky tomu odolává škůdcům. Konopí je schopno vázat vlhkost proto není náchylné na napadení hnilobou, má dobrou protipožární odolnost a propouští páru. Tepelná izolace se vyrábí z konopných vláken, které jsou navzájem spojeny příměsí nejčastěji z ovčí vlny.

Podobných materiálů by se dala najít ještě celá řada, mohou to být například zbytky z výroby kobereců či jiných textilií, rozvlákněné materiály na bázi dřeva, kokosová vlákna, dřevěné hoblíny či piliny, rákos atd. Tyto materiály se pro použití v izolacích často upravují, aby se snížila jejich hořlavost a zlepšila odolnost vůči biologickému napadení. [10]



Obrázek 10 Konopná izolace [24]

## Korek

Korek patří mezi obnovitelné zdroje, protože výchozí surovinou je korkový dub, který má schopnost regenerovat svoji kůru. Tak se umožňuje její loupání bez poškození



stromu. První loupání se provádí po 25 letech věku dubu a za dalších každých deset let v letních měsících se loupání opakuje. Jelikož se korkový dub dožívá věku 200 let, tak umožňuje 17. násobnou úrodu korku.

Vyrábí se tak, že se korková kůra drtí na korkový šrot, který se ohřívá párou na teplotu 380°C, dokud nenabobtná a nezačne uvolňovat pryskyřice, které jednotlivé granulky spojí do kokových bloků.

Používá se ve formě desek pro různá zateplení. Nevýhodou je vyšší cena, jelikož se nejedná o domácí surovinu.[14]



Obrázek 11 Kontaktní zateplovací systém při použití korkové izolace [14]

## **Len**

Len má výborné tepelně-izolační vlastnosti, neškodí zdraví, snadno se zpracovává a nezanechává skoro žádnou ekologickou stopu. Izolace se vyrábí s nalámaných lněných stonků, lepí se přírodním lepidlem do vrstev, které vytvářejí tepelně-izolační desky požadovaných rozměrů. Nehořlavost zajistí proti požární úprava a stejně jako u konopí není len zajímavý pro žádné škůdce. [10]

## **Ovčí vlna**

V poslední době je ovčí vlna oblíbený izolační materiál v tzv. ekologických stavbách. Tepelně izolační vlastnosti jsou podobné jako u minerální vaty. Jako hlavní výhoda ovčí vlny se uvádí hygroskopičnost materiálu, vlastně jeho schopnost pohltit značné množství vlhkosti. Pokud se vrstva ovčí vlny aplikuje na vnitřní straně parozábrany, má to příznivý efekt na vyrovnávání výkyvů vlhkosti v místnostech. [10]

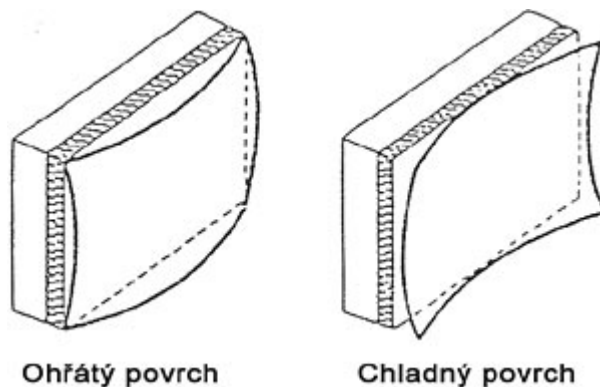
## Chyby při provádění

Při provádění kontaktního zateplovacího systému se velmi často chybuje již před zahájením vlastních prací.

Zhotovitel nezajistí dostatečný průřez podkladu (druh, degradace), z toho pak vyplývá nedostatečná příprava podkladu pro ETICS. Podklady nejsou dostatečně vyztužené, zbavené prachu, puchýřů, odlupujících se míst, nejsou ošetřeny trhliny. Poruchy a vady železobetonových konstrukcí bývají zakrývány zateplovacím systémem bez předchozí sanace (očištění a ošetření výztuže antikoročním nátěrem).

Samotné zateplovací práce jsou prováděny v nevhodných klimatických podmínkách (požadavek na teplotu vzduchu a podkladu je +5 až +30 °C).

Lepicí hmota se nesmí dostat na boční stranu izolantu, slepování desek k sobě je nepřípustné. Chybné je lepení tzv. na buchtě, při kterém dochází ke zvedání rohů nebo vzniku boulí, vlivem teplotního namáhání (viz obrázek č. 10). V případě vzniku požáru, tento chybný postup podporuje proudění vzduchu a tím i šíření požáru. [11]



Obrázek 12 Účinky hydrotermického zatížení [12]

Další chybou při lepení desek je, že nejsou lepeny na vazbu a těsně k sobě a také vyplňovat vzniklé mezery lepicí či armovací hmotou.

Při kotvení dochází k chybnému postupu v umístění kotevních hmoždinek (mimo lepicí hmotu na rubu desky) a v jejich počtu (min. šest hmoždinek na 1m<sup>2</sup>). Další chybou je nesprávné zapuštění hmoždinek. Velmi vážnou chybou je nedostatečné stanovení délky hmoždinek, kdy kotevní část hmoždinky není zcela v nosné části podkladu.

Při osazování skleněné síťoviny do stěrky se také často chybuje. Síťovina není pokládána do dostatečné vrstvy stěrky (optimální tloušťka je 3-4 mm). Síťovina není pokládána s dostatečným přesahem nebo, v případě dvou vrstev síťoviny, není dodržen postup pokládání síťoviny na vazbu. [11]

## Poruchy kontaktního zateplovacího systému

Vady a poruchy vznikají špatně zvoleným zateplovacím systémem, nevhodným použitím tepelné izolace, nerespektováním provedení konstrukčních detailů a nevhodným návrhem a provedením mechanického kotvení.

### Příprava a posouzení podkladu

Tato etapa se provádí velmi ojediněle, ve fázi penetrace. Před aplikací ETICS jsou podklady často zvětralé a nesoudržné a v následujících fázích se, při spolupůsobení dalších nedostatků, jednoznačně podílí na destrukci zateplení.

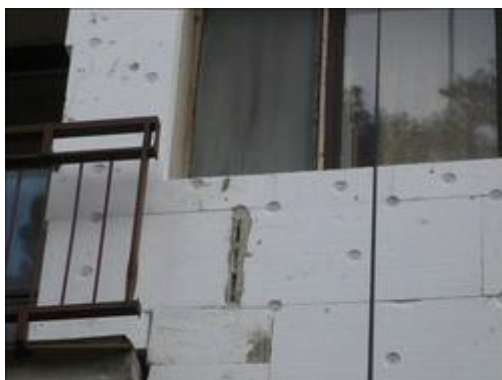
V ČSN 73 2901 je uvedena řada diagnostických zkoušek podkladu, které mohou pomoci při stanovení vhodných opatření pro zajištění stability systému na podkladu. Většinu z nich lze nahradit zkouškou přidržnosti lepicí hmoty k podkladu. Kromě zjištění jedné z charakteristik ETICS tato zkouška může zjistit, zda je nutné podklad očistit, odmastit, odstranit původní povrchovou úpravu, upravit jeho savost a podobně. Tato zjištění nejen pomůže při zajištění stability ETICS na podkladu, ale může snížit náklady na vlastní zateplení.[11]

### Lepení desek tepelné izolace

Spára mezi deskami nesmí být umístěna do spáry zakládací lišty, nesmí končit v rohu ostění, nadpraží, parapetu. Desky musí být lepeny na vazbu a bez mezer. Při nedodržení správného postupu lepení desek dochází ke vzniku prasklin. V mezerách mezi deskami vznikají tepelné mosty a při vysoké vlhkosti dochází k propisování spár. Lepicí hmota se nanáší po obvodu desky a jako terče velikosti dlaně v podélné ose desky. Nedodržení tohoto postupu způsobuje tzv. "Polštářový efekt".[11]



Obrázek 13 tzv. "Polštářový efekt"[12]



Obrázek 14 Chybné lepení desek[13]

### **Kotvení hmoždinek:**

V souladu se specifikací ETICS, určuje projektová dokumentace, druh, počet, délku kotvení a rozmístění hmoždinek v ploše tepelné izolace, v místě jejich styků a v ploše vrstvy tepelně-izolačního materiálu.

U ETICS musí být prováděny výtažné zkoušky pro určení charakteristické únosnosti plastových kotev ve všech případech, kdy základní materiál (podklad pro kotvení) na stavbě je vzhledem k typu materiálu nebo minimální pevnosti nebo uspořádání otvorů jiný než základní materiál použitý při laboratorních nebo posuzovaných zkouškách. Lze předpokládat, že únosnost zkušebního betonu bude jiná než únosnost 30 let starého panelu.

Přílišné přimáčknutí hmoždinek do izolačních desek způsobuje vznik prohlubně v desce, při nedostatečném zapuštění hmoždinky přečnívají přes desku.

Při nedostatečné délce hmoždinek dochází k jejich uvolňování z nosného podkladu.[11]

### **Provedení základní vrstvy**

V oblasti rohů je nutné provádění zesilujících vyztužení. Obvykle se jedná o diagonální zesilující vyztužení pruhem síťoviny. Pokud je osazení síťoviny provedeno chybně nebo není provedeno vůbec, dochází ke vzniku prasklin. Pokud není základní vrstva včetně síťoviny přetažena přes zakládací lištu, vznikají také praskliny.[11]



Obrázek 15 Špatné založení první vrstvy[13]

### **Provedení konečné povrchové úpravy:**

Základní vrstva se před prováděním konečné povrchové úpravy penetruje, a to obvykle ve stejné barvě, jako bude budoucí konečná povrchová úprava. Typ penetrace musí odpovídat typu konečné povrchové úpravy. Konečná povrchová úprava se obvykle provádí nejdříve 24 hodin po penetraci a obvykle se provádí strukturovaná, a to zatíraná nebo rýhovaná, s různou zrnitostí. V rámci strukturování omítky již nelze vyrovnávat nerovnosti podkladu. Nesprávně zvolená nebo špatně provedená penetrace negativně ovlivňuje konečný vzhled povrchové úpravy. Při konečném nanášení povrchové úpravy dochází k chybám, které se mohou projevit až po demontáži lešení. Pokud není nanášení konečné povrchové úpravy prováděno plynule ve stejný čas, přes celou šířku objektu a ve všech podlažích, způsobuje to nejednotnou strukturu a barvu omítky. Hranice rozdílných struktur jsou nejvíce patrné na hranicích podlaží a v místech napojování práce jednotlivých skupin řemeslníků.[11]

### **3.1.2 Provětrávané zateplovací systémy**

Charakteristickým znakem bezkontaktního fasádního systému je volný prostor mezi předsazenou (pohledovou) vrstvou a tepelnou izolací připevněnou na obvodovou stěnu. Díky tomu vzniká provětrávaná mezera, která přirozeně odvádí vlhkost mimo konstrukci budovy.

Bezkontaktní fasády jsou vhodné zejména jako dodatečné zateplení budov s vyšší vnitřní vlhkostí nebo pro budovy jejichž fasáda se obkládá deskovým materiálem. Jako tepelná izolace se nejčastěji používají výrobky z polyuretanu, ovčí vlny nebo celulózy. Na obklady mohou být použity například dřevotřískové, betonové, kovové nebo keramické desky.

Celý systém bezkontaktní fasády je zejména v některých detailech (kouty, osazení oken apod.) technicky a časově náročnější. Cenu ovlivňuje především typ použitého obkladového materiálu a způsob ukotvení.[7]

Kovové kotvy se mohou jednoduše změnit na tepelné mosty a zvýšit úniky tepla o více než 15 %.

Současné technické možnosti umožňují použití nejrůznějších materiálových variant, technologických postupů i architektonicky zajímavých tvarů. Nosná konstrukce zajišťuje přenos všech účinků zatížení (vlastní hmotnost, účinky větru, povětrnostní namáhání,...) z plochy obkladu do vnitřní vrstvy obvodové stěny. Kromě nosné funkce plní i funkci vyrovnávací a distanční. Volba materiálu se odvíjí od zvoleného obložení. Používají se prvky z hliníku, ušlechtilé slitiny nebo oceli s nejrůznější úpravou, především v závislosti na požadované odolnosti proti korozi. Stále se také používá tradiční stavební materiál – dřevo, popřípadě kombinace dřevo-kov.

Přípevňovací, spojovací a kotevní prvky slouží k uchycení obkladu k spodní nosné konstrukci, ke vzájemnému spojování jednotlivých částí celého systému a k ukotvení prvků k vnitřní obvodové stěně. Kotvící prvky mohou být skryté nebo viditelné. Součástí systému jsou doplňkové a vymežující prvky – profily pro nároží, ukončení soklu, atiky, přípravky pro ukotvení lešení apod.

Pro zajištění tepelně izolačních vlastností se nejčastěji používá hydrofobizovaná minerální vata nebo vata z celulózových vláken. Předposlední vrstvu tvoří větraná mezera, poslední vrstvu obkladový materiál.[7] [16]

### **Vnější plášť**

Celkový vzhled objektu utváří vnější plášť, který lze vytvořit rozmanitými způsoby skladby. Desky se používají v nejrůznějších tvarech, velikostech, barvách a strukturách. Mezi základní materiálové varianty patří: vlákno-cementové desky, dřevo a materiály na bázi dřeva, keramické obklady, desky z přírodního kamene, obklady z betonu či umělého kamene, plasty (i recyklované) s nejrůznější povrchovou úpravou, obkladové desky z páleného cihlářského střepu, desky na bázi pryskyřic, desky na bázi kovů (hliník, ušlechtilé slitiny, měď, korozivzdorná ocel apod.), obklady ze skla, včetně využití solárních prvků.

Od zvoleného typu pláště se odvíjí volba nosného systému provětrávané fasády. Vzhledem k rozsahu používaných materiálů a technologických postupů vynechejme spojovací a kotevní prvky a přibližme si předposlední vrstvu provětrávaných fasád.[16]

## Provětrávaná mezera

Z hlediska správného fungování celého fasádního systému má navržení a především realizace provětrávané mezery zásadní vliv na životnost fasády, neboť tato vrstva udržuje v systému příznivé mikroklima. Pro bezproblémové fungování fasády je nutné zajistit proudění vzduchu. Vzduch se v provětrávané mezeře ohřívá od vnějšího pláště a stoupá po celé výšce vzhůru. Díky rychlosti 0,5–1,0 m/s dochází k laminárnímu proudění. Turbulentní proudění se vyskytuje zanedbatelně.

Vzhledem ke konstrukci fasádního systému nelze vyloučit výskyt vody v souvrství. Zejména v letních měsících může dojít k vysrážení kapek rosy, nebo je do konstrukce zafoukaná dešťová voda. Problémy s vlhkostí mohou nastat i při zateplení starých, špatně izolovaných budov. Ve všech těchto případech dochází ke snížení tepelně izolačních vlastností izolantu, a to až o 40 %. V tuto chvíli je nezbytné, aby byla správně provedena provětrávaná mezera a proud vzduchu mohl rychle odvést vlhkost mimo konstrukci.

Pro správné fungování provětrání je nutné zajistit mezeru tloušťky min 30–40 mm a to po celé výšce fasády. U ostění, nadpraží a dalších detailů lze uvažovat s mezerou min. 20 mm. Otvory pro přívod a odvod vzduchy musí mít průřezovou plochu min. 50 cm<sup>2</sup>/m. Pro bezchybné fungování fasády je nutné, aby byly tyto hraniční hodnoty dodrženy po celý rok. Především v místech s větším množstvím sněhu, může dojít k omezení nebo případně i k úplnému zamezení přiváděného vzduchu. Přiváděcí otvory proto umístíme nad sokl, aby je napadaný sníh nezasypal. Dále se doporučuje opatřit tyto otvory mřížkou proti vniknutí škůdců.[16] [7]

Jako izolační materiály pro tento druh zateplení se používají všechny měkké vláknité izolace v rolích či foukané. Jsou to například tyto:

- Minerální vlna (skelná, kamenná) - Nejčastěji používaná
- sláma
- konopí
- len
- ovčí vlna

**Výhody:**

- dobré tepelně izolační vlastnosti
- možné použití na objekty s vyšší vlhkostí
- možnost instalace i za mrazu (suchá montáž)
- životnost

- omyvatelnost (dle použitého pohledového materiálu)
- snadná údržba a opravitelnost (možná demontáž nebo výměna poškozené části, bez poškození fasády)
- umožňuje změnu tloušťky tepelné izolace bez změny vzhledu[7]

- Nevýhody:**
- náchylnější na vznik tepelných mostů
  - vyšší pracnost zejména u členitých plášťů, při řešení detailů (např. opláštění oken)
  - vyšší cena je způsobena náročnější pracností a závisí na použitém typu obkladového izolačního materiálu
  - u průvzdušných typů tepelné izolace (např. minerální vlna) je nutno mezi odvětrávanou vrstvou a tepelnou izolaci aplikovat také vrstvu difúzní fólie z důvodu zabránění vniknutí venkovního chladného vzduchu do tepelné izolace)
  - náročnější na údržbu
  - problematické řešení atypických detailů[7]

### **Technologický postup provádění:**

Než se začne samotnou montáží, musí být zkontrolována rovnost fasády a určeno nejvíce vystouplé místo na fasádě. Podle výsledné nerovnosti tohoto místa a rohu fasády se musí rozhodnout o použití správných délek konzol a případných rektifikací. Podle kotevního plánu se na rozích fasády vytyčí jednotlivé řady konzol. Dolní řada konzol se vytyčí pomocí nivelačního přístroje. Odměří se vzdálenost rohových konzol, spojí se barvící šňůrou a prokreslí se řady na fasádu. Na rozkreslené linie se připevní konzole kotevními šrouby. Na krajních svislých řadách se vytyčí pomocí olovnice či laserové techniky svislice. Podle svislice se vynesené body na konzolách spojí ve vodorovném směru drátem. Tak se vytyčí rovina pro osazení profilů Z50. Profil Z 50 se posadí na nosné konzoly a zkontroluje, zda mají správnou polohou vůči drátům. Ke každé konzole se připevní dvěma samovrtnými šrouby. Vzdálenost čelní pásnice Z50 a čela konzoly nesmí být více jak 30mm. Profily Z50 se napojují přesahy.[17]

Když máme tento rošt hotový, po celé fasádě začneme pokládat tepelnou izolaci. Na podklad se izolace kotví zatloukacími fasádními hmoždinkami. Hmoždinky musí být kotveny až do únosné vrstvy. Doporučené množství hmoždinek je  $6 \text{ ks/m}^2$ .

Poté položíme pojistně hydroizolační a vzduchotěsnou vrstvu, která účinně propouští vodní páry. Fólie se připevňuje na stěnu ve svislých páslech. Na pásnice

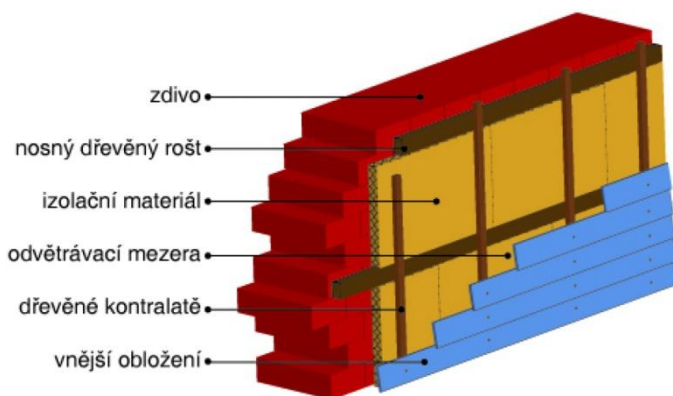


Z profilů se nalepí oboustranně lepicí páska. Role fólie se postupně odmotává na tepelnou izolaci a lepí se k páskám. U paty stěny se fólie při kotví přítlačnou lištou.[17]

Následně se provede montáž svislých profilů OM80. Montáží svislých prvků se zamezí strhnutí fólie větrem. OM profily se připevní dle plánu. Omega profily musí být vždy na místě, kde se bude v dalším kroku šroubovat deska. Musí být dodržena svislost a osová vzdálenost podle plánu. OM profily, které jsou umístěny pod spárou obkladové desky, musí být s plechu s povrchovou úpravou. Spoj OM profilů je prováděn pomocí napojovacího prvku 100 dlouhého a barevně stejného. Spoje musí být provedeny vždy mimo nosný rošt, aby spojovaná část nevytlačovala "OMEGA" profil pryč z fasády. Spojovací "OMEGA" profil je vždy ukládán do spodní části hlavních profilů. Kotvení je prováděno samovrtnými pozinkovanými šrouby.[17]

Po každých 9 metrech délky je třeba provést dilatační napojení s přerušením 10mm. Spoj se provádí stejně jako spoj na pevně, akorát kotvení probíhá pouze do jednoho liniového prvku.

Když dokončíme montáž profilů "OMEGA", začneme si připravovat fasádní pohledové desky. Desky připevňujeme ze spodu nahoru podle montážního plánu. Dbáme na spáry mezi deskami (min. 8mm), a desky šroubujeme. Většina spojů jsou dilatační-mají určitou rezervu. [17]



Obrázek 16 Provětrávaný zateplovací systém [7]

### Chyby při provádění

Vady a poruchy vznikají špatně zvoleným zateplovacím systémem, nevhodným použitím tepelné izolace, nerespektováním provedení konstrukčních detailů a nevhodným návrhem a provedením mechanického kotvení.

- Příliš malá tloušťka vzduchové mezery (nejvíce kritická místa jsou detaily-parapety, nadpraží oken, oplechování atiky)
- Špatné řešení odváděcích a přiváděcích otvorů ve vzduchové mezeře (umístění, velikost plochy, uzavření otvoru mřížkou)
- Vzájemná koordinace řemesel na stavbě
- Nebezpečí vzniku trhlin na fasádních tmavých obkladových deskách
- Nekvalitní materiál (například keramické prvky s vysokou nasákavostí)
- Neošetřování zejména přírodních materiálů[18]

### **Poruchy provětrávaného zateplovacího systému**

U již zrealizovaných provětrávaných fasád se nejčastěji můžeme setkat s chybným řešením detailů. Největším problémem je nedodržení minimálních ploch větracích otvorů nebo jejich úplná absence. Často se poruch objevují v takových místech, jakými jsou parapety, nadpraží oken nebo u oplechování atik. Na první pohled se však zdá být vše v pořádku, nehledě na to, že vzduch se do konstrukce fasády může dostat i jinými otvory. Ty však nezaručí nutné proudění vzduchu, což má za následek snižování tepelně izolačních vlastností a celkové životnosti fasády.

Lze se setkat i s případy, kdy nedojde ke vzájemné koordinaci řemesel na stavbě. Vina pak nespočívá na fasádní firmě, ale na nedostatečně poučených subdodavatelích a stavebních mistrech. Např. u balkonů se stává, že jsou soklové dlaždice nalepeny až k hraně obkladových fasádních desek. V extrémních případech dělníci zasilikonují i spáry mezi soklem a fasádní deskou. V souvislosti se širokým sortimentem povrchových úprav, zejména barev, je potřeba zmínit nebezpečí vzniku vad na fasádách z tmavých obkladových desek. U těchto fasád mohou povrchové teploty v letních měsících dosáhnout až 70 °C, což klade velké nároky především na používané lepicí hmoty.

Na začátku vznikají nenápadné trhlinky, do kterých zatéká srážková voda. Ta pak urychluje především v zimních měsících destrukci desky, která v konečné fázi může vyvrcholit odlepením desky od podkladu. Pád materiálu z několikametrové výšky již představuje obrovské nebezpečí.

K uvolňování lepených obkladů může dojít také v důsledku nevhodně zvolené technologie. Mezi pochybení při realizaci provětrávaných fasád lze ještě zařadit nekvalitní materiál. Příkladem mohou být nedostatečně ošetřené keramické prvky, které se vyznačují vysokou nasákavostí. Po několika zmrazovacích cyklech dochází k typickému poškození – odprýsknutí vrchní části prvku. V zimních měsících může dokonce na povrchu vykristalizovat posypová sůl. Především přírodní materiály jako je

např. dřevo je nutné pravidelně ošetřovat. Již po několika málo letech tyto materiály ztrácí své ošetření z výroby a bez náležité péče se rychle zkracuje délka jejich životnosti.

Při realizaci provětrávaných fasád by se měl klást důraz na bezchybné řešení detailů. Často maličkosti pak negativně ovlivní celou funkčnost fasády. Bez vzájemné koordinace jednotlivých řemesel dochází k dalším zbytečným chybám, kterým bychom se měli vyvarovat. Napravování chyb bývá vždy velmi problematické a finančně náročné.[18]

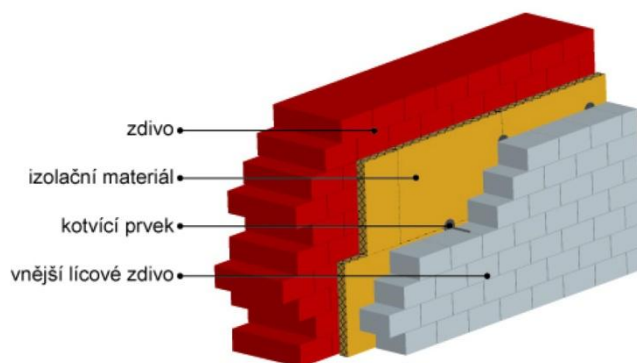
### **3.1.3 Sendvičový zateplovací systém**

Princip tepelné izolace formou sendvičové konstrukce spočívá ve vrstvení materiálů s různými tepelně izolačními vlastnostmi. Velice častý způsob je vrstvení nosná zeď + tepelně izolační vrstva + (odvětrávací mezera) + vnější samonosná přizdívka. Někdy je sendvičový systém doplněn i o odvětrávanou mezeru. Rozdělením na část nosnou a část tepelně izolační umožňuje optimalizovat konstrukci stěn a dosáhnout tak vysokých hodnot tepelného odporu, akumulární schopnosti zdiva i zvukové izolace.[7]

- výhody:
- dobré tepelně i zvukově izolační vlastnosti
  - možnost aplikace více izolačních vrstev
  - protipožární odolnost
  - životnost
- nevýhody:
- vyšší pracnost a technologická náročnost a s tím souvisí i vyšší cena
  - řešení bez provětrávané mezery je náchylnější na kondenzaci vodní páry

#### **Technologický postup provádění**

Tloušťka zdiva a tepelně-technické vlastnosti jsou závislé na kvalitě a tloušťce použitého materiálu. Konstrukcí vrstvené stěny je možné se dostat až na tepelně technické vlastnosti vhodné pro nízkoenergetické domy. Je nutné klást důraz nejen na parametry a složení průběžné stěny, ale mít vyřešeny i detaily otvorů, jako jsou ostění, parapety a nadpraží.



Obrázek 17 Sendvičový zateplovací systém [7]

Nejprve se vyzdí hlavní nosná konstrukce. Poté se na lepidlo připevní izolační desky např. s minerální vlny, z pěnového polystyrenu nebo z některého přírodního materiálu. Na izolant se nanese vrstva stěrky a na stěrku se vloží armovací tkanina tzv. "Perlinka". Poté se pomocí kotvících šroubovacích hmoždinek připevní vnější obklad nebo se vytvoří vnější lícové zdivo, které se kotví různými kotvícími prvky

### 3.1.4 Tepelně-izolační omítka

Jedná se o speciální omítkové hmoty, které jsou vylehčeny izolačními hmotami (např. granulami z pěnového polystyrenu, perlitu apod.). Většinou jednovrstvé sanační omítky s hydrofobními nebo hydrofilními účinky s velmi nízkou objemovou hmotností a tepelně izolačními vlastnostmi. Překonávají několikanásobně požadavky směrnice WTA a navrhují se v extrémních případech sanace pod úroveň terénu, případně v povodňových oblastech. Jedním z reprezentantů této technologie je například sanační tepelně-izolační omítka NANOSAN, případně NANOTHERM. [19]

Výrazně se odlišují od ostatních sanačních omítek díky těmto přednostem:

- jsou velmi lehké, což znamená úsporu financí za dopravu a manipulaci, protože díky velmi nízké objemové hmotnosti 380 Kg/m<sup>3</sup> postačí pouhých 7 Kg/m<sup>2</sup> omítky při tloušťce 20 mm.
- Mají v porovnání s klasickou omítkou 17x vyšší tepelně-izolační vlastnosti, což znamená, že šetří až 40% nákladů na vytápění. Hodnota součinitele tepelné vodivosti <0,07 W/mK, díky které 20 mm tepelně-izolační omítky nahradí svými vlastnostmi 16 mm polystyrenu. Vzniká tak energetická sanace, u které můžeme spočítat dobu návratnosti za vynaloženou investici. Je to tzv. aktivní, chytrá omítka, která svojí

přidanou hodnotu bude v porovnání s jakoukoliv jinou sanací přinášet každý rok pravidelnou finanční úsporu.

- dvojnásobná kapacita pórů zvyšuje životnost omítky, protože soli se mohou v pórech omítek ukládat mnohem delší dobu
- mají velmi nízký dynamický modul pružnosti E, proto tato omítka eliminuje vznik prasklin a smršťovacích trhlin, čemuž se dosud v povodňových oblastech nedalo vyhnout. [19]

**Výhody:** - tvoří souvislou obálku bez tepelných mostů a s určitou tepelnou akumulací

- vykazují určitou požární odolnost
- lepší tepelně izolační vlastnosti než klasická omítka
- paropropustnost
- vhodná pro zateplení historických budov
- nižší pracnost
- možná strojní aplikace[7]

**Nevýhody:** - horší tepelně izolační vlastnosti v porovnání s ostatními konstrukčními řešeními

- Oproti kontaktním nebo provětrávaným zateplovacím systémům mají při stejné tloušťce podstatně vyšší hodnoty součinitelů prostupu tepla (více jak dvojnásobně). Jejich tloušťka je navíc technologicky omezena (max. 50 ÷ 60 mm).
- náročnější příprava podkladu
- omezení klimatickými podmínkami (mokrý proces)
- kvalita provedení závisí také na zpracování maltové směsi[7]

### **Technologický postup provádění:**

Tepelně-izolační omítky se na fasádu nanášejí strojně nebo ručně v tloušťce 20-40 mm. Při větších tloušťkách se omítka stříká na 2-3 vrstvy postupně na sebe. Tepelně-izolační omítka se nahazuje přímo na zdivo, které je opatřeno vápeno-cementovým přednáštříkem (tzv. "špritzem"). Při nahazování větší tloušťky omítky na fasádu doporučují osadit před aplikací omítky soklový LOS profil v tloušťce omítky.

Nahozená omítka musí projít procesem vyschnutí a vyzrání tj. 2mm/1den za optimálních letních teplot. Tepelně-izolační omítka je hodně pórovitá, takže vysychá rychleji než běžné vápeno-cementové omítky. Zbytkovou vlhkost zjistíte vlhkoměrem.

Na termoomítku se poté nanáší povrchová úprava ve formě:

- štuková omítka + fasádní nátěr
- stěrkový tmel s perlínkou + penetrace + pastovitá omítka [19]

### 3.2 Vnitřní zateplení

Vnitřní zateplení může být provedeno dvěma způsoby. Nejrozšířenější možností je obalit zevnitř všechny stěny, včetně ostění oken a zatažení izolace až pod okenní rám. Aby došlo ke zlepšení izolačních vlastností domu v rozích je možné ve styku s příčkami vytvořit šikmé náběhy z tepelné izolace. Vnitřní zateplení je daleko méně účinné z toho důvodu, že tepelně-izolační vrstvou procházejí jako tepelné mosty příčky a vnitřní nosné konstrukce. Další možností je postavit nový dům v domě. Tento způsob je možno použít pouze v tom případě, že lze vybourat všechny vnitřní konstrukce i se stropy, postavit nové a vynechat mezeru cca 25 cm pro tepelnou izolaci. [22]

V některých případech se nedá vnější zateplovací systém použít, a to zejména pokud se jedná o památkově chráněnou fasádu, v případě řadových staveb, kdy je společná zeď pro dva sousední byty. Dalším důvodem je, že zeď se nachází pod úrovní terénu a je tedy zvenčí nepřístupná, anebo je dům postaven na hranici pozemku.[22]

Při provádění vnitřního zateplení je důležité zajistit, aby nedocházelo ke kondenzaci vlhkosti v rozích místností, a proto je třeba vytvořit návaznost mezi tepelnou izolací obvodových a vnitřních konstrukcí zaizolováním podlahy, napojení na izolaci stěny a vytvoření šikmých náběhů. Kritickými místy jsou okenní konstrukce a záhlaví trámů a jejich napojení na izolace, kde je vlivem kondenzace vlhkosti vysoké riziko uhnívání.[22]

Vnitřní zateplení je méně výhodné než zateplení z vnější strany z následujících důvodů:

- ke kondenzaci vodní páry dochází uvnitř konstrukce
- špatně řešitelné tepelné mosty (netvoří souvislou obálku objektu, tepelné mosty zůstávají v místech navazujících vnitřních konstrukcí)
- promrzání a vlhnutí vnějšího zdiva
- možnost mechanického poškození izolace
- při provádění dochází k omezování provozu uvnitř budovy[22]

- výhody:
- nevyžaduje lešení nebo závěsnou lávku při realizaci (nízká cena)
  - realizace není závislá na počasí (možnost provádění celý rok)
  - často jediná možnost zateplení historických budov
  - umožňuje zateplení části stěny, pouze problematické místnosti [22]

### 3.3 Shrnutí

Tato kapitola obsahuje celkové shrnutí druhů tepelných izolací vybrané do vícekritériální analýzy. Jsou to tyto izolace: Kontaktní zateplovací systém, provětrávaný zateplovací systém, tepelně izolační omítka a sendvičový zateplovací systém. Shrnutí popisuje jejich výhody popřípadě nevýhody a nejdůležitější vlastnosti.

#### **Kontaktní zateplovací systém**

- nejrozšířenější zateplovací systém
  - bez jakékoliv vzduchové mezery
  - jednoduché a účinné, maximálně využívají izolační hmoty a eliminují tepelné mosty
  - levnější než provětrávané izolační systémy
  - je možno je aplikovat i pod úrovní terénu, ale pouze extrudovaný polystyren (XPS)
  - celistvé zateplení plochy po celém obvodu pláště budovy bez rizika vzniku tepelných mostů
- 
- nejsou vhodné pro objekty s vysokou vnitřní vlhkostí
  - realizace je závislá na povětrnostních podmínkách
  - vysoké nároky na kvalitu provedení včetně přípravné fáze

#### **Provětrávaný zateplovací systém**

- volný prostor mezi předsazenou vrstvou a tepelnou izolací připevněnou na obvodovou stěnu
- vhodné jako dodatečné zateplení budov s vyšší vnitřní vlhkostí nebo pro budovy jejichž fasáda se obkládá deskovým materiálem
- technicky a časově náročnější
- pro správné fungování provětrání je nutné zajistit mezeru tloušťky min 30-40 mm a to po celé výšce fasády

### **Sendvičový zateplovací systém**

- vrstvení materiálu s různými tepelně izolačními vlastnostmi
- vrstvení je nejčastěji: nosná zeď+tepelně izolační vrstva+(odvětrávací mezera)+vnější samonosná přizdívka
- možnosti aplikace více izolačních vrstev
- velmi dobrá životnost
- vysoké hodnoty tepelného odporu a akumulární schopnosti zdiva i zvukové izolace
- velmi dobrá protipožární odolnost
- vyšší pracnost a technologická náročnost
- vysoká cena
- bez provětrávané mezery je náchylnější na kondenzaci vodní páry

### **Tepelně - izolační omítka**

- velmi nízká objemová hmotnost (velmi lehké)
- sanace pod úrovní terénu, popř. v povodňových oblastech
- 17x vyšší tepelně - izolační vlastnosti než klasická omítka
- dvojnásobná kapacita pórů zvyšuje životnost omítky
- eliminuje vznik prasklin a smršťovacích trhlin díky velmi nízkému dynamickému modulu pružnosti  $E$

### **3.3.1 Kritéria pro porovnání**

V této kapitole jsou podrobněji popsány dvě kritéria pro porovnání nevhodnějšího druhu zateplení. Prvním kritériem je životnost a druhým je náročnost provedení.

#### **Životnost (jak dlouho opatření vydrží, za předpokladu kvalitního provedení)**

Pokud má být dosažena dlouhodobá životnost a trvanlivost zateplení a ostatních systémů, musí se mimo jiné užívat systémy, u nichž je zajištěno optimální spolupůsobení jednotlivých součástí. Jde zejména o to, aby byla zabezpečena:

- Odolnost proti vzniku a působení trhlin-zabezpečuje neporušení vnějšího souvrství
- Odolnost proti vodě při vysoké propustnosti pro vodní páry - nedovolí degradaci vnějšího souvrství
- Odolnost proti rázu - brání mechanickému poškození systému



Opravdovou životnost zateplovacích systémů nebyl schopen nikdo zatím stanovit jednoznačně. V zahraničí (ve Švýcarsku, Rakousku, Německu) je ověřená životnost 30 let (u kvalitních a dobře provedených systémů).

V ČR Cech pro zateplování uvádí obvyklou životnost kontaktních zateplovacích systémů kolem třiceti let. V ekonomických výpočtech se uvažuje životnost přibližně 25 - 30 let. Při dobře provedeném a řádně udržovaném zateplovacím systému se dá předpokládat jeho životnost do třiceti let.

Životnost zateplené fasády může prodloužit:

- správný návrh zateplení včetně všech detailů
- správná realizace
- správná následná údržba

### **Technologická náročnost provedení**

U kontaktního zateplovacího systému se musí přísně dodržovat technologické kázně, při použití nevhodné povrchové úpravy může dojít v konstrukci ke kondenzaci. Omezení realizace při špatných klimatických podmínkách je dáno dílčím mokřým procesem.

U bezkontaktního zateplovacího systému mokřý proces odpadá a tím se může vyloučit omezení realizace při různých klimatických podmínkách. Lze provádět i na vlhnoucí zdivo a má vysokou životnost. Nelze provádět na členitých fasádách.

Sendvičový systém je velmi pracný, při realizaci závislý na klimatických podmínkách. Pokud je sendvičové zdivo vytvořeno bez vzduchové mezery může dojít ke kondenzaci mezi izolantem a přízdívkou. Tento systém má velmi dlouhou životnost a pouhou změnou tloušťky tepelné izolace můžeme dosáhnout změny tepelně izolačních vlastností.

U tepelně-izolačních omítek lze použít běžné omítkové technologie (strojní nanášení). Pracná příprava podkladu, problém při objemových změnách a pohybech podkladu. Je závislý na klimatických podmínkách díky mokrému procesu při realizaci.

### **Požární odolnost**

Požární odolnost stavební konstrukce je schopnost konstrukce odolávat po určitou dobu vlivu požáru. Požární odolnost se udává v minutách. Ověření požární odolnosti se provádí na základě zkoušky dle příslušné normy nebo pomocí výpočtu. Pro stanovení požární odolnosti konstrukce byly zavedeny tzv. "Mezní stavy".

Třída reakce na oheň výrobku určuje, zda a jakým způsobem výrobek přispívá k šíření požáru. Tabulka tříd reakce na oheň je uvedena v kapitole 5.2. Třída reakce na oheň určuje, jestli a jakým způsobem výrobek přispívá k vývinu požáru, tzn., jak rychle hoří a kolik energie při tom vytváří. Označení třídy reakcí na oheň lze najít na etiketách mnoha stavebních výrobků a zanedlouho bude vyžadováno u všech výrobků.

Klasifikace podle vývinu kouře charakterizuje množství a rychlost tvorby kouře v podmínkách požáru. Obecně platí, že výrobky s klasifikací třídy reakce na oheň *A1* kouř téměř nevytvářejí a výrobky třídy *E* nebo *F* ho vytvářejí velice mnoho. Třídy vývinu kouře jsou *s1*, *s2*, *s3*. Čím více kouře, tím vyšší číslo (viz. Tabulka č. 1).

**Tabulka 1 Třída vývinu kouře [23]**

<b>Třída</b>	<b>Charakteristika</b>
s1	Téměř bez kouře
s2	Střední emise kouře
s3	Intenzivní emise kouře

Klasifikace podle plamenně hořících kapek posuzuje možnost vytváření plamenně hořících kapek a částic, které mohou být příčinou dalšího šíření ohně a zároveň způsobovat popáleniny kůže a jiná zranění. Materiály třídy *A1* nevykazují žádné plamenně hořící kapky. Materiály zahrnuté ve třídách od *A2* do *E* musí být dodatečně klasifikovány podle plamenně hořících kapek a částic. Rozlišeny jsou tři třídy *d0*, *d1* a *d2*.

**Tabulka 2 Třídy plamenně hořících kapek [23]**

<b>Třída</b>	<b>Charakteristika</b>
d0	Žádné plamenně hořící kapky
d1	Málo plamenně hořících kapek / částic (obdobně jako jiskry z hořícího dřeva)
d2	Mnoho plamenně hořících kapek / částic, které mohou způsobit popáleniny kůže nebo šíření ohně

Požární odolnost je velmi důležitým kritériem při realizaci zateplovacích systémů.

## 4 VÍCEKRITERIÁLNÍ ANALÝZA VARIANT

S úlohami vícekriteriální analýzy variant se velice často setkáváme v každodenním životě a většinou si ani neuvědomíme, že se jedná o tento typ úlohy. Přitom se nemusí hned jednat o rozhodování o problémech s celospolečenskými dopady (výběrové řízení státního orgánu na velmi důležitou a drahou zakázku), ale o rozhodovací problémy, které jsou nuceni řešit jednotliví lidé, například výběr počítače pro domácí použití, výběr bankovního produktu pro uložení rodinných úspor, volba cestovní kanceláře pro zajištění dovolené, rozhodování o profesní dráze, výběr školy a směru vzdělání svých dětí, vynakládání významných částek (nákup auta, rodinného domu, apod.), ale i volba způsobu uložení volných peněžních prostředků (v souvislosti s možnými krachy bank, záložen, firem, jejichž akcie bychom chtěli držet) atd.[20]

Vícekriteriální analýza variant patří do skupiny metod pro vícekriteriální rozhodování. Na rozdíl od vícekriteriální optimalizace či vícekriteriálního programování je v modelech vícekriteriálního hodnocení variant množina variant zadána ve formě konečného seznamu variant, které jsou ohodnoceny podle jednotlivých kritérií. Toto ohodnocení může mít dvě základní formy – ohodnocení ordinální nebo kardinální. Cílem je, najít kompromisní variantu, která nejlépe vyhovuje požadavkům jednotlivých kritérií. [20]

### 4.1 Podstata vícekriteriální analýzy

Rozhodnutím v teorii vícekriteriální analýzy variant rozumíme vybrat jednu nebo více variant z množiny přípustných variant a doporučit je k realizaci. Rozhodovatel by měl při výběru variant postupovat maximálně objektivně, k čemuž mu slouží aparát různých postupů a metod analýzy variant. Někdy je možno oddělit osobu zadavatele úlohy od osoby jejího řešitele (analytika).

Účelem modelových výpočtů i v těchto situacích je buď nalezení „nejlepší“ varianty podle všech uvažovaných hledisek, vyloučení neefektivních variant nebo stanovení preferenčního pořadí variant z hlediska celého souboru kritérií, přičemž první varianta v tomto pořadí je varianta kompromisní.

Celkové hodnocení variant závisí jednak na důležitosti (preferenci) jednotlivých kritérií (interkriteriální preference), jednak na hodnocení variant- alternativ podle jednotlivých kritérií (intra-kriteriální preference). Důležité z hlediska řešení těchto úloh jsou právě typy informací o důležitosti jednotlivých kritérií a o hodnocení variant podle každého kritéria.

### **Jsou možné tyto případy:**

- **Žádná informace** – preferenční informace neexistuje – tato situace je přípustná pouze pro preference kritérií mezi sebou
- **Nominální informace** – i toto je informace přípustná pouze pro preference kritérií mezi sebou- je vyjádřena pomocí aspiračních úrovní, tj. nejhorších možných hodnot, při nichž může být varianta akceptována a rozděluje varianty podle příslušného kritéria na akceptovatelné a neakceptovatelné.
- **Ordinální informace** – tato informace vyjadřuje uspořádání kritérií podle důležitosti nebo uspořádání variant podle toho, jak jsou hodnoceny kritérium
- **Kardinální informace** - tento typ informace má kvantitativní charakter, tedy v případě preference kritérií se jedná o váhy, v případě ohodnocení variant podle kritéria o konkrétní nejčastěji číselné vyjádření tohoto hodnocení, které vlastně nezáleží na množině porovnávaných variant. Protože řada metod vícekriteriálního hodnocení variant vyžaduje kardinální informaci, mají velký význam metody, které umožňují kvantifikovat ordinální informaci

Jako nejlepší může být vyhodnocena pouze některá nedominovaná varianta, tj. taková, ke které se nenajde jiná, která by byla podle všech kritérií lepší nebo s ní rovnocenná. [20] [21]

## **4.2 Model vícekriteriální analýzy variant**

Modely vícekriteriálního rozhodování zobrazují rozhodovací problémy, v nichž se důsledky rozhodnutí posuzují podle více kritérií. Zohlednění více kritérií při hodnocení vnáší do řešení problémů obtíže, které vyplývají z obecné protichůdnosti kritérií. Kdyby totiž všechna kritéria ukazovala na stejné řešení, stačilo by pro volbu nejvhodnějšího rozhodnutí jediné z nich. Účelem modelů v těchto situacích je buď nalezení “nejlepší” varianty podle všech uvažovaných hledisek, vyloučení neefektivních variant nebo uspořádání množiny variant.[20] [21]

V modelech vícekriteriální analýzy (nebo hodnocení) variant je dána konečná množina  $m$  variant, které jsou hodnoceny podle  $n$  kritérií. Cílem je najít variantu, která je podle všech kritérií celkově hodnocena co nejlépe (variantu „optimální“ či kompromisní), případně seřadit varianty od nejlepší po nejhorší nebo vyloučit neefektivní varianty.

Máme-li hodnocení variant podle kritérií kvantifikováno, můžeme údaje uspořádat do kriteriální matice. Její prvky obsahují hodnocení všech variant podle všech kritérií. Prvky této matice nemusí být čísla. Obecný ekvivalent kriteriální matice by se dal označit termínem matice hodnot atributů variant.

Kritériální matice  $Y = (y_{ij})$ , kde prvek  $y_{ij}$  vyjadřuje hodnocení  $i$ -té varianty podle  $j$ -tého kritéria:[20] [21]

$$Y = \begin{matrix} & f_1 & f_2 & \dots & f_n \\ \begin{matrix} a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ a_m \end{matrix} & \begin{pmatrix} y_{11} & y_{12} & \dots & y_{1n} \\ y_{21} & y_{22} & \dots & y_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ y_{m1} & y_{m2} & \dots & y_{mn} \end{pmatrix} \end{matrix}$$

V matici  $Y$  sloupce odpovídají kritériím a řádky hodnoceným variantám.

Kritéria, podle nichž je vybírána nejvýhodnější varianta, dělíme podle různých hledisek.

**Podle povahy kritéria rozlišujeme na :**

- Kritéria maximalizační – při rozhodování vycházíme z toho, že nejlepší varianty podle tohoto kritéria mají nejvyšší hodnoty
- Kritéria minimalizační – opak maximalizačního kritéria, nejlepší varianty mají nejnižší hodnoty podle tohoto kritéria

**Model vícekritériální analýzy se tedy skládá ze čtyř prvků:**

- Variant rozhodnutí
- Kritérií
- Kritériální matice
- Vah kritérií

### 4.3 Stanovení vah kritérií

Stanovení vah kritérií bývá výchozím krokem analýzy modelu vícekritériální analýzy variant. Pro stanovení vah kritérií byla rozhodovatelem vybrána metoda amerického profesora matematiky Thomase L. Saatyho, kvantitativní párové srovnání tzv. Saatyho metoda.

## Saatyho metoda

Tato metoda slouží k určení vah kritérií pomocí expertního hodnocení. V níže uvedené formě lze tuto metodu použít, pokud hodnocení provádí jediný expert. Při hodnocení více experty je vhodné využít postup metody AHP.

Jde o metodu kvantitativního párového porovnávání kritérií. Pro ohodnocení párových porovnání kritérií se používá devíti bodové stupnice a je možné používat i mezistupně (hodnoty 2, 4, 6, 8):[21]

- 1 – rovnocenná kritéria  $i$  a  $j$
- 3 – slabě preferované kritérium  $i$  před  $j$
- 5 – silně preferované kritérium  $i$  před  $j$
- 7 – velmi silně preferované kritérium  $i$  před  $j$
- 9 – absolutně preferované kritérium  $i$  před  $j$

Expert porovná každou dvojici kritérií a velikosti preferencí  $i$ -tého kritéria vzhledem k  $j$ -tému kritériu zapíše do Saatyho matice  $S = (s_{ij})$ :

$$S = \begin{pmatrix} 1 & s_{12} & \dots & s_{1n} \\ 1/s_{12} & 1 & \dots & s_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1/s_{1k} & 1/s_{1l} & \dots & 1 \end{pmatrix}$$

Jsou-li  $i$ -té a  $j$ -té kritérium rovnocenná, je  $s_{ij} = 1$ , preferuje-li slabě  $i$ -té kritérium před  $j$ -tým, je  $s_{ij} = 3$ , preferuje-li silně  $i$ -té kritérium před  $j$ -tým, je  $s_{ij} = 5$ , při velmi silné preferenci  $i$ -tého kritéria je  $s_{ij} = 7$ , při preferenci absolutní dokonce  $s_{ij} = 9$ . [21]

Je-li preferováno  $j$ -té kritérium před  $i$ -tým, zapíše se do Saatyho matice převrácené hodnoty ( $s_{ij}=1/3$  při slabé preferenci,  $s_{ij}=1/5$  při silné preferenci atd.). [21]

Z toho již vyplývají základní vlastnosti Saatyho matice. Jedná se o matici čtvercovou řádu  $n \times n$  a reciproční, tj. platí, že  $s_{ij} = 1/s_{ji}$ . Prvky matice vlastně vyjadřují odhad podílů vah  $i$ -tého a  $j$ -tého kritéria. Na diagonále Saatyho matice jsou proto vždy hodnoty jedna (každé kritérium je samo sobě rovnocenné). [21]

Saaty proto navrhl několik početně velmi jednoduchých způsobů, pomocí kterých lze odhadnout váhy  $v_j$ . Nejčastěji se používá postup výpočtu vah jako normalizovaného geometrického průměru řádků Saatyho matice, postup se někdy označuje termínem “metoda logaritmických nejmenších čtverců”. [21]

Vypočteme hodnoty  $b_i$  jako geometrický průměr řádků Saatyho matice

$$b_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n s_{ij}}$$

Váhy se pak vypočtou normalizací hodnot  $b_i$

$$v_i = \frac{b_i}{\sum_{i=1}^n b_i}$$

Saatyho metodu je možné využít nejen ke stanovení preferencí mezi kritérii, ale i mezi variantami, a to pomocí analýzy původní úlohy, která je přepsána pomocí hierarchického uspořádání.[21]

## 5 VÝBĚR IZOLACE PRO KONKRÉTNÍ STAVEBNÍ OBJEKT

### 5.1 Popis objektu

Objekt byl postaven v druhé polovině šedesátých let minulého století jako jeden z objektů systémové výstavby panelových domů konstrukční soustavy T 06 B. Objekt má sedm nadzemních podlaží + podzemní instalační podlaží o nízké podchodné výšce. V 1 NP se nachází dvě bytové jednotky (3+1), v 2. - 7. NP vždy šest bytových jednotek na patře (2x 1+1, 2x 2+1 a 2x 3+1). V objektu je tedy celkem 38 bytových jednotek. [25]

Svislé nosné konstrukce jsou ze železobetonových stěnových panelů tloušťky 150 mm. Příčný nosný systém má modul 3,6 m. Obvodový plášť je tvořen parapetními křemelinovými panely tloušťky 200 mm, štítovými nosnými panely tloušťky 150 mm obloženými křemelinovými panely tloušťky 200 mm a lehkými izolačními vložkami (MIV) mezi okenními výplněmi. Obvodové stěny 1. NP jsou vyzděny z tvárnic Isostone. Stropní konstrukce jsou železobetonové tloušťky 130 mm. Konstrukční výška podlaží objektu je 2,80 m. [25]

Okna, resp. balkonové sestavy v bytech jsou většinou původní s dřevěnými rámy, část oken resp. balkonových sestav jsou nové s plastovými rámy. Okna schodišťového prostoru a okna místností domovního vybavení jsou původní s dřevěnými rámy. Malá okna sklepů resp. místností domovního vybavení jsou původní s ocelovými rámy. Hlavní vstupy jsou původní, s ocelovými rámy. [25]



Obrázek 18 Panelový dům před zateplením [25]

Střecha je plochá dvouplášťová s větranou vzduchovou vrstvou a s horním pláštěm z křemelinových desek a tvárnic. Původní hydroizolace střechy je tvořena souvrstvím asfaltových pásů. Spodní plášť střechy tvoří keramický stropní panel tloušťky 250 mm. [25]





Obrázek 19 Panelový dům před zateplením [25]

### **Problémy před zateplením**

Nejčastěji vzniklé poruchy jsou smykové nebo tahové trhliny ve styčných spárách železobetonových panelů, které vznikají nerovnoměrným sedáním objektu. Vlasové trhlinky se vyskytují téměř ve všech spárách. [25]



Obrázek 20 Svislé trhliny na panelovém domě [25]

Svislé trhliny ve styčných spárách mezi příčnými nosnými stěnami a zděným obvodovým pláštěm technického podlaží jsou dalším problémem zjištěným na objektu.

Dalším problémem jsou těsnicí styky obvodových železobetonových panelů. Vznikají trhliny mezi tmelem, vyplňuje spáry, a obvodovými panely. Zatékání vody do styků a následným vznikem plísní na vnitřní straně pláště. [25]

Na jižní fasádě se objevilo i odlupování a rozpad povrchových vrstev.

## 5.2 Kritéria pro porovnání a stanovení jejich vah

Pro porovnání byla použita tato kritéria: požární odolnost, životnost, účinnost provedení, pořizovací cena za 1 m<sup>2</sup>, technologická náročnost provedení, nutné udržovací náklady. Kritéria mají různou důležitost podle toho, z jakého pohledu jsou posuzována. Zhotovitel upřednostňuje např.: životnost, účinnost a požární odolnost naopak investor upřednostňuje spíše cenu a nutné udržovací náklady.

Kritérium požární odolnost je významné z důvodu zabezpečení požární odolnosti objektů, kdy např. polystyren je vysoce hořlavý a je nutné, aby byl v konstrukci kryt. Požární odolnost je ohodnocena dle tříd požární odolnosti.

Tabulka 3 třídy požární odolnosti [23]

Třída reakce na oheň	Vlastnosti / Jak přispívá k vývinu požáru	Druh izolačního výrobku
A1	Nehořlavé / Ne	Kamenná vlna, skleněná vlna, pěnové sklo
A2	Téměř nehořlavé / Ne	Minerální vlny s vysokou objemovou hmotností / s vysokým obsahem pojiva, lepená např. PU nebo s povrchovou úpravou
B	Velmi omezeně přispívá k vývinu požáru	Některé fenolové pěny (FP)
C	Omezeně, ale postřehnutelně přispívá k vývinu požáru	Některé pěny PU (PIR)
D	Podstatně přispívá k vývinu požáru	Většina pěn PU (PIR)
E	Značně přispívá k vývinu požáru	EPS, PU (PUR) s přidavkem retardantů
F	Jako E nebo chybějící informace	EPS bez přidavku retardantů

Kritérium účinnost provedení je určeno na základě součinitele tepelné vodivosti. Součinitel tepelné vodivosti určuje schopnost materiálu vést při dané teplotě teplo. Označuje se řeckým písmenem  $\lambda$ . Každý materiál má jiný součinitel tepelné vodivosti. Čím menší součinitel tepelné vodivosti tím materiál méně vede teplo a zateplení má vyšší účinnost.

Tabulka 4 součinitel tepelné vodivosti

Typ izolace	Součinitel tepelné vodivosti $\lambda$
EPS (Pěnový polystyren)	0,037
PUR (Polyuretan)	0,029
XPS (Vytlačovaný polystyren)	0,034

Korek	0,04
Minerální vata	0,04
Ovčí vlna	0,039
Konopí	0,04
Sláma	0,05

Jak dlouho zateplení vydrží za předpokladu kvalitního provedení je dáno kritériem nazývané životnost. Životnost zateplovacích systémů výrobci neuvádí ani není dána v žádné literatuře. Jediný údaj o životnosti je u zateplení pěnovým polystyrenem. Udává se životnost 30 let. U jiných typů izolací se životnost nikde neuvádí, proto je kritérium životnosti pouze subjektivní názor autora.

Kritérium technologické náročnosti je dáno z webových stránek výrobců jednotlivých typů tepelných izolací.

Kritérium nutných udržovacích nákladů úzce souvisí s kritériem životnosti. Pokud bude zateplení provedeno kvalitně a správně podle technologických postupů, nutné udržovací náklady nebudou tak vysoké jako při špatném provedení. V nejlepším případě zateplení provádí kvalifikovaná a certifikovaná společnost.

Cena za m<sup>2</sup> byla stanovena pomocí rozpočtu, který byl zpracován pro posuzovaný objekt a poté přepočten a jednotu m<sup>2</sup>. Rozpočet byl zpracován pro varianty Tepelně izolační omítka, kontaktní zateplovací systém - EPS a provětrávaný zateplovací systém - minerální vata, všechny zpracované rozpočty jsou uvedeny v příloze č. 3, 4 a 5. Příloha č. 3 kontaktní zateplovací systém-EPS, příloha č. 4 je provětrávaný zateplovací systém-minerální vata a příloha č. 5 je tepelně izolační omítka.

Bodové hodnocení vah je prováděno z pohledu zhotovitele. Proto jsou kritéria podle důležitosti seřazena takto: účinnost provedení, životnost, požární odolnost a pořizovací cena, technologická náročnost, nutné udržovací náklady. Pro stanovení vah kritérií byla využita Saatyho metoda (kapitola 5.2.1).

Tabulka 5 Určení významu kritérií

Označení kritéria	Kritérium	Význam kritéria
A	Požární odolnost	6
B	Životnost	7
C	Účinnost provedení (součinitel tepelné vodivosti)	8
D	Pořizovací cena (Kč/m <sup>2</sup> )	6
E	Technologická náročnost provedení	5
F	Nutné udržovací náklady	4

Devítibodové ohodnocení:

- 1 – rovnocenná kritéria  $i$  a  $j$
- 3 – slabě preferované kritérium  $i$  před  $j$
- 5 – silně preferované kritérium  $i$  před  $j$
- 7 – velmi silně preferované kritérium  $i$  před  $j$
- 9 – absolutně preferované kritérium  $i$  před  $j$

### Saatyho matice:

Označení A-F je označení pro kritéria, které jsou použity pro výběr nejvhodnějšího druhu zateplení. V této matici jsou porovnána kritéria mezi sebou. Matice byla sestavena na základě významu kritéria v předchozí tabulce. Význam kritérií je subjektivní názor autora. Číslo jedna znamená rovnocenná kritéria. Pokud je v matici číslo 3, znamená to, že kritérium ve sloupci je slabě preferované nad kritériem v řádku. Pokud je to naopak, tedy kritérium v řádku je slabě preferované nad kritériem ve sloupci bude tam číslo 1/3. Když je kritérium silně preferované je v matici číslo 5 respektive 1/5, velmi preferované je v matici číslo 7 respektive 1/7 a absolutně preferované je číslo 9 respektive 1/9.

$$S = \begin{matrix} & \begin{matrix} A & B & C & D & E & F \end{matrix} \\ \begin{matrix} A \\ B \\ C \\ D \\ E \\ F \end{matrix} & \begin{pmatrix} 1 & 1/3 & 1/5 & 1 & 3 & 5 \\ 3 & 1 & 1/3 & 3 & 5 & 9 \\ 5 & 3 & 1 & 5 & 5 & 9 \\ 1 & 1/3 & 1/5 & 1 & 3 & 5 \\ 1/3 & 1/5 & 1/5 & 1/3 & 1 & 3 \\ 1/5 & 1/9 & 1/9 & 1/5 & 1/3 & 1 \end{pmatrix} \end{matrix}$$

### Metoda logaritmických nejmenších vzorců:

Dále se musí vypočítat hodnota "b" pomocí metody nejmenších vzorců. Tato hodnota je potřebná pro výpočet jednotlivých vah kritérií. Hodnota "b" se vypočte pro každé kritérium a to tímto způsobem. Vynásobí se vždy řádek v Saatyho matici, který se dá pod šestou odmocninu. Odmocnina je šestá, protože je šest kritérií, pokud by bylo např. osm kritérií, odmocnina by byla osmá. Tímto způsobem se vypočte hodnota "b" u

každého kritéria tzn.  $b_a, b_b, b_c, b_d, b_e, b_f$ . Nejvyšší hodnota byla vypočtena u třetího kritéria, tedy i váha tohoto kritéria by měla být největší. Naopak nejmenší hodnota byla vypočtena u posledního kritéria, tedy váha posledního kritéria by měla být nejmenší. Třetí kritérium je účinnost provedení a poslední kritérium jsou nutné udržovací náklady.

$$b_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n S_{ij}}$$

$$b_a = \sqrt[6]{1 * \frac{1}{3} * \frac{1}{5} * 1 * 3 * 5} = 1$$

$$b_b = \sqrt[6]{3 * 1 * \frac{1}{3} * 3 * 5 * 9} = 2,265$$

$$b_c = \sqrt[6]{5 * 3 * 1 * 5 * 5 * 9} = 3,873$$

$$b_d = \sqrt[6]{1 * \frac{1}{3} * \frac{1}{5} * 1 * 3 * 5} = 1$$

$$b_e = \sqrt[6]{\frac{1}{3} * \frac{1}{5} * \frac{1}{5} * \frac{1}{3} * 1 * 3} = 0,487$$

$$b_f = \sqrt[6]{\frac{1}{5} * \frac{1}{9} * \frac{1}{9} * \frac{1}{5} * \frac{1}{3} * 1} = 0,234$$

### Výpočet vah kritérií:

Váhy se počítají také pro každé kritérium jednotlivě. Váhy jednotlivých kritérií se vypočítají tak, že hodnota "b" u jednotlivých kritérií se podělí součtem všech hodnot "b". Ve výpočtu vah kritérií se tedy jmenovatel nemění a mění se pouze číselník.

$$v_i = \frac{b_i}{\sum_{i=1}^n b_i}$$

$$V_a = \frac{1}{8,859} = 0,113$$

$$V_b = \frac{2,265}{8,859} = 0,256$$

$$V_c = \frac{3,873}{8,859} = 0,437$$

$$V_d = \frac{1}{8,859} = 0,113$$

$$V_e = \frac{0,487}{8,859} = 0,055$$

$$V_f = \frac{0,234}{8,859} = 0,026$$

Váha třetího kritéria je největší a váha posledního kritéria je nejmenší.

### 5.3 Vícekriteriální analýza- praktický příklad, výběr

V níže uvedených tabulkách č. 6 a 7 je vyhodnocen nejvhodnější typ izolace pro kontaktní zateplovací systém, v tabulkách č. 8 a 9 je vyhodnocen nejvhodnější typ izolace provětrávaného zateplovacího systému. Nejvhodnější typy izolací těchto zateplovacích systémů jsou dále použity v tabulkách č. 10 a 11, ve kterých se porovnává nejvhodnější zateplovací systém pro vybraný objekt. Je zde porovnána tepelně-izolační omítka, kontaktní zateplovací systém a provětrávaný zateplovací systém. Porovnání je provedeno pomocí vícekritériální analýzy.

**Požární odolnost:** jak dlouho opatření vydrží při požáru

**Životnost:** jak dlouho opatření vydrží za předpokladu kvalitního provedení

**Účinnost provedení:** účinnost je určena podle součinitele tepelné vodivosti ( $\lambda$ ).

**Požizovací cena (bez DPH):** Vypracovaná pomocí programu RTS Brno

**Technologická náročnost provedení:** kolik času, prostoru a jak velké přípravy potřebujeme na provedení jednotlivých druhů izolací

**Nutné udržovací náklady:** jsou náklady, které potřebujeme na údržbu provedeného druhu zateplení, aby byla dosažena co nejvyšší životnost.

V tabulce č. 6 jsou shrnuty informace o jednotlivých typech izolací kontaktního zateplovacího systému. Tyto informace jsou potřebné pro vyhodnocení nejvhodnějšího typu izolace kontaktního zateplovacího systému pro posuzovaný objekt. Kritérium požární odolnosti, životnosti, technologické náročnosti provedení a nutných udržovacích nákladů jsou hodnoceny bodovým systémem stejným jako ve škole (1-4). U kritéria účinnosti provedení rozhoduje hodnota součinitele tepelné vodivosti. Čím menší je hodnota součinitele tepelné vodivosti, tím lepší je účinnost provedení. U kritéria pořizovací ceny je preferována nejnižší hodnota. Cena je určena na základě výpočtů v programu RTS Brno.

**Tabulka 6 Shrnutí informací o izolačních materiálech kontaktního zateplovacího systému**

Kriteria	Význam kritérií	EPS	PUR	XPS	Korek
Požární odolnost	6	4	2	2	1
Životnost	7	3	2	3	1
Účinnost provedení	8	0,037	0,029	0,034	0,04
pořizovací cena (Kč/m <sup>2</sup> )	6	1093	1660	1395	2575
Technologická náročnost provedení	5	1	1	1	1
Nutné udržovací náklady	4	2	2	1	1

V tabulce č. 7 je provedeno porovnání tepelných izolací kontaktního zateplovacího systému pomocí vícekritériální analýzy. Váhy jednotlivých kritérií jsou vypočteny v kapitole 5.2. Pořadí je určeno z tabulky č. 6. Hodnota jednotlivých kritérií je vypočtena jako násobek váhy a pořadí. Výsledná hodnota u jednotlivých typů izolací je součet všech hodnot kritérií, každého typu izolace. Porovnáním výsledných hodnot je zjištěn nejvhodnější typ izolace kontaktního zateplovacího systému. Celková hodnota, která se nejvíce blíží k číslu jedna, je nejvhodnější.

**Tabulka 7 Porovnání izolačních materiálů kontaktního zateplovacího systému**

Kritéria	Váha	EPS		PUR		XPS		Korek	
		Pořadí	Hodnota	Pořadí	Hodnota	Pořadí	Hodnota	Pořadí	Hodnota
Požární odolnost	0,113	3	0,339	2	0,226	2	0,226	1	0,113
Životnost	0,256	3	0,768	2	0,512	3	0,768	1	0,256
Účinnost provedení	0,437	3	1,311	1	0,437	2	0,874	4	1,748
Pořizovací cena (Kč/m <sup>2</sup> )	0,113	1	0,113	3	0,339	2	0,226	4	0,452
Technologická náročnost provedení	0,055	1	0,055	1	0,055	1	0,055	1	0,055
Nutné udržovací náklady	0,026	2	0,052	2	0,052	1	0,026	1	0,026
Celkem	1		2,638		1,621		2,175		2,65

V tabulce č. 8 jsou shrnuty informace o jednotlivých typech izolací provětrávaného zateplovacího systému. Tyto informace jsou potřebné pro vyhodnocení nejvhodnějšího typu izolace provětrávaného zateplovacího systému pro posuzovaný objekt. Kritérium požární odolnosti, životnosti, technologické náročnosti provedení a

nutných udržovacích nákladů jsou hodnoceny bodovým systémem stejným jako ve škole (1-4). U kritéria účinnosti provedení rozhoduje hodnota součinitele tepelné vodivosti. Čím menší je hodnota součinitele tepelné vodivosti, tím lepší je účinnost provedení. U kritéria pořizovací ceny je preferována nejnižší hodnota. Cena je určena na základě výpočtů v programu RTS Brno.

**Tabulka 8 Shrnutí informací o izolačních materiálech provětrávaného zateplovacího systému**

Kritéria	Význam kritérií	Minerální vata	Ovčí vlna	Konopí	Sláma
Požární odolnost	6	1	2	3	3
Životnost	7	1	1	2	3
Účinnost provedení	8	0,04	0,039	0,04	0,05
pořizovací cena (Kč/m <sup>2</sup> )	6	2589	2647	2710	2540
Technologická náročnost provedení	5	1	1	1	2
Nutné udržovací náklady	4	2	2	2	3

V tabulce č. 9 je provedeno porovnání tepelných izolací provětrávaného zateplovacího systému pomocí vícekritériální analýzy. Váhy jednotlivých kritérií jsou vypočteny v kapitole 5.2. Pořadí je určeno z tabulky č. 8. Hodnota jednotlivých kritérií je vypočtena jako násobek váhy a pořadí. Výsledná hodnota u jednotlivých typů izolací je součet všech hodnot kritérií, každého typu izolace. Porovnáním výsledných hodnot je zjištěn nejvhodnější typ izolace provětrávaného zateplovacího systému. Celková hodnota, která se nejvíce blíží k číslu jedna, je nejvhodnější.

**Tabulka 9 Porovnání izolačních materiálů provětrávaného zateplovacího systému**

Kritéria	Váha	Minerální vata		Ovčí vlna		Konopí		Sláma	
		Pořadí	Hodnota	Pořadí	Hodnota	Pořadí	Hodnota	Pořadí	Hodnota
Požární odolnost	0,113	1	0,113	2	0,226	3	0,339	3	0,339
Životnost	0,256	1	0,256	1	0,256	2	0,512	3	0,768
Účinnost provedení	0,437	1	0,437	3	1,311	2	0,874	4	1,748
Pořizovací cena (Kč/m <sup>2</sup> )	0,113	2	0,226	3	0,339	4	0,452	1	0,113
Technologická náročnost provedení	0,055	1	0,055	1	0,055	1	0,055	2	0,11
Nutné udržovací náklady	0,026	2	0,052	2	0,052	2	0,052	3	0,078
Celkem	1		1,139		2,239		2,284		3,156



V tabulce č. 10 je porovnávána tepelně-izolační omítka s kontaktním a provětrávaným zateplovacím systémem. Typ izolace u kontaktního zateplovacího systému je určen podle výsledků z tabulky č. 7. Typ izolace u provětrávaného zateplovacího systému je určen podle výsledků z tabulky č. 9. Jsou zde shrnuty informace o jednotlivých zateplovacích systémech. Tyto informace jsou potřebné pro vyhodnocení nejvhodnějšího druhu zateplení pro posuzovaný objekt. Kritérium požární odolnosti, životnosti, technologické náročnosti provedení a nutných udržovacích nákladů jsou hodnoceny bodovým systémem stejným jako ve škole (1-4). U kritéria účinnosti provedení rozhoduje hodnota součinitele tepelné vodivosti. Čím menší je hodnota součinitele tepelné vodivosti, tím lepší je účinnost provedení. U kritéria pořizovací ceny je preferována nejnižší hodnota. Cena je určena na základě výpočtů v programu RTS Brno.

**Tabulka 10 Shrnutí informací o vybraných zateplovacích systémech**

Kriteria	Význam kritérií	Tepelně-izolační omítka	Kontaktní zateplovací systém-PUR	Provětrávaný zateplovací systém-Minerální vata
Požární odolnost	6	1	3	2
Životnost	7	15	50	50
Účinnost provedení	8	0,12	0,029	0,04
pořizovací cena (Kč/m <sup>2</sup> )	6	1402	1660	2589
Technologická náročnost provedení	5	1	2	3
Nutné udržovací náklady	4	3	2	1

V tabulce č. 11 je provedeno porovnání tepelně-izolační omítky, kontaktního zateplovacího systému s typem izolace PUR a provětrávaného zateplovacího systému s typem izolace minerální vata. Porovnání je provedeno pomocí vícekritériální analýzy. Váhy jednotlivých kritérií jsou vypočteny v kapitole 5.2. Pořadí je určeno z tabulky č. 10. Hodnota jednotlivých kritérií je vypočtena jako násobek váhy a pořadí. Výsledná hodnota u jednotlivých zateplovacích systémů je součet všech hodnot kritérií, každého zateplovacího systému. Porovnáním výsledných hodnot je zjištěn nejvhodnější zateplovací systém pro vybraný objekt. Celková hodnota, která se nejvíce blíží k číslu jedna, je nejvhodnější.

Tabulka 11 Výběr nejvhodnějšího zateplovacího systému pro posuzovaný objekt

Kritéria	Váha	Tepelně-izolační omítka		Kontaktní zateplovací systém-PUR		Provětrávaný zateplovací systém-Minerální vata	
		Pořadí	Hodnota	Pořadí	Hodnota	Pořadí	Hodnota
Požární odolnost	0,113	1	0,113	3	0,339	2	0,226
Životnost	0,256	2	0,512	1	0,256	1	0,256
Účinnost provedení	0,437	3	1,311	1	0,437	2	0,874
Požizovací cena (Kč/m <sup>2</sup> )	0,113	1	0,113	2	0,226	3	0,339
Technologická náročnost provedení	0,055	1	0,055	2	0,11	3	0,165
Nutné udržovací náklady	0,026	3	0,078	2	0,052	1	0,026
Celkem	1		2,182		1,42		1,886

Z vypočtených hodnot v tabulce č. 11 vyplývá, že nejvhodnější zateplovací systém pro vybraný objekt je kontaktní zateplovací systém s tepelnou izolací PUR.

### Skutečně provedená opatření u vybraného objektu

U vybraného objektu byl aplikován kontaktní zateplovací systém a jako izolace byl použit polystyren EPS (pěnový polystyren). Přestože pěnový polystyren vykazuje nižší účinnost (součinitel tepelné vodivosti je 0,037) než polyuretan (součinitel tepelné vodivosti je 0,029), investorem byl zvolen EPS (pěnový polystyren) z důvodu nižší ceny. Snížení tepelných ztrát se projevilo ihned po zateplení v následující topné sezoně, kdy podle informací od investora klesly náklady na vytápění zhruba o třetinu. Důkazem účinnosti zateplení je i protokol k energetickému štítku obálky budovy. Původní stav uvádí měrnou ztrátu konstrukce prostupem tepla 3136,67 W/K (viz. Příloha č. 1) a stav po provedení kompletního zateplení uvádí měrnou ztrátu konstrukce prostupem tepla 1744,07 W/K (viz. Příloha č. 2). Došlo také ke zlepšení klimatického prostředí v bytech, jelikož bylo zcela zamezeno pronikání vody do konstrukce domu a tím byla i odstraněna plíseň z vnitřní strany pláště. [25]

Vzhledem k tomu, že zateplení vybraného objektu bylo provedeno již před šesti lety a dosud se neprojevily žádné poruchy konstrukcí a náklady na vytápění klesly, považují toto opatření za dostačující. Současný stav konstrukcí, nízké náklady na vytápění, klimatická pohoda a nepronikání hluku z vnějšího prostředí do bytů to dokazují.

### **Přípravné práce**

Vzhledem k celkovému poškození budovy byly narušené povrchové vrstvy odstraněny otryskáním a místa s větší nerovností povrchu byla vyrovnána vápenocementovou maltou. Dále byla provedena injektáž stabilizovaných trhlin velmi tekutým epoxidovým lepidlem, tmelení nestabilizovaných trhlin nízkomodulovým elastomerickým tmelem.[25]

### **Provedení zateplení**

Kontaktní zateplovací plášť překryl veškeré spáry mezi panely, čímž bylo zamezeno vnikání vody do konstrukce a tím byla výrazně omezena degradace výztuže a kotevních prvků mezi panely. Jako izolace byl použit pěnový polystyren EPS. Kotvení zateplovacího systému bylo provedeno skrz vrstvu omítky až do dostatečně únosné vrstvy panelu. Kontaktní plocha mezi stávající konstrukcí a tepelným pláštěm byla ošetřena dle požadavků výrobce. Následovalo přetažení izolantu stěrkovou hmotou a vpravení armovací tkaniny. Tento podklad byl nepenetrován a nanášena finální omítka.

## 6 Závěr

V úvodu mé diplomové práce vysvětluji důvody, proč jsem si zvolila právě téma zateplování budov a použití různých druhů zateplovacích systémů při rekonstrukcích stávajících staveb.

Ve druhé kapitole se zabývám důvody pro zateplování budov a různými hledisky pro výběr vhodné izolace. Dále podrobně popisuji základní pojmy v problematice zateplování, jako je např. přenos tepla (sálání, proudění, vedení), tepelný most, tepelná vazba, součinitel prostupu tepla, tepelný odpor konstrukce, součinitel tepelné vodivosti, průběh teplot v konstrukci. Tyto údaje mají významný vliv na výběr vhodného zateplovacího systému.

Další část mé diplomové práce je věnována různým variantám zateplovacích systémů. Podrobně zde popisuji různé druhy zateplovacích systémů, např. kontaktní zateplovací systém, provětrávaný zateplovací systém, tepelně-izolační omítka, vnitřní zateplení. Zabývám se technologickými postupy provádění jednotlivých zateplovacích systémů včetně typů tepelných izolací. Uvádím zde také chyby při provádění a poruchy vzniklé nedodržením stanovených norem. V závěru této části pak shrnuji nejdůležitější vlastnosti, výhody a nevýhody jednotlivých zateplovacích systémů a popisuji zde jednotlivá kritéria pro porovnání.

Pro porovnání jednotlivých zateplovacích systémů slouží vícekritériální analýza, kterou popisuji ve čtvrté kapitole. Tuto analýzu jsem v další části použila pro výběr nejvhodnější metody zateplení panelového domu konstrukční soustavy T 06 B ve Strakonících. V této části mé diplomové práce popisuji tento konkrétní objekt (problémy před zateplením a jejich následné řešení). Porovnáním jednotlivých kritérií jsem analýzou vyhodnotila jako nejvhodnější kontaktní zateplovací systém s tepelnou izolací PUR (pěnový polyuretan). Ve skutečnosti investor použil kontaktní zateplovací systém a jako tepelnou izolaci zvolil i přes určité nevýhody EPS (pěnový polystyren). Důvodem byla nižší cena této tepelné izolace.

## Seznam použitých zdrojů

- [1] REBUSTAV. Informace: Důvody pro zateplení domu [online]. Copyright 2015 [cit. 2015-12-20]. Dostupné z: <http://www.rebustav.cz/duvody-pro-zatepleni-domu.htm>
- [2] PAVELEK, Milan. *Termomechanika*. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2011, 192 s. ISBN 978-80-214-4300-6.
- [3] STRAUBE, John. Building science corporation. BSD-011: Thermal Control in Buildings: Buildings Science Information [online]. 07.11.2006 [cit. 2015-12-15]. Dostupné z: <http://www.buildingscience.com/documents/digests/bsd-011-thermal-control-in-buildings/>
- [4] TZB-INFO. Tepelné mosty ve stavebních konstrukcích [online]. Copyright 2001-2015 [cit. 2015-12-10]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/2526-tepelne-mosty-ve-stavebnich-konstrukcich>
- [5] IZOLACE-INFO. Technické informace, názvosloví tepelných izolací [online]. Copyright 2013 [cit. 2015-12-10]. Dostupné z: <http://www.izolace-info.cz/technicke-informace/nazvoslovi-tepelnych-informaci/>
- [6] PROZI. Průběh teplot zateplené a nezateplené konstrukce [online]. Copyright 2001-2015 [cit. 2015-12-20]. Dostupné z: <http://www.prozi.cz/cs/43-rodinne-domy-prubeh-teplot-zateplene-a-nezateplene-konstrukce.html>
- [7] ISTAVITEL. Stavba, rekonstrukce a bydlení: rady, typy [online]. Copyright 2010 [cit. 2015-11-20]. Dostupné z: [http://istavitel.cz/clanek/izolace/tepln-izolace/zpsoby-zateplen-obvodovho-plt-domu\\_81](http://istavitel.cz/clanek/izolace/tepln-izolace/zpsoby-zateplen-obvodovho-plt-domu_81)
- [8] TEPELNÁ-IZOLACE. Rady a návody [online]. Copyright 2006-2015 [cit. 2015-11-8]. Dostupné z: <http://www.tepelna-izolace.cz/technologicky-postup-pri-zatepleni-fasady.html>
- [9] ŠÁLA, Jiří., MACHATKA, Milan. *Zateplování v praxi*. přeprac. vyd. Praha: GradaPublishing, 2003, 105 s. ISBN 80-247-0224-X.
- [10] NALEZENO. Stavba a rekonstrukce: Izolace. [online]. Copyright 2015 [cit. 2015-11-8]. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/stavba/izolace/tepelne-izolace-polystyren-mineralni-vata-a-dalsi.aspx>
- [11] ČASOPIS STAVENICTVÍ. Realizace staveb, Energetická náročnost budov, Vnější úpravy budov. [online]. Copyright 2007 [cit. 2015-11-20]. Dostupné z: [http://www.casopisstavenictvi.cz/vady-zatepleny-fasad-a-jejich-priciny-ve-vztahu-k-zivotnosti-etics\\_N1884](http://www.casopisstavenictvi.cz/vady-zatepleny-fasad-a-jejich-priciny-ve-vztahu-k-zivotnosti-etics_N1884)

- [14] STŘECHY-FASÁDY-IZOLACE. Tepelná ochrana: Korek jako tepelná izolace.[online]. Copyright 2015[cit. 2015-11-20] Dostupné z: <http://www.strechy-fasady-izolace.cz/temata/tepelnaochrana/korek-jako-stavebni-izolace>
- [12] TZB-INFO.Stavba: Mechanické upevnění zateplovacích systémů.[online]. 17.12.2007 [cit. 2015-12-05] Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/4546-mechanicke-uevneni-zateplovacich-systemu>
- [13] STAVBA-TZB-INFO. Zateplovací systémy.[online]. 27.10.2014 [cit. 2015-12-10] Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/zateplovaci-systemy/7733-provadeni-zateplovacich-systemu-a-chyby-v-prakticky-ch-prikladech>
- [15] NALEZENO. Stavba a rekonstrukce: Tepelné izolace, Sláma. [online]. 05.01.2011 [cit. 2015-11-15] <http://www.nazeleno.cz/tepelne-izolace-slama-a-zkusenosti-z-praxe.aspx>
- [16] KONSTRUKCE. Opláštění a fasád: Provětrávané fasády. [online]. 03.04.2014 [cit. 2015-11-20] <http://www.konstrukce.cz/clanek/provetravane-fasady-chyby-pri-realizaci/>
- [17] VRATA-DVEŘE. Fasádní izolace. [online]. Copyright2015[cit. 2015-11-20] Dostupné z: [http://www.vrata-dvere.cz/zbozi\\_files/Fasadni-izolace-pracovni-postup-152.pdf](http://www.vrata-dvere.cz/zbozi_files/Fasadni-izolace-pracovni-postup-152.pdf)
- [18] EARCH. Stavitelství: Vlastnosti provětrávaných fasád. [online]. 29.9.2009 [cit. 2015-11-20] Dostupné z: <http://www.earch.cz/cs/vlastnosti-provetravanych-fasad>
- [19] ZATEPLENÍ FASÁD. Zateplovací systémy, zateplení termoizolační omítkou. [online]. Copyright 2011[cit. 2015-11-23] Dostupné z: <http://www.zatepleni-fasad.eu/zatepleni-fasad/zateplovaci-systemy/zatepleni-fasady-termoizolacni-omitkou/>
- [20] ŘEZNÍČKOVÁ, Anna., Vícekriteriální analýza variant, Plzeň: 2009, semestrální práce, Západočeská univerzita v Plzni. Dostupné:[http://num.kma.zcu.cz/galerie/MAB-prace/Galerie%20MAB%202009/Vicekriterialni%20analyza%20variant%20\(Reznickova\).docx](http://num.kma.zcu.cz/galerie/MAB-prace/Galerie%20MAB%202009/Vicekriterialni%20analyza%20variant%20(Reznickova).docx)
- [21] PEF-CZU. Kvantitativní podpora rozhodování: Vícekriteriální analýza variant. [online]. Copyright 2010 [cit. 2015-11-10]. Dostupné z:<http://pef.czu.cz/~BROZOVA/CASESTUDY/VAV2.html>
- [22] PERLÍK PROJEKCE. Vnitřní zateplení obvodových stěn. [online]. 17.12.2014 [cit. 2015-12-28] Dostupné z:<http://www.perlikprojekce.cz/2014/12/vnitri-zatepleni-obvodovych-sten/>

[23] ROCKWOOL. Požární bezpečnost: reakce na oheň. [online]. Copyright 2012 [cit. 2015-12-20]. Dostupné z: <http://www.rockwool.cz/kamenna-vlna/pozarni-bezpecnost/ohen/reakce-na-ohen>

[24] EKOPANELY-DŘEVOSTYVBY. Výstavba: Konopná izolace. [online]. Copyright 2008-2009 [cit. 2015-12-20]. Dostupné z:<http://www.ekopanely-drevostavby.cz/izolace/>

[25] DEK-TRADE. Popis objektu, důvody zateplování. Strakonice 2010. Průvodní a technická zpráva [cit. 2015-12-27].

## 10.2 Protokoly energetických štítků obálky budovy

Protokol k energetickému štítku obálky budovy  
původní stav

## Identifikační údaje:

Druh stavby	bytový dům
Adresa (místo, ulice, číslo, PSČ)	Máchova 902, 903, 386 01 Strakonice
Katastrální území a katastrální číslo	Strakonice č.kat. 755 915
Provozovatel, popř. budoucí provozovatel	Společenství vlastníků jednotek domu čp.902 a čp.903
Vlastník nebo společenství vlastníků, popř. stavebník	Společenství vlastníků jednotek domu čp.902 a čp.903
Adresa	Máchova 903, 386 01 Strakonice
Telefon / Email	+420 732 848 829 /

## Charakteristika budovy:

Objem vytápěné části budovy V [m <sup>3</sup> ]	7 533
Celková plocha konstrukcí obalujících vytápěnou zónu A [m <sup>2</sup> ]	2 515
Faktor tvaru budovy A/V [m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> ]	0,33
Převažující vnitřní tep. v otop. období O <sub>int</sub> [°C]	20
Vnější návrhová tep. v zimním období O <sub>e</sub> [°C]	-17

## Charakteristika energeticky významných údajů ochlazovaných konstrukcí:

Ochlazovaná konstrukce	Plocha	Součinitel prostupu tepla skladby. Při hodnocení podle ČSN EN ISO 13 370 se jedná o ekvivalentní hodnotu	Požadovaný / doporučený součinitel prostupu tepla (při hodnocení konstrukce podle ČSN EN 13 370 je zde uvedena maximální povolená / maximální doporučená tepelná ztráta)	Číselník teplotní redukce	Měrná ztráta konstrukce prostupem tepla	hodnoceno podle ČSN EN ISO 13 370 a 13 789	VYHOVUJE POŽADAVKU	VYHOVUJE DOPORUČENÍ	
	A <sub>i</sub> [m <sup>2</sup> ]	U <sub>i</sub> [W/(m <sup>2</sup> ·K)]	U <sub>N</sub> [W/(m <sup>2</sup> ·K)]	b <sub>i</sub> [-]	H <sub>Ti</sub> = A <sub>i</sub> ·U <sub>i</sub> ·b <sub>i</sub> [W/K]				
S01 Průčelní stěna	352,0	0,82	0,38	0,25	1,00	288,66	-	NE	NE
S02 Průčelní stěna MV	99,4	0,82	0,38	0,25	1,00	81,51	-	NE	NE
S03 Střít	253,6	0,51	0,38	0,25	1,00	129,35	-	NE	NE
S04 Střít MV	60,8	0,51	0,38	0,25	1,00	30,98	-	NE	NE
S05 Střít 2	52,5	1,14	0,38	0,25	1,00	59,80	-	NE	NE
S06 Stěna Isostone	39,6	0,83	0,38	0,25	1,00	32,87	-	NE	NE
S07 MIV	176,8	0,99	0,30	0,20	1,10	192,57	-	NE	NE
S08 MIV MV	7,2	0,99	0,30	0,20	1,10	7,84	-	NE	NE
S09 Střecha	362,9	0,69	0,24	0,16	1,00	250,37	-	NE	NE
S10 Strop s podl.nad ext	5,3	0,74	0,24	0,16	1,00	3,94	-	NE	NE
S11 Okna původní	380,9	2,40	1,70	1,20	1,15	1051,23	-	NE	NE
S12 Okna plast	76,1	1,40	1,70	1,20	1,15	122,49	-	ANO	NE
S13 Podlaha byty	357,5	0,69	115,96	77,30	1,00	248,34	X	NE	NE
S14 Stěna DS1	44,9	1,61	14,58	9,72	1,00	72,22	X	NE	NE
S15 Stěna DS2	29,0	1,61	9,40	6,27	1,00	46,57	X	NE	NE
S16 Průčelní stěna - schodiště	45,4	0,82	0,76	0,50	0,78	29,15	-	NE	NE
S17 Průčelní stěna - schodiště MV	10,8	0,82	0,76	0,50	0,78	6,94	-	NE	NE
S18 MIV schodiště	15,8	0,99	0,60	0,40	0,86	13,52	-	NE	NE
S19 MIV schodiště MV	7,2	0,99	0,60	0,40	0,86	6,15	-	NE	NE
S20 Okna schodiště	46,1	2,40	3,42	2,41	0,90	99,68	-	ANO	ANO
S21 Strop schodiště	30,3	1,66	1,21	0,80	0,78	44,08	-	NE	NE
S22 Střecha schodiště	15,5	0,69	0,48	0,32	0,78	8,36	-	NE	NE
S23 Podlaha schodiště	45,7	0,69	17,90	11,93	0,78	24,89	X	NE	NE
Tepelné mosty :	0,0	0,10			1,00	285,15			
<b>Celkem</b>	<b>2515,2</b>					<b>3136,67</b>			



### Protokol k energetickému štítku obálky budovy varianta I

**Identifikační údaje:**

Druh stavby	bytový dům		
Adresa (místo, ulice, číslo, PSČ)	Máchova 902, 903, 386 01 Strakonice		
Katastrální území a katastrální číslo	Strakonice	č.kat.	755 915
Provozovatel, popř. budoucí provozovatel	Společenství vlastníků jednotek domu čp.902 a čp.903		
Vlastník nebo společenství vlastníků, popř. stavebník	Společenství vlastníků jednotek domu čp.902 a čp.903		
Adresa	Máchova 903, 386 01 Strakonice		
Telefon / Email	+420 732 848 829 /		

**Charakteristika budovy:**

Objem vytápěné části budovy V [m <sup>3</sup> ]	7 533
Celková plocha konstrukcí obalujících vytápěnou zónu A [m <sup>2</sup> ]	2 515
Faktor tvaru budovy A/V [m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> ]	0,33
Převážující vnitřní tep. v otop. období Q <sub>int</sub> [°C]	20
Vnější návrhová tep. v zimním období Q <sub>e</sub> [°C]	-17

**Charakteristika energeticky významných údajů ochlazovaných konstrukcí:**

Ochlazovaná konstrukce	Plocha	Součinitel prostupu tepla skladby. Při hodnocení podle ČSN EN ISO 13 370 se jedná o ekvivalentní hodnotu	Požadovaný / doporučený součinitel prostupu tepla (při hodnocení konstrukce podle ČSN EN 13 370 je zde uvedena maximální povolená / maximální doporučená tepelná ztráta)		Číselník teplotní redukce	Měrná ztráta konstrukce prostupem tepla	hodnoceno podle ČSN EN ISO 13 370	VYHOVUJE POŽADAVKU	VYHOVUJE DOPORUČENÍ
	A <sub>i</sub>	U <sub>i</sub>	U <sub>N</sub>		b <sub>i</sub>	H <sub>Ti</sub> = A <sub>i</sub> · U <sub>i</sub> · b <sub>i</sub>			
	[m <sup>2</sup> ]	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]		[-]	[W/K]			
		(Σψ <sub>s</sub> ·ε <sub>k</sub> + Σχ <sub>i</sub> )							
S01 Průčelní stěna	352,0	0,24	0,38	0,25	1,00	84,49	-	ANO	ANO
S02 Průčelní stěna MV	99,4	0,25	0,38	0,25	1,00	24,85	-	ANO	ANO
S03 Štít	253,6	0,24	0,38	0,25	1,00	60,87	-	ANO	ANO
S04 Štít MV	60,8	0,25	0,38	0,25	1,00	15,19	-	ANO	ANO
S05 Štít 2	52,5	0,26	0,38	0,25	1,00	13,64	-	ANO	NE
S06 Stěna Isostone	39,6	0,24	0,38	0,25	1,00	9,50	-	ANO	ANO
S07 MIV	176,8	0,23	0,38	0,25	1,00	41,69	-	ANO	ANO
S08 MIV MV	7,2	0,24	0,38	0,25	1,00	1,77	-	ANO	ANO
S09 Střeška	362,9	0,69	0,24	0,16	1,00	250,37	-	NE	NE
S10 Strop s podl.nad ext	5,3	0,24	0,24	0,16	1,00	1,26	-	ANO	NE
S11 Okna původní	380,9	1,20	1,70	1,20	1,15	525,61	-	ANO	ANO
S12 Okna plast	76,1	1,40	1,70	1,20	1,15	122,49	-	ANO	NE
S13 Podlaha byty	357,5	0,69	115,96	77,30	1,00	248,34	X	NE	NE
S14 Stěna DS1	44,9	1,61	14,58	9,72	1,00	72,22	X	NE	NE
S15 Stěna DS2	29,0	1,61	9,40	6,27	1,00	46,57	X	NE	NE
S16 Průčelní stěna - schodiště	45,4	0,24	0,76	0,50	0,78	8,53	-	ANO	ANO
S17 Průčelní stěna - schodiště MV	10,8	0,25	0,76	0,50	0,78	2,12	-	ANO	ANO
S18 MIV schodiště	15,8	0,23	0,76	0,50	0,78	2,93	-	ANO	ANO
S19 MIV schodiště MV	7,2	0,24	0,76	0,50	0,78	1,39	-	ANO	ANO
S20 Okna schodiště	46,1	1,20	3,42	2,41	0,90	49,84	-	ANO	ANO
S21 Strop schodiště	30,3	1,86	1,21	0,80	0,78	44,08	-	NE	NE
S22 Střeška schodiště	15,5	0,69	0,48	0,32	0,78	8,36	-	NE	NE
S23 Podlaha schodiště	45,7	0,69	17,90	11,93	0,78	24,89	X	NE	NE
Tepelné mosty :	0,0	0,05			1,00	83,05			
<b>Celkem</b>	<b>2515,2</b>					<b>1744,07</b>			

Č	Kód	Zkrácený popis	M.j.	Množství	Jedn. ot. cena (Kč)	Náklady (Kč)		
						Dodávka	Montáž	Celkem
	<b>6</b>	<b>Úpravy povrchů, podlahy a osazování výplní otvorů</b>				<b>229 783,61</b>	<b>207 520,84</b>	<b>437 304,45</b>
1	60201518 7RT6	Omítka stěn tenkovrstvá weber.pas silikon	m2	1 691,70	258,50	229 783,61	207 520,84	437 304,45
	<b>62</b>	<b>Úprava povrchů vnější</b>				<b>63 397,53</b>	<b>334 608,04</b>	<b>398 005,57</b>
2	62099112 1R00	Zakrývání výplní vnějších otvorů z lešení	m2	544,30	34,61	7 495,01	11 343,21	18 838,22
3	62242149 1R00	Doplňky zatepl. systémů, rohová lišta s okapničkou	m	463,29	85,20	16 687,71	22 784,60	39 472,31
4	62242149 2R00	Doplňky zatepl. systémů, okenní lišta s tkaninou	m	840,92	77,10	23 478,49	41 356,44	64 834,93
5	62242149 3R00	Doplňky zatepl. systémů, dilatační lišta s tkan.	m	41,18	230,00	7 446,17	2 025,23	9 471,40
6	62242149 4R00	Doplňky zatepl. systémů, podparapetní lišta s tkan	m	312,60	75,70	8 290,15	15 373,67	23 663,82
7	62248121 1R00	Montáž výztužné sítě (perlinky) do stěrky-stěny	m2	1 785,69	121,51	0,00	216 979,19	216 979,19
8	62248129 1R00	Montáž výztužné lišty rohové a dilatační	m	707,02	35,00	0,00	24 745,70	24 745,70
	<b>713</b>	<b>Izolace tepelné</b>				<b>6 987,14</b>	<b>262 850,61</b>	<b>269 837,75</b>
9	71313113 1R00	Izolace tepelná stěn lepením	m2	219,17	94,30	6 987,14	13 680,59	20 667,73
10	71313115 3R00	Montáž izolace na tmel a hmožd.6 ks/m2, beton	m2	1 566,52	157,49	0,00	246 711,23	246 711,23
11	71339119 2R00	Těsnění spojů trvale plastickým tmelem	m	76,36	16,20	0,00	1 237,03	1 237,03
12	71312111 8RT1	Těsnění těsnící páskou	m	76,36	16,00	0,00	1 221,76	1 221,76
	<b>781</b>	<b>Obklady (keramické)</b>				<b>0,00</b>	<b>55 638,24</b>	<b>55 638,24</b>
13	78110112 1R00	Provedení penetrace podkladu - práce	m2	3 477,39	16,00	0,00	55 638,24	55 638,24
	<b>94</b>	<b>Lešení a stavební výtahy</b>				<b>201 521,82</b>	<b>187 172,85</b>	<b>388 694,67</b>
14	94194104 2R00	Montáž lešení leh.řad.s podlahami,š.1,2 m, H 30 m	m2	1 952,62	51,80	19,53	101 126,19	101 145,72
15	94194129 2R00	Příplatek za každý měsíc použití lešení k pol.1042	m2	5 857,86	36,20	199 987,34	12 067,19	212 054,53
16	94194184 2R00	Demontáž lešení leh.řad.s podlahami,š.1,2 m,H 30 m	m2	1 952,62	35,80	0,00	69 903,80	69 903,80
17	94494110 3R00	Ochranné zábradlí na leš.konstrukcích, dvoutýčové	m	109,62	51,00	1 514,95	4 075,67	5 590,62
	<b>H01</b>	<b>Budovy občanské výstavby</b>				<b>0,00</b>	<b>17 387,89</b>	<b>17 387,89</b>
18	99801103 3R00	Přesun hmot pro budovy z bloků výšky do 24 m	t	80,69	215,49	0,00	17 387,89	17 387,89
	<b>H713</b>	<b>Izolace tepelné</b>				<b>0,00</b>	<b>21 779,07</b>	<b>21 779,07</b>
19	99871320 3R00	Přesun hmot pro izolace tepelné, výšky do 24 m	%	9 469,16	2,30	0,00	21 779,07	21 779,07
		<b>Ostatní materiál</b>				<b>496 186,65</b>	<b>0,00</b>	<b>496 186,65</b>
20	55392760	Lišta rohová s tkaninou 10/10 / 2,5 m	m	742,37	15,77	11 707,17	0,00	11 707,17
21	58556573	weber.pas podklad UNI podkladní nátěr	kg	304,50	74,96	22 825,32	0,00	22 825,32
22	58556630 1	Stěrková hmota	kg	321,42	14,26	4 583,45	0,00	4 583,45
23	58581697 .A	Nátěr podkladní penetrační	kg	53,57	92,96	4 979,87	0,00	4 979,87
24	63127213	Tkanina skleněná R 131 A šířka 100 cm	m2	2 053,55	16,39	33 657,68	0,00	33 657,68
25	28399901	Kotvicí technika tepelné izolace	kus	1,00	31 500,00	31 500,00	0,00	31 500,00
26	28375930	Deska fasádní polystyrenová EPS 70 F tl. 20mm	m2	58,84	30,96	1 821,69	0,00	1 821,69
27	28375932	Deska fasádní polystyrenová EPS 70 F tl. 40mm	m2	290,19	61,92	17 968,56	0,00	17 968,56
28	28375934	Deska fasádní polystyrenová	m2	72,60	92,88	6 743,09	0,00	6 743,09

		EPS 70 F tl. 60mm						
29	2837593900	Deska fasádní polystyrenová EPS 70 F tl.120 mm	m2	1 042,55	185,66	193 559,83	0,00	193 559,83
30	28376311	Deska pol. XPS tl.40mm	m2	12,41	188,28	2 336,55	0,00	2 336,55
31	28376316	Deska pol. XPS tl. 120mm	m2	39,63	564,84	22 384,61	0,00	22 384,61
32	585566301	lepící hmota	kg	5 357,07	14,26	76 391,82	0,00	76 391,82
33	585566301	vyrovnávací hmota	kg	788,07	14,26	11 237,88	0,00	11 237,88
34	63151434	Deska z minerální plsti ISOVER N tl. 20 mm	m2	1,74	80,10	139,37	0,00	139,37
35	63151436	Deska z minerální plsti ISOVER N tl. 40 mm	m2	118,13	160,08	18 910,25	0,00	18 910,25
36	63151408	Deska z minerální plsti ISOVER UNI tl. 120 mm	m2	179,20	166,55	29 845,76	0,00	29 845,76
37	63151412	Deska z minerální plsti ISOVER UNI tl. 160 mm	m2	6,11	222,61	1 360,15	0,00	1 360,15
38	28355355	Páska těsnicí expanzní Weber 15x8 mm,spára 7-12 mm	m	80,00	30,17	2 413,60	0,00	2 413,60
39	28355346	Tmel konstrukční PU	kus	10,00	182,00	1 820,00	0,00	1 820,00
						<b>Celkem:</b>		<b>2 084 834,29</b>

**příloha 3 rozpočet- kontaktní zateplovací systém- EPS**

Č	Kód	Zkrácený popis	M.j.	Množství	Jednot.	Náklady (Kč)		
		Rozměry			cena (Kč)	Dodávka	Montáž	Celkem
	<b>62</b>	<b>Úprava povrchů vnější</b>				<b>7 495,01</b>	<b>11 343,21</b>	<b>18 838,22</b>
1	620991121R00	Zakrývání výplní vnějších otvorů z lešení	m2	544,30	34,61	7 495,01	11 343,21	18 838,22
	<b>767</b>	<b>Konstrukce doplňkové stavební (zámečnické)</b>				<b>3 551 584,00</b>	<b>1 295 293,16</b>	<b>4 846 877,16</b>
2	767427111R00	Provětr.fasádaCEMBRIT(desky METRO,Al rošt,izolace,spoj.mat.)	m2	1 691,70	2 589,21	3 383 400,00	996 766,56	4 380 166,56
3	767427112R00	Ostění a nadpraží CEMBRIT vč.materiálu	m	840,92	555,00	168 184,00	298 526,60	466 710,60
	<b>94</b>	<b>Lešení a stavební výtahy</b>				<b>201 521,82</b>	<b>187 172,85</b>	<b>388 694,67</b>
4	941941042R00	Montáž lešení leh.řad.s podlahami,š.1,2 m, H 30 m	m2	1 952,62	51,80	19,53	101 126,19	101 145,72
5	941941292R00	Příplatek za každý měsíc použití lešení k pol.1042	m2	5 857,86	36,20	199 987,34	12 067,19	212 054,53
6	941941842R00	Demontáž lešení leh.řad.s podlahami,š.1,2 m,H 30 m	m2	1 952,62	35,80	0,00	69 903,80	69 903,80
7	944941103R00	Ochranné zábradlí na leš.konstrukcích, dvoutyčové	m	109,62	51,00	1 514,95	4 075,67	5 590,62
	<b>H01</b>	<b>Budovy občanské výstavby</b>				<b>0,00</b>	<b>15 059,58</b>	<b>15 059,58</b>
8	998011033R00	Přesun hmot pro budovy z bloků výšky do 24 m	t	69,89	215,49	0,00	15 059,58	15 059,58
		<b>Ostatní materiál</b>				<b>1 820,00</b>	<b>0,00</b>	<b>1 820,00</b>
9	28355346	Tmel konstrukční PU	kus	10,00	182,00	1 820,00	0,00	1 820,00
						<b>Celkem:</b>		<b>5 271 289,63</b>

**příloha 4 Provětrávaný zateplovací systém-minerální vata**

Č	Kód	Zkrácený popis	M.j.	Množství	Jednot.	Náklady (Kč)		
		Rozměry			cena (Kč)	Dodávka	Montáž	Celkem
	<b>62</b>	<b>Úprava povrchů vnější</b>				<b>1 416 757,53</b>	<b>1 087 888,22</b>	<b>2 504 645,75</b>
1	620991121R00	Zakrývání výplní vnějších otvorů z lešení	m2	544,30	34,61	7 495,01	11 343,21	18 838,22
2	622421491R00	Doplňky zatepl. systémů, rohová lišta s okapničkou	m	463,29	85,20	16 687,71	22 784,60	39 472,31
3	622421492R00	Doplňky zatepl. systémů, okenní lišta s tkaninou	m	840,92	77,10	23 478,49	41 356,44	64 834,93
4	622421493R00	Doplňky zatepl. systémů, dilatační lišta s tkan.	m	41,18	230,00	7 446,17	2 025,23	9 471,40

5	622421494 R00	Doplňky zatepl. systémů, podparapetní lišta s tkan	m	312,60	75,70	8 290,15	15 373,67	23 663,82
6	622481211 R00	Montáž výztužné sítě (perlinky) do stěrky-stěny	m2	1 785,69	121,51	0,00	216 979,19	216 979,19
7	622481291 R00	Montáž výztužné lišty rohové a dilatační	m	707,02	35,00	0,00	24 745,70	24 745,70
8	622421211 RT7	Omítka vnější tepelně izolační cemix tl. 30 mm	m2	1 691,70	1 245,28	1 353 360,00	753 280,18	2 106 640,18
	<b>781</b>	<b>Obklady (keramické)</b>				<b>0,00</b>	<b>55 638,24</b>	<b>55 638,24</b>
9	781101121 R00	Provedení penetrace podkladu - práce	m2	3 477,39	16,00	0,00	55 638,24	55 638,24
	<b>94</b>	<b>Lešení a stavební výtahy</b>				<b>201 521,82</b>	<b>187 172,85</b>	<b>388 694,67</b>
1 0	941941042 R00	Montáž lešení leh.řad.s podlahami,š.1,2 m, H 30 m	m2	1 952,62	51,80	19,53	101 126,19	101 145,72
1 1	941941292 R00	Příplatek za každý měsíc použití lešení k pol.1042	m2	5 857,86	36,20	199 987,34	12 067,19	212 054,53
1 2	941941842 R00	Demontáž lešení leh.řad.s podlahami,š.1,2 m,H 30 m	m2	1 952,62	35,80	0,00	69 903,80	69 903,80
1 3	944941103 R00	Ochranné zábradlí na leš.konstrukcích, dvoutyčové	m	109,62	51,00	1 514,95	4 075,67	5 590,62
	<b>H01</b>	<b>Budovy občanské výstavby</b>				<b>0,00</b>	<b>22 800,95</b>	<b>22 800,95</b>
1 4	998011033 R00	Přesun hmot pro budovy z bloků výšky do 24 m	t	105,81	215,49	0,00	22 800,95	22 800,95
		<b>Ostatní materiál</b>				<b>4 979,87</b>	<b>0,00</b>	<b>4 979,87</b>
1 5	58581697.A	Nátěr podkladní penetrační	kg	53,57	92,96	4 979,87	0,00	4 979,87
						<b>Celkem:</b>		<b>2 976 759,48</b>

příloha 5 tepelně-izolační omítka