



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## ÚSTAV SOUDNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF FORENSIC ENGINEERING

## ODBOR ZNALECTVÍ VE STAVEBNICTVÍ A OCEŇOVÁNÍ NEMOVITOSTÍ

DEPARTMENT OF EXPERTISE IN CIVIL ENGINEERING AND REAL ESTATE APPRAISAL

## ANALÝZA VLIVU ZATEPLENÍ NA OBVYKLOU CENU RODINNÉHO DOMU VE VYBRANÉ LOKALITĚ

ANALYSIS OF THE IMPACT OF INSULATION ON THE USUAL PRICE OF A HOUSE IN A SELECTED  
LOCATION

### DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Ing. Jakub Bulíček

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. et Ing. Zdeňka Tesařová, Ph.D.

BRNO 2019



## Zadání diplomové práce

Student:	<b>Ing. Jakub Bulíček</b>
Studijní program:	Soudní inženýrství
Studijní obor:	Realitní inženýrství
Vedoucí práce:	<b>Ing. et Ing. Zdeňka Tesařová, Ph.D.</b>
Akademický rok:	2018/19
Ústav:	Odbor znalectví ve stavebnictví a oceňování nemovitostí

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

### **Analýza vlivu zateplení na obvyklou cenu rodinného domu ve vybrané lokalitě**

#### **Stručná charakteristika problematiky úkolu:**

Navržení několika variant zateplení vybrané nemovitosti a vyhodnocení rozdílů nákladů na provozování nemovitosti před a po provedení zateplení. Součástí práce bude zhodnocení ekonomické návratnosti provedené investice a posouzení vlivu na obvyklou cenu rodinného domu.

#### **Cíle diplomové práce:**

Posouzení vlivu zateplení rodinného domu na obvyklou cenu nemovitosti a na výdaje spojené s provozem.

#### **Seznam doporučené literatury:**

BRADÁČ, A.; a kol.: Teorie a praxe oceňování nemovitých věcí, první vydání. Brno: AKADEMICKÉ NAKLADATELSTVÍ CERM, s.r.o., 2016, 790 p. ISBN 978-80-7204-930- 1.

Zákon č. 151/1997 Sb., o oceňování majetku.

Vyhláška Ministerstva financí ČR č. 441/2013 Sb., v aktuálním znění k datu odevzdání diplomové práce.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2018/19

V Brně, dne

L. S.

---

Ing. Milada Komosná, Ph.D.  
vedoucí odboru

doc. Ing. Aleš Vémola, Ph.D.  
ředitel

### ***Abstrakt***

Diplomová práce se zabývá vlivem zateplení rodinného domu na náklady spojené s vytápěním a vlivem na cenu obvyklou rodinného domu. V teoretické části diplomové práce jsou uvedeny základní pojmy o teple, tematika energetické náročnosti budov, způsoby zateplení, druhy tepelných izolací, vývoj tepelných vlastností zdiva a oceňování. V praktické části je navrženo několik variant úsporných opatření a jsou zde uvedeny výpočty tepelných ztrát stávajícího stavu i nově navržených variant. Následně je provedeno posouzení úspory energie, doba návratnosti a vliv na cenu obvyklou rodinného domu.

### ***Abstract***

The master's thesis deals with influence of the insulation of the detached house on the costs associated with heating and the effect on the usual price of detached house. In the theoretical part of the thesis are given the basic concepts of heat, the topic of energy intensity of buildings, methods of thermal insulation, types of thermal insulation, the development of thermal properties of burnt brickwork and valuation. In the practical part there are designed variants of economy measures and there are calculations of heat losses of the current state and newly proposed variants. Then follows the energy savings assessment, payback period and the effect on the price of a usual detached house.

### ***Klíčová slova***

Rodinný dům, zateplení, úspora energie, oceňování, úspora peněz.

### ***Keywords***

Detached house, insulation, energy saving, valuation, price saving.



### ***Bibliografická citace***

BULÍČEK, Jakub. Analýza vlivu zateplení na obvyklou cenu rodinného domu ve vybrané lokalitě. Brno, 2019. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/100377>. Diplomová práce o 77 s., 103 s příl. Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, Odbor znalectví ve stavebnictví a oceňování nemovitostí. Vedoucí práce Ing. et Ing. Zdeňka Tesařová, Ph.D.





### **Prohlášení**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma „ANALÝZA VLIVU ZATEPLENÍ NA OBVYKLOU CENU RODINNÉHO DOMU VE VYBRANÉ LOKALITĚ“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomové práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a/nebo majetkových a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně dne .....

.....

Podpis autora



### ***Poděkování***

Na tomto místě bych chtěl poděkovat vedoucí mé diplomové práce Ing. et Ing. Zdeňce Tesařové, Ph.D. za vstřícnost a odborné rady. Zároveň bych chtěl poděkovat celé mojí rodině za podporu při studiu a panu Ing. Novotnému za poskytnuté podklady k rodinnému domu.



# OBSAH

OBSAH	13
1 ÚVOD	16
2 ZÁKLADNÍ POJMY	17
2.1 Teplo	17
2.2 Sdílení tepla	17
2.2.1 Šíření tepla vedením	17
2.3 Součinitel tepelné vodivosti	17
2.4 Tepelný odpor konstrukce	18
2.5 Součinitel prostupu tepla	18
2.6 Obálka budovy	20
2.7 Tepelné ztráty	20
2.8 Tepelný izolant	21
2.9 Tepelný most	22
2.10 Energetická náročnost budov	22
2.10.1 Průkaz energetické náročnosti budov	23
2.10.2 Energetický štítek obálky budovy	24
2.10.3 Energetický audit	26
3 ZATEPLOVANÉ KONSTRUKCE – OBLASTI POUŽITÍ TEPELNĚ IZOLAČNÍCH MATERIÁLŮ	27
3.1 Vnitřní zateplení	27
3.2 Vnější zateplení	28
3.2.1 Provětrávaný zateplovací systém	29
3.2.2 Vnější kontaktní zateplovací systém	29
3.3 Zateplení střech	30
3.3.1 Způsoby zateplení střech	30
3.4 Izolace podlah a stropů	31
4 DRUHY TEPELNĚ IZOLAČNÍCH MATERIÁLŮ	32
4.1 Pěnový polystyren – EPS	32
4.1.1 Pěnový EPS polystyren šedý	32
4.2 Extrudovaný polystyren – XPS	33
4.3 Minerální vlna	33
4.3.1 Skelná vlna	34
4.3.2 Kamenná vlna	34
4.4 Kombinace EPS a MW	35

4.5	Polyuretan a polyizokyanurát .....	35
4.6	Expandovaný perlit.....	36
4.7	Keramzit.....	37
4.8	Pěnové sklo .....	37
4.9	Vakuové izolace.....	38
4.10	Dřevocementové desky.....	39
4.11	Konopí.....	39
4.12	Celulóza .....	40
4.13	Ovčí vlna.....	41
4.14	Sláma .....	41
5	VÝVOJ TEPELNĚ TECHNICKÝCH VLASTNOSTÍ ZDIVA Z PÁLENÝCH CIHEL .....	43
5.1	Tepelně technické a jiné vlastnosti zdiva ze současných cihelných bloků typu Therm v ČR....	44
5.2	Směry dalšího vývoje v oblasti pálených cihelných bloků.....	46
5.3	Udržitelný rozvoj.....	47
5.4	Závěr .....	49
6	OCEŇOVÁNÍ NEMOVITOSTÍ.....	50
6.1	Tržní oceňování nemovitostí .....	50
	6.1.1 Cena obvyklá.....	50
	6.1.2 Porovnávací metoda.....	50
7	VLIV PROVEDENÍ ZATEPLENÍ ZÁJMOVÉHO RODINNÉHO DOMU .....	52
7.1	Údaje o stavbě .....	52
7.2	Popis stávajícího stavu objektu .....	54
7.3	Navržené varianty zateplení .....	55
7.4	Stanovení úspory energií .....	56
7.5	Tepelné ztráty objektu .....	58
7.6	Náklady na provedení jednotlivých variant zateplení .....	60
7.7	Návratnost investic do zateplení .....	60
7.8	Vliv na cenu obvyklou.....	64
	7.8.1 Databáze rodinných domů.....	64
	7.8.2 Ocenění tržním způsobem – porovnávací metoda.....	65
8	ZÁVĚR .....	68
9	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....	70
9.1	Literatura, Právní předpisy.....	70
9.2	Ostatní zdroje.....	71
	SEZNAM TABULEK.....	73
	SEZNAM GRAFŮ.....	73

SEZNAM OBRÁZKŮ .....	74
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK.....	76
SEZNAM PŘÍLOH .....	77

# 1 ÚVOD

V současné době se stále více prohlubuje téma, jakým způsobem ušetřit na výdajích spojených s provozem nemovitosti a být tak šetrný nejen k přírodě, ale i ke svojí peněžence, protože ceny energií v současné době postupně stoupají. Existuje spousta možností, jak náklady na provoz snížit. Může se jednat o výměnu spotřebičů za úspornější, nebo úspornější zacházení s energiemi a v neposlední řadě se jedná o zateplení obálky domu.

Při optimalizaci nákladů na provoz není dobré všechno úsilí věnovat pouze zateplení obálky (i když je částí nejdůležitější), ale je potřeba sledovat více hledisek. Pro návrh koncepčně nejefektivnějšího domu v závislosti na provozních a pořizovacích nákladech jednotlivých systémů je potřeba velkého množství specialistů z různých oborů, aby jeden špatný návrh nesnižoval efektivitu druhého. Bylo by přinejmenším krátkozraké brát v úvahu pouze samotný vliv zateplení, ale mělo by se přihlížet i k dalším částem jako jsou použité stavební materiály a technické prostředky, které zabezpečují co nejefektivněji vytápěný dům. Dalším faktorem ovlivňujícím celkovou tepelnou ztrátu objektu jsou ztráty větráním. Jejich vliv je dnes například v pasivních domech eliminován pomocí rekuperační jednotky.

V teoretické části diplomové práce budou vysvětleny základní pojmy a veličiny týkající se tepla, prostupů tepla, tepelných ztrát a energetické náročnosti budov. Následovat bude kapitola věnující se seznámení s různými druhy tepelně izolačních materiálů a s oblastmi jejich použití v různých částech stavebních objektů. Následuje kapitola o vývoji tepelně technických vlastností zdiva z cihel plných pálených a závěr teoretické části bude stručně věnován oceňování nemovitostí – přesněji porovnávací metodě, která bude využita při výpočtech v praktické části.

Praktická část diplomové práce bude spočívat v seznámení s údaji o stavbě, o lokalitě a s popisem stávajícího stavu objektu. V následujících podkapitolách budou představeny navržené varianty zateplení a poté budou pokračovat výpočty tepelných ztrát objektu, stanovení nákladů na provedení jednotlivých variant zateplení a návratnost investic. Poslední část praktické části bude věnována zhodnocení vlivu na obvyklou cenu rodinného domu.

Cílem této práce bude najít optimální ekonomické a tepelně technické hledisko při použití zateplení stávajícího objektu. Bude srovnáno několik variant a následně budou vyhodnoceny. Dalším z cílů je zhodnocení vlivu zateplení na obvyklou cenu rodinného domu.



## 2 ZÁKLADNÍ POJMY

V jedné z úvodních kapitol je vhodné vysvětlit základní pojmy. Tyto pojmy byly vybrány jako určitý základ pro pochopení problematiky zateplení budov a teple obecně, včetně jeho sdílení.

### 2.1 TEPLLO

Tepllo [Q] označuje část vnitřní energie, která je vyměňována (přijímání nebo odevzdávání) mezi soustavami látek s odlišnými teplotami. Jednotkou tepla je Joule [J]. [1]

### 2.2 SDÍLENÍ TEPLA

Sdílení, nebo také šíření tepla může probíhat pouze za předpokladu, jestliže na různých místech libovolného prostředí jsou různé teploty. K vyrovnání teplot určitého prostředí dochází tak, že z oblastí s vyšší teplotou přechází teplo do míst, kde je teplota nižší. Tím dojde v určitém prostředí k vyrovnání teplot. Šíření tepla probíhá třemi základními způsoby:

- vedením,
- prouděním,
- sáláním. [2]

Pro diplomovou práci, která se zabývá prostupem tepla tepelnou izolací a zděnou konstrukcí, je směrodatné především šíření tepla vedením.

#### 2.2.1 Šíření tepla vedením

Vedení tepla nastává v látkách pevného skupenství, molekuly si navzájem předávají tepelnou energii. Předávání energie probíhá tak, že pohyb elektronů v jedné molekule zrychluje (násobí) pohyb elektronů v molekule druhé. Množství vedeného tepla je závislé na tom, zda a jak je daná látka schopna vést teplo. Tuto schopnost vyjadřuje součinitel tepelné vodivosti.

Vedení tepla v konstrukci se v praxi nejčastěji zamezuje používáním materiálových hmot, které mají vysoký obsah vzduchových dutinek s co nejmenšími rozměry. Za takové hmoty mohou být považovány tepelně izolační materiály a lehčené materiály. [3]

### 2.3 SOUČINITEĽ TEPELNÉ VODIVOSTI

Součinitel tepelné vodivosti je označován řeckým písmenem  $\lambda$ , jednotkou je  $[W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}]$ . Definice dle normy ČSN 73 0540-2 (730540) říká, že je to schopnost stejnorodého, izotropního materiálu vést

teplo při určité střední teplotě. Tato veličina udává, jaké projde při teplotním spádu 1 K (=1 °C), množství tepelné energie ve watech [W] přes látku, která má určitou jednotkovou tloušťku [m]. [3][4]

## 2.4 TEPELNÝ ODPOR KONSTRUKCE

Tepelný odpor konstrukce je označován R s jednotkou (m<sup>2</sup>·K)/W.

*„Tepelný odpor konstrukce záleží na materiálu a jeho vlastnostech, tedy tepelné vodivosti λ [W/m·K]. Čím je tepelný odpor větší tím méně nám uniká tepla.“ [5]*

## 2.5 SOUČINITEL PROSTUPU TEPLA

Součinitel prostupu tepla je označován veličinou U, jednotkou je [W/(m<sup>2</sup>·K)].

*„Součinitel prostupu tepla nám udává, kolik energie proteče jedním m<sup>2</sup> konstrukce při teplotním rozdílu 1 K, nebo také 1 °C. [5]*

*Součinitel prostupu tepla je vyjádřen obrácenou hodnotou součtu tepelných odporů.*

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum \frac{d}{\lambda} + R_{se}} \quad [W \cdot K^{-1}m^{-2}] \quad (1)$$

*λ ... součinitel tepelné vodivosti [W·m<sup>-1</sup>·K<sup>-1</sup>],*

*R<sub>si</sub> ... tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřní straně [m<sup>2</sup>·K·W<sup>-1</sup>],*

*R<sub>se</sub> ... tepelný odpor při přestupu tepla na vnější straně [m<sup>2</sup>·K·W<sup>-1</sup>],*

*d ... tloušťka konstrukce [m].“ [3]*

Limitní hodnoty součinitele prostupu tepla jsou uvedeny v normě ČSN 730540-2, přičemž musí být splněna podmínka:

$$U \leq U_N \quad (2)$$

Kde:

U ... součinitel prostupu tepla uvažované konstrukce [W/(m<sup>2</sup>·K)]

U<sub>N</sub>... požadované hodnoty součinitele prostupu tepla pro danou konstrukci [W/(m<sup>2</sup>·K)] [4]

V Tab. č. 1 a č. 2 jsou uvedeny požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla pro budovy s převažující návrhovou vnitřní teplotou θ<sub>im</sub> v intervalu 18 °C až 22 °C včetně.

Tab. č. 1 – Požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla pro budovy s převažující návrhovou vnitřní teplotou  $\theta_{im}$  v intervalu 18 °C až 22 °C včetně [4]

Popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla [W/(m <sup>2</sup> ·K)]		
	Požadované hodnoty $U_{N,20}$	Doporučené hodnoty $U_{rec,20}$	Doporučené hodnoty pro pasivní budovy $U_{pas,20}$
Stěna vnější	0,30 <sup>1)</sup>	těžká: 0,25 lehká: 0,20	0,18 až 0,12
Střecha strmá se sklonem nad 45°	0,30	0,20	0,18 až 0,12
Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně	0,24	0,16	0,15 až 0,10
Strop s podlahou nad venkovním prostorem	0,24	0,16	0,15 až 0,10
Strop pod nevytápěnou půdou (se střechou bez tepelné izolace)	0,30	0,20	0,15 až 0,10
Stěna k nevytápěné půdě (se střechou bez tepelné izolace)	0,30 <sup>1)</sup>	těžká: 0,25 lehká: 0,20	0,18 až 0,12
Podlaha a stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině <sup>4), 6)</sup>	0,45	0,30	0,22 až 0,15
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k nevytápěnému prostoru	0,60	0,40	0,30 až 0,20
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k temperovanému prostoru	0,75	0,50	0,38 až 0,25
Strop a stěna vnější z temperovaného prostoru k venkovnímu prostředí	0,75	0,50	0,38 až 0,25
Podlaha a stěna temperovaného prostoru přilehlá k zemině <sup>6)</sup>	0,85	0,60	0,45 až 0,30
Stěna mezi sousedními budovami <sup>3)</sup>	1,05	0,70	0,5
Strop mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně	1,05	0,70	
Stěna mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně	1,30	0,90	
Strop vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně	2,2	1,45	
Stěna vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně	2,7	1,80	
Výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří	1,5 <sup>2)</sup>	1,2	0,8 až 0,6
Šikmá výplň otvoru se sklonem do 45°, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí	1,4 <sup>7)</sup>	1,1	0,9
Dveřní výplň otvoru z vytápěného prostoru do venkovního prostředí (včetně rámu)	1,7	1,2	0,9
Výplň otvoru vedoucí z vytápěného do temperovaného prostoru	3,5	2,3	1,7
Výplň otvoru vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí	3,5	2,3	1,7
Šikmá výplň otvoru se sklonem do 45° vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí	2,6	1,7	1,4

Tab. č. 2 – Pokračování požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla pro budovy s převažující návrhovou vnitřní teplotou  $\theta_{im}$  v intervalu 18 °C až 22 °C včetně [4]

Popis konstrukce		Součinitel prostupu tepla [W/(m <sup>2</sup> ·K)]		
		Požadované hodnoty $U_{N,20}$	Doporučené hodnoty $U_{rec,20}$	Doporučené hodnoty pro pasivní budovy $U_{pas,20}$
Lehký obvodový plášť (LOP), hodnocený jako smontovaná sestava včetně nosných prvků, s poměrnou plochou průsvitné výplně otvoru $f_w = A_w / A$ , v m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> , kde A je celková plocha lehkého obvodového pláště (LOP), v m <sup>2</sup> ; A <sub>w</sub> plocha průsvitné výplně otvoru sloužící převážně k osvětlení interiéru včetně příslušných částí rámu v LOP, v m <sup>2</sup> .	$f_w \leq 0,5$	0,3 + 1,4·f <sub>w</sub>	0,2 + f <sub>w</sub>	0,15 + 0,85·f <sub>w</sub>
	$f_w > 0,5$	0,7 + 0,6·f <sub>w</sub>		
Kovový rám výplně otvoru		–	1,8	1,0
Nekovový rám výplně otvoru <sup>5)</sup>		–	1,3	0,9 – 0,7
Rám lehkého obvodového pláště		–	1,8	1,2
POZNÁMKY				
1) Pro jednovrstvé zdivo se nejpozději do 31.12.2012 připouští hodnota 0,38 W/(m <sup>2</sup> ·K).				
2) Nejpozději do 31.12.2012 se připouští hodnota 1,7 W/(m <sup>2</sup> ·K).				
3) Nemusí se vždy jednat o teplosměnnou plochu, ovšem s ohledem na postup výstavby a možné změny způsobu užívání se zajišťuje tepelná ochrana na uvedené úrovni.				
4) V případě podlahového a stěnového vytápění se do hodnoty součinitele prostupu tepla započítávají pouze vrstvy od roviny, ve které je umístěno vytápění, směrem do exteriéru.				
5) Platí i pro rámy využívající kombinace materiálů, včetně kovových, jako jsou například dřevo-hliníkové rámy.				
6) Odpovídá výpočtu součinitele prostupu tepla podle ČSN 73 0540-4 (tj. bez vlivu zeminy), nikoli výslednému působení podle ČSN EN ISO 13370.				
7) Nejpozději do 31.12.2012 se připouští hodnota 1,5 W/(m <sup>2</sup> ·K).				

## 2.6 OBÁLKA BUDOVY

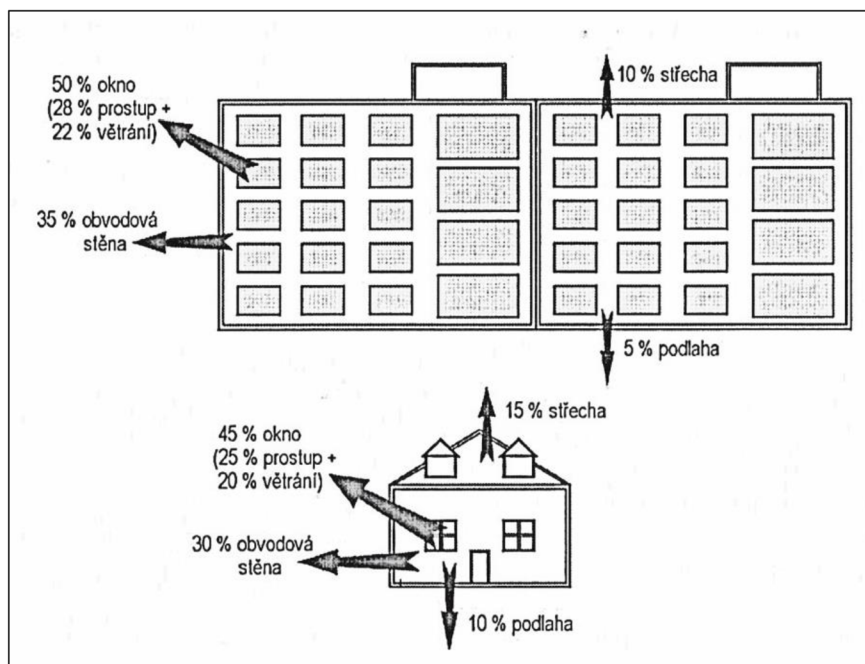
Obálku budovy tvoří soubor všech teplosměnných (obalových) konstrukcí na systémové hranici celé budovy nebo určité oblasti, které jsou vystaveny přilehlému prostředí. [7]

Mezi obalové konstrukce se řadí stavební prvky a konstrukce, např. obvodové stěny, lehké obvodové pláště, vstupní dveře, okna, střešní plášť, střešní okna a podlahy. Tyto obalové konstrukce pak oddělují vnitřní vytápěné prostory od prostoru nevytápěného nebo od venkovního prostředí budovy či od zeminy.

## 2.7 TEPELNÉ ZTRÁTY

Celkové tepelné ztráty budovy tvoří dvě hlavní složky. Jsou to tepelné ztráty prostupem tepla a tepelné ztráty větráním. Jedná se o součet tepelné energie, která okamžitě uniká obálkou budovy.

Množství tepla, které projde danou konstrukcí při daném tepelném rozdílu mezi vnější a vnitřní stranou konstrukce, se označuje jako tepelná ztráta prostupem. Tepelná ztráta větráním vychází z technologických nebo z hygienických požadavků. Ty jsou dány potřebnou intenzitou výměny vzduchu. Do trvalých tepelných zisků se můžou započítat zisky z trvalého pobytu osob, oslunění, nebo zisky ze spotřebičů uvnitř domu. [28]



Obr. č. 1 - Obvyklý podíl tepelných ztrát stavebními konstrukcemi u nezatepleného vícepodlažního bytového domu a nezatepleného samostatného rodinného domu [24]

### Celková tepelná ztráta

Celková tepelná ztráta vytápěného prostoru  $Q_c$  je dána vztahem:

$$Q_i = Q_{T,i} + Q_{V,i} \quad [W] \quad (3)$$

Kde:

$Q_{T,i}$  – návrhová tepelná ztráta prostupem tepla vytápěného prostoru ve wattech [W]

$Q_{V,i}$  – návrhová tepelná ztráta větráním vytápěného prostoru ve wattech [W] [42]

Výpočtové vztahy jednotlivých veličin jsou uvedeny v praktické části před samotnými číselnými výpočty, a to v kapitole 7.4 Stanovení úspory energií.

## 2.8 TEPELNÝ IZOLANT

Tepelný izolant je „materiál výrazně omezující šíření tepla, vykazující charakteristickou hodnotu součinitele tepelné vodivosti max. 0,1 W/(m·K) při referenčních teplotních podmínkách a danému stáří.“ [6]

## 2.9 TEPELNÝ MOST

*„Tepelný most je místo, kde dochází ke zvýšenému tepelnému toku. Uniká jím více tepelné energie a má v interiéru studenější povrch a naopak v exteriéru teplejší povrch než okolní kce. [5]*

Tepelný most se rozlišuje na lineární a bodový. Tepelný most lineární může být nazýván také tepelnou vazbou, protože se jedná o styk, či vazbu dvou odlišných konstrukcí. např. stěna a dveře. Bodový tepelný most může představovat např. kotvení pergoly pomocí ocelových kotev. [5]

V dnešní době se používají zateplovací systémy, protože zejména na starších objektech (ale i na novějších objektech se špatnými technologickými postupy) dochází k výskytu velkého množství tepelných mostů a zateplením ochlazovaných částí dochází k jejich eliminaci.

## 2.10 ENERGETICKÁ NÁROČNOST BUDOV

Zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, v platném znění, a jeho prováděcí vyhlášky zapracovává příslušné předpisy Evropských společenství a stanovuje některá opatření pro zvyšování hospodárnosti užití energie a povinnosti fyzických a právnických osob při nakládání s energií. Dále jsou v něm obsaženy ustanovení o pravidlech pro tvorbu Státní energetické koncepce, Územní energetické koncepce a Národního programu hospodárného nakládání s energií a využívání jejích obnovitelných a druhotných zdrojů.

Vyhláška č. 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov, v platném znění, zapracovává příslušný předpis Evropské unie a stanovuje nákladově optimální úroveň požadavků na energetickou náročnost budovy pro nové budovy, větší změny dokončených staveb, jiné než větší změny dokončených staveb a pro budovy s téměř nulovou spotřebou energie. Dále to jsou metody výpočtu energetické náročnosti budovy, vzory pro posouzení technické, ekonomické a ekologické proveditelnosti alternativních systémů dodávek energie, vzory stanovení doporučených opatření pro snížení energetické náročnosti budovy, vzory a obsah průkazu a způsob jeho zpracování a umístění průkazu v budově. [40]

Nejdůležitější normou pro energetickou náročnost budov je norma ČSN 73 0540 - Tepelná ochrana budov. Uvedená norma obsahuje soubor požadavků a doporučení se zaměřením na tepelnou ochranu budov, dále výpočtové metody pro určení součinitele prostupu tepla a tepelných ztrát konstrukce, které jsou nutné ke snížení energetické náročnosti budovy. Dělí se na tyto části:

1. Část: Terminologie,
2. Část: Požadavky,
3. Část: Návrhové hodnoty veličin,
4. Část: Výpočtové metody. [40]

### 2.10.1 Průkaz energetické náročnosti budov

Průkaz energetické náročnosti budovy (dále jen „PENB“) udává energetickou náročnost budovy stanovenou výpočtem ze všech energií, které do ní vstupují. Jedná se o energii potřebnou na vytápění, větrání, ohřev teplé vody, osvětlení, chlazení a klimatizaci. Do výpočtů jsou zahrnuty i energie potřebné pro zařízení, zajišťující tyto procesy (topná zařízení, tepelná čerpadla, regulace, zařízení klimatizační, větrací, vzduchotechnické jednotky atd.). K výsledku dojdeme podílem celkového množství roční dodané energie se a celkové podlahové plochou budovy. Výsledkem je potom měrná roční spotřeba energie na čtvereční metr. Obr. č. 2 prezentuje nevyplněný PENB.

Podle získaných hodnot se budovy zařadí do jedné ze sedmi kategorií, respektive tříd energetické náročnosti:

- A** – mimořádně úsporná
- B** – úsporná
- C** – vyhovující
- D** – nevyhovující
- E** – nevhodná
- F** – velmi nevhodná
- G** – mimořádně nevhodná [32]

### PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

vydaný podle zákona č. 406/2000 Sb., o hospodáření energií, a vyhlášky č. xxx/2012 Sb., o energetické náročnosti budov

Ulice, číslo: \_\_\_\_\_  
PSC, místo: \_\_\_\_\_  
Typ budovy: \_\_\_\_\_  
Plocha obálky budovy: \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>  
Objemový faktor tvaru A/V: \_\_\_\_\_ m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>  
Celková energeticky vztázná plocha: \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>

#### DOPORUČENÁ OPATŘENÍ

Opatření pro	Stanoveno
Vnější stěny:	<input checked="" type="checkbox"/>
Okna a dveře:	<input checked="" type="checkbox"/>
Střechu:	<input checked="" type="checkbox"/>
Podlahu:	<input type="checkbox"/>
Vytápění:	<input checked="" type="checkbox"/>
Chlazení/klimatizaci:	<input type="checkbox"/>
Větrání:	<input checked="" type="checkbox"/>
Přípravu teplé vody:	<input type="checkbox"/>
Osvětlení:	<input checked="" type="checkbox"/>
Jiné:	<input type="checkbox"/>

Popis opatření je v průběhu průkazu a vyhodnocení jejich dopadu na energetickou náročnost je zobrazeno šipkou

#### PODÍL ENERGOZDANOSTÍ NA DODANÉ ENERGII

Hodnoty pro celou budovu MWh/rok

■ Osvětlení - XX,X  
■ Škoda a ztr. prostředí - XX,X  
■ Zemináge - XX,X

### ENERGETICKÁ NÁROČNOST BUDOVY

Celková dodaná energie (Energie na vstupu do budovy)	Neobnovitelná primární energie (Vliv provozu budovy na životní prostředí)
Měrné hodnoty kWh/(m <sup>2</sup> ·rok)	Měrné hodnoty kWh/(m <sup>2</sup> ·rok)
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p><b>A</b> Mírně až velmi úsporná</p> <p><b>B</b> Velmi úsporná</p> <p><b>C</b> Úsporná</p> <p><b>D</b> Mírně až neprospěšná</p> <p><b>E</b> Neprospěšná</p> <p><b>F</b> Velmi neprospěšná</p> <p><b>G</b> Mírně až velmi neprospěšná</p> </div> <div style="width: 5%; text-align: center;"> <p>Dop.</p> <p>XXX</p> </div> </div>	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p><b>A</b></p> <p><b>B</b></p> <p><b>C</b></p> <p><b>D</b></p> <p><b>E</b></p> <p><b>F</b></p> <p><b>G</b></p> </div> <div style="width: 5%; text-align: center;"> <p>Dop.</p> <p>XXX</p> </div> </div>
<p>Hodnoty pro celou budovu MWh/rok: <b>XX,X</b></p>	<p>Hodnoty pro celou budovu MWh/rok: <b>XX,X</b></p>

### UKAZATELE ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

Obálka budovy U <sub>ext</sub> W/(m <sup>2</sup> ·K)	Vytápění	Chlazení	Větrání	Úprava vlhkosti	Teplá voda	Osvětlení
<p><b>A</b></p> <p><b>B</b></p> <p><b>C</b></p> <p><b>D</b></p> <p><b>E</b></p> <p><b>F</b></p> <p><b>G</b></p>	<p>Dop.</p> <p>XX</p>	<p>Dop.</p> <p>XX</p>	<p>Dop.</p> <p>XX</p>	<p>Dop.</p> <p>XX</p>	<p>Dop.</p> <p>XX</p>	<p>Dop.</p> <p>XX</p>
<p>Hodnoty pro celou budovu MWh/rok: <b>XX,X</b></p>	<p>XX,X</p>	<p>XX,X</p>	<p>XX,X</p>	<p>XX,X</p>	<p>XX,X</p>	<p>XX,X</p>

Zpracovatel: \_\_\_\_\_ Osvědčení č.: \_\_\_\_\_  
Kontakt: \_\_\_\_\_ Vyhотовeno dne: \_\_\_\_\_  
Podpis: \_\_\_\_\_

Obr. č. 2 – Nevyplněný PENB [31]

Dnešní požadavky na novostavby jsou takové, že hodnoty musí dosahovat po zařazení do kategorií A až C. Nižší kategorie jsou nepřijatelné a stavební povolení ke stavbě budovy s takovými hodnotami nebývá, ani nemůže být, uděleno. [32]

### 2.10.2 Energetický štítek obálky budovy

Jedná se o základní soubor údajů, které popisují tepelné chování budovy a jejich konstrukcí. Obsahuje klasifikaci prostupu tepla obálkou budovy a její grafické vyjádření. Třídy prostupu tepla se klasifikují podle Tab. č. 3. Obr. č. 3 prezentuje prázdný energetický štítek obálky budovy.



Tab. č. 3 - Klasifikace prostupu tepla obálkou budovy [40]

Klasifikační třídy	Kód barvy	Průměrný součinitel prostupu tepla budovy	Slovní vyjádření klasifikační třídy
A	X0X0	$U_{em} \leq 0,5 \cdot U_{em,N}$	Velmi úsporná
B	70X0	$0,5 \cdot U_{em,N} \leq U_{em} \leq 0,75 \cdot U_{em,N}$	Úsporná
C	30X0	$0,75 \cdot U_{em,N} \leq U_{em} \leq U_{em,N}$	Vyhovující
D	00X0	$U_{em,N} \leq U_{em} \leq 1,5 \cdot U_{em,N}$	Nevyhovující
E	03X0	$1,5 \cdot U_{em,N} \leq U_{em} \leq 2,0 \cdot U_{em,N}$	Nehospodárná
F	07X0	$2,0 \cdot U_{em,N} \leq U_{em} \leq 2,5 \cdot U_{em,N}$	Velmi nehospodárná
G	0XX0	$U_{em} \geq 2,5 \cdot U_{em,N}$	Mimořádně nehospodárná

ENERGETICKÝ ŠTÍTEK OBÁLKY BUDOVY			
Typ budovy, místní označení		Hodnocení obálky budovy	
Adresa budovy			
Celková podlahová plocha $A_e = \underline{\hspace{2cm}}$ m <sup>2</sup>		stávající	doporučení
<p><i>C/</i> Velmi úsporná</p> <p>0,5</p> <p>0,75</p> <p>1,0</p> <p>1,5</p> <p>2,0</p> <p>2,5</p> <p>Mimořádně nehospodárná</p>			
KLASIFIKACE			
Průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy $U_{em}$ ve W/(m <sup>2</sup> ·K) $U_{em} = H_{T}/A$			
Požadovaná hodnota průměrného součinitele prostupu tepla obálky budovy podle ČSN 73 0540-2 $U_{em,N}$ ve W/(m <sup>2</sup> ·K)			
Klasifikační ukazatele <i>C/</i> a jim odpovídající hodnoty $U_{em}$			
<i>C/</i>	0,50	0,75	1,00
$U_{em}$			
Platnost štítku do		Datum	
		Jméno a příjmení	

Obr. č. 3 – EŠOB [30]

### 2.10.3 Energetický audit

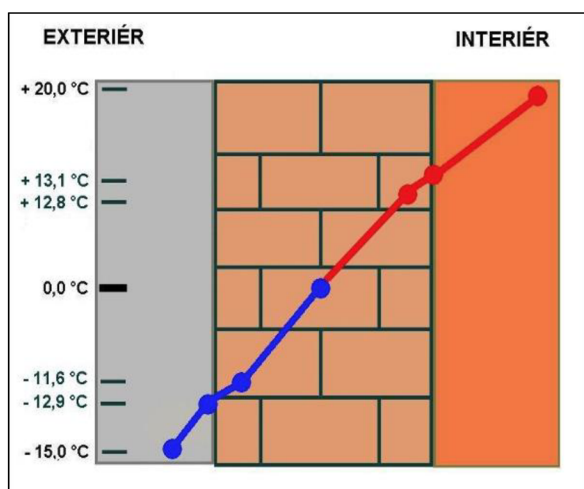
Za energetický audit bývá označen dokument, který je zpracovaný v souladu se zákonem č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, v platném znění, a vyhláškou č. 480/2012 Sb., o energetickém auditu a energetickém posudku. Je to soubor energetických stavebně technických a ekonomických informací o energetickém hospodářství, které vyhodnocují momentální energetickou náročnost budovy a náklady na provoz. Využívají se také pro návrh dalších variant řešení, které přinesou úspory v provozních energiích a zároveň nezvýší ekologickou zátěž. Dále je součástí zohlednění ekonomické návratnosti plánovaných investic spolu s účetní a faktickou návratností. [29]

Energetický audit se používá, když hodnota celkové spotřeby energie, od níž vzniká fyzickým a právnickým osobám povinnost zpracovávat pro své budovy nebo energetická hospodářství energetický audit, je ve výši 35 000 GJ za rok. Stanovuje se jako součet za všechny budovy a týká se pouze objektů, které mají spotřebu energie vyšší než 700 GJ za rok nebo když hodnota celkové spotřeby energie, od níž vzniká organizačním složkám státu, organizačním složkám krajů a obcí a příspěvkovým organizacím povinnost zpracovávat pro své budovy nebo energetická hospodářství energetický audit, se stanoví ve výši 1 500 GJ za rok jako součet za všechny budovy. Týká se pouze objektů, které mají spotřebu energie větší než 700 GJ za rok. Energetický audit se také vyžaduje jako příloha k žádosti o dotace z Evropských dotačních fondů.

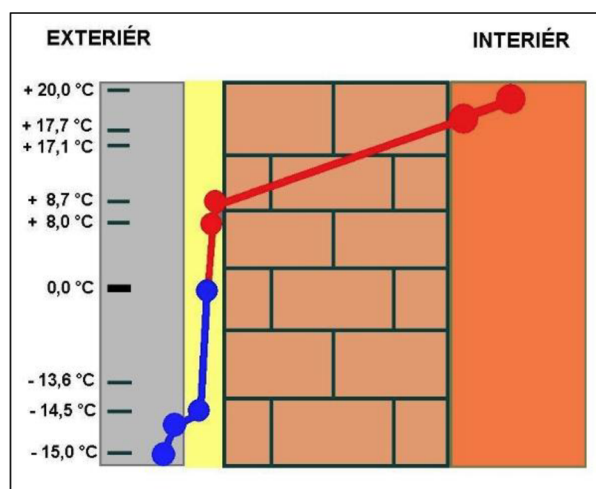
Každý energetický audit je svým zpracováním jedinečný originál a zpracovávají ho energetičtí specialisté s dostatkem praktických zkušeností potřebných jak pro zpracování a realizaci veškerých opatření vedoucích ke snížení energetické náročnosti, tak pro to, jak takový stav učinit udržitelným. Zpracovatelé mají za úkol skloubit stavebně technické znalosti tepelných prostupů konstrukcemi, solární příjmy v rámci slunečního svitu, energetické náklady v různých kategoriích energií používaných nejen pro provoz a vytápění, chlazení či ohřev teplé vody. V neposlední řadě se zde pracuje s technologiemi z obnovitelných zdrojů, kogeneračními jednotkami a jednotkami pro zpětné zpracování odpadního tepla. [29]

### 3 ZATEPLOVANÉ KONSTRUKCE – OBLASTI POUŽITÍ TEPELNĚ IZOLAČNÍCH MATERIÁLŮ

Zateplování objektů se realizuje především z toho důvodu, aby byla v domě v zimním období udržována komfortní teplota a v létě bylo zabráněno přehřívání vnitřku objektu. Zateplovací systém by rozhodně neměl mít za účel dům vzduchotěsně uzavřít, ale měl by umožnit tzv. větrání a odvádění přebytečné vlhkosti, která v domě může vznikat. Z toho důvodu je nutné správně zvolit druh zateplení. Pozici bodu mrazu před a po zateplení budovy ukazují Obr. č. 4 a č. 5.



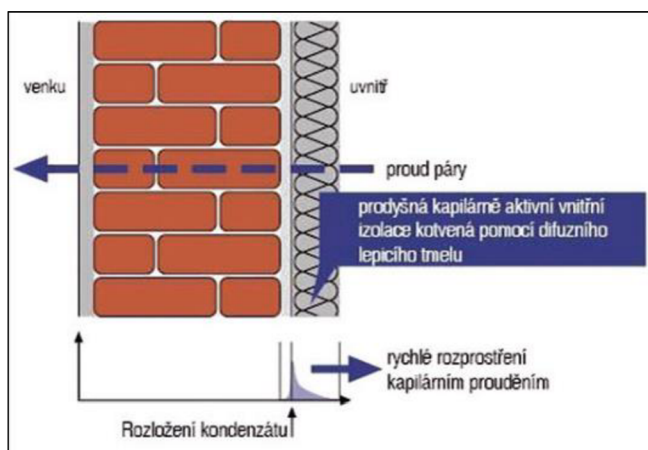
Obr. č. 4 - Nezateplený dům s bodem mrazu uprostřed stěny [26]



Obr. č. 5 - Zateplený dům s bodem mrazu v izolantu [26]

#### 3.1 VNITŘNÍ ZATEPLENÍ

Pokud nelze objekt zateplit zvenčí, volí se právě tento druh zateplení, což je zobrazeno na Obr. č. 6. Na použití vnitřního zateplení dojde tehdy, jedná-li se o památkově chráněné fasády, když má budova společnou zeď se sousední budovou, zeď, která je zvenčí nepřístupná z důvodu umístění pod úroveň terénu. Nejjednodušší způsob izolace je izolace stěn, v jejímž rámci je provedeno i doizolování ostění oken a zatažení izolace až pod rámy oken. Při využití výše zmíněné metody se nejčastěji používá tepelný izolant 4 až 10 cm tlustý. Tepelné mosty, které způsobují stropy, příčky a stropní trámy mají vliv právě na tloušťku izolace. Ke které metodě se přiklonit? Tohle rozhodnutí ovlivňuje množství nahromaděné vlhkosti pod tepelnou izolací. Mezi vhodný izolant můžeme zařadit pěnový polystyren a kalciumsilikátu. Obecné doporučení je, aby se nepoužívali difúzně otevřené materiály. Takovým materiálem může být například minerální vlna. [34]

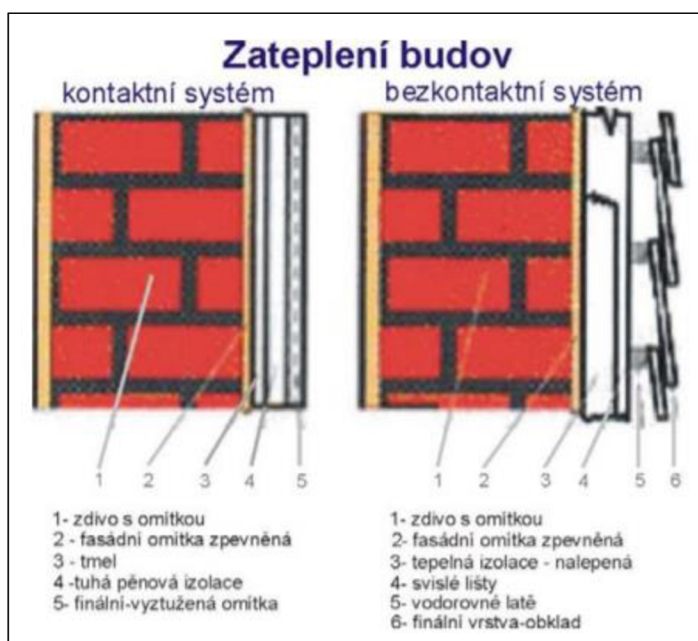


Obr. č. 6 - Vnitřní zateplení zdiva [33]

### 3.2 VNĚJŠÍ ZATEPLENÍ

Vnější zateplovací systémy se používají zřejmě nejčastěji jako způsob pro tepelné zateplení objektů. Mezi jejich největší přednost patří celistvost izolační vrstvy. Zateplení stěn z vnější strany lze provést buď způsobem provětrávaných fasád, nebo pomocí vnějšího kontaktního zateplovacího systému. [35]

Každý výrobce k celé problematice přistupuje po svém a má vytvořen svůj systém zateplování. Izolovat teplo, chránit budovu proti vnějším vlivům, odvádět vlhkost a také zlepšit estetický dojem budovy, tohle všechno jsou úkoly, které by správně navržený zateplovací systém, měl plnit. Ukázka těchto systémů je uvedena v Obr. č. 7. [26]



Obr. č. 7 – Provětrávaný a kontaktní vnější zateplovací systém [25]

### 3.2.1 Provětrávaný zateplovací systém

Rozdílnou součástí provětrávané fasády je svislá vzduchová mezera, kterou proudí vzduch a která zajišťuje aktivní odvod vlhkosti z povrchu izolace i z vnitřního líce vnějšího opláštění. Zároveň díky této vzduchové mezeře dochází k zabránění přehřívání fasády. Vrchní plášt' odolává povětrnostním vlivům a je osazován na rošt, jehož konstrukce obvykle bývá z hliníku, oceli nebo dřeva. Mezi tímto vrchním pláštěm a tepelnou izolací je již zmíněná vzduchová mezera o minimální tloušťce 4 cm. Teprve po ní následuje tepelná izolace. Nejčastěji používaným izolačním materiálem u tohoto způsobu zateplení je minerální vata, ale i méně častá foukaná celulózová izolace. [36]

### 3.2.2 Vnější kontaktní zateplovací systém

U tohoto druhu zateplení se budova zatepluje převážně z exteriéru. V tomto systému je zeď s izolantem v kontaktu. Jedním z těchto systémů je dnes hojně využívaný ETICS, viz. dále. [26]

#### **Systém ETICS**

Systém ETICS (= mezinárodní anglická zkratka External Thermal Insulation Composite System) se stal v České republice nejpoužívanějším zateplovacím systémem a používá ho dnes většina firem. Je to vnější kontaktní zateplovací systém, u nás se používá zkratka VKZS = vnější kontaktní zateplovací systém. Jedná se o lepenou nebo hmoždinkami kotvenou izolaci. Používají se různé izolační materiály EPS, XPS polystyren, PUR či PIR desky nebo minerální vlna, případně izolační materiály navzájem kombinované.

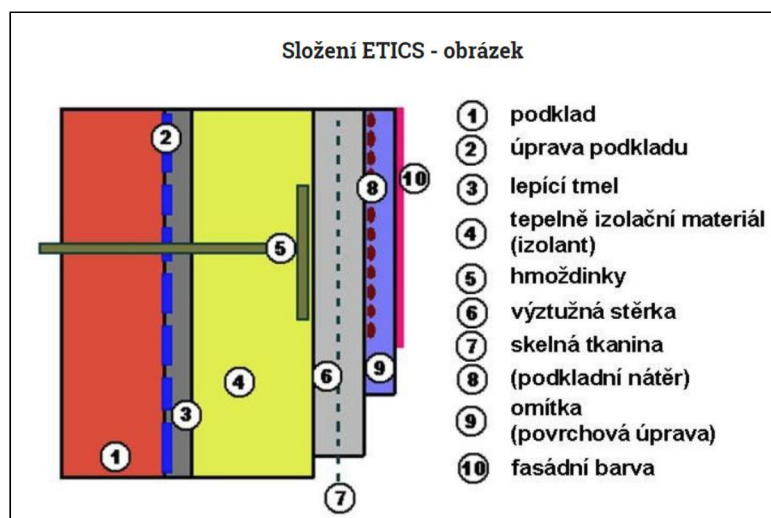
Systém ETICS má určené postupy a specifiky, které stanovuje norma ČSN 73 2901. Tato norma udává technické požadavky na provádění vnějších tepelně izolačních kompozitních systémů ETICS. Stavební firma, která chce získat certifikaci na systém ETICS, musí splňovat požadavky uvedené v této normě. [26]

Technické požadavky na provádění zateplení (ETICS) obsažené v normě jsou směřovány na základní technologické operace:

5. příprava podkladu pro ETICS
6. lepení desek tepelné izolace
7. kotvení desek hmoždinkami
8. provádění základní vrstvy
9. konečné povrchové úpravy [26]

Obsah ETICS (grafické znázornění lze vidět na Obr. č.8):

1. lepicí hmota
2. mechanicky připevňovací prostředky (zpravidla hmoždinky)
3. tepelně izolační materiál (desky, izolant, EPS, MV)
4. základní vstva (= stěrková hmota, z jedné nebo více vrstev, alespoň 1 vrstva obsahuje výztuž)
5. výztuž
6. konečná povrchová úprava (může zahrnovat dekorativní nátěr) [26]



Obr. č. 8 – Systém ETICS [26]

### 3.3 ZATEPLENÍ STŘECH

Izolace střechy se provádí z důvodu, že klasická sedlová střecha nemá žádnou tepelnou akumulaci. Když se ohřeje pomocí slunečního záření, tato změna teplot se v interiéru projeví skoro okamžitě. Proto je důležité takové provedení izolace, aby bylo podkroví v létě chráněno před přehřátím a naopak v zimě zabráněno úniku tepla.

Dalším důvodem hovořícím pro zateplení střech je umístění tepelné izolace obvykle pouze mezi krokve, čímž vznikají rozsáhlé lineární tepelné mosty. Tyto mosty mají za následek snížení účinnosti tepelné izolace přibližně o jednu čtvrtinu. [13]

#### 3.3.1 Způsoby zateplení střech

Střechy se zateplují pomocí několika základních způsobů podle umístění tepelné izolace. Prvním způsobem je vložení izolace mezi krokve a další vrstvy izolace vložené nad a nebo pod krokve. Minimální doporučená tloušťka izolantu je v tomto případě 24 cm. Nejčastěji používaná izolace nad, pod i mezi krokve je vláknitá izolace. Pod krokve lze případně použít pěnový polystyren. [13]

Dalším způsobem umístění tepelných izolantů je vložení pouze nad nebo pod krokve. Zde je nutno zvolit izolaci s dostatečně velkou pevností v tlaku, aby mohla nést střešní krytinu. Minimální tloušťka izolantu je 17 cm.

Další z možností je použití upravené izolační vrstvy, která plní zároveň funkci nosné konstrukce pro střešní krytinu. Tyto požadavky splňují polyuretanové desky s ocelovými střešními latěmi, nebo opláštěné tepelné izolace se střešními latěmi. [13]

### **3.4 IZOLACE PODLAH A STROPŮ**

Dodatečná tepelná izolace podlah v obytných místnostech je určitě přínosná, ale její provedení je velice obtížné z důvodu omezené tloušťky skladby podlahy, která je limitována výškou dveří, stropů, parapetů a případně dalších již vybudovaných konstrukcí. Těmito konstrukcemi je limitována tloušťka izolantu a téměř vždy nelze přidat potřebnou tloušťku. U izolace podlah je potřeba zohlednit dva parametry. První z nich je schopnost podlahy odnímat teplo, nazývaná dotyková teplota konstrukce. To jednoduše řečeno může znamenat, že podlaha bude působit studeně, i když její tepelně izolační schopnosti jsou dostačující. Na dotykovou teplotu má vliv především nášlapná vrstva. Dalším parametrem je tepelný odpor celé podlahové konstrukce.

Izolace podlah v půdním prostoru se provádí z důvodu zabránění úniku tepla z vytápěných prostor pod ním. V tomto případě jde o konstrukce velmi podobné jako u zateplení střešního pláště. Zde je ovšem potřeba rozlišit, zda bude výsledná skladba podlahy nášlapná nebo nikoli a tomu pak přizpůsobit konkrétní návrh. [38]

## 4 DRUHY TEPELNĚ IZOLAČNÍCH MATERIÁLŮ

### 4.1 PĚNOVÝ POLYSTYREN – EPS

Pěnový EPS polystyren se řadí mezi osvědčené izolační hmoty, která je v současné době jedním z nejrozšířenějších tepelně izolačních materiálů. Ukázkou typů lze vidět níže na Obr. č. 9 a č. 10. K výrobě pěnového polystyrenu lze dojít dvěma možnými způsoby. První z nich je tzv. vypěňování do forem a charakterizuje jej nízká schopnost vsakování, neboť jeho struktura odpovídá uzavřené buněčné stavbě.

Druhým typem výroby pěnového polystyrenu je polystyren, který se vyřeže z vypěněných kvádrů. Za nežádoucí vlastnosti tohoto polystyrenu bývá často označováno smršťování do původního (nenapěněného) stavu. Tuto tvarovou změnu lze pozorovat v závislosti na teplotě a na čase, který uplynul od data výroby. Další nežádoucí vlastností je špatné snášení vyšších teplot. Výrobce udává spodní hranice většinou bývá teplota okolo 85 °C. Neméně nepříznivou vlastností je i skutečnost, že polystyren je rozpustný pomocí organických rozpouštědel. Co se týče ceny, polystyren řezaný z bloků je z důvodu nižší pevnosti levnější než polystyren vyroben vypěněním do forem. [5]

Pěnový polystyren má součinitel tepelné vodivosti v rozmezí 0,035 – 0,040 W / (m. K).



Obr. č. 9 – Běžný bílý EPS Polystyren [43]



Obr. č. 10 – Šedý EPS Polystyren [43]

#### 4.1.1 Pěnový EPS polystyren šedý

Na první pohled lze šedý EPS polystyren od běžného poznat šedým zbarvením, ale hlavní rozdíl je především v tepelně izolačních vlastnostech. Šedý polystyren má totiž až o 15-20 % lepší izolační vlastnosti, a to díky přidavku uhlíkových nanočástic do polystyrenu ještě před vypěněním. [8]

Šedý pěnový EPS polystyren má součinitel tepelné vodivosti 0,033 W / (m. K).



## 4.2 EXTRUDOVANÝ POLYSTYREN – XPS

Extrudovaný polystyren XPS se na trhu vyskytuje nejčastěji ve formě desek s tvarovanými okraji (znázornění na Obr. č.11). Oproti pěnovému polystyrenu má lepší mechanické vlastnosti a mezi jeho hlavní přednosti se řadí uzavřená buněčná struktura, což značí nenasákavost materiálu. Právě nenasákavost umožňuje použití ve vlhkém prostředí (účinný doplněk hydroizolace spodní stavby). Vysoká pevnost je další předností extrudovaného polystyrenu. Naopak mezi nevýhody lze zařadit nutnost ochrany XPS desky před účinky UV záření. Dlouhodobé vystavení tohoto materiálu účinkům UV záření způsobí porušení povrchové vrstvy izolace. Pokud dojde k rozlomení desky, na rozdíl od pěnového polystyrenu, nedrolí se. [5][8]

Extrudovaný polystyren má součinitel tepelné vodivosti cca 0,034 W / (m. K).



Obr. č. 11 – Extrudovaný XPS Polystyren [43]

## 4.3 MINERÁLNÍ VLNA

Minerální vlna, též označována jako MW, je v České republice díky dobrému poměru cena/dobré izolační vlastnosti nejrozšířenější skupina tepelně izolačních materiálů hned po pěnovém EPS polystyrenu. Je vyráběna z různých hornin, předně z čediče, křemene, či dalších sklotvorných příměsí. Horniny jsou taveny na velmi slabá vlákna a konečný tvar daného výrobku je docílen lisováním. Minerální vlny se dělí na skelné vlny a kamenné vlny, podle podílu hlavních surovin – sklo, čedič.

Nízký difuzní odpor, dobrá tvarovatelnost a odolnost proti vysokým teplotám, to všechno jsou přednosti tohoto materiálu. Na tuzemském, ale i zahraničním trhu se vyskytuje široká škála výrobků z těchto materiálů, ovšem pro každý účel použití jsou vhodné jiné vlastnosti a specifika. [5]



Obr. č. 12 – Skelná vlna Isover [43]



Obr. č. 13 – Čedičová vlna Isover [43]

### 4.3.1 Skelná vlna

Skelná vlna se řadí mezi tepelně izolační materiál, který se vyrábí ze skleněných vláken. Pro zvýšení pružnosti a snížení lámavosti se používá sklo, ale musí být speciálně přizpůsobeno.

Přizpůsobení probíhá formou přidání hliníku do taveného skla, dalším způsobem může být obalení vláken do vinylacetátových disperzí. Používané sklo při výrobě je nové, případně může být získáno buď recyklací již použitého, nebo rozvlákněním obalovaného skla. Principiálně se vyrábí tak, že vlákna jsou nejprve rozdělena a následně proběhne nafoukávání stlačeným vzduchem do vrstvy o požadované tloušťce. V dalším kroku se tkanina lisuje do pásu a finální fáze výroby spočívá v rozřezání na jednotlivé desky jako lze vidět níže na Obr. č. 12. Díky nehořlavosti skelné vlny (třída reakce na oheň A1), lze vlnu použít do konstrukcí, na které jsou kladeny vysoké požadavky na požární odolnost. [16]

Skelná vlna má součinitel tepelné vodivosti v rozmezí 0,032 – 0,05 W / (m. K).

### 4.3.2 Kamenná vlna

Výroba kamenné vlny spočívá v roztavení horniny čediče (také bazaltu či gabra), horniny se následně zformují do požadovaného stavu. Hlavní surovinou je tedy kámen a odtud je převzat i název kamenná vlna. Tvaruje se do desek, nebo rolí. Do VKZS provětrávaných fasád, mezi krovy, nebo do celých dřevostaveb se používají tuhé desky (viz výše Obr. č. 13) a v půdních prostorech nejčastěji role. Kamenná vlna však má i využití jako tepelná izolace podlah, ale objemová hmotnost musí být nejméně 100 kg/m<sup>3</sup>. Tyto výrobky podléhají odsouhlasení hlavním hygienikem České republiky, tzn. musí být zajištěna zdravotní nezávadnost vůči lidskému zdraví. Z toho vyplývá, že tohle materiálové řešení je velmi vhodné pro nemocniční budovy. Tepelnou izolaci z kamenné vlny lze taktéž využít jako požární izolant (třída reakcí na oheň A1). [5] [15]

Kamenná vlna má součinitel tepelné vodivosti v rozmezí cca 0,035 – 0,042 W / (m. K).

#### 4.4 KOMBINACE EPS A MW

Stávající řešení zateplovacích systémů ETICS s izolanty z minerální vaty nebo pěnového polystyrenu EPS prokázala dlouhodobou spolehlivost a stále se zlepšující výkon. Nové požadavky zejména v oblasti zajištění požární bezpečnosti i pro systémy s velkou tloušťkou tepelné izolace způsobily, že na trh přicházejí nová řešení v podobě kombinace pěnového EPS polystyrenu a minerální vlny.

Tato kombinace je sendvičově uspořádaná, tepelně a zvukově izolační deska (lze vidět na Obr. č. 14), která je tvořena izolačním jádrem z grafitové izolace (šedý pěnový EPS polystyren) a krycí vrstvou tvořenou izolační deskou čedičové vlny konstantní tloušťky. Spojení desek je provedeno průmyslovým slepením PUR lepidlem. To zajišťuje vysokou pevnost v tahu i smyku a umožňuje výrobu izolačních desek pro energeticky úsporné objekty (včetně pasivních domů) v běžných tloušťkách 100 - 300 mm.

Izolační desky využívají nejlepších vlastností tradičních izolantů, zejména grafitových EPS materiálů se zvýšeným izolačním účinkem a nejvýkonnější fasádní desky minerální vlny. Nově jsou dosavadní přednosti doplněny o další výhodné vlastnosti, zejména z oblasti snížení hmotnosti, zjednodušení aplikace, zlepšení akustiky a požární bezpečnosti. [12]

Kombinace EPS a MW má součinitel tepelné vodivosti v rozmezí 0,032 - 0,033 W / (m. K).



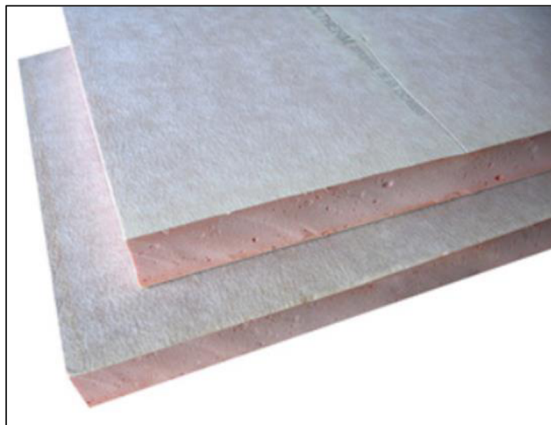
Obr. č. 14 – Kombinace EPS a MW [43]

#### 4.5 POLYURETAN A POLYIZOKYANURÁT

Polyuretan je známý především jako takzvaný molitan, ale v dnešní době se ve stavebnictví používá nejčastěji ve formě tvrdé polyuretanové pěny – tzv. PUR pěna, novější název zní polyizokyanurátová – tzv. PIR pěna. Vyrábí se z ropy. Nízká hodnota součinitele tepelné vodivosti  $\lambda = 0,023 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$  řadí polyuretan mezi vysoce účinné tepelné izolace. Tato hodnota je dosažena díky podstatnému omezení sálavé (infračervené) složky šíření tepla pěnou, póry s jemnou strukturou a vysoká koncentrace přestupových rozhraní mezi vzduchem a tuhou fází PIR/PUR, přes které probíhá difúzní

(nesálavý) teplotní prostup. Materiál se vyskytuje buď ve formě tuhých desek (doplněn o Al-fólii), jako je na Obr. č. 15, nebo ve formě PUR pěny (smíchají se dva komponenty a aplikuje se stříkáním přímo na stavbě). Pěny PUR a PIR jsou odolné proti většině rozpouštědělům, kyselinám a louhům, nízkým i vysokým teplotám (od -50 °C po 130 °C) ale je nutné je chránit před UV zářením. [8] [9]

Polyuretan a polyizokyanurát mají součinitel tepelné vodivosti cca 0,030 - 0,023 W / (m. K).



Obr. č. 15 – Tuhé PUR izolační desky [44]

#### 4.6 EXPANDOVANÝ PERLIT

Expandovaný perlit lze vyrobit z hornin – tzv. perlitů. Princip výroby spočívá v zahřátí, čímž dochází k odbourání vázané vody, jež způsobuje její napětí a to následně vyvolá bobtnání. Tento materiál snáší vysokou teplotu a je čistě přírodní. Objemová hmotnost je poměrně nízká a to 100 - 250 kg/m<sup>3</sup>. Protože je velice nasákavý, je používán tam, kde nedochází k výskytu vody. Používá se ve stavebnictví zejména k výrobě lehčených izolačních omítek, zdících malt a betonů, ale je vhodný i k tepelné, či zvukové izolaci a požární ochraně objektů. Chemickým složením a tepelnou úpravou se řadí k materiálům zdravotně nezávadným, biologicky a chemicky neutrálním. Ukázka viz Obr. č. 16. [13] [10]

Expandovaný perlit má součinitel tepelné vodivosti cca 0,04 W / (m. K).



Obr. č. 16 – Expandovaný perlit [37]

## 4.7 KERAMZIT

Keramzit je tzv. umělé kamenivo a má pórovitou strukturu. Vyrábí se vypálením (při vysokých teplotách) a expanzí z jílu, přičemž svůj objem zvětší 3 - 3,5krát. K přednostem se zařazuje vysoká odolnost vůči teplotám až 1 050 °C, velká pevnost v tlaku (Výrobce Liapor až 4,3 MPa), mrazuvzdornost a voděodolnost. Použití ve stavebnictví jako ozelenění střech (zároveň zlepšení tepelněizolačních vlastností), zásypy dřevěných trámových stropů, zásyp nad krytinu ploché střechy, podkladní vrstva pro podlahové desky, drenáž pro odvod dešťové vody a jako český unikát se vyrábí předpjatý lehčený beton, neboť je zde keramzit užíván jako lehčivo. V sypaném provedení lze vidět na Obr. č. 17. [13] [11]

Keramzit Liapor má součinitel tepelné vodivosti cca 0,09 W / (m. K).



Obr. č. 17 – Keramzit v podobě Liaporu [44]

## 4.8 PĚNOVÉ SKLO

Pěnové sklo je tepelně izolační a protipožární materiál, vznikající přidáním uhlíkového prášku do procesu napěnění skloviny. Výroba pěnového skla má dva vstupní materiály, buď sklo nové, nebo získané recyklací tohoto materiálu. Materiál není pružný, ale za to je nehořlavý a díky uzavřeným pórům i vodotěsný a parotěsný. Pěnové sklo lze ve stavebnictví využít hlavně na zatížení podlahy, ale i jako izolace bazénů a střech s vyššími nároky na relativně vysokou tlakovou únosnost, což pěnové sklo splňuje. Izolace může mít dvě různé podoby výrobku a to ve formě desek (jako je na Obr. č. 18 na následující straně), nebo drti. Postup výroby je u obou forem stejný, u drti však přibývá jedna finální etapa - rozdrčení na malé úlomky (velikostně se jedná o maximálně 60-ti mm úlomky). Drť má využití v první řadě u základů dřevostavby nebo izolace plochých pochozích střech. [13] [17]

Pěnové sklo má součinitel tepelné vodivosti v rozmezí 0,041 - 0,048 W / (m. K).



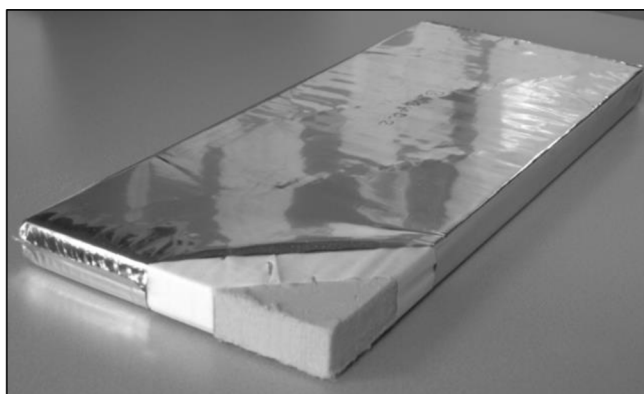
Obr. č. 18 - Desky z pěnového skla [44]

## 4.9 VAKUOVÉ IZOLACE

Jádro vakuové izolace je tvořeno tuhou částí, kterou tvoří pěny nebo minerální či rostlinná vlákna. Ta disponují dobrými tepelně izolačními vlastnostmi. Pokud je však izolace vyplněna atmosférickým vzduchem (převážná část celkového objemu izolace), hodnoty vodivosti se razantně přibližují vzduchu. Z toho vyplývá, že je na místě z izolantu odčerpat vzduch, čímž umocníme jeho tepelné vlastnosti, které nebudou do takové míry ovlivněny dominantním vlivem tepelné vodivosti vzduchu. Výrobce garantovaná hodnota je cca 99,9 % vakua, tepelný odpor odpovídá 250 (m<sup>2</sup>.K)/W pro libovolnou tloušťku.

Vakuové izolační panely, tzv. VIP, mají výplň z tuhé síťové struktury, která je označována jako aerogel. Struktura je složena z částic SiO<sub>2</sub> o nanometrických rozměrech, přičemž částice se formují do shluků (klastřů). Aby bylo dosaženo bezpečného a hlavně trvalého odsátí vzduchu z výplně SiO<sub>2</sub>, je nutné tuto výplň opatřit tuhým obalem, který je nejen vzduchotěsný, ale i odolný proti mechanickému poškození, což je využito pro manipulaci s deskami při výstavbě. Vyrobené desky se dodávají v různých tloušťkách (20-80 mm) a příklad je uveden na Obr. č. 19. [14]

Vakuové izolace mají součinitel tepelné vodivosti v rozmezí 0,012 - 0,016 W / (m. K).



Obr. č. 19 - Typický vakuový izolační panel tloušťky 20 mm s vyplní z kouřově jemné sítě z oxidu křemičitého a metalizovaným obalem dosahuje U-hodnoty přibližně 0,2 W/(m<sup>2</sup>K) [8]

#### 4.10 DŘEVOCEMENTOVÉ DESKY

V České republice jsou dřevocementové desky známé především jako Heraklith, ale i Lignát. Jedná se o desky z dřevité vlny spojené cementem, které jsou k vidění na Obr. č. 20. Tyto desky jsou poměrně dost tuhé a výrobci jimi „obalují“ méně tuhé tepelné izolace. Budťo se přiloží k jedné, nebo se vloží mezi dvě vrstvy heraklithu pěnový polystyren, či minerální vlna. Díky hrubé struktuře heraklithu, kterou povrch tohoto materiálu disponuje, lze dobře navázat maltu a beton, bez dalšího adhezního můstku. [13]

Dřevocementové desky mají součinitel tepelné vodivosti v rozmezí 0,038- 0,05 W / (m. K).



Obr. č. 20 - Dřevocementová izolační deska, Hertekta C-3 [37]

#### 4.11 KONOPI

Konopná izolace se skládá z konopného pazdeří, konopného vlákna, přidává se příměs sody k omezení výskytu plísní a hoření. Mezi přednosti této izolace patří dlouhodobé uchování jejich vlastností, pevnosti, odolnosti proti vlhkosti a jsou odolné i proti napadení škůdci či hnilobou. Zaručují zdravé mikroklima a tyto izolace lze považovat za ekologické (nejsou při výrobě používána žádná lepidla a chemické látky). V horkých letních měsících nedochází u tohoto materiálu k přehřívání, současně se chovají jako tepelně akumulční materiál a jsou paropropustné. Vlastnostmi může připomínat savý papír,

který funguje na principu pohlcení vlhkosti, ta se rozšíří, aniž by izolace z konopí byla mokrá. To všechno díky vysoké tepelné kapacitě, která se pohybuje okolo hodnoty  $c = 1\,600 - 2\,000 \text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ .

Výrobci dodávají izolace z technického konopí v podobě foukané sypké izolace (těžce přístupná nebo nepravidelná místa), rolí, rohoží nebo měkkých desek (zobrazeny na Obr. č 21). Svými tepelně technickými vlastnostmi mohou izolace z konopí plně nahradit minerální vlnu. [14] [18] [8]

Konopí má součinitel tepelné vodivosti v rozmezí  $0,038 - 0,040 \text{ W} / (\text{m}\cdot\text{K})$ .



Obr. č. 21 - Konopné izolační desky [37]

## 4.12 CELULÓZA

Celulóza je izolační materiál, který se vyrábí z recyklovaného novinového papíru, prvotním materiálem je tedy dřevo. Nejprve je novinový papír roztrhán a poté smíchán s hlavní přísadou, kterou tvoří zpravidla boritany. Přidáním přísad je zajištěna odolnost proti plísním, ohni, hnilobám a škůdcům. Posledním krokem je rozemletí celé směsi. Výhodou je aplikace izolace foukáním, čímž je zajištěna dobrá izolace i obtížně dostupných míst a dutin, což lze vidět na Obr. č. 22.

Při použití tohoto materiálu je nutné počítat s projevem tzv. „sedání“, aplikaci je proto nutné doplnit o zhutnění nafoukané hmoty (speciální pozornost v tomhle ohledu je nutno věnovat šikmým a svislým částem stavby). Jelikož je celulóza přírodní materiál, chová se principiálně, podobně jako izolace z konopí, jako savý papír. Užití tento materiál najde v pasivních domech, dřevostavbách, ale zatím především v zahraničí. [14]

Celulóza má součinitel tepelné vodivosti cca  $0,039 \text{ W} / (\text{m}\cdot\text{K})$ .





Obr. č. 22 - Celulózná tepelná izolace je aplikována foukáním, lze jí vyplnit jakékoli, i obtížně dostupné dutiny (foto CIUR) [8]

### 4.13 OVČÍ VLNA

Ovčí vlna je dalším, poměrně novým, zástupcem přírodních materiálů užívaných jako tepelná izolace. Ovčí vlna se nejdříve chemicky ošetří (látkami zajišťující odolnost vůči hmyzu, plísním, a zvyšují její požární odolnost) a postupně se kolmo vsívá do nosné tkaniny. Základní surovina je roztavena v kupolové peci společně s tavidly. Jedná se především o ekologický materiál, a podle tohoto kritéria je i používán. Používá se jako tepelná izolace ekologických dřevostaveb a tvarován do nábalů, které lze vidět na Obr. č. 23. [13] [9]

Ovčí vlna má součinitel tepelné vodivosti cca  $0,04 \text{ W / (m. K)}$ .



Obr. č. 23 - Nábal ovčí vlny Isolena Premium [37]

### 4.14 SLÁMA

Sláma se řadí mezi jeden z nejstarších a nejobvyklejších stavebních i tepelně izolačních materiálů nejen našich předků, ale její obliba opět roste i v současnosti. Má širokou škálu využití ve všech oblastech,

jako součást zdících materiálů (nepálené cihly), hliněné omítky, jako střešní krytina a také tepelně izolační materiál.

V konkrétním případě může být sláma použita jako nosný konstrukční materiál nebo jako doplnění nosného systému. Slaměná izolace má ve spojení s hliněnou omítkou až překvapivě vysokou požární odolnost, může se jednat o odolání ohni až 90 minut. Z toho důvodu vyhoví všem typům konstrukcí. Nemalou nevýhodou ovšem má v podobě nízké odolnosti proti vlhkosti, proto je před ní dobré slaměnou izolaci chránit, ať už omítkou či obkladem. Ukázka použití a ochrany je zobrazena na Obr. č. 24. [8]

Sláma má součinitel tepelné vodivosti v rozmezí 0,052 – 0,08 W / (m. K).

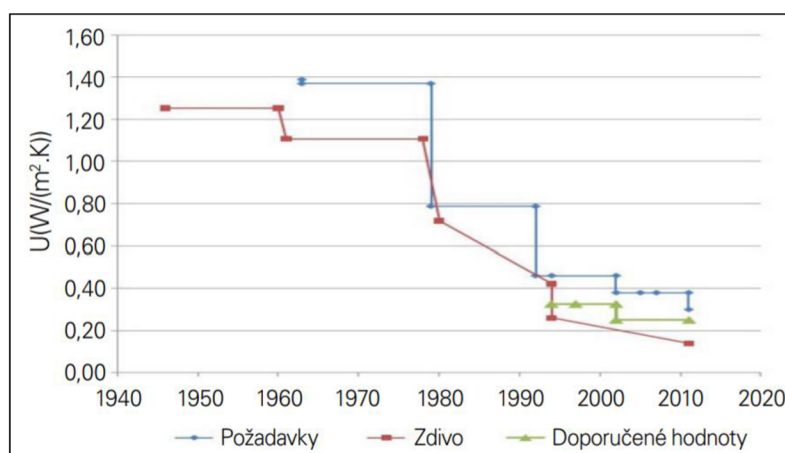


*Obr. č. 24 – Slaměná izolace šikmé střechy [37]*

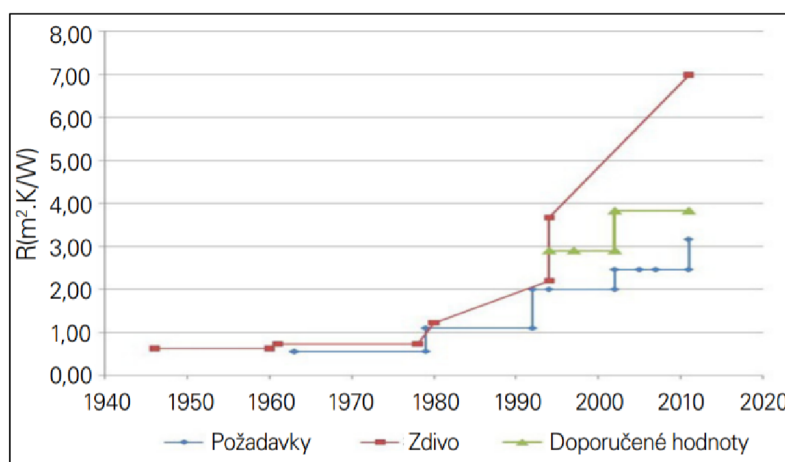
## 5 VÝVOJ TEPELNĚ TECHNICKÝCH VLASTNOSTÍ ZDIVA Z PÁLENÝCH CIHEL

V současné době probíhá výstavba budov s nízkou spotřebou energie, protože dochází ke zpřísnování požadavků především na tepelný odpor obvodových stěn. V této souvislosti se hovoří o budoucnosti jednovrstvého zdiva z cihel, zda již není na pokraji technologických možností. Tato kapitola popíše současnou situaci a další vývoj ohledně cihelných bloků, které splňují i ty nejvyšší požadavky, především na tepelný odpor stěn.

Vývoj požadavků na součinitel prostupu tepla ( $U$ ) a tepelný odpor konstrukcí ( $R$ ) lze rozdělit do, podle doby trvání, sedmi generačních období. První norma ČSN 1450:1949, která brala v úvahu tepelně technické vlastnosti, byla vydána již v roce 1949. Do roku 1964 hodnoty  $R$  u stěn vycházely z etalonu stěny z plných pálených cihel. Vývoj požadavků na vnější obvodové zdivo staveb (hodnoty  $U$ ,  $R$ ) až do roku 2011 je zobrazeno v grafu č. 1 a 2. [19]

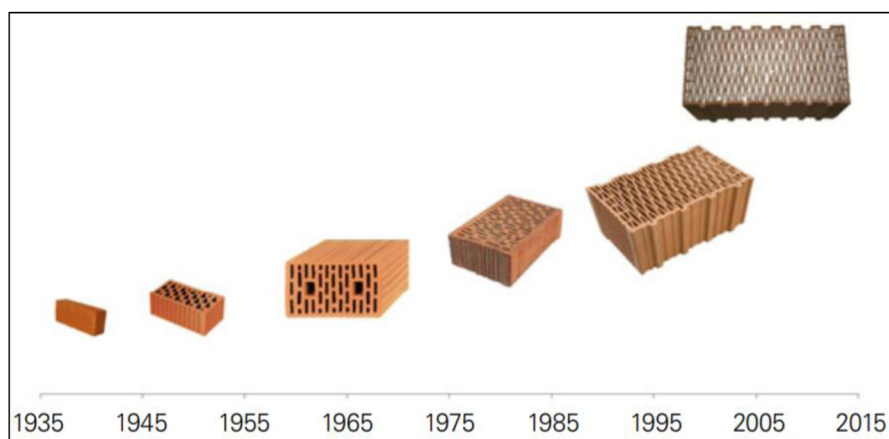


Graf. č. 1 - Chronologický vývoj součinitele prostupu tepla – normové požadavky na stěny a dosahované hodnoty zdiva tloušťky 440 mm [19]



Graf. č. 2 - Chronologický vývoj tepelného odporu – požadavky na stěny dle norem a dosahované hodnoty zdiva tloušťky 440 mm [19]

Vývoj požadavků na stěnové konstrukce vyvolal i změny vlastností cihel – hlavně tvar a výplň cihel. Nejprve se stavělo z cihel plných, v letech 1946–1960 se začaly projevovat výhody tepelně izolačních vlastností vzduchu a vznikly tak příčně děrované cihly typu CDm. Následně se v období roku 1961–1980 objevují typy cihel CDK a CD Týn. Mezníkem se staly právě cihly typu CD Týn, svými rozměry totiž zavedly pojem velkoformátové cihelné bloky (příklad rozměrů 290 x 190 x 215 mm, 240 x 365 x 238 mm). Výškový modul zdiva byl 250 mm a definována byla i tloušťka maltového lože 12 mm. V 90. letech 20. století přichází cihelné bloky typu Therm, u kterých byla nově vyvinuta suchá styčná spára mezi jednotlivými cihelnými bloky, označována pero/drážka (P+D). Vývoj tvarů jednotlivých cihel je chronologicky vyobrazen na Obr. č. 25. [19]



Obr. č. 25 - Ilustrativní vývoj tvaru pálených cihel určených pro jednovrstvé zdivo [19]

V první polovině 90. let 20. století se také začínají objevovat, cihly, které mají zbroušené ložné plochy. Jedná se o tzv. broušené cihly a tolerance výšky cihel při výrobě je menší než 1 mm. Do České republiky se tato technologie výroby dostala až po roce 2000. Ke zvýšení tepelného odporu (R) zdiva však bylo za potřebí vyvíjet nejen tvar cihel, ale i samotný keramický střepek, spojovací maltu a také omítky. S novými materiály se zároveň pozměňují pracovní postupy zdění a dochází, díky velkoformátovým cihelným blokům, ke zvýšení produktivity práce. [19]

## 5.1 TEPELNĚ TECHNICKÉ A JINÉ VLASTNOSTI ZDIVA ZE SOUČASNÝCH CIEHLNÝCH BLOKŮ TYPU THERM V ČR

K základním požadavkům na obvodové konstrukce patří: mechanická odolnost, trvanlivost, požární odolnost, vzduchotěsnost, šíření tepla a vlhkosti konstrukcí, vzduchová neprůzvučnost, požadavky na vztah k životnímu prostředí a udržitelný rozvoj, ekonomičnost.

V současnosti roste kladení důrazu na stavění nízkoenergetických budov a v blízké budoucnosti by se měly stavět domy s téměř nulovou spotřebou veškeré energie, zejména té z neobnovitelných zdrojů. Ať se bude jednat o pasivní domy s vysokými nároky na tepelně izolační vlastnosti obvodových

konstrukcí, nebo tzv. Sonnenhausy (domy založené na využívání obnovitelných zdrojů a tepelné kapacity materiálů) [46], či jiné typy domů, součinitel prostupu tepla  $U$  stěny bude nutné snížit pod hodnotu  $0,25 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . Z toho vyplývá čím dál větší důležitost požadavku na součinitel prostupu tepla jednotlivých konstrukcí. Nutné je ale splňovat i další požadavky na obvodové stěny, ale nemělo by to být na úkor navyšování tepelně izolačních parametrů. Jednovrstvé zdivo ze současných cihelných bloků typu Therm o šířce 440 mm (v určité specifikaci) hodnotu  $U = 0,25 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  splňuje s rezervou, i když se jedná o doporučenou hodnotu dle normy ČSN 73 0540-2:2011. Pro šířku zdiva 440 mm je v současnosti dosahováno součinitele prostupu tepla kolem hodnoty  $U = 0,21 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ , při praktické vlhkosti zdiva bez omítek. V kombinaci cihelného bloku vyplněného minerální izolací se tato hodnota sníží dokonce na  $U = 0,14 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . Tepelné vazby se v místě rohů a napojení výplní otvorů řeší pomocí doplňkových cihel, čímž v těchto detailech dochází k eliminaci vzniku tepelných mostů. [19]

U zdiva z cihel jsou zároveň splněny tyto požadavky:

- šíření vlhkosti jednovrstvým zdivem. Při standardním složení materiálů zdiva nevznikají žádné problémy s kondenzací a hromadění vlhkosti ve zdivu během roku. Cihelný střep má velice dobrou sorpční a desorpční izotermou, což lze přičíst jeho pórovitosti. Odvádění vlhkostí potom probíhá bez problémů. [48] „Pro bezproblémový návrh konstrukcí společného transportu tepla a vlhkosti porézními materiály je vhodné využívat i nestacionární výpočetní metody.“ [45]
- dobrá statická únosnost konstrukcí stěn nejen budov pro bydlení;
- vysoká požární odolnost;
- požadavky na akustické vlastnosti;
- vzduchotěsnost - při správném použití omítek a zároveň při provedení vhodných rozvodů elektřiny a vody je na vysoké úrovni;
- trvanlivost a jednoduchost;
- vztah k životnímu prostředí. [19]

Podle normy ČSN 73 0540-1:2005 je za izolační materiál považován takový materiál, který má  $\lambda \leq 0,1 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ . Podle této definice lze tedy označit pálené cihelné bloky za izolační materiál, který splňuje všechny další požadavky pro konstrukce obvodových zdí včetně únosnosti. Je všeobecně známé, že na trhu jsou dostupné materiály ryze izolační, jako jsou vláknité izolace na bázi čedičových, skleněných či dřevitých vláken, celulózy, polystyrenu, polyuretanu, fenolů či aerogelů, popřípadě vakuových panelů a dalších. Nicméně žádný z těchto izolačních materiálů nedokáže samostatně plnit požadavky na obvodové stěny, a proto je nutná jejich kombinace s dalšími materiály. Tím se navyšuje počet kombinací jednotlivých materiálů pro sestavení konstrukce, které s sebou přináší i zvýšení možného rizika vady či poruchy konstrukce stěny, a to jednak již v samotné fázi výroby materiálů, provádění

konstrukcí, nebo v průběhu užívání stavby. I při používání současných cihelných bloků je nutné dbát na všechny fáze již od výroby, aby bylo dosaženo požadovaných vlastností konstrukce. Je vždy výhodnější, pokud materiál umožňuje využívat více dobrých vlastností. To dokumentuje i vývoj kompozitních materiálů [15], kdy se využívá kombinace nejméně dvou složek, z nichž alespoň jedna je v pevné fázi, takže se potlačí jejich nevýhodné vlastnosti a několikrát navýší požadované vlastnosti. Cihelné bloky ani zdivo však zatím za kompozitní materiál označit nelze. Je však zřejmá snaha vyrábět cihelné bloky s vysokými užitnými vlastnostmi. Typickým příkladem kompozitního materiálu používaného ve stavebnictví je například vláknobeton. [19]

## 5.2 SMĚRY DALŠÍHO VÝVOJE V OBLASTI PÁLENÝCH CIHELNÝCH BLOKŮ

Vývoj keramického střepe a vytváření cihlářské suroviny se určitě budou řešit i v budoucnu. Dnes se vývoj zabývá především snižování tepelné vodivosti střepe při zachování maximální možné pevnosti. Další součástí tohoto směru vývoje je používání surovin, zejména charakteru odpadních materiálů, které zlepšují vlastnosti střepe, snižují energetické nároky na vypalování, urychlují proces sušení apod. Zároveň je tento vývoj propojen i s oblastí likvidace odpadních materiálů.

Další oblast vývoje spočívá v navyšování tepelného odporu, konkrétně to znamená hledání nových možností vytváření samotné geometrie cihelných bloků potlačující přenos tepla. Vytvíjí se nové technologie, a i když je tato oblast velice široká, možnosti tvarování cihel jsou omezené právě technologií výroby. V budoucnu se může vytváření cihel posunout úplně jinam, než je doposud běžné.

Třetí oblastí vývojovou oblastí je kombinování páleného cihelného bloku a izolačního materiálu. Ukazuje se, že čím více složitější je „děrování“ v kombinaci s izolačním materiálem, tím lepších užitných vlastností je dosaženo. Na tuto oblast se jistě výrobci cihel budou muset zaměřit. Jako ve všech směrech, i v tomto se již pokročilo a vývoj izolačních hmot na anorganické bázi je úspěšný (Obr. č. 26). Otevírá se i možnost použití odpadních, resp. recyklovaných materiálů, na které bude v budoucnu kladen velký důraz. [19]



Obr. č. 26 - Vyplňování dutin izolačním materiálem na silikátové bázi, součinitel tepelné vodivosti  $\lambda \leq 0,045 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$  [49]

Čtvrtá oblast se týká samotného zdiva. Jedna věc je vývoj cihel, ale nutné je vyvíjet i spojovací materiály, povrchové úpravy a nové technologie provádění konstrukcí. Vývoj malt dnes spočívá ve snižování jejich tepelné vodivosti a aby se současně zachovala dobrá pevnost zdiva. Na začátku se zdilo na běžnou vápenocementovou maltu, poté se přešlo k tepelně izolačním maltám. V současné době se používají tzv. tenkovrstvé malty, zastoupené buď celoplošnými „lepidly“ či „lepidly“ ulpívajícími pouze na samotných žebírkách cihel (mohou být vyztužovány tkaninami či vlákny). [19]

Mezi relativně nový způsob lepení cihel se řadí používání speciálně vyvinutých PU (polyuretanových) pěn či lepidel. Lepidla na bázi polyuretanů vykazují jedny z nejlepších vlastností vůbec. Lepení cihel PU pěnou započalo v Rakousku, ale dnes už je tento systém rozšířen po Evropě, včetně České republiky.

Omítky, především exteriérové, zaznamenaly také k výrazný posunu, neboť se čím dál víc používají omítky tzv. lehčené nebo tepelně izolační. Zjednodušuje se i systém provádění – na jádrovou omítku se rovnou nanáší pohledová omítko. Na straně interiéru je vhodné vápenné omítky ponechat, aby i dále udržovaly vhodné vnitřní klima budov. [19]

### 5.3 UDRŽITELNÝ ROZVOJ

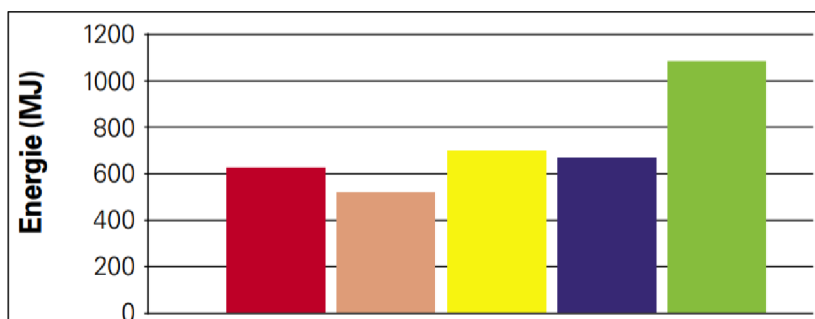
Ve stavebnictví je sice prioritou vyvíjení samotných stavebních materiálů, konstrukcí či budov, ale je potřeba řešit i jejich vztah k životnímu prostředí. Někteří výrobci se udržitelností zabývají více, než jim je legislativně předepsáno.

Více se touto problematikou zabývají především zahraniční výrobci stavebních materiálů. *„Pokud se budeme zabývat energiemi během životního cyklu výrobku a budeme chtít jednotlivé konstrukce z těchto produktů porovnávat, je nutné používat jednotný systém a jednotné hranice systému. Není však lehké vyjádřit všechny energetické toky během celého životního cyklu výrobku, ale již jsou dostupné údaje právě z EPD, které se zabývají spotřebou energie od získávání surovin pro výrobu materiálu až po samotnou expedici konečného produktu a dalšími dopady výroby stavebních materiálů na životní prostředí. Setkáváme se s obecným tvrzením, že to, „co se pálí, je drahé“. To platí pouze jen do určité míry. Např. u cihel došlo v tomto směru k velkému pokroku. Při použití plných pálených cihel (290 x 140 x 65 mm) pro zdivo tloušťky 440 mm bylo do 1 m<sup>2</sup> stěny potřeba asi 615 kg pálené keramiky. Pro stěnu stejné tloušťky ze současných cihelných bloků je potřeba asi 300 kg pálené keramiky. Z tohoto jednoduchého výpočtu je vidět, že došlo jednak k výrazné úspoře vstupní suroviny, ale také i k výraznému snížení potřeby energie na výpal materiálu pro 1 m<sup>2</sup> stěny (ta se snižuje i přidáním dalších materiálů do cihlářské suroviny). Zároveň došlo i k úspoře malty nutné pro zdění. Vraťme se však k hodnocení jednotlivých konstrukčních systémů. Pro porovnání energetické náročnosti stěny o ploše 1 m<sup>2</sup> s  $U = 0,22 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ,  $U = 0,18 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  a s  $U = 0,11 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  bylo porovnáno celkem 5 typů konstrukcí.“* [19]

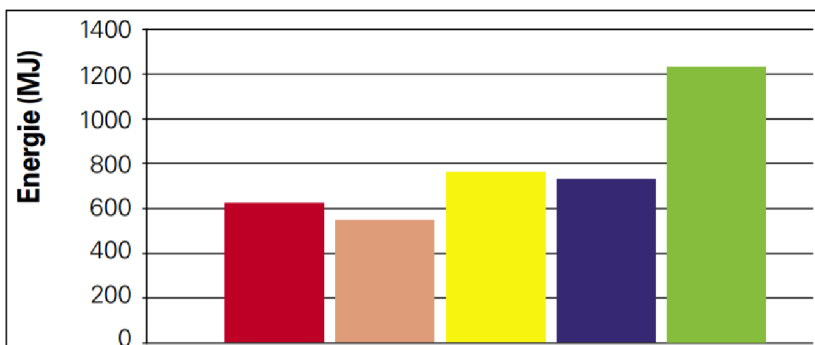
Hodnoty potřeby primární energie na výrobu materiálů byly převzaty z organizace Institut Bauen und Umwelt. [47] Do výpočtů byly zahrnuty pouze základní vstupní materiály (např. bez kotevních prvků, některé konstrukce jsou v praxi neproveditelné pro velmi nízké hodnoty U). Porovnání slouží především k podání základní informace o spotřebě primární energie na jednotlivá řešení stěn. [19]

Údaje z EPD slouží zejména pro poskytnutí informací spotřebiteli, že daná společnost tuto problematiku řeší a zabývá se jí. Tabulky (viz. Příloha č. 8.) uvádí konstrukční systémy pro stěnu s  $U = 0,22 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ,  $U = 0,18 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  a s  $U = 0,11 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ .

Grafy č. 3–5 shrnují porovnání konstrukcí z pohledu spotřeby primární energie na výrobu stavebních materiálů pro jednotlivá materiálová řešení konstrukcí. Ukazuje se, že nedochází k velkým rozdílům mezi jednotlivými materiálovými variantami konstrukcí.

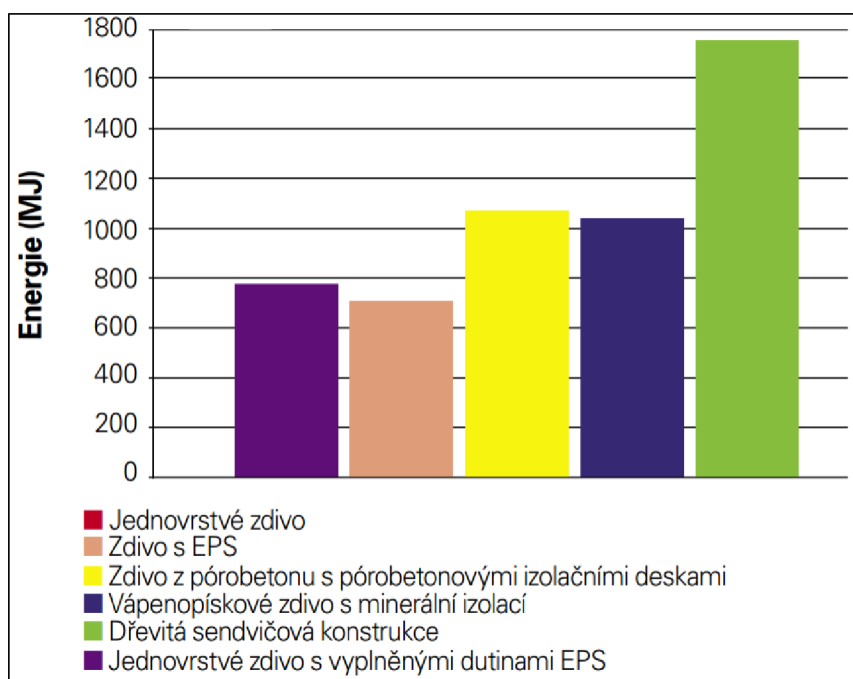


Graf. č. 3 - Množství primární energie potřebné pro výrobu materiálů na  $1 \text{ m}^2$  stěny s  $U = 0,22 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  [19]



Graf. č. 4 - Množství primární energie potřebné pro výrobu materiálů na  $1 \text{ m}^2$  stěny s  $U = 0,18 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  [19]





Graf. č. 5 - Množství primární energie potřebné pro výrobu materiálů na 1 m<sup>2</sup> stěny s  $U = 0,11 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  [19]

Z toho vyplývá, že výrok „co se pálí, tak je drahé“ je velice zavádějící. Při výrobě jiných materiálů může být energetická náročnost výroby také překvapivě vysoká. [19]

## 5.4 ZÁVĚR

Zdivo z pálených cihel patřilo a patří k nejoblíbenějším stavebním materiálům, a to hlavně pro obytné budovy. Zřejmě tomu bude i v budoucnu, ale a bude stále nutné přihlížet k jakémusi etalonu, podle kterého budou s pálenými cihlami srovnány ostatní konstrukce z různých materiálů.

Požadavky na tepelnou ochranu budov, a především na jejich obvodové stěny, se za posledních 50 let zpřísnily přibližně 6krát, z toho za posledních deset let asi 2krát. Tepelný odpor zdiva z pálených cihel se zvýšil za posledních 50 let 11krát, za posledních 10 let to bylo asi 3krát. Současně se výrazně zefektivnila výroba, spoří se keramický materiál, ale i malty či omítky.

Jelikož jsou cihly právě z keramiky, jsou i výjimečně trvanlivé a nemění během své životnosti své parametry, čímž se může chlubit málokterý materiál.

Nové technologie a metody, jimiž dochází ke zvýšení izolačních a užitných vlastností cihelných bloků pro jednovrstvé zdivo, používají i výrobci v České republice. Tím se snaží držet krok s technologicky vyspělými zahraničními výrobci. To lze přičíst i faktu, že na tuzemském trhu jsou k sehnání cihelné bloky, s hodnotami  $U = 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . V případě kombinace cihelných bloků s izolačním materiálem je dosahováno dokonce hodnot  $U = 0,11 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . [19]

## 6 OCEŇOVÁNÍ NEMOVITOSTÍ

Přístupů k oceňování nemovitostí existuje hned několik. Rozdíly lze nalézt mezi způsobem oceňování dle cenových předpisů a mezi způsobem tržního oceňování.

Případy, ve kterých se musí provést oceňování dle cenového předpisu, stanovuje zákon č. 151/1997 Sb., o oceňování majetku, v platném znění, a to např. za účelem dědického řízení, pro daňové účely apod. Výsledkem ocenění pak je cena zjištěná, která ale ani zdaleka nemusí odpovídat skutečné tržní hodnotě nemovitosti.

Tržní oceňování nemovitostí je založeno na principech, jež se opírají o reálný trh. Je tedy dosaženo reálných hodnot, které zohledňují situaci na trhu (nabídka vs. poptávka). Tržní oceňování nemovitostí se může použít vždy, pokud zákon č. 151/1997 Sb., o oceňování majetku, v platném znění, nestanoví jinak a oceňuje se cenou obvyklou. [41]

### 6.1 TRŽNÍ OCEŇOVÁNÍ NEMOVITOSTÍ

#### 6.1.1 Cena obvyklá

Za cenu obvyklou, nebo také obecnou, či tržní, se označuje: „Cena, za kterou je možno věc v daném místě a čase prodat nebo koupit. Obvykle se cena zjišťuje porovnáním s již realizovanými prodeji a koupěmi obdobných věcí v daném místě a čase, pokud jsou k tomu dostupné informace. Pokud tyto informace nejsou od statisticky významného souboru dostatečně porovnatelných nemovitostí, je třeba použít náhradní metodiku.“ [39]

Název "obecná cena" se používá především v soudní praxi, v současné době se někdy používá výraz "tržní cena" či "tržní hodnota", v zákonu č. 151/1997 Sb., o oceňování majetku a o změně některých zákonů (zákon o oceňování majetku), ve znění pozdějších předpisů, pak lze spatřit termín "cena obvyklá". [52]

#### 6.1.2 Porovnávací metoda

Zákon č. 151/1997 Sb., o oceňování majetku, v platném znění, definuje v § 2 způsob určení obvyklé ceny, a to:

*„... Obvyklá cena vyjadřuje hodnotu věci a určí se porovnáním.“*

*„Cena nemovitosti je velmi závislá na její poloze. Vliv polohy na cenu je třeba mít vždy na paměti a pokud je to možné, je třeba porovnávat nemovitosti ve stejných nebo alespoň velmi podobných polohách.“* Další skutečností je, že stavby zpravidla nejsou totožné – velmi blízká podobnost bude u bytů stejné kategorie a velikosti. Rodinné domy se budou lišit více a to velikostí, vybavením, velikostí

podsklepení, pozemku, zahrady, domky volně stojící, nebo řadové. Vliv bude mít i technický stav domu (nový, starý dům – opravy a jaké). [39]

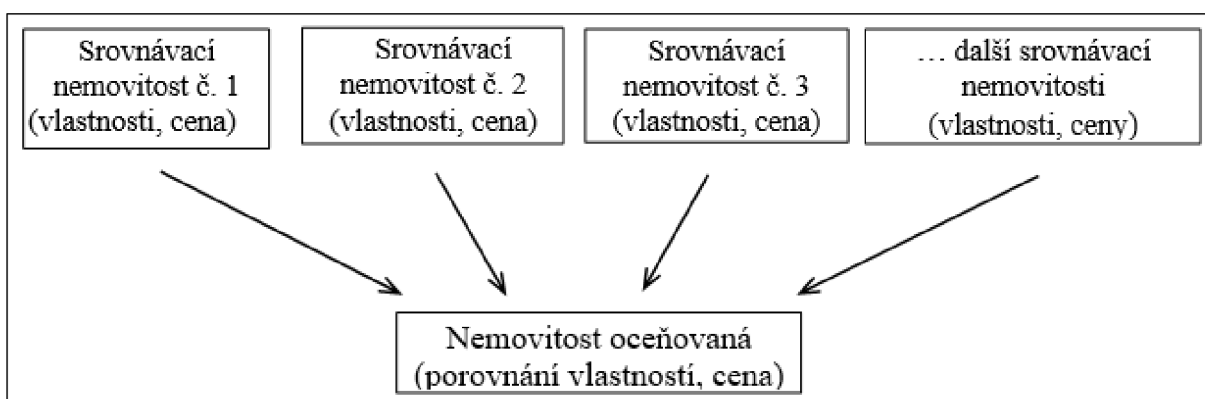
*Proto je třeba při porovnání brát v úvahu, nakolik jsou si porovnávané nemovitosti podobné a jejich odlišnosti pak vyjádřit v ceně.* [39]

### **Metoda přímého porovnání**

Metoda porovnání přímo mezi nemovitostmi srovnávacími (např. inzerovanými) a nemovitostí oceňovanou, přičemž u inzerovaných nemovitostí známě jejich sjednané ceny. Princip srovnání je zobrazen na Obr. č. 27. [39]

Srovnání se provádí pouze jednou. Nemovitosti jsou podobného charakteru, ale drobné odchylky jsou zohledněny pomocí koeficientů dle úvahy znalce. Koeficienty vyjadřují předpokládaný cenový vztah mezi srovnávací a oceňovanou nemovitostí a volí se podle toho, zda se v daném kritériu oceňovaná nemovitost jeví cenově lepší, nebo horší.

Podrobnější popis metody a postup při jejím využití, je popsán v praktické části – kapitola 7.8.2. Ocenění tržním způsobem.



Obr. č. 27 – Metoda přímého cenového porovnání [39]

## 7 VLIV PROVEDENÍ ZATEPLENÍ ZÁJMOVÉHO RODINNÉHO DOMU

V praktické části diplomové práce se řeší vliv zateplení rodinného domu v Moravských Budějovicích na ulici Větrná zejména z hlediska porovnání nákladů potřebných na vytápění daného objektu. Jedna varianta zateplení rodinného domu byla již realizována a další dvě byly navrženy. Pro jednotlivé varianty byly vypočteny tepelné ztráty objektu obálkovou metodou, byly sestaveny položkové rozpočty a určena prostá návratnost investice. Dále bylo vyhodnoceno, jaký vliv mají provedené úpravy na celkovou hodnotu rodinného domu. Na Obr. č. 28 – 32 lze spatřit polohu rodinného domu na různých mapových podkladech.



Obr. č. 28 - Vyznačení Moravských Budějovic v rámci České republiky [20].

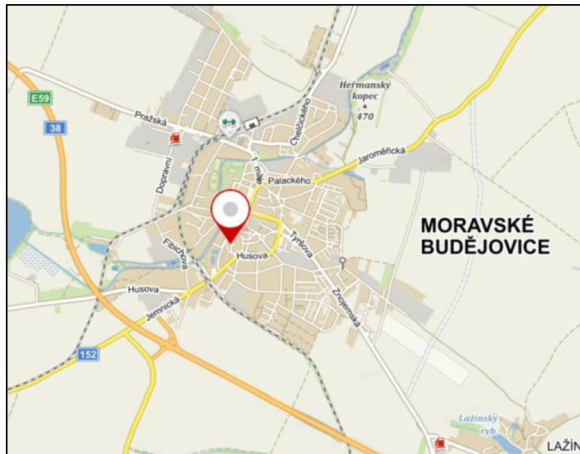


Obr. č. 29 - Vyznačení Moravských Budějovic v rámci kraje Vysočina [21].

### 7.1 ÚDAJE O STAVBĚ

- Adresa stavby: Větrná 1494, 676 02 Moravské Budějovice, okres Třebíč, kraj Vysočina
- Parcelní číslo: 2483
- Katastrální území: Moravské Budějovice [698903]
- Výměra [m<sup>2</sup>]: 113
- Zastavěná plocha [m<sup>2</sup>]: 106
- Druh pozemku: Zastavěná plocha a nádvoří

Informativní výpis z katastru nemovitostí je uveden v příloze č. 1.



Obr. č. 30 - Vyznačení polohy Rodinného domu v rámci Moravských Budějovic [22]



Obr. č. 31 - Letecký snímek zájmové lokality s rodinným domem č.p. 1 494 [23]



Obr. č. 32 - Výřez z katastrální mapy [23]

## 7.2 POPIS STÁVAJÍCÍHO STAVU OBJEKTU

Rodinný, který je objektem této diplomové práce dům (viz. Obr. č. 33), se nachází v ulici Větrná v Moravských Budějovicích, které se nacházejí v jižní části kraje Vysočina. Objekt byl postaven v roce 1991. Jedná se o dům samostatně stojící, podsklepený, se dvěma nadzemními podlažími. Zastavěná plocha činí 106 m<sup>2</sup>. K domu náleží pozemek, využívaný jako zahrada, o velikosti 487 m<sup>2</sup>.

Základy jsou provedeny z prostého betonu. Nosný obvodový plášť je zděný. V případě podzemního podlaží se jedná o zdivo z cihel plných pálených o tloušťce 450 mm, v nadzemních podlažích zůstává tloušťka 450 mm, ale jedná se o zdivo z keramických pálených bloků Porotherm. Nosné příčky tloušťky 300 mm i nenosné příčky tloušťky 150 mm v podzemním podlaží a nosné příčky tloušťky 250/300 mm v nadzemních podlažích postaveny z cihel plných pálených, nenosné příčky tl. 150 mm v nadzemních podlažích provedeny z keramických cihel dutých dvouděrových. Vnitřní omítky provedeny vápenocementové. Nosné prvky konstrukce stropů provedeny v sestavě I profilů a stropních vložek Hurdis, na něž navazuje škvárový násyp, betonová mazanina a skladba podlahové krytiny (Keramická dlažba nebo laminátová podlaha). Podlahu na zemině tvoří betonová deska vyztužená kari sítí, hydroizolace a keramická dlažba. Nosným systémem střechy je dřevěný krov, střecha je pak sedlová se skládanou keramickou krytinou. Okna jsou plastová s izolačním dvojsklem. Vnější dveře plastové. Vnitřní dveře dřevěné s obložkovou zárubní.

V roce 2017 bylo provedeno zateplení obvodových stěn a stropu nad garáží pomocí systému ETICS. Na obvodové stěny bylo použito 100 mm a na strop garáže 60 mm fasádního EPS Polystyrenu.



Obr. č. 33 - Rodinný dům č.p. 1494 v popředí [22]

### 7.3 NAVRŽENÉ VARIANTY ZATEPLENÍ

V rámci porovnání výdajů za energii a návratnosti bylo zvoleno několik variant zateplení, včetně již provedené varianty zateplení v roce 2017. Všechny varianty vychází z vnějšího kontaktního zateplovacího systému, který je mezinárodně označován zkratkou ETICS), přičemž se mění tloušťky a druhy tepelných izolantů. Do výběru byly zahrnuty především nejčastěji používané materiály – expandovaný pěnový EPS polystyren a čedičová vata.

#### **Varianta č. 1 – 100/60 mm EPS**

Tato varianta zahrnuje stávající zateplení pomocí fasádního polystyrenu EPS v tloušťce 100 mm u obvodového pláště (viz. skladba S1' pro danou variantu) a 60 mm u stropní konstrukce nad garáží (viz. skladba S6' pro danou variantu). Hodnota součinitele tepelné vodivosti  $\lambda = 0,039 \text{ W/mK}$ .

### **Varianta č. 2 – 180/180 mm Isover EPS 100F**

Tato varianta zahrnuje nově navržené zateplení také pomocí fasádního polystyrenu Isover EPS 100F polystyrenu v tloušťce 180 mm u obvodového pláště i u stropní konstrukce nad garáží (viz. skladba S1', S6' pro danou variantu). Hodnota součinitele tepelné vodivosti  $\lambda = 0,037 \text{ W/mK}$ .

### **Varianta č. 3 – 180/180 mm čedičová vata**

Tato varianta zahrnuje nově navržené zateplení pomocí dalšího hojně používaného materiálu a to čedičové vaty Isover Profi TF 180. Tloušťky byly zvoleny stejně jako v předchozí variantě - 180 mm u obvodového pláště i u stropní konstrukce nad garáží (viz. skladba S1', S6' pro danou variantu). Hodnota součinitele tepelné vodivosti  $\lambda = 0,036 \text{ W/mK}$ .

## **7.4 STANOVENÍ ÚSPORY ENERGIÍ**

Obálkovou metodou byl proveden výpočet tepelných ztrát budovy, aby bylo možné vyhodnotit náklady na provoz rodinného domu před a po provedení zateplení pro jednotlivé varianty. Obálková metoda obsahuje nejen tepelné ztráty prostupem, větráním, ale i ztráty tepelnými mosty a vazbami. Ve výpočtech není uvažována spotřeba energie pro ohřev vody a osvětlení. Návrhová řešení se zabývají především vnějším zateplením fasády a tyto veličiny tak zůstanou konstantní po i před provedením úprav. Procentuální úspora pak byla vyhodnocena porovnáním hodnot tepelných ztrát zatepleného objektu s tepelnými ztrátami objektu bez zateplení.

Nyní k samotnému výpočtu, ten spočívá v určení ploch, které jsou ochlazované. Ochlazované plochy tvoří hranici mezi vytápěným a nevytápěným prostorem. Tato plocha pak vychází z vnějších rozměrů jednotlivých konstrukcí, a to bez započítání plochy výplní otvorů (ve výpočtu uvažovány samostatně). S použitím teplotního činitele, podle vztahu 2, se vypočítají měrné tepelné ztráty. U součinitele prostupu tepla se musí zohlednit korekční činitel pro tepelné mosty a vazby. Pro zvolený model byly převzaty hodnoty  $\Delta U = 0,05$  s mírným vlivem vazeb a  $\Delta U = 0,10$  s nízkou úrovní provedení. Teplotní činitel uvádí norma ČSN 73 0540-3.

$$H_{T1} = A_i \cdot (U_i + \Delta U) \cdot B_i \text{ [W}\cdot\text{K}^{-1}] \quad (2)$$

Kde:

$A_i$  ... ochlazovaná plocha

$U_i$  ... součinitel prostupu tepla

$\Delta U$  ... ztráty tepelnými mosty a vazbami

$B_i$  ... teplotní činitel [42]



Výpočet ztrát prostupem se vypočítá dle vztahu 3. Základní hodnoty pro výpočtovou vnitřní hodnotu jsou uvedeny v normě ČSN EN 12831, pro obytný prostor bylo zvoleno 20 °C. Výpočtová venkovní teplota pro oblast Třebíč je pak -15 °C.

$$\Phi_{Ti} = \Sigma H_{Ti} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) \text{ [W]} \quad (5)$$

Kde:

$\theta_{int,i}$  ... výpočtová vnitřní hodnota

$\theta_e$  ... výpočtová venkovní teplota [42]

Hodnota tepelných ztrát prostupem se doplní o tepelnou ztrátu větráním, jež se vypočítá dle vztahu (4).

$$\Phi V = H_{vi} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) \text{ [W]} \quad (6)$$

Kde:

$H_{vi}$  ... součinitel návrhové tepelné ztráty větráním

$\theta_{int,i}$  ... výpočtová vnitřní hodnota

$\theta_e$  ... výpočtová venkovní teplota [42]

$$H_{vi} = 0,34 \cdot V_i \text{ [W/K]} \quad (7)$$

Kde:

$V_i$  ... výměna vzduchu [42]

Výměna vzduchu se stanoví v závislosti na druhu větrání dle normy ČSN EN 12 831. V tomto případě bylo zvoleno přirozené větrání, kde se vybere větší z hodnot výměny vzduchu infiltrací a minimální výměny vzduchu, která je dána hygienickými požadavky.

$$V_i = \max (V_{inf,i}, V_{min,i}) \text{ [m}^3\text{/h]} \quad (8)$$

Kde:

$V_{inf,i}$  ... infiltrace obvodovým pláštěm budovy

$V_{min,i}$  ... hygienické množství vzduchu [42]

$$V_{inf,i} = 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \epsilon_i \text{ [m}^3\text{/h]} \quad (9)$$

Kde:

$V_i$  ... objem vytápěné místnosti

$n_{50}$  ... intenzita výměny vzduchu za hodinu při rozdílu tlaků 50 Pa mezi vnitřkem a vnějškem budovy

$e_i$  ... stínící činitel

$\epsilon_i$  ... výškový korekční činitel [12]

Objem vytápěných místností se vypočítá z vnitřních rozměrů místnosti. Ostatní hodnoty vychází z normy ČSN EN 12831.

$$V_{\min} = n_{\min} \cdot V_i \text{ [m}^3\text{/h]} \quad (10)$$

Kde:

$V_i$  ... objem vytápěné místnosti

$n_{\min}$  ... minimální intenzita výměny vzduchu [42]

Minimální intenzitu výměny vzduchu je určuje norma ČSN EN 12831, pro obytné místnosti je rovna  $0,5 \text{ h}^{-1}$  a pro kuchyně  $1,5 \text{ h}^{-1}$ .

## 7.5 TEPelnÉ ZTRÁTY OBJEKTU

Postup výpočtu tepelných ztrát je demonstrován na variantě původní (bez zateplení) a názorně jej ukazuje Tab. č. 4. Skladby jednotlivých konstrukcí před i po zateplení, výpočet odporů, součinitelů prostupu tepla, tepelné ztráty větráním a ostatní výpočty, které předcházely výpočtu tepelných ztrát, jsou uvedeny v přílohách č. 2, 3 a 4.

Tab. č. 4 - Postup výpočtu tepelných ztrát pro původní variantu bez zateplení

Výpočet měrné tepelné ztráty							
$H_{T,i} = A_i \cdot (U_i + \Delta U) \cdot B_i$							
Ochlazovaná konstrukce	$A_i$ [m <sup>2</sup> ]	$U_i$ [W/m <sup>2</sup> K]	$U_{\text{pož.}}$ [W/m <sup>2</sup> K]	$\Delta U$ [W/m <sup>2</sup> K]	$U_{\text{ic}} = U_i + \Delta U$	$B_i$ [-]	$H_{T,i}$ [W/K <sup>-1</sup> ]
S1	203,96	0,35	0,30	0,10	0,45	1,00	90,93
S2	27,38	0,41	0,75	0,05	0,46	1,00	12,67
S3	23,74	1,17	0,75	0,10	1,27	0,29	8,73
S4	35,13	2,76	0,85	0,10	2,86	0,52	52,27
S5	14,85	0,61	0,60	0,10	0,71	0,57	6,01
S6	57,65	0,53	0,60	0,10	0,63	0,57	20,72
S7	54,04	0,21	0,30	0,05	0,26	0,57	8,06
S8	53,08	0,15	0,24	0,05	0,20	1,00	10,63
S9	9,00	0,37	0,24	0,10	0,47	1,00	4,20
Okna plastová	26,08	1,90	1,50	0,10	2,00	1,00	52,16
Luxfery	7,52	2,70	1,50	0,10	2,80	1,00	21,07
Vnitřní dveře	3,23	2,00	3,50	0,10	2,10	0,29	1,97
Vstupní dveře	2,35	2,60	3,50	0,10	2,70	1,00	6,35
						<b><math>\Sigma H_{T,i}</math></b>	<b>295,76</b>
Výpočet ztráty prostupem					$\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\theta_{\text{int},i} - \theta_e)$		
Konstrukce	$H_T$ [W.K <sup>-1</sup> ]	$\theta_{\text{int},i}$ [°C]	$\theta_e$ [°C]	$\Phi_{T,i}$ [W]			
S1	90,93	20	-15	3 182,55			
S2	12,67	20	-15	443,52			
S3	8,73	10	-5	130,88			
S4	52,27	20	5	783,99			
S5	6,01	20	8	72,16			
S6	20,72	20	8	248,66			
S7	8,06	20	-5	201,50			
S8	10,63	20	-15	371,90			
S9	4,20	20	-15	146,93			
Okna plastová	52,16	20	-15	1 825,74			
Luxfery	21,07	20	-15	737,35			
Vnitřní dveře	1,97	10	-5	29,52			
Vstupní dveře	6,35	20	-15	222,08			
				<b><math>\Sigma \Phi_{T,i}</math></b>	<b>8 396,77</b>		
Celková ztráta budovy				$\Phi = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i}$			
$\Phi_{T,i}$ [W]	$\Phi_{V,i}$ [W]	$\Phi$ [W]					
8 396,77	3 958,58	<b>12 355,35</b>					

Tepelné ztráty jednotlivých variant pak shrnuje tabulka č. 5. Postup byl u všech variant totožný, ale v této tabulce jsou uvedeny již výsledné hodnoty tepelných ztrát objektu.

Tab. č. 5 – Výsledné hodnoty tepelných ztrát objektu pro jednotlivé varianty

<b>Celkové ztráty budovy pro jednotlivé varianty</b>			
$\Phi = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i}$			
<b>Varianta</b>	<b>Ztráty prostupem <math>\Phi_{T,i}</math> [W]</b>	<b>Ztráty větráním <math>\Phi_{V,i}</math> [W]</b>	<b>Celkové ztráty <math>\Phi</math> [W]</b>
Varianta bez zateplení - původní stav	8396,77	3958,58	<b>12355,35</b>
Varianta č. 1 – 100/60 mm EPS	7140,78	3958,58	<b>11099,35</b>
Varianta č. 2 – 180/180 mm Isover EPS 100F	6731,40	3958,58	<b>10689,98</b>
Varianta č. 3 – 180/180 mm čedičová vata	6716,14	3958,58	<b>10674,71</b>

## 7.6 NÁKLADY NA PROVEDENÍ JEDNOTLIVÝCH VARIANT ZATEPLENÍ

Náklady na provedení byly v případě již zhotovené varianty (varianta č. 1 – 100/60 mm EPS) sděleny uživatelem stavby, za které zateplení v roce 2017 realizoval.

Ve zbylých dvou variantách se jedná o stanovení pomocí rozpočtového programu BuildPower. S pomocí položkového rozpočtu s cenami materiálu a stavebních prací pro rok 2017. V rozpočtech na náklady zateplení obvodového pláště jsou kromě samotných zateplovacích prací započteny i náklady na pomocné lešení a přesun hmot, viz příloha č. 5.

Cena zateplení vč. DPH (pro rodinné domy 15%):

- Varianta č. 1 – 100/60 mm EPS: 208 083 Kč
- Varianta č. 2 – 180/180 mm Isover EPS 100F: 251 388 Kč
- Varianta č. 3 – 180/180 mm čedičová vata: 438 866 Kč

## 7.7 NÁVRATNOST INVESTIC DO ZATEPLENÍ

Jedná se o jednu ze základních metod ekonomického hodnocení energeticky úsporných opatření. Propočtem prosté doby návratnosti hledáme počet let, za které se v úsporách energie vrátí prvotní investice pomocí vztahu: [24]

$$\text{Prostá doba návratnosti} = \frac{\text{investiční náklady}}{\text{úspora energie} \times \text{cena energie}} = \frac{\text{náklady}}{\text{uspořené peníze}} [\text{rok}] \quad (10)$$

Vzhledem k přihlídnutí na vliv lidského faktoru při výstavbě původního domu bylo vycházeno ze vstupních údajů sdělených uživatelem domu. Jedná se o hodnoty nákladů na vytápění před a po zateplení a náklady na již realizované zateplení. V tomto odstavci se zateplením bere v úvahu varianta č. 1 100/60 mm EPS. V původní variantě bez zateplení bylo protopeno 44 000 Kč ročně a dnes po zateplení se protopí 34 000 Kč. Úspora je tedy 10 000 Kč bez přihlídnutí na ohřev vody. Ten byl

z výpočtu vyjmut, protože zůstává konstantní. V roce 2017 pak byly náklady na provedení zateplení 208 083 Kč.

Ze sdělené úspory na vytápění a z vypočítaných tepelných ztrát byly úměrně vyjádřeny náklady na vytápění pro další dvě varianty zateplení. Náklady na zateplení varianty č. 2 a č. 3 byly získány z rozpočtového programu a tímto byly známy všechny vstupní údaje pro výpočet návratnosti všech variant zateplení pomocí základních matematických operací.

Tab. č. 6 – Výpočet prosté návratnosti investic v řádu let

Varianta	Náklady na vytápění Kč/rok	Úspora energie [%]		Náklady na zateplení vč. DPH	Návratnost [roky]
		[%]	Kč/rok		
Původní bez zateplení	44 000,00	-	-	-	-
Č. 1 – 100/60 mm EPS	34 000,00	22,73	10 000,00	208 083 Kč	21
Č. 2 – 180/180 mm Isover EPS 100F	30 740,68	30,13	13 259,32	251 388 Kč	19
Č. 3 – 180/180 mm čedičová vata	30 619,11	30,41	13 380,89	438 866 Kč	33

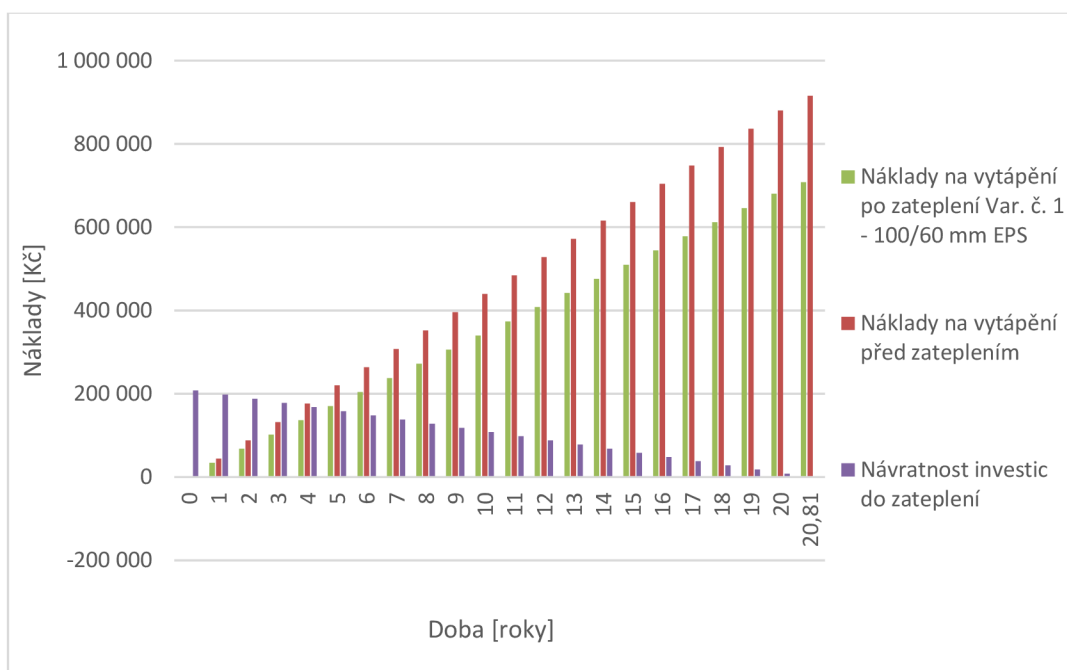
Jak ukazuje Tab. č. 6 výše, nejrychlejší návratnost 19 let prokázala sice varianta č. 2 – 180/180 mm EPS 100F a vzhledem k budoucí, až o třetinu větší, roční úspoře nákladů na vytápění se jeví velmi výhodně. Následuje již provedená varianta č. 1 – 100/60mm EPS s návratností 19 let. Varianta č. 3 – 180/180 čedičová vata má až o polovinu horší návratnost než varianta s nejlepší návratností, takže vyšla nejhůře.

Z Tab. č. 6 vyplývá, že původní záměr zateplení ve variantě č. 1 nebyl z hlediska úspory energie zcela špatně navržen, ale varianty č. 2 a 3 jsou z tohoto hlediska daleko efektivnější. Zvláště varianta č. 2 se jeví jako nejvýhodnější, protože úspora ročních nákladů je o třetinu větší (13 259,32 Kč/rok), než u varianty č. 1 (10 000,00 Kč/rok) a návratnost se díky tomu i zmenšila o dva roky. Z hlediska životnosti dnešních zateplovacích systémů (50 let i více) se tedy jednoznačně vyplatí zateplení ve variantě č. 2 – 180/180 mm EPS 100F. Tato varianta má před sebou po uplynutí doby návratnosti ještě více jak polovinu životnosti s o třetinu větší roční úsporou než varianta stávající.

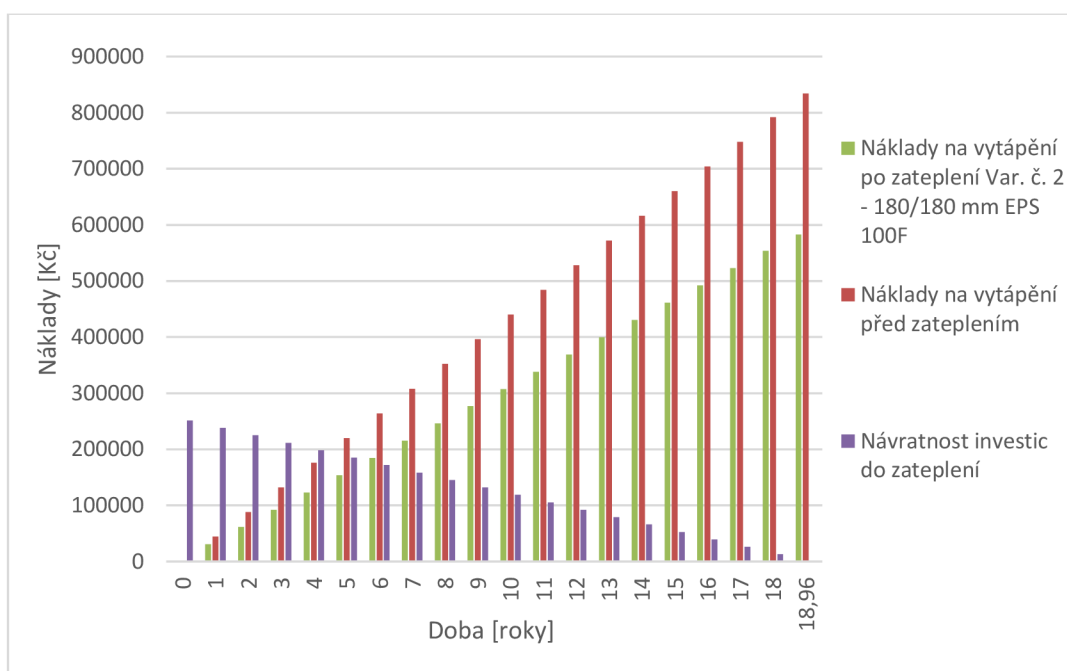
Co se týče varianty č. 3, ta je na tom z hlediska ročních úspor podobně jako varianta č. 2 – 13 380,89 Kč/rok. Vyšší jsou ale, cca o 43%, náklady na provedení zateplení a celková návratnost. Výhoda této varianty spočívá ve zdravotní nezávadnosti vůči lidskému zdraví a ve využití tam, kde je kladen vysoký důraz na požární bezpečnost. Pokud ale není kladen důraz na tyto požadavky, potom se oproti variantám č. 1 a č. 2 tolik nevyplatí, i když tato varianta za 50 let uspoří oproti variantě bez zateplení nemalou částku.

Procentuální úspora z celkového pohledu není pro navržené varianty moc vysoká, což lze zřejmě přičíst relativně dobrým tepelně technickým vlastnostem, kterými původní zdivo disponuje.

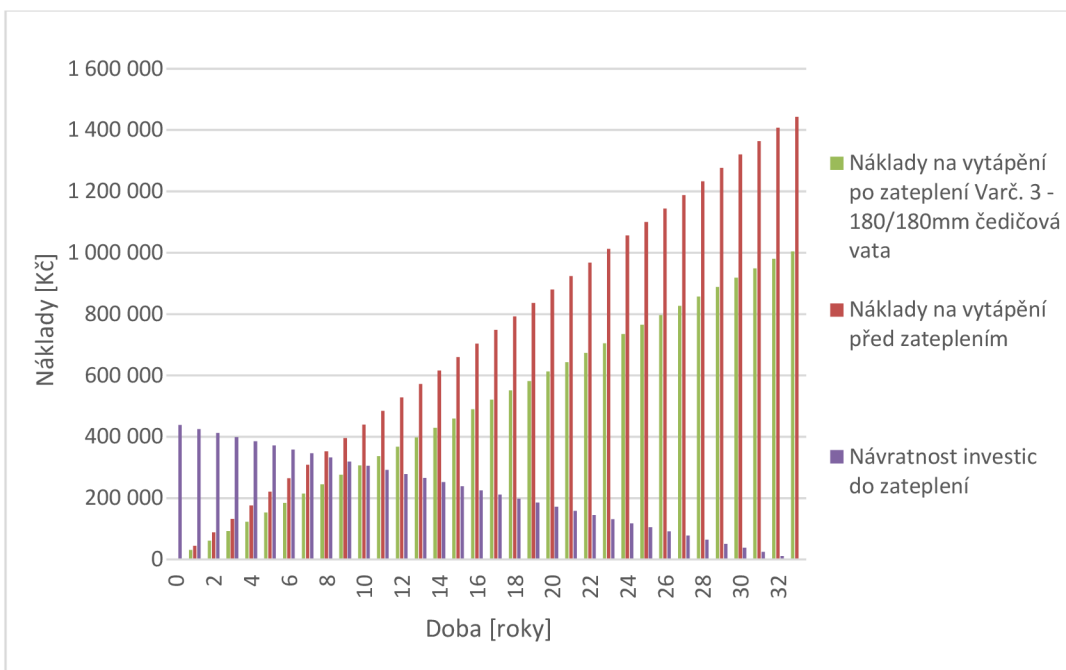
Pro lepší přehled byly výsledky zobrazeny v následujících grafech č. 6. – 8.:



Graf. č. 6 - Návratnost investice do zateplení Var. č. 1 - 100/60 mm EPS



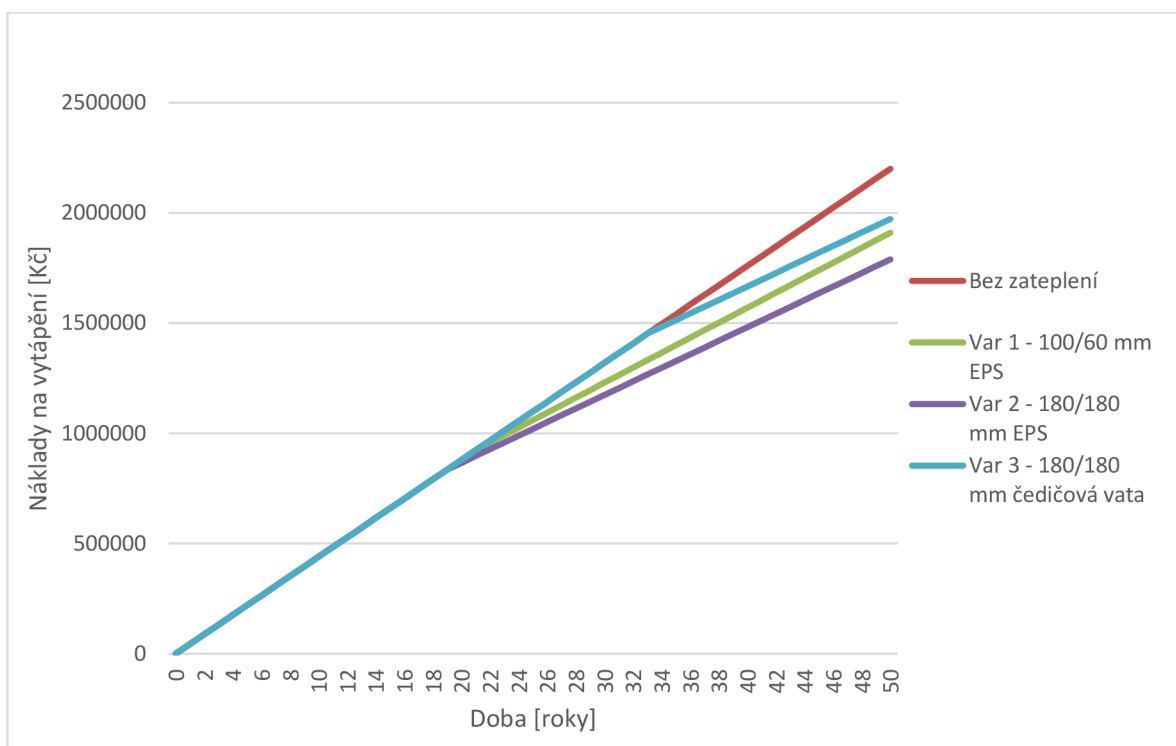
Graf. č. 7 - Návratnost investice do zateplení Var. č. 2 - 180/180 mm EPS 100F



Graf. č. 8 - Návratnost investice do zateplení Var. č. 3 - 180/180 mm čedičová vata

Kdyby se uvažoval časový horizont 50 let, jako výrobci udávanou životnost, pak by dané varianty ušetřily tyto částky:

- Č. 1 – 100/60 mm EPS: 291 900 Kč
- **Č. 2 – 180/180 mm Isover EPS 100F: 411 569 Kč**
- Č. 3 – 180/180 mm čedičová vata: 230 151 Kč



Graf. č. 9 - Vývoj poklesu celkových nákladů na vytápění za dobu 50 let

## 7.8 VLIV NA CENU OBVYKLOU

Tato část diplomové práce je věnována ocenění rodinného domu pomocí porovnávací metody. Byly sestaveny databáze rodinných domů, a to zvlášť se zateplením a zvlášť bez zateplení, s podobnými parametry, dispozicemi, užitnou plochou, atd. Poté proběhlo zpracování databází a díky indexu odlišnosti, který se stanoví z jednotlivých koeficientů odlišnosti, je stanovena cena typického rodinného domu pro řešenou skupinu. Jako koeficienty odlišnosti byly použity koeficienty, které jsou blíže popsány v dalších kapitolách. Na závěr byl stanoven rozdíl ceny mezi zatepleným domem a domem bez zateplení.

### 7.8.1 Databáze rodinných domů

Objekty, které byly zařazeny do databáze, sestávají z rodinných domů s podobnou užitnou plochou, dispozičním řešením a příslušenstvím, podle toho, jestli prošly rekonstrukcí (zateplením) či nikoli. Domy s extrémními hodnotami byly z databáze vyřazeny a nahrazeny jinými, vhodnějšími.

V následujících podkapitolách je uveden výtah z databáze, kompletní databáze se nachází v příloze č. 6 pro nezateplený RD a příloze č. 7 pro zateplený RD.

#### *Databáze nemovitostí bez zateplení*

Tab. č. 7 - Databáze rodinných domů bez zateplení

Databáze prodeje nemovitostí		
Číslo	Popis nemovitosti	Prodejní cena
1	Prodej rodinného domu 180 m <sup>2</sup> , pozemek 259 m <sup>2</sup> , Jaroměřice n. Rokytinou	1 990 000 Kč
2	Prodej domu 207 m <sup>2</sup> , pozemek 161 m <sup>2</sup> ulice Bráfova, Třebíč	2 900 000 Kč
3	Prodej rodinného domu 170 m <sup>2</sup> , pozemek 401 m <sup>2</sup> , ulice Podloučky, Hrotovice	2 490 000 Kč
4	Prodej rodinného domu 260 m <sup>2</sup> , pozemek 729 m <sup>2</sup> Kožichovice	3 890 000 Kč
5	Prodej rodinného domu 265 m <sup>2</sup> , pozemek 790 m <sup>2</sup> , Mohelno	4 300 000 Kč
6	Prodej rodinného domu 260 m <sup>2</sup> , pozemek 250 m <sup>2</sup> , Hostim	3 900 000 Kč
7	Prodej rodinného domu 194 m <sup>2</sup> , pozemek 388 m <sup>2</sup> , Vracovice	2 190 000 Kč
8	Prodej rodinného domu 180 m <sup>2</sup> , pozemek 457 m <sup>2</sup> , Sedlejev	2 490 000 Kč



Tab. č. 8 - Databáze rodinných domů včetně zateplení

<b>Databáze prodeje nemovitostí</b>		
<b>Číslo</b>	<b>Popis nemovitosti</b>	<b>Prodejní cena</b>
<b>1</b>	Prodej rodinného domu 280 m <sup>2</sup> , pozemek 215 m <sup>2</sup> , ulice Zahradníčkova, Třebíč	4 190 000 Kč
<b>2</b>	Prodej rodinného domu 290 m <sup>2</sup> , pozemek 98 m <sup>2</sup> , ulice Hálkova, Třebíč	3 900 000 Kč
<b>3</b>	Prodej rodinného domu 404 m <sup>2</sup> , pozemek 835 m <sup>2</sup> , Nevcehle	4 290 000 Kč
<b>4</b>	Prodej rodinného domu 318 m <sup>2</sup> , pozemek 331 m <sup>2</sup> , Stařeč	3 990 000 Kč
<b>5</b>	Prodej rodinného domu 188 m <sup>2</sup> , pozemek 421 m <sup>2</sup> , Hrotovice	1 898 000 Kč
<b>6</b>	Prodej rodinného domu 260 m <sup>2</sup> , pozemek 1 010 m <sup>2</sup> , ulice Pod Kalvárií, Polná	3 590 000 Kč

### **7.8.2 Ocenění tržním způsobem – porovnávací metoda**

Metoda přímého porovnání vychází z porovnání „oceňované“ nemovitosti, tj. domu, s databází prodávaných nemovitostí přibližně stejného druhu, známé užitné plochy, stejné velikosti (počet pater) a v podobné lokalitě. Hodnota, kterou se podařilo zjistit pomocí koeficientů odlišnosti, nejlépe popisuje stav, polohu, vybavenost, atd. V cenách nabízených nemovitostí bývá také připočítán pozemek, nebo jeho poměrová část pod budovou a okolí, příslušenství připadající k domu. Metoda byla opět provedena pro obě varianty – před a po zateplení.

Pro účely tohoto oceňování byly zvoleny následné koeficienty:

- Koeficient redukce na pramen výše ceny - zohlednění skutečnosti, v jaké výši se opravdu srovnatelné nemovitosti prodají
- Koeficient úpravy na polohu nemovitosti – porovnání lokality nemovitosti vůči srovnatelným nemovitostem.
- Koeficient vybavenosti nemovitosti - zohledňuje, zda je vnitřní vybavení srovnatelné s vybavením oceňovaných nemovitostí.
- Koeficient velikosti nemovitosti - zohledňuje prostornost dané nemovitosti dle užitné plochy.
- Koeficient existence vedlejších staveb – zohlednění existence a počtu vedlejších staveb náležících k nemovitosti.
- Koeficient příslušenství - zhodnocení jaké příslušenství patří k nemovitosti
- Koeficient dle odborné úvahy znalce - zohledňuje přesvědčení znalce o posuzované nemovitosti a vlivy jinak neuvedené

Koeficienty vyjadřující předpokládaný cenový vztah mezi srovnávací a oceňovanou nemovitostí se volí tak, pokud se v daném kritériu oceňovaná nemovitost jeví cenově lepší, je koeficient větší než 1, jeví-li se horší, je menší než 1.

Tab. č. 9 – Výpočet dosažitelné ceny metodou přímého porovnání (Rodinné domy bez zateplení)

Zjištění výše prodeje											
Č.	Požadovaná cena Kč	Výměra m <sup>2</sup>	Cena Kč/m <sup>2</sup>	K1	K2	K3	K4	K5	K6	IO (1-6)	Dosažitelná cena oceň. nemovitosti Kč/m <sup>2</sup>
1	1 990 000	180	11 056	0,90	0,97	1,08	0,99	1,00	1,07	0,994	10 990
2	2 900 000	207	14 010	0,90	0,92	1,02	0,95	1,10	0,90	0,794	11 128
3	2 490 000	170	14 647	0,90	0,93	0,97	1,01	1,05	0,90	0,771	11 287
4	3 890 000	260	14 962	0,90	0,92	0,96	0,90	0,92	1,12	0,737	11 029
5	4 300 000	265	16 226	0,90	0,89	0,95	0,90	0,90	1,08	0,664	10 772
6	3 900 000	260	15 000	0,90	0,96	0,90	0,90	1,03	1,01	0,728	10 921
7	2 190 000	194	11 289	0,90	0,92	1,10	0,96	1,05	1,05	0,964	10 882
8	2 490 000	180	13 833	0,90	0,87	1,15	0,99	0,91	0,98	0,795	10 992
<b>Odhad dosažitelné ceny</b>										<b>Kč</b>	<b>11 000</b>
<b>Směrodatná odchylka</b>										<b>Kč</b>	<b>157</b>
<b>Odhad dosažitelné ceny - maximum</b>										<b>Kč</b>	<b>11 157</b>
<b>Odhad dosažitelné ceny - minimum</b>										<b>Kč</b>	<b>10 843</b>
K1	Koeficient redukce na pramen výše ceny										
K2	Koeficient úpravy na polohu nemovitosti										
K3	Koeficient vybavenosti nemovitosti										
K4	Koeficient velikosti nemovitosti										
K5	Koeficient existence vedlejších staveb										
K6	Koeficient dle odborné úvahy znalce										
	Koeficient úpravy na pramen zjištění výše ceny: skutečná kupní cena: K0 = 1,00, u inzerce přiměřeně nižší										
IO	Index odlišnosti $IO = (K1 \times K2 \times K3 \times K4 \times K5 \times K6)$										

Na základě výše uvedených informací a způsobu ocenění porovnávací metodou byly z provedených výpočtů (uvedeno v Tab. č. 9) a ostatních informací určeno, že výše obvyklá cena nemovitostí bez zateplení by mohla činit 11 000 Kč/m<sup>2</sup>.

V případě rodinného domu č.p. 1494 s užitnou plochou 173,55 m<sup>2</sup> je obvyklá cena stanovena ve výši 1 909 050,00 Kč.

Tab. č. 10 – Výpočet dosažitelné ceny metodou přímého porovnání (Rodinné domy se zateplením)

Zjištění výše prodeje												
Č.	Požadovaná cena Kč	Výměra m <sup>2</sup>	Cena Kč/m <sup>2</sup>	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	IO (1-7)	Dosažitelná cena oceň. nemovitosti Kč/m <sup>2</sup>
1	4 190 000	280	14 964	0,90	0,94	1,12	0,95	0,98	1,00	0,93	0,813	12 159
2	3 900 000	290	13 448	0,90	0,94	1,03	0,94	1,15	0,98	0,99	0,910	12 231
3	4 290 000	259	16 564	0,90	0,91	0,95	0,96	0,97	0,97	1,06	0,745	12 334
4	3 990 000	254	15 709	0,90	0,92	1,00	0,94	1,00	1,01	0,98	0,772	12 125
5	1 898 000	188	10 096	0,90	0,94	1,10	0,99	1,00	0,99	1,25	1,146	11 568
6	3 590 000	260	13 808	0,90	0,82	1,04	0,96	0,99	1,01	1,20	0,882	12 185
<b>Odhad dosažitelné ceny</b>											<b>Kč</b>	<b>12 100</b>
<b>Směrodatná odchylka</b>											<b>Kč</b>	<b>271</b>
<b>Odhad dosažitelné ceny - maximum</b>											<b>Kč</b>	<b>12 371</b>
<b>Odhad dosažitelné ceny - minimum</b>											<b>Kč</b>	<b>11 830</b>
K1	Koeficient redukce na pramen výše ceny											
K2	Koeficient úpravy na polohu nemovitosti											
K3	Koeficient vybavenosti nemovitosti											
K4	Koeficient velikosti nemovitosti											
K5	Koeficient existence vedlejších staveb											
K6	Koeficient příslušenství											
K7	Koeficient dle odborné úvahy znalce											
	Koeficient úpravy na pramen zjištění výše ceny: skutečná kupní cena: K0 = 1,00, u inzerce přiměřeně nižší											
IO	Index odlišnosti IO = (K1 × K2 × K3 × K4 × K5 × K6 × K7)											

Na základě výše uvedených informací a způsobu ocenění porovnávací metodou byly z provedených výpočtů (uvedeno v Tab. č. 9) a ostatních informací určeno, že výše obvyklá cena nemovitostí se zateplením by mohla činit 12 100 Kč/m<sup>2</sup>.

V případě rodinného domu č.p. 1494 s užitnou plochou 173,55 m<sup>2</sup> je obvyklá cena stanovena ve výši 2 099 955,00 Kč.

S přihlédnutím na předchozí výpočty lze konstatovat, že zateplení má vliv na obvyklou cenu dané nemovitosti, a ve výši **190 905 Kč**.

## 8 ZÁVĚR

Diplomová práce si kladla za cíl posouzení vlivu zateplení rodinného domu V Moravských Budějovicích na obvyklou cenu nemovitosti a na výdaje spojené s provozem.

V teoretické části byly vysvětleny základní pojmy a veličiny ohledně tepla, prostupů tepla, tepelných ztrát a energetické náročnosti budov. Následovala kapitola věnující se seznámení s různými druhy tepelně izolačních materiálů a s oblastmi jejich použití v různých částech stavebních objektů. Další kapitolou byla kapitola o vývoji tepelně technických vlastností zdiva z cihel plných pálených a závěr teoretické části byl stručně věnován oceňování nemovitostí – přesněji porovnávací metodě, která byla využita při výpočtech v praktické části.

V praktické části bylo úkolem navrhnout způsob zateplení vybrané nemovitosti, vyhodnotit rozdíl nákladů na provoz nemovitosti před a po provedení zateplení (z toho jedna varianta byla realizována v roce 2017 a další dvě varianty byly mnou navrženy), zhodnotit ekonomickou návratnost investice a vliv na obvyklou cenu nemovitosti.

Realizované zateplení obvodového pláště bylo provedeno z pěnového EPS polystyrenu v tloušťkách 100/60 mm, další navržené varianty jsou pěnový EPS 100F a čedičová vata ve stejné tloušťce 180/180mm pro lepší porovnání obou variant. Pro výpočet existují i přesnější metody výpočtu potřeby energie na vytápění, ale protože byly uživatelem sděleny výdaje na vytápění (před i po zateplení), byla pro výpočet a porovnání tepelných ztrát před a po provedení zateplení použita obálková metoda. Následně byly úměrně vyjádřeny roční úspory na vytápění pro další varianty jak v korunách za rok, tak i v procentech. Z hodnocení roční úspory energií vyplývá, že všechny varianty izolačních materiálů použité pro zateplení obvodového pláště vykazují značnou úsporu v rozmezí 10 000 – 13 380,89 Kč ročně. Rozdíl v ekonomické návratnosti se tedy plně odvíjí od nákladů na provedení zateplení. Jednoznačně nejlevnější je varianta č. 1 za použití pěnového EPS polystyrenu, je ale provedena v nejmenší tloušťce (100/60 mm) a tím pádem i vykazuje nejnižší roční úsporu. Z hlediska ceny následuje varianta č. 2 s tepelnou izolací z pěnového EPS 100F v tloušťce 180/180mm, která by se dala považovat za „vítěze“ v poměru cena/výkon, vzhledem i k nejlepší 19 leté době návratnosti. Poslední, varianta č. 3 s použitím čedičové vaty je také ekonomicky výhodná, pokud by se brala v úvahu životnost zateplení 50 let a více. Další výhody byly spatřeny v požární odolnosti a zdravotní nezávadnosti.

Významný faktor, který ovlivňuje objektivní hodnocení z dnešního pohledu, je provedení za ceny materiálů a prací v roce 2017, které jsou v roce 2019 o desítky procent vyšší. Dá se také předpokládat, že samotné náklady na vytápění se budou do budoucna zvyšovat (dle rostoucího trendu zdražování sazeb za jednotku energie) a tím pádem se bude zvyšovat i roční úspora.

Pokud by se hledal způsob, jak zefektivnit návratnost, bylo by na místě se pokusit o získání dotace na provedení zateplení, díky které by se doba návratnosti snížila až o polovinu.

Aby se dal posoudit vliv zateplení na obvyklou cenu nemovitosti, bylo nutné provést ocenění porovnávacím způsobem dle zákona č. 151/1997 Sb., o oceňování majetku, v platném znění. Rodinný dům byl oceněn před a po provedení zateplení a rozdíl obvyklé ceny nemovitosti je 190 905 Kč. Zateplení rodinného domu nám tedy přinese i zhodnocení nemovitosti, ale zcela nepokryje veškeré náklady na jeho provedení. Zhodnocení nemovitosti pokryje cca 92% nákladů pro použitou variantu č. 1.

## 9 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

### 9.1 LITERATURA, PRÁVNÍ PŘEDPISY

- [1] KREMPASKÝ, Július a František SCHAUER. Fyzika I. Brno: Fakulta chemická VUT, 1995, 337 s.
- [2] ŠŤASTNÍK, Stanislav. Fyzika stavebních látek: Fyzikální vlastnosti stavebních materiálů a konstrukcí. Brno: VUT, 1983, 98 s
- [3] ŠUBRT, Roman. Zateplování. Brno: ERA, 2008, vi, 102 s. : il. (některé barev.) ; 21 cm. ISBN 978-80-7366-138-0.
- [4] ČSN 73 0540-2 (730540) Tepelná ochrana budov. 2011.
- [5] ŠUBRT, Roman. *Tepelné izolace v otázkách a odpovědích*. Praha: BEN – technická literatura, 2005. stavitelství. ISBN 80-7300-159-4.
- [6] ČSN 730540-1. *Tepelná ochrana budov: část 1: Terminologie*, Praha: ÚNMZ, 1.6.2005.
- [7] TYWONIAK, Jan. *Nízkoenergetické domy 3: nulové, pasivní a další*. Praha: Grada, 2012, 195 s. : il., plány ;. ISBN 978-80-247-3832-1
- [14] TYWONIAK, Jan. *Nízkoenergetické domy: principy a příklady*. Praha: Grada, 2005. Stavitel. ISBN 80-247-1101-X.
- [24] Šálů, Jiří. Zateplování budov. 1. vyd. Praha: Grada, 2000. Profi. ISBN 80-716-9833-4.
- [27] TYWONIAK, Jan. *Nízkoenergetické domy 2: principy a příklady*. Praha: Grada, 2008, 193 s. : il. (převážně barev.), plány ; 25 cm. ISBN 978-80-247-2061-6.
- [28] NAGY, Eugen. *Nízkoenergetický ekologický dům*. 1. vyd. Bratislava: Jaga group, 2002. ISBN 80-889-0574-5.
- [39] BRADÁČ, A. a kol. *Teorie oceňování nemovitostí*. 8. přepracované a doplněné vydání. Brno: AKADEMICKÉ NAKLADATELSTVÍ CERM, s.r.o., 2009. 753 s. ISBN 978-80-7204-630-0.
- [40] ČSN 73 0540 (730540) Tepelná ochrana budov. 2011.
- [42] ČSN EN 12831 *Tepelné soustavy v budovách – Výpočet tepelného výkonu*, 2004.
- [48] Kormann, M., Palenzuela, D., Dupont, O.: *Feuchtetransport in Lochziegeln, Ziegelindustrie International*, č. 1, r. 2, 2011
- [49] *Neuer Warmedammziegel aus Weimar auf Nurnberger Erfindermesse ausgezeichnet*, Ziegelindustrie International, č. 1, r. 2, 2011
- [50] Zeiler, W., Boxem, G.: *Geothermal active building concept, Sustainability in energy and buildings*, Springerlink, 2009, part 6
- [51] Zeiler, W., Boxem, G.: *Active house concept versus passive house*

## 9.2 OSTATNÍ ZDROJE

- [8] *Tepelná izolace. Přehled, materiály, druhy a způsoby použití* [online]. 2019 [cit. 2019-01-04]. Dostupné z: <https://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/tepelna-izolace-velky-prehled>
- [9] *Tepelně izolační vlastnosti izolačních materiálů a jejich porovnání* [online]. 2019 [cit. 2019-01-04]. Dostupné z: <https://www.izolant.cz/tepelneizolacni-vlastnosti-izolacnich-materialu-a-jejich-porovnani/>
- [10] *EXPANDOVANÝ PERLIT PRO STAVEBNICTVÍ* [online]. Praha, 2019 [cit. 2019-01-5]. Dostupné z: <http://click-development.cz/perlit/perlit/>
- [11] *Keramzit do základů, podlah i květináčů* [online]. 2016 [cit. 2019-01-5]. Dostupné z: <https://www.liapor.cz/aktuality/79-keramzit-do-zakladu-podlah-i-kvetinacu>
- [12] *Nová generace tepelných izolantů pro zateplovací systémy ETICS, Rydlo, Ing. Pavel* [online]. 2016 [cit. 2019-01-05]. Dostupné z: <https://www.isover.cz/aktuality/nova-generace-tepelnych-izolantu-pro-zateplovaci-systemy-etics>
- [13] *Nízkoenergetický nebo pasivní dům?* POJAR, Petr. České stavby [online]. 2016 [cit. 2019-01-06]. Dostupné z: <https://www.ceskestavby.cz/jak-se-stavi-dum/nizkoenergeticky-nebo-pasivni-dum-24354.html>
- [15] *Kamenná vlna. Stavebniny-rychle* [online]. 2017 [cit. 2019-01-06]. Dostupné z: <http://www.stavebniny-rychle.cz/kamenna-vlna.html>
- [16] *Izolace ze skelné vaty. Woodcote stavebniny* [online]. 2019 [cit. 2019-01-06]. Dostupné z: <http://www.woodcote.cz/produkty/izolace-ze-skelne-vaty>
- [17] *Tepelné izolace: Pěnové sklo. TZB-info* [online]. 2019 [cit. 2019-01-06]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/tepelne-izolace/300-penove-sklo>
- [18] *Tepelné izolace: Izolace z obnovitelných surovin (dřevo, celuloza, konopi, ovčí vlna, slama). TZB-info* [online]. 2019 [cit. 2019-01-06]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/tepelne-izolace/301-izolace-z-obnovitelných-surovin-drevo-celuloza-konopi-ovci-vlnaslama>
- [19] Vývoj tepelně technických vlastností zdiva zpálených cihel. *Časopis stavebnictví* [online]. 2011, **2011**(06-07), 62-65 [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: [http://www.casopisstavebnictvi.cz/online/dokumenty/pdf/stavebnictvi\\_2011\\_06-07.pdf](http://www.casopisstavebnictvi.cz/online/dokumenty/pdf/stavebnictvi_2011_06-07.pdf)
- [20] In: *Turistické štítky: Muzeum Moravské Budějovice* [online]. 2019 [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <http://www.turistickestitky.cz/?kat=uonce&un=muzeeummoravskebudejovice>
- [21] In: *Sádrokarton: Interiér za pár minut* [online]. 2019 [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <http://www.sadrokarton-montaze.eu/cz/vysocina/moravske-budejovice.php>
- [22] *Mapy.cz* [online]. 2019 [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?x=15.8072069&y=49.0495176&z=17&source=addr&id=9400208>

- [23] *Nahlížení do katastru nemovitostí* [online]. 2019 [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <https://nahlizenidokn.cuzk.cz/>
- [25] *Bezkontaktní a kontaktní systémy* [online]. 2019 [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: [http://obklady-fasadni.euweb.cz/images/bezkont\\_zat\\_sys09.pdf](http://obklady-fasadni.euweb.cz/images/bezkont_zat_sys09.pdf)
- [26] *Zateplovací systémy druhy, zateplovací systém ETICS. Zateplení fasád budov, bytových a panelových domů v Moravskoslezském kraji Kwaczek 2019* [online]. [cit. 2019-05-14]. Dostupné z: <http://www.zatepleni-kwaczek.cz/zateplovaci-systemy>
- [29] *Energetický audit. Audit nemovitostí* [online]. 2019 [cit. 2019-05-14]. Dostupné z: <http://www.audit-nemovitosti.cz/energeticky-audit.aspx>
- [30] In: *ENERGETICKÉ ŠTÍTKY OBÁLKY BUDOV* [online]. In: . 2019 [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <https://www.tzus.cz/sluzby/certifikace-budov/energeticke-stitky-prukazy-audity/energeticke-stitky-obalky-budov>
- [31] In: *Tzbinfo: Nejnavštěvovanější odborný portál pro stavebnictví a technická zařízení budov* [online]. 2019 [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov/10584-prukaz-energeticke-narocnosti-budovy-a-energeticky-audit>
- [32] *ČESKÉSTAVBY.CZ: Co je energetický štítek a průkaz energetické náročnosti budovy* [online]. POJAR, Petr. 2014 [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <https://www.ceskestavby.cz/clanky/co-je-energeticky-stitek-a-prukaz-energeticke-narocnosti-budovy-23254.html>
- [33] *ASB: Zateplování budov zevnitř* [online]. Petr Pojar, 2012 [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/zatepleni/zateplovani-budov-zevnitr>
- [34] *Materiály pro tepelné izolace I: Katedra materiálového inženýrství a chemie. ČVUT: Fakulta stavební* [online]. 2008. Praha [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: [https://tpm.fsv.cvut.cz/vyuka/materialy\\_izolace/prednaskaVI\\_IZMA.pdf](https://tpm.fsv.cvut.cz/vyuka/materialy_izolace/prednaskaVI_IZMA.pdf)
- [35] *Vnitřní zateplení obvodových stěn. Perlík projekce* [online]. 2014 [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <http://www.perlikprojekce.cz/2014/12/vnitri-zatepleni-obvodovych-sten/>
- [36] *Provětrávaná fasáda - jaké má výhody? Nalezeno* [online]. 2015 [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/stavba/izolace/provetravana-fasada-jake-ma-vyhody.aspx>
- [37] *Izolace-info: Katalog tepelných izolací* [online]. [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <https://www.izolace-info.cz/katalog>
- [38] *ZATEPLOVÁNÍ PODLAH. Šubrť, Roman. Izolace-info* [online]. [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <https://www.izolace-info.cz/technicke-informace/zateplovani-podlah/>
- [41] *Oceňování nemovitostí z pohledu bank a pojišťoven: Obecné přístupy k oceňování nemovitostí. JERMÁŘ, Petr* [online]. 2009, [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <http://www.hypoindex.cz/ocenovani-nemovitosti-z-pohledu-bank-a-pojistoven/>



- [43] *Isover.cz: Produkty - Izolační materiály* [online]. [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <https://www.isover.cz/produkty>
- [44] *DEK: Tepelné izolace* [online]. [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <https://www.dek.cz/produkty/vypis/3-tepelne-izolace>
- [45] *WUFI: Fraunhofer* [online]. 2019 [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: [www.wufi.de](http://www.wufi.de)
- [46] *Sonnenhaus Institut E.V.* [online]. 2019 [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: [www.sonnenhaus-institut.de](http://www.sonnenhaus-institut.de)
- [47] *Institut Bauen und Umwelt e.V.* [online]. 2019 [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: <http://bau-umwelt.de>
- [52] *Ing. Tomáš Doležal, Soudní znalec* [online]. 2019 [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: <http://www.tomas-dolezal.cz/ocenovani-nemovitosti-cenou-obvyklou>

## SEZNAM TABULEK

Tab. č. 1 – Požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla pro budovy s převažující návrhovou vnitřní teplotou $\theta_{im}$ v intervalu 18 °C až 22 °C včetně [4].....	19
Tab. č. 2 – Pokračování požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla pro budovy s převažující návrhovou vnitřní teplotou $\theta_{im}$ v intervalu 18 °C až 22 °C včetně [4].....	20
Tab. č. 3 - Klasifikace prostupu tepla obálkou budovy [40] .....	25
Tab. č. 4 - Postup výpočtu tepelných ztrát pro původní variantu bez zateplení.....	59
Tab. č. 5 – Výsledné hodnoty tepelných ztrát objektu pro jednotlivé varianty .....	60
Tab. č. 6 – Výpočet prosté návratnosti investic v řádu let.....	61
Tab. č. 7 - Databáze rodinných domů bez zateplení .....	64
Tab. č. 8 - Databáze rodinných domů včetně zateplení.....	65
Tab. č. 9 – Výpočet dosažitelné ceny metodou přímého porovnání (Rodinné domy bez zateplení) .....	66
Tab. č. 10 – Výpočet dosažitelné ceny metodou přímého porovnání (Rodinné domy se zateplením).....	67

## SEZNAM GRAFŮ

Graf. č. 1 - Chronologický vývoj součinitele prostupu tepla – normové požadavky na stěny a dosahované hodnoty zdiva tloušťky 440 mm [19] .....	43
Graf. č. 2 - Chronologický vývoj tepelného odporu – požadavky na stěny dle norem a dosahované hodnoty zdiva tloušťky 440 mm [19] .....	43
Graf. č. 3 - Množství primární energie potřebné pro výrobu materiálů na 1 m <sup>2</sup> stěny s U = 0,22 W/(m <sup>2</sup> .K) [19] .....	48
Graf. č. 4 - Množství primární energie potřebné pro výrobu materiálů na 1 m <sup>2</sup> stěny s U = 0,18 W/(m <sup>2</sup> .K) [19] .....	48

Graf. č. 5 - Množství primární energie potřebné pro výrobu materiálů na 1 m <sup>2</sup> stěny s U = 0,11 W/(m <sup>2</sup> .K) [19].....	49
Graf. č. 6 - Návržnost investice do zateplení Var. č. 1 - 100/60 mm EPS.....	62
Graf. č. 7 - Návržnost investice do zateplení Var. č. 2 - 180/180 mm EPS 100F.....	62
Graf. č. 8 - Návržnost investice do zateplení Var. č. 3 - 180/180 mm čedičová vata.....	63
Graf. č. 9 - Vývoj poklesu celkových nákladů na vytápění za dobu 50 let.....	63

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. č. 1 - Obvyklý podíl tepelných ztrát stavebními konstrukcemi u nezatepleného vícepodlažního bytového domu a nezatepleného samostatného rodinného domu [24].....	21
Obr. č. 2 – Nevyplněný PENB [31].....	24
Obr. č. 3 – EŠOB [30] .....	25
Obr. č. 4 - Nezateplený dům s bodem mrazu uprostřed stěny [26] .....	27
Obr. č. 5 - Zateplený dům s bodem mrazu v izolantu [26] .....	27
Obr. č. 6 - Vnitřní zateplení zdiva [33].....	28
Obr. č. 7 – Provětrávaný a kontaktní vnější zateplovací systém [25].....	28
Obr. č. 8 – Systém ETICS [26] .....	30
Obr. č. 9 – Běžný bílý EPS Polystyren [43].....	32
Obr. č. 10 – Šedý EPS Polystyren [43].....	32
Obr. č. 11 – Extrudovaný XPS Polystyren [43] .....	33
Obr. č. 12 – Skelná vlna Isover [43] .....	34
Obr. č. 13 – Čedičová vlna Isover [43] .....	34
Obr. č. 14 – Kombinace EPS a MW [43].....	35
Obr. č. 15 – Tuhé PUR izolační desky [44].....	36
Obr. č. 16 – Expandovaný perlit [37].....	36
Obr. č. 17 – Keramzit v podobě Liaporu [44].....	37
Obr. č. 18 - Desky z pěnového skla [44] .....	38
Obr. č. 19 - Typicky vakuový izolační panel tloušťky 20 mm s vyplní z kouřově jemné sítě z oxidu křemičitého a metalizovaným obalem dosahuje U-hodnoty přibližně 0,2 W/(m <sup>2</sup> K) [8].....	39
Obr. č. 20 - Dřevocementová izolační deska, Hertekta C-3 [37].....	39
Obr. č. 21 - Konopné izolační desky [37] .....	40
Obr. č. 22 - Celulózoová tepelná izolace je aplikována foukáním, lze jí vyplnit jakékoli, i obtížně dostupné dutiny (foto CIUR) [8].....	41
Obr. č. 23 - Nábal ovčí vlny Isolena Premium [37].....	41
Obr. č. 24 – Slaměná izolace šikmé střechy [37] .....	42
Obr. č. 25 - Ilustrativní vývoj tvaru pálených cihel určených pro jednovrstvé zdivo [19].....	44

Obr. č. 26 - Vyplňování dutin izolačním materiálem na silikátové bázi, součinitel tepelné vodivosti $\lambda \leq 0,045 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ [49] .....	46
Obr. č. 27 – Metoda přímého cenového porovnání [39] .....	51
Obr. č. 28 - Vyznačení Moravských Budějovic v rámci České republiky [20].....	52
Obr. č. 29 - Vyznačení Moravských Budějovic v rámci kraje Vysočina [21].....	52
Obr. č. 30 - Vyznačení polohy Rodinného domu v rámci Moravských Budějovic [22].....	53
Obr. č. 31 - Letecký snímek zájmové lokality s rodinným domem č.p. 1 494 [23] .....	53
Obr. č. 32 - Výřez z katastrální mapy [23].....	53
Obr. č. 33 - Rodinný dům č.p. 1494 v popředí [22].....	55

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

Al-fólie	Hliníková fólie
ČSN	Česká státní norma
EA	Energetický audit
EPS	Pěnový polystyren
EŠOB	Energetický štítek obálky budovy
ETICS	External thermal insulation composite system
XPS	Extrudovaný polystyren
MW	Minerální vlna
P+D	Styčná spára cihel - pero/drážka
PENB	Průkaz energetické náročnosti budov
PIR	Polyisokianurátová pěna
PUR	Polyuretanová pěna
RD	Rodinný dům
Sb.	Sbírka zákonů
SiO <sub>2</sub>	Oxid křemičitý
UV	Ultrafialové záření
VIP	Vakuové izolace
VKZS	Vnější kontaktní zateplovací systém

## SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha č. 1: Informativní výpis z katastru nemovitostí
- Příloha č. 2: Skladby jednotlivých stavebních konstrukcí + výpočet odporu R
- Příloha č. 3: Výpočet součinitele prostupu tepla U
- Příloha č. 4: Výpočet tepelných ztrát větráním
- Příloha č. 5: Položkový rozpočet – výstup z programu BuildPower S
- Příloha č. 6: Kompletní databáze rodinných domů bez zateplení
- Příloha č. 7: Kompletní databáze rodinných domů se zateplením
- Příloha č. 8: Tabulky uvádějící konstrukční systémy pro stěnu s rozdílným U
- Příloha č. 9: Výkresová dokumentace