



# 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

## VLIV PROVEDENÍ ZATEPLENÍ ŘADOVÝCH RODINNÝCH DOMŮ NA VÝDAJE SPOJENÉ S JEJICH PROVOZEM

THE INFLUENCE OF THERMAL INSULATION OF TERRACED HOUSES ON THE OPERATION-RELATED EXPENSES

### DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Robin Polický

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Josef Čech, Ph.D.

BRNO 2021



## Zadání diplomové práce

Student:	<b>Bc. Robin Polický</b>
Studijní program:	Realitní inženýrství
Studijní obor:	bez specializace
Vedoucí práce:	<b>Ing. Josef Čech, Ph.D.</b>
Akademický rok:	2020/21
Ústav:	Odbor znalectví ve stavebnictví a oceňování nemovitosti

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:

### **Vliv provedení zateplení řadových rodinných domů na výdaje spojené s jejich provozem**

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

Úkolem práce je provést návrh na zateplení řadových rodinných domů v několika variantách. Na základě jednotlivých návrhů pak porovnat náklady na provozování rodinných domů před a po provedení jednotlivých zateplení. Následně bude v diplomové práci zhodnocena ekonomická návratnost investice spojené s realizací jednotlivých variant zateplení. Dále bude provedeno posouzení vlivu zateplení na cenu rodinných domů (nákladovou metodou dle oceňovací vyhlášky).

#### **Cíle diplomové práce:**

Cílem diplomové práce je zhodnocení ekonomické návratnosti vnějšího zateplení u řadových rodinných domů a zhodnocení vlivu této stavební úpravy na cenu nemovitosti vyjádřenou nákladovým způsobem.

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

DAHLSVEEN, T., PETRÁŠ, D., HIRŠ, J. Energetický audit budov, Bratislava: JAGA GROUP, s.r.o., 2003, ISBN 80-88905-86-9.

HALL, M. R., LINDSAY, R., KRAYENHOFF, M. Modern Earth Buildings: Materials, Engineering, Constructions and Applications. Padsow: TJ International, 2012, ISBN 978-0-85709-026-3.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2020/21

V Brně, dne

L. S.

---

Ing. Milada Komosná, Ph.D.  
vedoucí odboru

---

prof. Ing. Karel Pospíšil, Ph.D., LL.M.  
ředitel

### **Abstrakt**

Diplomová práce zkoumá vliv zateplení řadových domů na výdaje spojené s jejich provozem.

Její první část se zabývá legislativou, týkající se problematiky a hodnocením energetické náročnosti staveb. Dále jsou zmíněny druhy a vlastnosti používaných tepelných izolací, způsoby zateplení, druhy výplní otvorů a poté jsou popsány používané metody sestavení rozpočtů.

Druhá část obsahuje několik variant zateplení řadových domů, které jsou posouzeny z hlediska energetické náročnosti a na závěr také z hlediska ekonomické návratnosti investice do zateplení.

### **Abstract**

The diploma thesis examines the influence of insulation of terraced houses on the expenses associated with their operation.

Its first part deals with legislation concerning the issue and evaluation of energy performance of buildings. Furthermore, the types and properties of the used thermal insulation, methods of thermal insulation, types of filling of openings and then the used methods of budgeting are described.

The second part contains several variants of insulation of terraced houses, which are assessed in terms of energy intensity and finally in terms of economic return on investment in insulation.

### **Klíčová slova**

Tepelná izolace, úspora energie, řadový dům, energetická náročnost, ekonomická návratnost investice

### **Keywords**

Thermal insulation, energy saving, terraced houses, energy efficiency of buildings, economic return on investment



### ***Bibliografická citace***

POLICKÝ, Robin. *Vliv provedení zateplení řadových rodinných domů na výdaje spojené s jejich provozem*. Brno, 2021. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/120284>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, Odbor znalectví ve stavebnictví a oceňování nemovitostí. Vedoucí práce Josef Čech.





### **Prohlášení**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma „Vliv provedení zateplení řadových rodinných domů na výdaje spojené s jejich provozem“ 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 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 .....

.....

Podpis autora



### ***Poděkování***

Rád bych na tomto místě poděkoval vedoucímu mé diplomové práce Ing. Josefu Čechovi, Ph.D. za veškeré informace a rady, které mi pomohly se zpracováním této práce.

Také bych chtěl poděkovat mé rodině za podporu během mého vysokoškolského studia.



# OBSAH

OBSAH.....	13
1 ÚVOD .....	16
2 TEORETICKÁ ČÁST .....	17
2.1 ENERGETICKÁ NÁROČNOST BUDOV.....	17
2.1.1 <i>Nízkoenergetické domy</i> .....	17
2.1.2 <i>Pasivní domy</i> .....	18
2.1.3 <i>Energeticky nulové domy</i> .....	18
2.1.4 <i>Aktivní domy</i> .....	19
2.2 LEGISLATIVA .....	19
2.2.1 <i>Normové požadavky</i> .....	20
2.3 HODNOCENÍ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOV .....	29
2.3.1 <i>Průkaz energetické náročnosti budov</i> .....	29
2.3.2 <i>Energetický štítek obálky budovy</i> .....	31
2.3.3 <i>Energetický audit</i> .....	32
2.3.4 <i>Energetický posudek</i> .....	33
2.4 Tepelná izolace .....	34
2.4.1 <i>Pěnový polystyren EPS</i> .....	35
2.4.2 <i>Polyuretanová a polyizokyanurátová pěna</i> .....	35
2.4.3 <i>Pěnové sklo</i> .....	36
2.4.4 <i>Extrudovaný polystyren</i> .....	36
2.4.5 <i>Celulóza</i> .....	37
2.4.6 <i>Minerální vlna</i> .....	37
2.4.7 <i>Ovčí vlna</i> .....	38
2.4.8 <i>Technické konopí</i> .....	38
2.4.9 <i>Dřevovlákn</i> .....	39
2.4.10 <i>Perlit</i> .....	39
2.4.11 <i>Keramzit</i> .....	40
2.5 ZPŮSOBY ZATEPLENÍ .....	40
2.5.1 <i>Zateplení obvodové konstrukce</i> .....	40
2.5.2 <i>Zateplení lodžie</i> .....	44
2.5.3 <i>Zateplení soklu</i> .....	45
2.5.4 <i>Požární bezpečnost zateplovacího systému ETICS</i> .....	46
2.6 EKONOMICKÉ METODY HODNOCENÍ INVESTICE.....	51
2.6.1 <i>Doba návratnosti PB</i> .....	51

2.6.2	Čistá současná hodnota NPV.....	52
2.7	NÁKLADOVÁ METODA DLE OCEŇOVACÍ VYHLÁŠKY č. 441/2013 Sb. ....	53
3	PRAKTICKÁ ČÁST .....	55
3.1	POPIS STAVBY .....	55
3.1.1	Konstrukční a materiálové řešení budovy .....	56
3.2	NAVRŽENÉ VARIANTY ZATEPLENÍ OBVODOVÉ STĚNY .....	58
3.2.2	Splnění požadavků na součinitele prostupu tepla dle normy ČSN 73 0540-2.....	60
3.2.3	Splnění normových požadavků na kondenzaci vodní páry dle ČSN 73 0540-2.....	61
3.3	PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY .....	62
3.4	NÁKLADY NA VYTÁPĚNÍ A OHŘEV VODY .....	63
3.5	NÁKLADY PROVEDENÍ VARIANT ZATEPLENÍ .....	64
3.6	DOBA NÁVRATNOSTI PB .....	65
3.6.1	Prostá doba návratnosti.....	65
3.6.2	Reálná doba návratnosti .....	65
3.6.3	Dynamická doba návratnosti.....	66
3.6.4	Čistá současná hodnota NPV.....	67
3.7	NAVRŽENÉ VARIANTY ZATEPLENÍ OBVODOVÉ STĚNY S MENŠÍ TLOUŠŤKOU .....	67
3.7.2	Splnění požadavků na součinitele prostupu tepla dle normy ČSN 73 0540-2.....	69
3.7.3	Splnění normových požadavků na kondenzaci vodní páry dle ČSN 73 0540-2.....	69
3.7.4	Průkaz energetické náročnosti budovy .....	70
3.7.5	Náklady na vytápění a ohřev vody .....	70
3.7.6	Náklady provedení variant zateplení .....	71
3.8	DOBA NÁVRATNOSTI PB .....	72
3.8.1	Prostá doba návratnosti.....	72
3.8.2	Reálná doba návratnosti .....	72
3.8.3	Dynamická doba návratnosti.....	73
3.8.4	Čistá současná hodnota NPV.....	74
3.9	ANALÝZA VÝSLEDKŮ ŘEŠENÍ.....	74
3.10	VLIV ZATEPLENÍ NA CENU RODINNÝCH DOMŮ .....	77
	ZÁVĚR.....	78
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....	80
	SEZNAM TABULEK.....	85
	SEZNAM GRAFŮ.....	86
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	86
	SEZNAM ZKRATEK .....	87

SEZNAM PŘÍLOH.....	87
--------------------	----

# 1 ÚVOD

Spotřeba energie ve stavitelství je v současné době velmi aktuální téma. Důvodem je možnost velké úspory energie a tím i financí pomocí snižování energetické náročnosti budov. Realizace zateplení objektu je také vhodná kvůli zamezení vstupu vlhkosti do nosné konstrukce, kterému tepelná izolace zabrání posunutím rosného bodu ze zdiva do zateplení. Zdivo tedy není narušeno kondenzací vlhkosti a s ní spojené problémy.

V diplomové práci se konkrétně zabývám návrhem nejvhodnější tepelné izolace pro novostavbu řadových domů v Březnici. Cílem práce je navrhnout několik variant zateplení a poté vybrat tu nejvhodnější, která představuje pro vlastníka nebo provozovatele těchto nemovitostí co nejvyšší ekonomickou úsporu. Finanční dobu návratnosti investice zjistíme porovnáním provozních nákladů v jednotlivých letech budovy v původním stavu bez zateplení s investičními a provozními náklady jednotlivých variant.



## 2 TEORETICKÁ ČÁST

### 2.1 ENERGETICKÁ NÁROČNOST BUDOV

Kvůli minimalizaci energetické náročnosti budov byla sepsána vyhláška č. 264/2020 Sb. o energetické náročnosti budov. Podle této normy je stavební povolení vydáno pouze pro budovy, které v současnosti spadají do kategorie A a B. [1]

To znamená, že investorovi do budovy vzniknou vyšší investiční náklady až o 15 %. Investovat by se tedy mělo především do kvalitního zateplení, alternativních zdrojů vytápění, do oken s trojskly, do instalace solárních panelů pro ohřev teplé vody, tepelného čerpadla nebo světlovodů. Všechny tyto investice napomáhají úspoře energií, ale i budoucí výnosnosti. [1]

Tab. 1 Kategorie budov podle měrné potřeby tepla na vytápění [2]

Kategorie	Potřeba tepla na vytápění
Starší budovy	Často dvojnásobek hodnot pro obvyklé novostavby a více
Obvyklá novostavba (podle aktuálních závazných požadavků)	80–140 kWh/(m <sup>2</sup> rok)
Nízkoenergetický dům	≤ 50 kWh/(m <sup>2</sup> rok)
Pasivní dům	≤ 15 kWh/(m <sup>2</sup> rok)
Nulový dům	≤ 5 kWh/(m <sup>2</sup> rok)

#### 2.1.1 Nízkoenergetické domy

Nízkoenergetický dům je podle ČSN 73 0540-2 definován jako budova s roční plošnou měrnou potřebou tepla na vytápění menší než 50 kWh/m<sup>2</sup>. [2]

Před projekčním návrhem je vypracována tak zvané stavebně energetická koncepce, v níž se řeší nejideálnější stavební části (situování objektu, osazení do terénu, dispoziční návaznost jednotlivých místností, materiál, technologie), tak také technických zařízení (vytápění, větrání, rekuperace, využití obnovitelných zdrojů energie atd.). [3]

Pořizovací náklady na výstavbu nízkoenergetického domu jsou vyšší cca o 10 % než u běžného domu a návratnost investice 9–12 let. [3]

### 2.1.2 Pasivní domy

Pasivní domy jsou definovány jako budovy se zanedbatelným požadavkem na topnou energii, a proto nepotřebují aktivní topný systém. Takové domy lze „pasivně“ udržovat v teple pouze pomocí vnitřních zdrojů tepla, solární energie a rekuperací. „Pasivní dům“ je tedy budova, ve které lze dosáhnout příjemných teplot bez jakékoliv běžné soustavy vytápění nebo chlazení v zimě i v létě. [4]

Obrovských úspor energie je dosaženo hlavně v důsledku základních principů tepelné ztráty, získávání sluneční energie, obvodové konstrukce bez tepelných mostů a kontrolovatelnému ventilačnímu systému s rekuperací tepla. [4]

Pasivní domy vycházejí ze stejného principu jako nízkoenergetické domy. Dle normy ČSN 73 0540-2 platí pro pasivní domy přísnější kritéria, a to roční plošná měrná potřeba tepla na vytápění nepřesahující 15 kWh/m<sup>2</sup>. Další kritérium je na součinitel prostupu tepla, který nesmí překročit 0,15 kWh/(m<sup>2</sup>rok) pro obvodové konstrukce, 0,12 kWh/(m<sup>2</sup>rok) pro střechy a 0,8 kWh/(m<sup>2</sup>rok) pro výplně otvorů. Posledním kritériem je neprůvzdušnost obálky domu, a to maximálně  $n_{50} = 0,6^{-1}$ . [2]

### 2.1.3 Energeticky nulové domy

Jedná se o domy, které si dokážou pokrýt většinu spotřebované energie její výrobou z obnovitelných zdrojů vlastními zařízeními, jako jsou kogenerační jednotky nebo fotovoltaické systémy. Kogenerační jednotky fungují na principu předání odpadního tepla do topné soustavy nebo pro ohřev užitkové vody. Domy dále získávají energii solární přes okna a také vnitřních tepelných zisků vydávaných osobami a přístroji. Měrná potřeba tepla na vytápění by měla být nižší než 5 kWh/m<sup>2</sup> za rok. [5]

Kritérii pro energeticky nulové domy se u nás zabývá norma ČSN 73 0540-2. Dosud jsou však v této normě uváděny pouze základní všeobecné požadavky. Hodnocení nulových domů se dělí na úroveň A a B. Do úrovně A se započítává potřeba energie pro vytápění, přípravu teplé vody, chlazení, elektrickou energii na osvětlení a spotřebiče. Do úrovně B se zahrnují stejné energetické potřeby jako v úrovni A, ale bez zahrnutí energie na elektrické spotřebiče. [6]

## 2.1.4 Aktivní domy

„Energetická náročnost aktivního domu je velmi nízká (měrná potřeba tepla na vytápění je 0 kWh/m<sup>2</sup> za rok), čehož příčinou jsou vlastní energetické zdroje. A právě ty dovedou v tomto případě vyrobit více energie, než pro provoz svého domu potřebujeme.

Filozofií takzvaných aktivních domů je nulová uhlíková stopa (emise CO<sub>2</sub> by prostě měly být nulové čili žádné). Velice se u těchto domů také dbá na kvalitu použitých materiálů a využití dostupných obnovitelných zdrojů energie. V maximální možné míře je v těchto domech využívána sluneční energie, včetně velkých prosklených ploch směřujících na jih. Ty musí nejen pouštět dovnitř teplo a světlo, ale také výborně izolovat teplo uvnitř domu.“ [5]

## 2.2 LEGISLATIVA

K hlavním zákonům patří zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií ve znění pozdějších předpisů, který pojednává o energetické náročnosti budov v tuzemsku. Tento zákon řeší hlavně problematiku úspory energie a stanovuje opatření pro zvýšení hospodárnosti a s tím propojený státní program úspory energie. Řeší se zde také povinné uvádění energetické náročnosti u spotřebičů a vzdělávání v oblasti hospodaření s energií. Tento zákon je doplněn několika vyhláškami, z nichž je důležitá především vyhláška č. 264/2020 Sb., o energetické náročnosti budov, která nahradila původní vyhlášku č. 78/2013 Sb. a její změnu č. 230/2015 Sb. Tato vyhláška stanovuje nákladově optimální úroveň požadavků na energetickou náročnost budov a způsob vystavování průkazu energetické náročnosti budov. Další z důležitých vyhlášek je vyhláška č. 480/2012 Sb., o energetickém auditu a energetickém posudku. Tato vyhláška stanovuje rozsah, obsah a způsob zpracování energetického auditu a energetického posudku. [7][8][9]

Další důležité předpisy:

- Vyhláška č. 193/2007 Sb., kterou se stanoví podrobnosti účinnosti užití energie při rozvodu tepelné energie a vnitřním rozvodu tepelné energie a chladu
- Vyhláška č. 195/2007 Sb., kterou se stanoví rozsah stanovisek k politice územního rozvoje a územně plánovací dokumentaci, závazných stanovisek při ochraně zájmů chráněných zákonem č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, ve znění pozdějších předpisů, a podmínky pro určení energetických zařízení
- Vyhláška č. 337/2011 Sb., o energetickém štítkování a ekodesignu výrobků spojených se spotřebou

- Vyhláška č. 441/2012 Sb., o minimální účinnosti užití energie při výrobě elektřiny a tepla
- Vyhláška č. 480/2012 Sb., o energetickém auditu a energetickém posudku
- Vyhláška č. 118/2013 Sb., o energetických specialistech
- Vyhláška č. 193/2013 Sb., o kontrole kotlů a rozvodů tepelné energie
- Vyhláška č. 237/2014 Sb., kterou se stanoví pravidla pro vytápění a dodávku teplé vody, měrné ukazatele spotřeby tepelné energie pro vytápění a pro přípravu teplé vody a požadavky na vybavení vnitřních tepelných zařízení budov přístroji regulujícími dodávku tepelné energie konečným spotřebitelům
- ČSN 73 0540-1 Tepelná ochrana budov – Terminologie
- ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov – Požadavky
- ČSN 73 0540-3 Tepelná ochrana budov – Návrhové hodnoty veličin
- ČSN 73 0540-4 Tepelná ochrana budov – Výpočtové metody pro navrhování a ověřování
- Vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby [8][10]

### 2.2.1 Normové požadavky

#### *Součinitel prostupu tepla konstrukce*

Je to veličina, která vyjadřuje tepelně izolační vlastnosti konstrukce. Jde o hodnotu měrné tepelné ztráty vztažené na 1 m<sup>2</sup> obálky při rozdílu teplot 1 °C, respektive 1 K. [11]

Určení součinitele prostupu tepla U pomocí tepelného odporu konstrukce [12]

$$U = \frac{1}{R_{si} + R + R_{se}}, \text{ kde}$$

R <sub>si</sub>	odpor při přestupu tepla na vnitřní straně	[m <sup>2</sup> K/W]
R <sub>se</sub>	odpor při přestupu tepla na vnější straně	[m <sup>2</sup> K/W]
R	tepelný odpor konstrukce	[m <sup>2</sup> K/W]
U	součinitel prostupu tepla	[W/m <sup>2</sup> K]

U vytápěné budovy v prostorech s relativní vlhkostí vzduchu φ < 60 % musí platit, že vypočtený součinitel prostupu tepla U je menší než U<sub>n</sub>, což je normou požadovaná hodnota.

Tepelný odpor konstrukce stejnorodého materiálu se vypočítá dle vztahu: [12]

$$R = \frac{d}{\lambda}, \text{ kde}$$

d	tloušťka materiálu	[m]
λ	Součinitel tepelné vodivosti materiálu	[W/mK]

Pokud se jedná o konstrukci s vícero vrstvami materiálů, použijeme tento vztah: [12]

$$R = \sum \frac{d_i}{\lambda_i}, \text{ kde}$$

d	tloušťka vrstvy daného materiálu	[m]
$\lambda$	Součinitel tepelné vodivosti daného materiálu	[W/mK]

Součinitel prostupu tepla výplní otvorů dle ČSN EN ISO 10777-1 [13]

$$U_w = \frac{A_g \times U_g + A_f \times U_f + I_g \times \Psi_g}{A_g + A_f}, \text{ kde}$$

$A_g$	Celková plocha zasklení	[m <sup>2</sup> ]
$A_f$	Celková plocha rámu	[m <sup>2</sup> ]
$U_g$	Součinitel prostupu tepla zasklení	[W/(m <sup>2</sup> K)]
$U_f$	Součinitel prostupu tepla rámu	[W/(m <sup>2</sup> K)]
$I_g$	Viditelný obvod zasklení	[m]
$\Psi_g$	Lineární činitel prostupu tepla způsobený kombinovanými tepelnými vlivy zasklení distančního rámečku a rámu	[W/(mK)]

U vytápěné budovy v prostorech s relativní vlhkostí vzduchu  $\varphi < 60 \%$  musí platit, že vypočtený součinitel prostupu tepla  $U_w$  je menší než  $U_n$ , což je normou požadovaná hodnota.

Tab. 2 Normové hodnoty součinitele prostupu tepla dle ČSN 73 0540-2 [14]

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	těžká: 0,25 lehká: 0,20	0,18-0,12
Střecha strmá se sklonem nad 45 °	0,30	0,20	0,18-0,12
Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45 ° včetně	0,24	0,16	0,15-0,10
Strop s podlahou nad venkovním prostorem	0,24	0,16	0,15-0,10
Strop pod nevytápěnou půdou (se střechou bez tepelné izolace)	0,30	0,20	0,15-0,10
Stěna k nevytápěné půdě (se střechou bez tepelné izolace)	0,30	těžká: 0,25 lehká: 0,20	0,18-0,12
Podlaha a stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině	0,45	0,30	0,22-0,15
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k nevytápěnému prostoru	0,6	0,40	0,30-0,20
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k temperovanému prostoru	0,75	0,50	0,38-0,25
Strop a stěna vnější z temperovaného prostoru k venkovnímu prostředí	0,75	0,50	0,38-0,25
Podlaha a stěna temperovaného prostoru přilehlá k zemině	0,85	0,60	0,45-0,30
Stěna mezi sousedními budovami	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	1,3	0,90	-
Strop vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně	2,2	1,45	-

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 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	1,2	0,8-0,6
Šikmá výplň otvoru se sklonem do 45 °, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí	1,4	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
Kovový rám výplně otvoru	-	1,8	1,0
Nekovový rám výplně otvoru	-	1,3	0,9-0,7
Rám lehkého obvodového pláště	-	1,8	1,2

*Poznámka: Požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla pro budovy s převažující návrhovou vnitřní teplotou  $\vartheta_a$  v intervalu 18-22 °C včetně.*

**Teplotní faktor  $f_{Rsi}$  podle ČSN 73 0540-2 [15][16]**

$$f_{Rsi} = 1 - \frac{\theta_{ai} - \theta_{si}}{\theta_{ai} - \theta_e}, \text{ kde}$$

$\theta_{ai}$  návrhová teplota vnitřního vzduchu

$\theta_{si}$  teplota na vnitřním povrchu konstrukce

$\theta_e$  teplota vzduchu v exteriéru

Dle normy musí platit následující vztah, při jehož splnění zamezíme kondenzaci a vzniku plísní:

$$f_{Rsi} \geq f_{Rsi,N} = f_{Rsi,cr} + \Delta f_{Rsi}, \text{ kde}$$

$f_{Rsi,N}$  minimální normou požadovaná hodnota [-]

$f_{Rsi,cr}$  kritický teplotní faktor vnitřního povrchu (viz tab. č. 2) [-]

$\Delta f_{Rsi}$  bezpečnostní přírážka teplotního faktoru (viz tab. č. 3) [-]

Tato podmínka musí být splněna na všech místech v zimním období (včetně tepelných mostů).

*Tab. 3 Určení kritického teplotního faktoru vnitřního povrchu  $f_{Rsi,cr}$  [16]*

Konstrukce	Návrhová teplota vnitřního vzduchu $\theta_{ai}$	Návrhová teplota venkovního vzduchu $\theta_e$ [°C]				
		-13	-15	-17	-19	-21
		Požadovaný kritický teplotní faktor vnitřního povrchu $f_{Rsi,cr}$				
Výplň otvoru	20	0,675	0,693	0,710	0,725	0,738
	21	0,682	0,700	0,715	0,730	0,742
	22	0,689	0,705	0,721	0,734	0,747
Ostatní konstrukce	20	0,776	0,789	0,801	0,811	0,820
	21	0,781	0,793	0,804	0,814	0,823
	22	0,786	0,798	0,808	0,817	0,826

*Poznámka: Požadované hodnoty kritického teplotního faktoru vnitřního povrchu  $f_{Rsi,cr}$  pro relativní vlhkost  $\varphi = 50$  %.*



Tab. 4 Určení bezpečnostní přírážky teplotního faktoru  $\Delta f_{Rsi}$  [16]

Konstrukce		Vytápění s poklesem výsledné teploty $\Delta\theta_v$ [°C]		
		$\Delta\theta_v < 2$ °C (nepřerušované)	$2$ °C $\leq \Delta\theta_v \leq 2$ °C (tlumené)	$\Delta\theta_v > 5$ °C (přerušované)
		Bezpečnostní přírážka teplotního faktoru $\Delta f_{Rsi}$		
Výplň otvoru, topné těleso pod výplní otvoru	ano	-0,030	-0,015	0
	ne	0	0,015	0,030
Ostatní konstrukce	těžká	0	0,015	0,030
	lehká	0,015	0,030	0,045

#### Průměrný součinitel prostupu tepla [17]

Průměrný součinitel prostupu tepla se určuje buď pro celou budovu nebo pouze pro nevytápěné prostory.

$$U_{em} = \frac{H_T}{A}, \text{ kde}$$

$U_{em}$  průměrný součinitel prostupu tepla [W/(m<sup>2</sup>K)]

$H_t$  měrná ztráta prostupem tepla stanovená podle ČSN EN ISO 13789 [W/K]

$A$  plocha ohraničující budovu nebo její vytápěné zóny [m<sup>2</sup>]

#### Kondenzace vodní páry

Požadavek na kondenzaci vodní páry dle normy ČSN 73 0540 je ustanoven na základě možného ohrožení stability nebo funkčnosti konstrukcí, které může vlhkost způsobovat. [18]

Roční bilance srážení a odpařování vlhkosti by měla být v rovnováze, což znamená, že to, co se za rok v konstrukci vysráží, se musí také zcela odpařit. [18]

Dle normy má být množství kondenzátu pro jednovrstevné střechy  $M_{c,a} \leq 0,1$  kg/m<sup>2</sup> a pro plošné hmotnosti materiálů ostatních konstrukcí  $M_{c,a} \leq 0,5$  kg /m<sup>2</sup> nebo 0,5 %. [18]

### **Vzduchotěsnost obálky budovy**

Průvzdušnost představuje schopnost výměny vzduchu přes obálku budovy, čemuž chce zamezit norma ČSN 730540-2, která udává doporučené hodnoty intenzity výměny vzduchu. U hodnot  $n_{50}$  se uvažuje tlak 50 Pa a udávají se v závislosti na způsobu větrání e energetické náročnosti budovy. [19]

*Tab. 5 Vzduchotěsnost obálky budovy [19]*

<b>Způsob větrání</b>	<b>Doporučená hodnota <math>n_{50}</math> [<math>h^{-1}</math>]</b>	
Přírozené větrání	4,5	3,0
Nucené větrání (mechanický větrací systém)	1,5	1,2
Nucené větrání se zpětným získáváním tepla (ZZT)	1,0	0,8
Nucené větrání se ZZT v budovách s velmi nízkou potřebou tepla na vytápění (pasivní domy)	0,6	0,4

### **Tepelná stabilita místností**

V letním období se hodnotí tzv. kritická místnost, kterou je myšlena místnost s největší plochou přímo osluněných a průsvitných konstrukcí, které jsou orientovány na jih, jihovýchod, jihozápad, západ anebo východ. V této místnosti bývá naměřena nejvyšší denní teplota vzduchu  $\theta_{ai,max} \leq \theta_{ai,max,N}$ . U budov chlazených klimatizací se uvažuje i výpadek klimatizace  $\theta_{ai,max} \leq 32$  °C. [20]

V zimním období se stabilita hodnotí podle neustáleného teplotního stavu. U tohoto určení se uvažuje přerušování dodávky tepla, přičemž teplota v prostoru se musí pohybovat v dovoleném limitu. [20]

### **Lineární činitel prostupu tepla**

„Lineární činitel prostupu tepla vyjadřuje navýšení množství tepla, které proteče 1 m délky detailu lineárního spoje mezi dvěma a více konstrukcemi nad hodnotu odpovídající toku tepla jednotlivými konstrukcemi tohoto detailu.“ [21] Dle ČSN 730540-2 musí být tepelné vazby mezi konstrukcemi regulovány lineárním činitelem prostupu tepla, pro který musí platit:

$$\Psi \leq \Psi_N, \text{ kde}$$

$\Psi$  vypočtený lineární činitel prostupu tepla tepelné vazby mezi konstrukcemi [W/(mK)]

$\Psi_N$  normová hodnota lineárního činitele [W/(mK)]

Požadované a doporučené hodnoty lineárního činitele viz Tab. 8

$$\Psi = L \cdot \sum U_j \times b_j, \text{ kde}$$

$L$  vypočtená tepelná propustnost hodnoceným detailem  
[W/(mK)]

$U_j$  součinitel prostupu tepla j-té dílčí plošné konstrukce [W/(m<sup>2</sup>K)]

$b_j$  šířka j-té konstrukce [m]

### **Bodový činitel prostupu tepla**

„Bodový činitel prostupu tepla vyjadřuje navýšení množství tepla, které proteče jedním detailem (1 ks) bodového spoje mezi dvěma a více konstrukcemi nad hodnotu odpovídající toku tepla jednotlivými konstrukcemi tohoto detailu“ [21]

$$X = L \cdot \sum U_j \times A_j, \text{ kde}$$

$L$  plošná tepelná propustnost všech konstrukcí mezi dvěma prostředími z 3D modelu [W/K]

$U_j$  součinitel prostupu tepla j-té dílčí plošné konstrukce [W/(m<sup>2</sup>K)]

$A_j$  plocha jednotlivých konstrukcí oddělující dvě prostředí ve výpočtovém 3D modelu [m<sup>2</sup>]

Tab. 6 Hodnoty činitelů prostupu tepla [21]

Typ lineární tepelné vazby	Normové hodnoty lineárního činitele prostupu tepla [W/(mK)]		
	Požadované $\Psi_N$	Doporučené $\Psi_{rec}$	Doporučené pro pasivní domy $\Psi_{pas}$
Vnější stěna navazující na další konstrukci s výjimkou výplně otvoru, např. na základ, strop nad nevytápěným prostorem, jinou vnější stěnu, střechu, lodžii či balkón, markýzu či arkýř, vnitřní stěnu a strop (při vnitřní izolaci)	0,20	0,10	0,05
Vnější stěna navazující na výplň otvoru, např. na okno, dveře, vrata a část prosklené stěny v parapetu, bočním ostění a v nadpraží	0,10	0,03	0,01
Typ bodové tepelné vazby	Normové hodnoty bodového činitele prostupu tepla [W/(mK)]		
	Požadované $\Psi_N$	Doporučené $\Psi_{rec}$	Doporučené pro pasivní domy $\Psi_{pas}$
Průnik tyčové konstrukce (sloupy, nosníky, konzoly) vnější stěnou, podhledem nebo střechou	0,40	0,10	0,02

## 2.3 HODNOCENÍ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOV

### 2.3.1 Průkaz energetické náročnosti budov

Průkaz energetické náročnosti budovy slouží jako doklad o spotřebě energie v budově během provozu. Princip metody posouzení je porovnání hodnocené budovy s budovou referenční. Vzor a obsah průkazu a způsob jeho zpracování upravuje vyhláška č. 264/2020 Sb., o energetické náročnosti budov. [22]

### PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

vydaný podle zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, a vyhlášky č. 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov

Ulice, č.p./č.o.: PSČ, obec: K.ú., parcelní č.: Typ budovy: Celková energeticky vztažná plocha: <span style="float: right;">m<sup>2</sup></span>	FOTO
--	------

#### KLASIFIKAČNÍ TŘÍDA

Primární energie z neobnovitelných zdrojů  
kWh/(m<sup>2</sup>·rok)

Mimořádně úsporná	A
Velmi úsporná	B
Úsporná	C
Méně úsporná	D
Nehospodárná	E
Velmi nehospodárná	F
Mimořádně nehospodárná	G

C

  
 XXX

Požadavky pro výstavbu nové budovy po roce 2022  
jsou **SPLNĚNY**

#### ROZDĚLENÍ DODANÉ ENERGIE

MWh/rok

■ Elektřina ze sítě – XX,X
■ Slunce a en. prostředí – XX,X
■ Zemní plyn – XX,X
■ Biomasa – XX,X

#### UKAZATELE ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI

Průměrný součinitel prostupu tepla budovy	XXX kWh/(m <sup>2</sup> ·K)	C
Měrná potřeba tepla na vytápění	XXX kWh/(m <sup>2</sup> ·rok)	
<b>Celková dodaná energie</b>	<b>XXX kWh/(m<sup>2</sup>·rok)</b>	B
Vytápění	XXX kWh/(m <sup>2</sup> ·rok)	A
Chlazení	XXX kWh/(m <sup>2</sup> ·rok)	C
Nucená větrání	XXX kWh/(m <sup>2</sup> ·rok)	D
Úprava vlhkosti	XXX kWh/(m <sup>2</sup> ·rok)	C
Příprava teplé vody	XXX kWh/(m <sup>2</sup> ·rok)	C
Osvětlení	XXX kWh/(m <sup>2</sup> ·rok)	F

Energetický specialista: Osvědčení č.: Kontakt:	Ev. č. průkazu: Vyhотовeno dne: Podpis:
---	---

Obrázek 1 Vzor průkazu energetické náročnosti budovy [23]

„Průkaz musí být zpracován pro:

- novou budovu
- větší změnu dokončené budovy (tzn. změna na více než 25 % celkové plochy obálky budovy)
- prodej nemovitosti nebo její části
- pronájem nemovitosti nebo její části
- budovu s celkovou energeticky vztažnou plochou větší než 250 m<sup>2</sup>, pokud je tato budova užívána orgánem veřejné moci“ [24]

Výjimky, kdy průkaz nemusí být zpracován, jsou uvedeny v zákoně č. 406/2000 Sb. v platném znění v §7 odst. 5:

- „u budov s celkovou energeticky vztažnou plochou menší než 50 m<sup>2</sup>
- u budov, které jsou kulturní památkou, anebo nejsou kulturní památkou, ale nacházejí se v památkové rezervaci nebo památkové zóně, pokud by s ohledem na zájmy státní památkové péče splnění některých požadavků na energetickou náročnost těchto budov výrazně změnilo jejich charakter nebo vzhled; tuto skutečnost stavebník, vlastník budovy nebo společenství vlastníků jednotek doloží závazným stanoviskem orgánu státní památkové péče
- u budov navrhovaných a obvykle užívaných jako místa bohoslužeb a pro náboženské účely
- u staveb pro rodinnou rekreaci, které jsou užívány jen část roku a jejichž odhadovaná spotřeba energie je nižší než 25 % spotřeby energie, k níž by došlo při celoročním užívání
- u průmyslových a výrobních provozů, dílenských provozoven a zemědělských budov se spotřebou energie do 700 GJ za rok
- při větší změně dokončené budovy v případě, že stavebník, vlastník budovy nebo společenství vlastníků jednotek prokáže energetickým auditem, že to není technicky nebo ekonomicky vhodné s ohledem na životnost budovy a její provozní účely
- u budov zpravodajských služeb
- u budov důležitých pro obranu státu, které jsou určeny ke speciálnímu využití
- u budov, které jsou stanoveny objektem nebo ve kterých je stanoven objekt sloužící k ochraně utajovaných informací stupně utajení Přísně tajné nebo Tajné

- u vybraných budov k zajištění bezpečnosti státu, určených vedoucím organizační složky státu, která je s nimi příslušná hospodařit nebo je užívá“ [25]

#### **Referenční budova dle vyhlášky č. 264/2020 Sb.**

„Referenční budovou se rozumí výpočtově definovaná budova téhož druhu, stejného geometrického tvaru a velikosti včetně prosklených ploch a částí, stejné orientace ke světovým stranám, stínění okolní zástavbou a přírodními překážkami, stejného vnitřního uspořádání a se stejným typickým užíváním a stejnými uvažovanými klimatickými údaji jako hodnocená budova, avšak s referenčními hodnotami vlastností budovy, jejích konstrukcí a technických systémů budovy.“ [22]

### **2.3.2 Energetický štítek obálky budovy**

Energetický štítek obálky budovy je součástí průkazu energetické náročnosti budov. Princip výpočtu spočívá na určení dodávaných primárních energií z neobnovitelných zdrojů energie [ $E_R$ ]. [22] Z dodaných primárních energií z neobnovitelných zdrojů se určí klasifikační třída.

Štítek se dle vyhlášky umísťuje na plochu vnější stěny bezprostředně vedle veřejného vchodu do budovy nebo plochu svislé stěny ve vstupním prostoru uvnitř budovy navazující na tento vchod. [22]

*Tab. 7 Klasifikace energetické náročnosti budovy [22]*

Klasifikační třída	Hodnota pro horní hranici klasifikační třídy						Slovní vyjádření klasifikační třídy
	Primární energie z neobnovitelných zdrojů energie	Celková dodaná energie	Dílní dodaná energie			$U_{em}$	
			Teplá voda a úprav a vlhkosti	Vytápění a chlazení	Osvětlení vnitřního prostoru budovy a nucené větrání		
A	$0,8 \times E_R$	$0,7 \times E_R$	$0,7 \times E_R$	$0,6 \times E_R$	$0,5 \times E_R$	$0,7 \times E_R$	Mimořádně úsporná
B	$1,2 \times E_R$	$0,9 \times E_R$	$0,8 \times E_R$	$0,8 \times E_R$	$0,7 \times E_R$	$0,9 \times E_R$	Velmi úsporná
C	$1,6 \times E_R$	$1,2 \times E_R$	$1,0 \times E_R$	$U \times E_R$	$0,9 \times E_R$	$1,2 \times E_R$	Úsporná
D	$2,3 \times E_R$	$1,5 \times E_R$	$1,2 \times E_R$	$1,5 \times E_R$	$1,2 \times E_R$	$1,7 \times E_R$	Méně úsporná

Klasifikační třída	Hodnota pro horní hranici klasifikační třídy						Slovní vyjádření klasifikační třídy
	Primární energie z neobnovitelných zdrojů energie	Celková dodaná energie	Dílní dodaná energie			U <sub>em</sub>	
			Teplá voda a úprav a vlhkosti	Vytápění a chlazení	Osvětlení vnitřního prostoru budovy a nucené větrání		
E	3,0×E <sub>R</sub>	2,0×E <sub>R</sub>	1,4×E <sub>R</sub>	2,0×E <sub>R</sub>	1,5×E <sub>R</sub>	2,3×E <sub>R</sub>	Nehospodárná
F	3,7×E <sub>R</sub>	2,5×E <sub>R</sub>	1,6×E <sub>R</sub>	2,5×E <sub>R</sub>	2,0×E <sub>R</sub>	2,9×E <sub>R</sub>	Velmi nehospodárná
G							Mimořádně nehospodárná

### 2.3.3 Energetický audit

„Energetickým auditem se rozumí písemná zpráva obsahující informace o stávající nebo předpokládané úrovni využívání energie v budovách, v energetickém hospodářství, v průmyslovém postupu a energetických službách s popisem a stanovením technicky, ekologicky a ekonomicky efektivních návrhů na zvýšení úspor energie nebo zvýšení energetické účinnosti včetně doporučení k realizaci,“ [26]

Zpracovat si energetický audit mají povinnost:

- Všechny fyzické a právnické osoby, pokud celková spotřeba energie všech jejich budov nebo energetických hospodářství překročila 35 000 GJ/rok. Přičemž energetický audit se zpracovává pouze pro budovy nebo energetická hospodářství, jejichž spotřeba přesahuje 700 GJ/rok. [27]
- Všechny organizační složky státu, krajů a obcí a příspěvkové organizace, pokud celková spotřeba energie všech jejich budov nebo energetických hospodářství překročila 35 000 GJ/rok. Přičemž energetický audit se zpracovává pouze pro budovy nebo energetická hospodářství, jejichž spotřeba přesahuje 700 GJ/rok. [27]



### 2.3.4 Energetický posudek

„Energetickým posudkem se rozumí písemná zpráva obsahující informace o posouzení plnění předem stanovených technických, ekologických a ekonomických parametrů určených zadavatelem energetického posudku včetně výsledků a vyhodnocení,“ [26]

„(1) Stavebník, společenství vlastníků jednotek nebo vlastník budovy nebo energetického hospodářství zajistí energetický posudek pro:

a) posouzení technické, ekonomické a ekologické proveditelnosti alternativních systémů dodávek energie při výstavbě nových budov nebo při větší změně dokončené budovy se zdrojem energie s instalovaným výkonem vyšším než 200 kW; energetický posudek je součástí průkazu podle § 7a odst. 4 písm. c),

b) posouzení proveditelnosti zavedení výroby elektřiny u energetického hospodářství s celkovým tepelným výkonem vyšším než 5 MW, pokud je předložena dokumentace stavby podle zvláštního právního předpisu pro budování nového zdroje energie nebo pro změnu dokončených staveb u zdrojů energie již vybudovaných,

c) posouzení proveditelnosti zavedení dodávky tepla u energetického hospodářství s celkovým elektrickým výkonem vyšším než 10 MW, pokud je předložena dokumentace stavby podle zvláštního právního předpisu pro budování nového zdroje energie nebo pro změnu dokončených staveb u zdrojů energie již vybudovaných; u energetického hospodářství, které užívá plynové turbíny, se tato povinnost vztahuje na celkový elektrický výkon vyšší než 2 MW, u spalovacích motorů se tato povinnost vztahuje na celkový elektrický výkon vyšší než 0,8 MW,

d) posouzení proveditelnosti projektů týkajících se snižování energetické náročnosti budov, zvyšování účinnosti energie, snižování emisí ze spalovacích zdrojů znečištění nebo využití obnovitelných nebo druhotných zdrojů nebo kombinované výroby elektřiny a tepla financovaných z programů podpory ze státních, evropských finančních prostředků nebo finančních prostředků pocházejících z prodeje povolenek na emise skleníkových plynů,

e) vyhodnocení plnění parametrů projektů realizovaných v rámci programů podle písmene d).“ [26]

## 2.4 TEPELNÁ IZOLACE

Tepelnou izolaci je téměř nezbytné navrhnout, pokud je záměrem nízká energetická náročnost budovy. Tepelně izolační vlastnosti mají veškeré materiály, avšak některé z nich mají tyto vlastnosti mnohem lepší. Řeč je o tepelných izolacích, za které považujeme materiály s velmi nízkou tepelnou vodivostí. Nejdůležitější vlastnosti materiálů tepelných izolací je součinitel tepelné vodivosti, difúzní faktor, objemová hmotnost, pevnost, nasákavost, hořlavost, zpracovatelnost, toxicita a tepelná stabilita. Volba materiálu tepelné izolace závisí zejména na účelu použití a finanční náročnosti pro investora. Výběr tepelné izolace se provádí zejména porovnáním ekonomických investic do různých vhodných tepelných izolací. [28]

Tab. 8 Materiály tepelné izolace [29]

Materiály tepelných izolací		Součinitel tepelné vodivosti $\lambda$ [W/(mK)]
Pěnové	Pěnový polystyren EPS - bílý	0,035
	Pěnový polystyren EPS - šedý	0,032
	Polyuretanová pěna	0,023
Nenasákavé	Pěnové sklo	0,040-0,048
	EPS desky	0,035
	Extrudovaný polystyren XPS	0,036-0,040
Foukané	celulóza	až 0,035
	Minerální vlákna	0,040
	Polystyren s příměsí grafitu	0,034
Přírodní	Ovčí vlna	0,037-0,050
	Techincké konopí	0,040
	Dřevovláknno	0,040
Minerální	Kamenná vlna	až 0,035
	Skelná vlna	až 0,035
Na vnitřní použití	Minerální desky	0,040
	Dřevovláknité desky	0,041
	Tuhé desky z minerální plsti	0,038

### 2.4.1 Pěnový polystyren EPS

Pěnový polystyren EPS je vyroben polymerací styrenu, který je zpevňován a následně nařezán na desky. Do polystyrenu se také přidávají samozhášecí přísady. Pevnost v tlaku polystyrenu EPS se pohybuje v rozmezí 50-250 kPa. K nevýhodám expandovaného polystyrenu patří špatné snášení vyšších teplot, smršťování a nasákavost a mezi hlavní výhodou cena. Používá se jako tepelná izolace na fasády, podlahy i střechy. Kotví se lepením nebo mechanicky a lepením. Doporučuje se klást ve více vrstvách k eliminaci liniových tepelných mostů, vznikajících ve spárách mezi deskami. Bílý a šedý pěnový polystyren se od sebe liší součinitelem tepelné vodivosti, přičemž šedý má o 15-20 % lepší izolační efekt. [29]



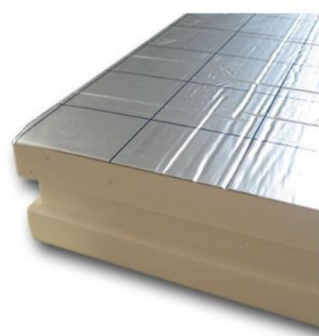
Obrázek 2 Bílý a šedý pěnový polystyren EPS [29]

### 2.4.2 Polyuretanová a polyizokyanurátová pěna

Používá se především tvrdá polyuretanová pěna s názvem PUR, nyní se však do obliby dostává také polyizokyanurátová pěna s názvem PIR. Polyuretanová pěna má velmi nízký součinitel tepelné vodivosti, což u PIR izolace činí až 0,023 W/(mK) a PUR izolace 0,027 W/(mK). Mezi výhody patří výborné tepelné izolační vlastnosti a nenasákavost. Izolaci musíme chránit před UV zářením. Používá se na zateplení fasády, podlahy a hlavně střech, kde se využívá jeho nenasákavost. [29]



Obrázek 3 PUR pěna [30]



Obrázek 4 PIR pěna [31]

### 2.4.3 Pěnové sklo

Pěnové sklo se vyrábí z hlinitosilikátového skla, které se rozemele a smíchá s uhlíkovým prachem. Dále se zahřívá zhruba na tisíc stupňů Celsia a chladnutím se vytvoří konečná struktura s uzavřenými bublinkami vzduchu. Mezi výhody patří nehořlavost, parotěsnost a mezi nevýhody vysoká cena, povrch je nutné chránit před mrznoucí vodou. Používá se především v energeticky úsporných domech na spodní části stavby, izolace podlahy nebo pojízdných nebo pochozích střech s vysokým tlakovým namáháním. [29]



Obrázek 5 Pěnové sklo [29]

### 2.4.4 Extrudovaný polystyren

Extrudovaný polystyren XPS se využívá hlavně kvůli pevnosti a odolnosti vůči vlhkosti. Mezi nevýhody pak patří nutná ochrana před UV zářením. Pro své vlastnosti se používá hlavně na izolaci střech s obrácenou skladbou, základové desky nebo soklu. Extrudovaný polystyren se dodává v podobě desek s polodrážkou nebo hranou. Do desek je přidáván retardér hoření. [29]



Obrázek 6 Extrudovaný polystyren [32]

### 2.4.5 Celulóza

Výroba izolace je metoda recyklace papíru, je tedy velmi ekologická. Pomocí určitého technologického postupu se z papíru získají nenarušená vlákna celulózy, na které se dále natavují další pomocné látky, například látky pro požární odolnost izolace, proti hnilobě, hlodavcům a hmyzu. Realizace zateplování se provádí na sucho, a to buď foukáním nebo plněním dutých prostorů, nebo strojně nástřikem. Mezi výhody patří lepší akustická izolace, velmi vysoká měrná tepelná kapacita a mezi nevýhody nasákavost. Celulóza na sucho se používá především na nepochozí půdní prostory a nástřik do interiéru i exteriéru až do tloušťky 15 cm. [29]



Obrázek 7 Celulóza foukaná na sucho [33]

### 2.4.6 Minerální vlna

Kamenná vlna se vyrábí z roztaveného čediče bazaltu nebo gabra. Je dodávána ve třech variantách, a to jako desky, měkké role nebo pro aplikaci foukáním. Vlna v roli a pro aplikaci foukáním se používá především pro nezatížené stavební prostory, převážně půdní prostory. Tuhé desky naopak na zatížené prostory, do kontaktních zateplovacích systémů, provětrávaných fasád, izolace šikmých střech nebo jako izolace do rámových dřevostaveb. Mezi výhody patří hlavně zařazení do třídy reakce na oheň A1 a mezi nevýhody cena. Skelná vlna má vlastnosti velmi podobné jako vlna kamenná [34]



Obrázek 8 Minerální vlna-role [35]



Obrázek 9 Minerální vlna-deska [36]

### 2.4.7 Ovčí vlna

Tepelná izolace z ovčí vlny patří mezi ekologické přírodní izolace, které však u nás nejsou příliš rozšířené. Využívá se především na zateplení stěn a střech u dřevostaveb. Vlna je nasákavá a v prostoru tak udržuje ideální procento vlhkosti, naopak v případě sucha vlhkost opět vypouští.

Dodává

se v rohožích. Má výbornou protipožární odolnost. Nevýhodou je riziko biologického napadení hlodavců. [37]



Obrázek 10 Ovčí vlna [37]

### 2.4.8 Technické konopí

Hlavní výhodou je rychlá obnovitelnost zdroje, to znamená, že roste velmi rychle bez nutné péče. Z rostlinných vláken se vyrábí konstrukční desky i tepelněizolační materiály ve formě desek nebo rouna. Pro izolaci těžko přístupných dutých míst se používá foukaná sypká izolace. Technické vlastnosti mají velmi podobné jako minerální vlna. [29]



Obrázek 11 Technické konopí [29]

### 2.4.9 Dřevovlákn

Vznikají recyklací jehličnatého a tenkého dřeva, které se rozřeže najemno a párou se měkčí. Dále se s přidanými látkami lisuje a suší. Na jeho výrobu je však potřeba velké množství energie, takže i když se to může zdát, výroba moc ekologická není, čemuž odpovídá i cena. Mezi výhody můžeme zařadit nízký difúzní odpor a vysoká tepelná kapacita. Vyrábí se tvrdé a měkké dřevovláknité desky. Tvrdé pro tepelnou izolaci podlahy nebo fasády a měkké pro tepelnou a zvukovou izolaci stěn, střech a stropů. [29]



Obrázek 12 Dřevovláknité desky [38]

### 2.4.10 Perlit

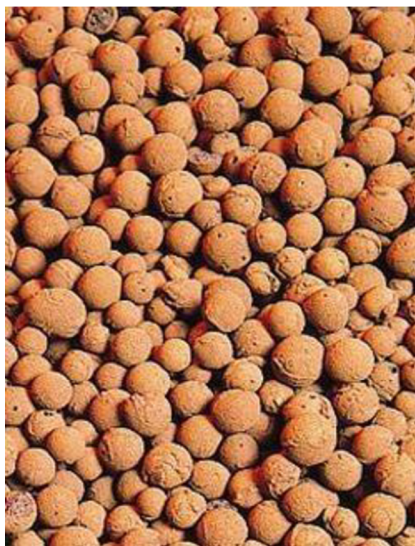
Perlit je čistě přírodní materiál, který se vyrábí z křemičitanu hlinitého zahřátého na vysokou teplotu. Čímž vznikne pórovitý materiál s nízkou objemovou hmotností. Mezi výhody patří protipožární odolnost a odolnost vůči mikroorganismům. Je vodou nasákový, takže může být použit pouze tam, kde se žádná vlhkost nevyskytuje. Používá se převážně jako izolace podlah. [39] [40]



Obrázek 13 Perlit [41]

### 2.4.11 Keramzit

Keramzit se také vyrábí čistě z přírodních zdrojů. Keramzit vzniká zahřátím jílu na velmi vysokou teplotu. Tím se uvolňuje voda a vzniká opět pórovitý materiál. Má tedy nízkou objemovou hmotnost, mechanickou a chemickou a požární odolnost, odolnost vůči vlhkosti. Nevýhodou je poměrně vysoká tepelná vodivost, která se pohybuje okolo 0,09 W/mK. [42]



Obrázek 14 Keramzit [43]

## 2.5 ZPŮSOBY ZATEPLENÍ

### 2.5.1 Zateplení obvodové konstrukce

Obvodové konstrukce obvykle tvoří největší plochu z obálky budovy, proto je důležité zvolit nejvhodnější možný způsob zateplení vnějšího zdiva pro daný dům tak, aby se docílilo co nejnižší tepelné ztráty a co nejrychlejší návratnosti a výnosnosti investice.

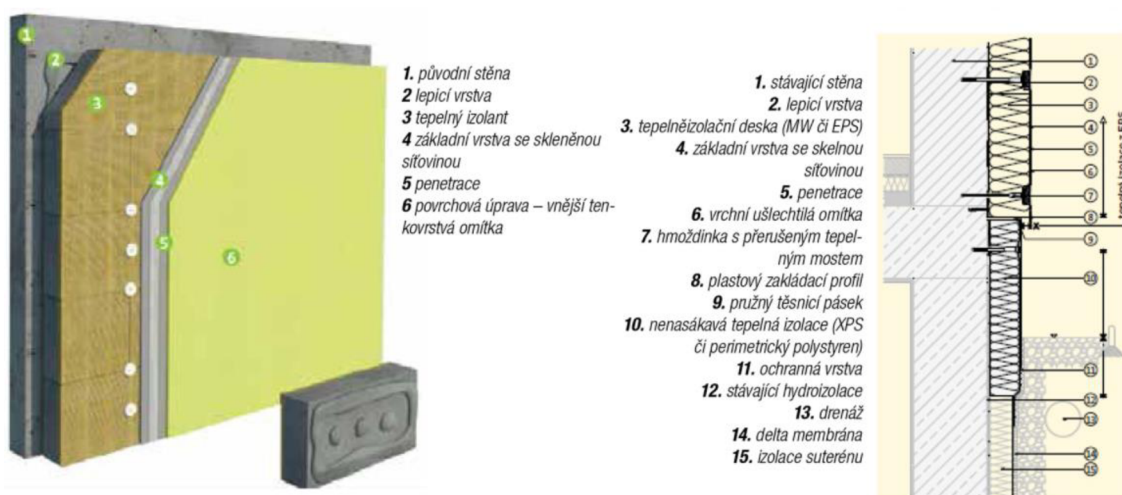
#### **Vnitřní zateplení**

K vnitřnímu zateplení se přistupuje především tehdy, kdy není možné provést zateplení vnější, což bývá především v případě památkově chráněné fasády, společné zdi, zdi pod úrovní terénu nebo zdi na hranici pozemku, kdy majitel sousedního pozemku nedovolí izolovat zvenčí. U vnitřního zateplení hrozí, že se rosný bod konstrukce bude nacházet místo v oblasti izolace v oblasti nosné konstrukce, což může mít za následek vznik vlhkosti a degradace zdiva. Další velkou nevýhodou vnitřního zateplení je nižší účinnost izolace kvůli vnitřnímu zdivu, které v domě působí jako tepelné mosty. V neposlední řadě je nevýhodou zmenšení vnitřního prostoru místností. Vhodné je použití materiálu s vysokým difúzním odporem. [45] V dalších kapitolách jsou popsány možnosti vnějšího zateplení.



### **Kontaktní zateplovací systém (ETICS)**

Kontaktní zateplovací systémy, častěji známé pod anglickou zkratkou ETICS, patří mezi nejrozšířenější způsoby zateplení. Hlavním komponentem pro tento způsob zateplení jsou desky tepelné izolace, které se osadí přímo na penetrovanou stěnu lepením nebo hmoždinkami. Dále se na deskách provádí povrchová úprava pomocí stěrkové hmoty, do které se vtláčí sklotextilní mřížka, která je následně zatřena další vrstvou hmoty. Nakonec je na povrch nanesena penetrace a provedena fasádní omítkva s nátěrem. Mezi výhody ETICS patří velmi dobrá tepelná izolace, nízký difúzní odpor, vyšší akustická izolace a požární ochrana. [45] [46]

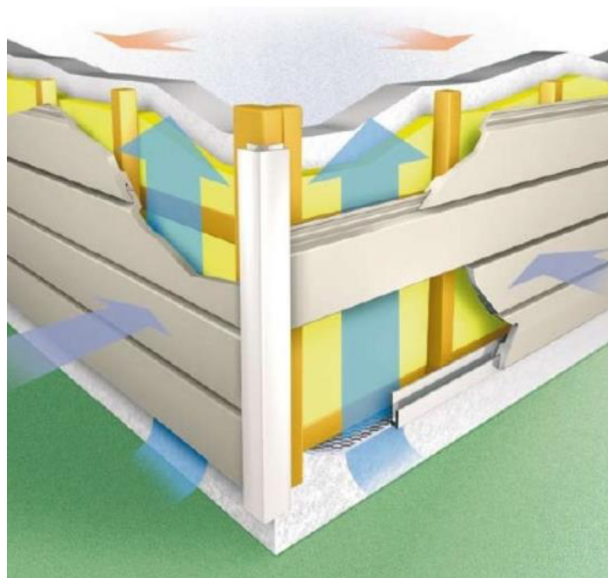


Obrázek 15 Kontaktní zateplovací systém ETICS [47]

### **Bezkontaktní zateplovací systémy (provětrávané fasády)**

Podstata bezkontaktního zateplovacího systému je vytvořit vzduchovou mezeru mezi tepelnou izolací a fasádou pomocí instalace roštu. Tato vzduchová mezera slouží k odvětrávání případné vlhkosti, která může proniknout pod svrchní plášť. [46]

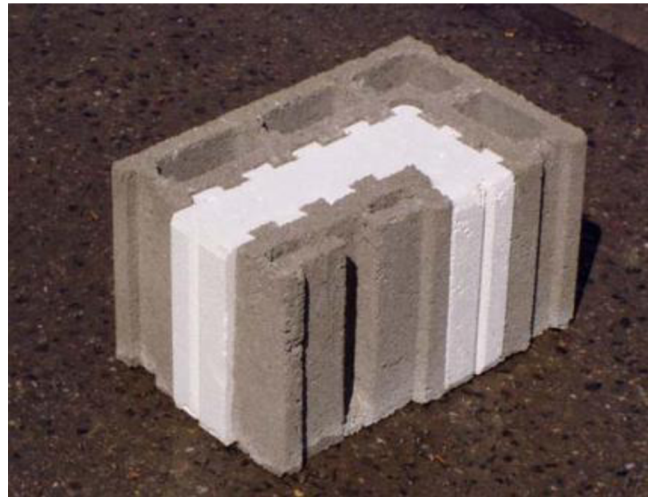
Používají se především izolace paropropustné, aby umožnily odvětrávání vlhkosti ze zdiva. Izolace se vkládá do dřevěných nebo ocelových roštů, přičemž musí vzniknout vzduchová mezera minimálně 20 mm mezi izolací a vnějším pláštěm. Vnější plášť je tvořen deskami ze dřeva, plastů nebo různých minerálních materiálů. Výhody tohoto systému jsou dobré tepelně-izolační a akustické vlastnosti, ale především dokonalá paropropustnost a odvětrávání vlhkosti z konstrukce. Mezi nevýhody pak patří složitější provádění stavebních detailů a cena. [46]



Obrázek 16 Bezkontaktní zateplení - provětrávaná fasáda [48]

### **Sendvičové zdivo**

Další z možností je zdění přímo z prefabrikovaných tvárnic s integrovanou tepelně-izolační vložkou. Pro tento typ může být použita víceméně jakýkoliv kombinace nosného zdiva a izolace. Mezi nejčastěji používané materiály nosné vrstvy patří beton, keramzit, keramika, používá se ale také u dřevostaveb. Nejběžněji používané izolační vrstvy jsou z polystyrenu, skelné nebo minerální vaty. Tento způsob zateplení má jako hlavní přednost úsporu prostoru. Například při použití betonových tvárnic, které mají vysokou pevnost, a příslušné tepelné izolace [49] [50]



*Obrázek 17 Sendvičové zdivo betonové [50]*

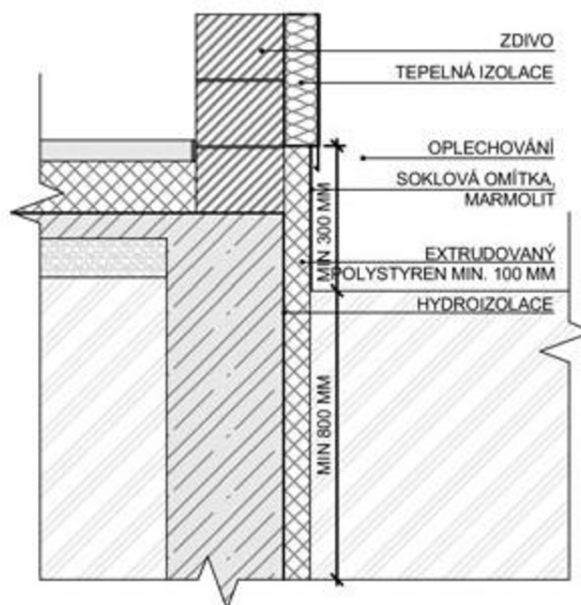


*Obrázek 18 Sendvičové zdivo – dřevostavba [51]*



### 2.5.3 Zateplení soklu

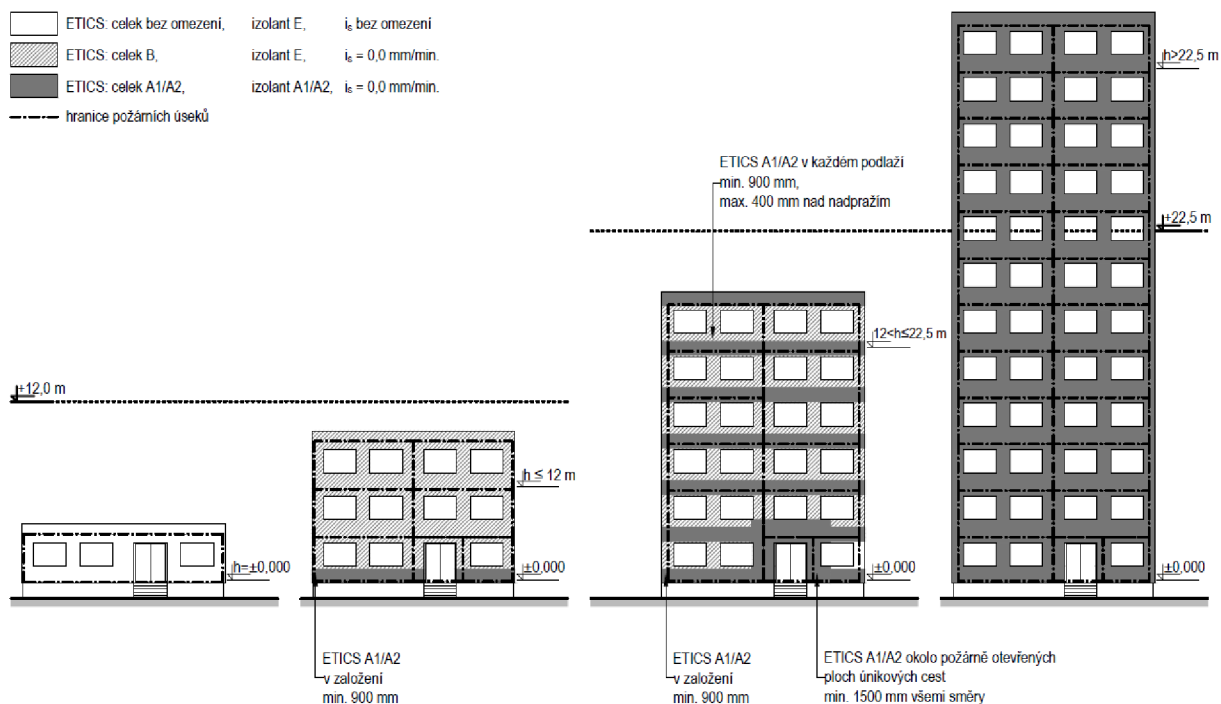
Pro zateplení spodní stavby jsou vhodné především izolace s minimální mírou nasákavosti a lepšími mechanickými vlastnostmi. Mezi nejčastěji používaný materiál patří extrudovaný polystyren. Pro běžné podmínky se doporučuje provedení izolace od nezámrzné hloubky do výšky minimálně 300 mm nad terén. V detailu napojení soklového polystyrenu na fasádu domu se osazuje okapnička, aby nedocházelo ke stékání vlhkosti do prostoru mezi izolacemi. [53]



Obrázek 20 Zateplení soklu [53]

## 2.5.4 Požární bezpečnost zateplovacího systému ETICS

Zateplení budovy musí splňovat bezpečnostní požadavky normy ČSN 73 0810: 2016, která rozděluje budovy podle požárních výšek, podle nichž stanovuje požadavky na druh a způsob založení izolace. Požadavky popsané níže neplatí pokud je fasáda uvažována jako zcela požárně otevřená plocha. [54]



Obrázek 21 Požadavky na tepelnou izolaci dle požární výšky [54]

### Objekty jednopodlažní s požární výškou $h = 0,0$ m s jedním požárním úsekem

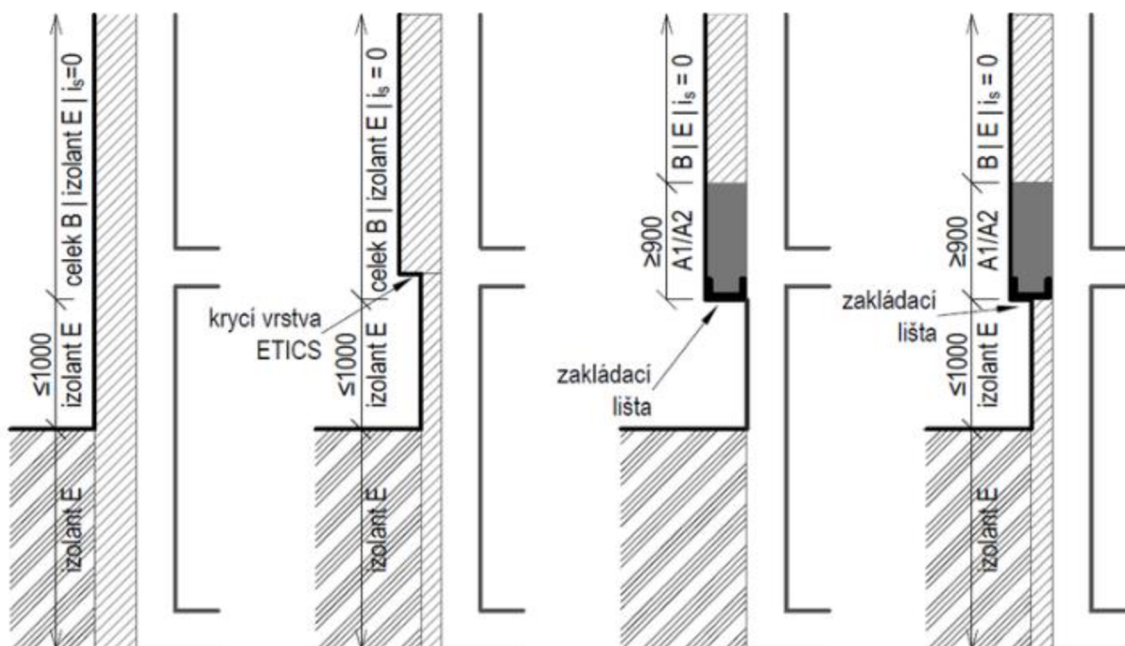
Dle normy se na tyto objekty nevztahují žádné požadavky, musí však použít tepelná izolace s třídou reakce na oheň nejhůře E. [54]

### Objekty s požární výškou $0,0$ m $\leq h \leq 12,0$ m

Pro tyto objekty je nutné provádět ETICS přesně dle technologického předpisu výrobce. [54]

Požadované vlastnosti jsou:

- ETICS kontaktně spojen se zateplovanou konstrukcí (mezera max. 1 cm);
- Tepelný izolant s třídou reakce na oheň nejhůře E;
- ETICS jako celek s třídou reakce na oheň nejhůře B;
- Index šíření plamene po povrchu nulový
- Požární pruh musí být zřízen z izolace třídy reakce na oheň nejhůře A2 o výšce nejméně 900 mm, pokud není soklová izolace založená pod terénem nebo je použita zakládací lišta. [54]



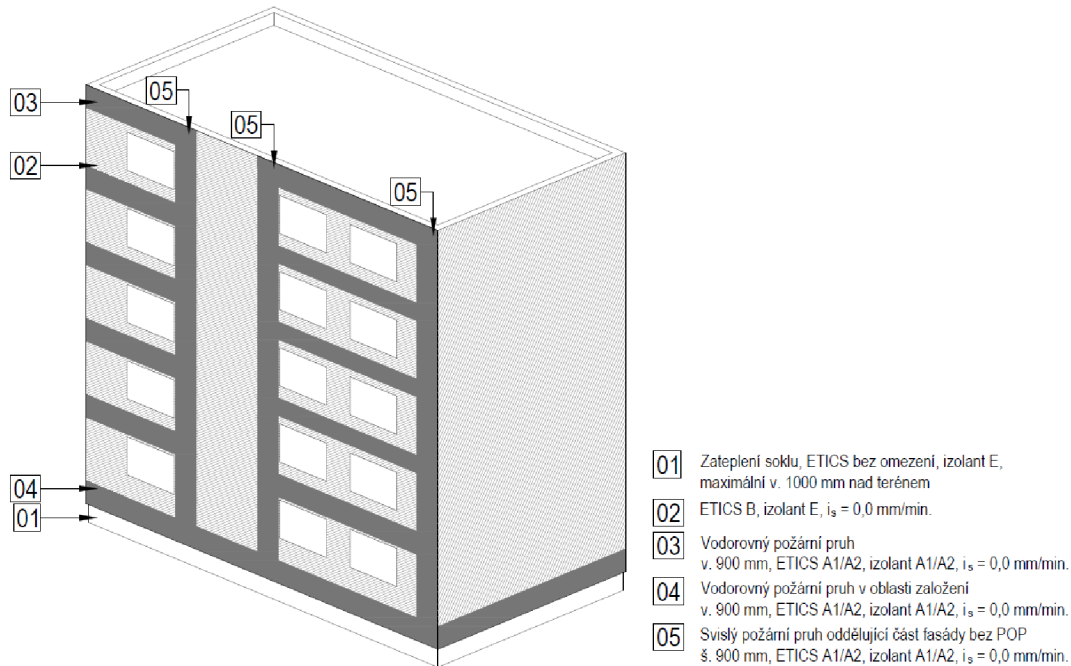
Obrázek 22 Požární pruh v oblasti soklu [54]

#### Objekty s požární výškou $12,0\text{ m} \leq h \leq 22,5\text{ m}$

Požadavky na tyto objekty zahrnují všechny požadavky objektů s nižší požární výškou uvedené v předešlém odstavci. K požadavkům na tyto objekty norma přidává následující:

- „Oddělení jednotlivých podlaží požárním pruhem (s tepelným izolantem třídy reakce na oheň A1 nebo A2) výšky alespoň 0,9 m, který nebude začínat výše než 0,4 m nad nadpražím otvorů daného podlaží. Požární pruh je nutno instalovat po celém obvodu objektu na rozhraní všech podlaží bez ohledu na to, zda jde o užitná podlaží, bez ohledu na podlažnost požárních úseků a bez ohledu na to, zda se na fasádě nacházejí požárně otevřené plochy. Požární pruh se tedy objeví i nad posledním podlažím (u atiky), na střešních objektech strojoven nebo mezi jednotlivými podlažími vícepodlažního požárního úseku (např. mezonetu). [54]

- Na části fasády bez požárně otevřených ploch (bez oken, dveří, vyústek technologického zařízení) lze vynechat všechny kombinace materiálů včetně základních požárních pruhů a lze použít pouze hořlavý tepelný izolant, pokud bude od ostatních částí fasády oddělen svislým požárním pruhem v šíři alespoň 0,9 m. Toto řešení je míněno zejména na celky štítových fasád. [54]



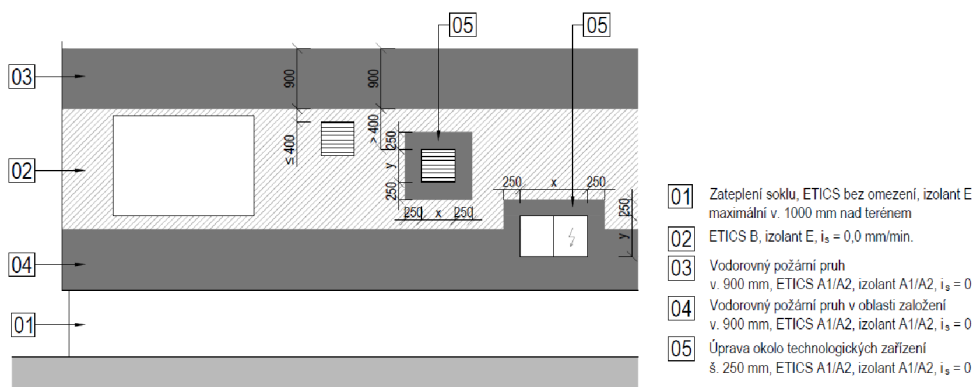
Obrázek 23 Požární pruhy [54]

- Podhledové části horizontálních konstrukcí (římsy, balkony, lodžie, konzoly apod.) musí být zatepleny tepelným izolantem třídy reakce na oheň nejhůře A2, pokud plocha těchto konstrukcí je větší než 1,0 m<sup>2</sup> nebo širší než 0,3 m. [54]
- Pokud římsa zakrývá prostor dřevěného krovu, pak bez ohledu na její rozměr (délku jejího vyložení) je nutné použít nehořlavý tepelný izolant v tloušťce alespoň 25 mm. [55]
- V případě průchodů nebo průjezdů musí být nehořlavým tepelným izolantem zateplena nejen podhledová část, ale i svislé ohraničující konstrukce (stěny nebo sloupy). [55]
- Podhledové části horizontálních konstrukcí (římsy, balkony, lodžie, konzoly apod.) musí být zatepleny tepelným izolantem třídy reakce na oheň nejhůře A2, pokud plocha těchto konstrukcí je větší než 1,0 m<sup>2</sup> nebo širší než 0,3 m. [54]
- Pokud římsa zakrývá prostor dřevěného krovu, pak bez ohledu na její rozměr (délku jejího vyložení) je nutné použít nehořlavý tepelný izolant v tloušťce alespoň 25 mm. [54]
- Vyústění technologického zařízení na fasádě nesmí být slabým místem, kterým by hrozilo prošlehnutí plamene do ETICS. Tepelný izolant v blízkosti elektrických skříní,



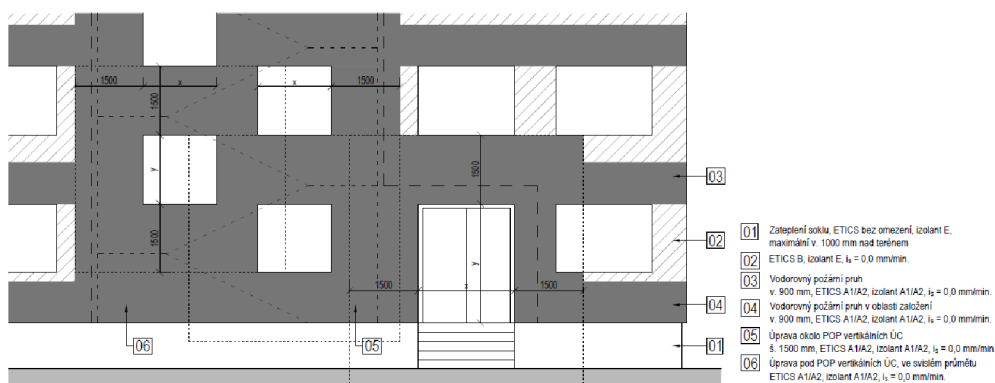
vzduchotechnických zařízení (bez možnosti uzavření požární klapkou) apod. musí být třídy reakce na oheň nejhůře A2 a to do vzdálenosti alespoň 0,25 m na všechny strany. Stejná podmínka platí pro bleskosvod. [54]

- Od této úpravy lze upustit, pokud je stejně jako u oken nad technologickým zařízením zřízen základní požární pruh vzdálený maximálně 400 mm. Stejně tak není potřeba aplikovat nehořlavý tepelný izolant kolem větracích průduchů spíží, které nejsou vyústěním technologického zařízení. [54]



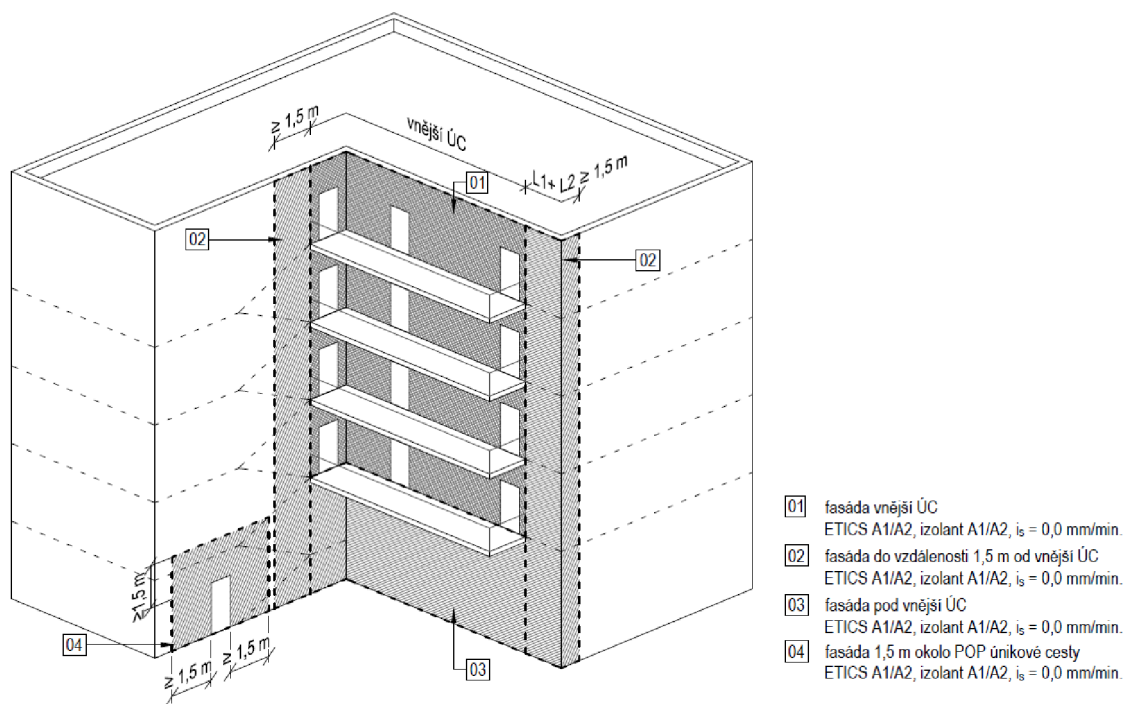
Obrázek 24 Zateplení okolo vyústění technologických zařízení [54]

- Vnější úprava fasády nesmí umožnit větší tvorbu (toxických) zplodin hoření, které by mohly ohrozit evakuaci osob. Kolem oken, dveří nebo vzduchotechnických výustek vedoucích do prostoru vertikálních únikových cest (u objektů s požární výškou 12,0–22,5 m jde zejména o schodiškový prostor chráněných únikových cest) musí být použit tepelný izolant třídy reakce na oheň nejhůře A2 v šířce alespoň 1,5 m na všechny strany. [54]
- Aby bylo ohrožení zplodinami vyloučeno, musí zateplení nehořlavým tepelným izolantem ve stanovené šíři proběhnout až k terénu (respektive k založení zateplovacího systému). [54]



Obrázek 25 Zateplení CHKÚ [54]

- Stejně, respektive ještě přísnější, požadavky platí u vnějších únikových cest (úniková schodiště, pavlače apod.). Na fasádě vnějších únikových cest a ještě alespoň 1,5 m do stran musí být použit tepelný izolant třídy reakce na oheň nejhůře A2. [54]
- Aby bylo ohrožení evakuovaných osob vyloučeno (ať zplodinami hoření nebo odkapávajícími hořícími částmi zateplovacího systému), musí takto vymezený pruh proběhnout po celé výšce, tedy od terénu až po atiku nebo římsu.“ [54]



Obrázek 26 Zateplení vnějších únikových cest [54]

### Objekty s požární výškou $h > 22,5$ m

Na tyto objekty je nutné použít certifikovaný systém ETICS dle technologického předpisu od výrobce. Izolace musí splňovat požadavek na třídu reakce na oheň nejhůře A2 a nulový index šíření plamene po povrchu. [54]

## 2.6 EKONOMICKÉ METODY HODNOCENÍ INVESTICE

### 2.6.1 Doba návratnosti PB

Představuje dobu, za kterou se investice splatí z peněžních příjmů, které investice přinese.

#### **Statická metoda**

Prostá metoda, jejíž principem je vydělení investičních nákladů od průměrného ročního příjmu, přičemž nezohledňuje časovou hodnotu peněz. [55]

$$\text{avgPB} = \frac{|IN|}{\sum_{j=1}^n FV_j/n}, \text{ kde}$$

IN	Investiční náklady	[Kč]
FV	Očekávaný příjem z investice v jednotlivých letech	[Kč]
n	doba životnosti investice	[-]
j	Jednotlivé roky životnosti investice	[-]

#### **Reálná doba návratnosti**

Tato metoda se používá v případě, kdy není možné příjmy z investice rozdělit pravidelně do budoucích let a musí se sledovat veškeré jejich změny a výkyvy. Nezohledňuje časovou hodnotu peněz. [55]

#### **Dynamická metoda**

Metoda, jejíž principem je vydělení investičních nákladů od průměrného ročního příjmu, přičemž zohledňuje časovou hodnotu peněz. [55]

$$\text{avgPB} = \frac{|IN|}{\sum_{j=1}^n \frac{FV_j}{(1+i)^j/n}}, \text{ kde}$$

IN	Investiční náklady	[Kč]
FV	Očekávaný příjem z investice v jednotlivých letech	[Kč]
i	Diskontní míra (požadovaná výnosnost)	[-]
n	doba životnosti investice	[-]
j	Jednotlivé roky životnosti investice	[-]

## 2.6.2 Čistá současná hodnota NPV

Představuje rozdíl mezi součtem všech diskontovaných peněžních příjmů z investičního projektu a investičními náklady. [55]

$$NPV = \sum_{j=1}^n \frac{FV_j}{(1+i)^j} - IN = \frac{FV_1}{1+i} + \frac{FV_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{FV_n}{(1+i)^n} - IN, \text{ kde}$$

FV <sub>j</sub>	Očekávaný příjem z investice v jednotlivých letech	[Kč]
i	Diskontní míra (požadovaná výnosnost)	[-]
IN	Investiční náklady	[Kč]
n	doba životnosti investice	[-]
j	Jednotlivé roky životnosti investice	[-]

Pokud se výdaj neuskuteční jednorázově, poté se pro každé období uvažuje FV, jako rozdíl mezi diskontovanými čistými peněžními příjmy z investičního projektu a diskontovanými investičními náklady. V tomto případě se používá následující vzorec. [55]

$$NPV = \sum_{j=0}^n \frac{FV_j}{(1+i)^j} = FV_0 + \frac{FV_1}{1+i} + \frac{FV_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{FV_n}{(1+i)^n}, \text{ kde}$$

FV <sub>j</sub>	Čistý očekávaný příjem z investice v jednotlivých letech	[Kč]
i	Diskontní míra (požadovaná výnosnost)	[-]
n	doba životnosti investice	[-]
j	Jednotlivé roky životnosti investice	[-]

## 2.7 NÁKLADOVÁ METODA DLE OCEŇOVACÍ VYHLÁŠKY č. 441/2013 Sb.

„(1) Základní cena upravená rodinného domu, rekreační chalupy a rekreačního domku, jejichž obestavěný prostor je větší než 1 100 m<sup>3</sup> nebo jde-li o původní zemědělskou usedlost nebo není-li pro ně v tabulce č. 1 k příloze č. 24 stanovena základní průměrná cena nebo jsou-li tyto stavby rozestavěné, se určí podle vzorce:

$$ZCU = ZC \times K_4 \times K_5 \times K_i, \text{ kde}$$

ZCU Základní cena upravená za m<sup>3</sup> obestavěného prostoru [Kč]

ZC Základní cena za m<sup>3</sup> obestavěného prostoru podle přílohy č. 11 [Kč]

K<sub>5</sub> Koeficient polohový uvedený v tabulce č. 1 v příloze č. 20 vyhlášky [-]

K<sub>i</sub> Koeficient změny cen staveb podle přílohy č. 41 vztažený k cenové úrovni roku 1994. [-]

K<sub>4</sub> Koeficient vybavení stavby se vypočte podle vzorce [-]

$$K_4 = 1 + (0,54 \times n), \text{ kde}$$

1 a 0,54 Konstanty [-]

n Součet cenových podílů konstrukcí a vybavení, uvedených v tabulce č. 3 v příloze č. 21 s nadstandardním vybavením, snížený o součet cenových podílů konstrukcí a vybavení s podstandardním vybavením, určených z uvedených tabulek [-]

Výše koeficientu K<sub>4</sub> je omezena rozpětím od 0,80 do 1,20, které lze překročit jen výjimečně na základě zdůvodnění, kterým je zejména fotodokumentace, výčet a podrobný popis jednotlivých konstrukcí a vybavení v podstandardním, resp. nadstandardním provedení; pro účely výpočtu K<sub>4</sub> dále platí, že

a) není-li ve výčtu konstrukcí a vybavení v příslušné tabulce přílohy č. 21 k této vyhlášce uvedena konstrukce, která se ve stavbě vyskytuje, určí se její cenový podíl podle bodu č. 8 písm. b) této přílohy; cenový podíl se vynásobí koeficientem 1,852 a připočte se k součtu cenových podílů, přitom se výše ostatních cenových podílů nemění,

b) je-li ve stavbě konstrukce, jejíž náklady na pořízení činí více než dvojnásobek nákladů standardního provedení podle přílohy č. 11 k této vyhlášce, odečte se její cenový podíl příslušející standardnímu provedení jako v případě konstrukce chybějící podle bodu c) a stanoví se pro ni nový cenový podíl postupem podle bodu a),

c) chybí-li ve stavbě konstrukce uvedená v příslušné tabulce přílohy č. 21 k této vyhlášce, vynásobí se její cenový podíl koeficientem 1,852 a odečte se od součtu cenových podílů.

(2) Jako rodinný dům se ocení stavba, ve které více než polovina podlahové plochy odpovídá požadavkům na trvalé rodinné bydlení a je k tomuto účelu určena, má nejvýše tři samostatné byty, nejvýše dvě nadzemní podlaží a jedno podzemní podlaží a podkroví.

(3) Je-li rodinný dům užíván i k jiným účelům než k bydlení v rozsahu, který nemění účel jeho užívání, ocení se celá stavba jako rodinný dům. Jestliže dojde ke změně účelu užívání, stavba se ocení podle § 12.“ [56]

### 3 PRAKTICKÁ ČÁST

#### 3.1 POPIS STAVBY

Navrhovanou stavbou jsou tři řadový dům A1, A2 a A3 ležící v obci Březnice (okres Zlín), parcela č. 1912/4, katastrální území Březnice u Zlína [614408]. Řadové rodinné domy jsou zatříděny do staveb pro bydlení.

Stavba je navrhována jako dvoupatrová nepodsklepená s jednoplášťovou plochou střechou a je rozdělena na tři řadové domy.



*Obrázek 27 Jihovýchodní pohled na stavbu [vlastní]*



*Obrázek 28 Severozápadní pohled na stavbu [vlastní]*

Řadový dům A1 je navržen jako dvougenerační a je rozdělen na dva samostatné byty, kde první byt leží v prvním nadzemním podlaží a druhý ve druhém nadzemním podlaží. Do domu se bude vcházet vchodem ze severní strany. Tímto vchodem do domu se vstoupí do zádveří a dále na chodbu, odkud jsou přístupné technické místnosti k oběma bytům. V zádveří se také nachází schodiště zajišťující vstup do horního bytu. Za vstupem do spodního bytu leží chodba s přístupem do předsíně, ze které je pak dostupný zbytek místností, jako jsou dva pokoje, obývací pokoj s kuchyňským koutem, koupelna a WC. Po využití schodiště do druhého nadzemního podlaží je nejprve přístup na chodbu a dále do dvou pokojů, obývacího pokoje s kuchyňským koutem, prádelny, koupelny a WC. Z obývacího pokoje je možný přístup na terasu.

Řadový dům A3 je dispozičně zcela shodný jako dům A1, pouze zrcadlově otočený.

Do řadového domu A2 se bude taktéž vstupovat vchodem ze severní části. Za vstupem do domu se nachází zádveří a dále chodba. Z chodby je pak přístup do dvou pokojů s venkovní terasou, do technické místnosti, do koupelny s WC a na schodiště. Po využití schodiště je nejprve v druhém patře přístupná chodba a z ní dále dva pokoje s terasou, WC, koupelna a šatna.

### **3.1.1 Konstruktivní a materiálové řešení budovy**

#### **Základové konstrukce**

Pro objekt byly jako základové konstrukce zvoleny železobetonové pásy z betonu C25/30 vyztuženého betonářskou ocelí dle statického posudku. Podkladní beton C25/30 bude proveden na zhutněnou zeminu v minimální tloušťce 50 mm. Hloubka založení byla stanovena dle inženýrsko-geologického průzkumu rovnoměrně do hloubky 1500 mm.

#### **Svislé konstrukce**

Jako obvodové zdivo pro objekt byly navrženy keramické tvárnice HELUZ UNI 30 tloušťky 300 mm. Další použité nosné zdiva jsou keramické tvárnice HELUZ AKU 30/33,3 P20 tloušťky 300 mm, HELUZ AKU 25 tloušťky 250 mm a HELUZ UNI 25 tloušťky 250 mm. Příčky budou vyzděny z tvárnic HELUZ 11,5 tloušťky 115 mm.

#### **Vodorovné konstrukce**

Základová deska je provedena jako železobetonová tloušťky 150 mm. Nosné překlady jsou zvoleny skládané keramické průřezu 70x238 mm a potřebné délky, přičemž u obvodových konstrukcí se vkládá tepelná izolace tloušťky 70 mm. Nenosné ploché překlady budou také skládané keramické výšky 115 mm a potřebné délky. Stropní konstrukce bude ze železobetonu



tloušťky 220 mm, přičemž u výplní otvorů přes celou výšku podlaží bude věnec plnit funkci překladu.

### **Schodiště**

Schodiště ve všech bytech je navrhnuté jako železobetonové dvouramenné. V rodinném domě A1 je schodiště pravotočivé, v domech A2 a A3 jsou levotočivé. Jako nášlapná vrstva schodiště je zvolena dlažba.

### **Zastřešení**

Zastřešení objektu bude jednoplášťová plochá střecha se skladbou od exteriéru: hydroizolační folie, geotextilie min. 300 g/m<sup>2</sup>, spádové klíny z EPS 100, SBS modifikovaný asfaltový pás s nosnou vložkou ze skleněné tkaniny a železobetonová stropní deska. Tloušťky jsou uvedeny v řezu ve výkresové dokumentaci.

### **Tepelné izolace**

Tepelná izolace mezi vnitřním prostorem a zemí je řešena tepelně-izolační vrstvou EPS tloušťky 150 mm (80 + 70 mm). Izolace ploché střechy je navržena z polystyrenu EPS 100 v tloušťce 100 + 100 mm a také spádových klínů ze stejného materiálu, pro výpočet uvažují celkovou tloušťku 200 mm. Prostor mezi stěnami jednotlivých rodinných domů bude vyplněn tepelnou izolací z EPS 100 tloušťky 60 mm. Zateplení lodžie je na horním povrchu provedeno z desek PIR celkové tloušťky 100 mm a spádových klínů EPS, z čela a spodní strany lodžie bude zateplení provedeno z navržené izolace dané varianty pro obvodové zdivo stejné tloušťky.

### **Hydroizolace**

Hydroizolace bude vyřešena folií z měkčeného PVC pro spodní stavbu. Skladba střechy bude tvořena hydroizolační folií a také parozábranou z SBS modifikovaného asfaltového pásu s nosnou vložkou ze skleněné tkaniny.

### **Výplně otvorů**

Všechna okna objektu jsou řešena jako dřevěná s izolačním dvojsklem. Vstupní dveře jsou navrženy také jako dřevěné prosklené, vnitřní dveře jsou buď dřevěné prosklené nebo plné. Veškeré výplně otvorů v obvodové zdi jsou osazeny až na vnější hranu obvodových stěn, aby se po provedení zateplení co nejvíce zamezilo stínění do vnitřního prostoru. Výrobce uvádí, že všechny výplně otvorů v obvodovém zdivu dosahují hodnoty součinitele prostupu tepla  $U=1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

## Vytápění a ohřev vody

Každý z bytů má vlastní technickou místnost, ve které je navržen kondenzační kotel o výkonu 3,9 – 13,2 kW včetně zásobníků teplé vody o objemu 117 l.

## Vzduchotechnika

Ve všech bytech se navrhuje pouze přirozené větrání.

## Napojení na technickou infrastrukturu

Objekt bude napojen instalovanými přípojkami na stávající vodovod, kanalizaci, plynovod a elektrickou síť.

## 3.2 NAVRŽENÉ VARIANTY ZATEPLENÍ OBVODOVÉ STĚNY

### Varianta bez zateplení

Tab. 9 Skladba varianty bez zateplení [vlastní]

Č.	Vrstva	Označení	d [m]	$\lambda$ [W/mK]	$\mu$ [-]
1	Fasádní omítka	PuraTopFine	0,0010	0,700	75
2	Vnější vápenocementová omítka	Baunit Manu 1	0,0085	0,671	35
3	Keramické tvárnice	Heluz UNI 30	0,3000	0,166	5
4	Omítka vápenocementová jádrová	Baunit Manu 1	0,0085	0,671	35
5	Štuková omítka	Baunit PerlaFine	0,0020	0,495	20

### 1. varianta skladby – zateplení z minerální vlny

Tab. 10 Skladba první varianty [vlastní]

Č.	Vrstva	Označení	d [m]	$\lambda$ [W/mK]	$\mu$ [-]
1	Fasádní silikonová omítka	Baunit StarTop	0,0010	0,700	35
2	Penetrace	Baunit PremiumPrimer	-	-	-
3	Lepící stěrková hmota + výztužná síť	Baunit StarContact + Baunit StarTex	0,0020	0,880	50
4	Desky z minerální vlny	Isover TF Profi	0,1800	0,035	1
5	Cementové lepidlo	Baunit StarContact	0,0020	0,880	50
6	Keramické tvárnice	Heluz UNI 30	0,3000	0,166	5
7	Omítka vápenocementová jádrová	Baunit Manu 1	0,0085	0,671	35
8	Štuková omítka	Baunit PerlaFine	0,0020	0,495	20

V první variantě jsem pro zateplení zvolil Isover TF Profi, který patří mezi čedičové fasádní izolace s podélným vláknem. Mezi jeho hlavní výhody patří protipožární odolnost s třídou reakce na oheň A1, výborné akustické vlastnosti, nízký difúzní odpor a dlouhá životnost.

## **2. varianta skladby – zateplení z šedého polystyrenu**

*Tab. 11 Skladba druhé varianty [vlastní]*

<b>Č.</b>	<b>Vrstva</b>	<b>Označení</b>	<b>d [m]</b>	<b><math>\lambda</math> [W/mK]</b>	<b><math>\mu</math> [-]</b>
1	Fasádní silikonová omítka	Baumit StarTop	0,0010	0,700	35
2	Penetrace	Baumit PremiumPrimer	-	-	-
3	Lepící stěrková hmota + výztužná síť	Baumit StarContact + Baumit StarTex	0,0020	0,880	50
4	Šedý fasádní polystyren	Baumit StarTherm	0,1600	0,033	40
5	Cementové lepidlo	Baumit StarContact	0,0020	0,880	50
6	Keramické tvárnice	Heluz UNI 30	0,3000	0,166	5
7	Omítka vápenocementová jádrová	Baumit Manu 1	0,0085	0,671	35
8	Štuková omítka	Baumit PerlaFine	0,0020	0,495	20

Jako druhou variantu jsem zvolil zateplení pomocí šedého polystyrenu Baumit StarTherm, který se vyznačuje velmi dobrou tepelně-izolační vlastností, které dosahuje díky grafitovým částicím přidaným do polystyrenu, které má schopnost odrážet tepelné záření a odrážet ho zpět na stranu zdroje. Nevýhodou je horší třída reakce na oheň E. Pro tuto variantu bude zřízen požární pruh.

### 3. varianta skladby – zteplení z desek z fenolické pěny

Tab. 12 Skladba třetí varianty [vlastní]

Č.	Vrstva	Označení	d [m]	$\lambda$ [W/mK]	$\mu$ [-]
1	Fasádní silikonová omítka	Baumit StarTop	0,0010	0,700	35
2	Penetrace	Baumit PremiumPrimer	-	-	-
3	Lepící stěrková hmota + výztužná síť	Baumit StarContact + Baumit StarTex	0,0020	0,880	50
4	Deska z fenolické pěny	Desky Resolution	0,1800	0,035	35
5	Cementové lepidlo	Baumit StarContact	0,0020	0,880	50
6	Keramické tvárnice	Heluz UNI 30	0,3000	0,166	5
7	Omítka vápenocementová jádrová	Baumit Manu 1	0,0085	0,671	35
8	Štuková omítka	Baumit PerlaFine	0,0020	0,495	20

Třetí varianta zateplení je složena z desek fenolické pěny. Jde o materiál, který vyniká tepelně-izolačními vlastnostmi a dobrou protipožární odolností s třídou reakce na oheň B.

### 3.2.2 Splnění požadavků na součinitele prostupu tepla dle normy ČSN 73 0540-2

Na výpočet součinitele prostupu tepla u konstrukcí byl použit program DEKSOFT – Tepelná technika 1D nebo výpočtový program pro součinitel prostupu tepla na webu stavba.tzb-info.cz. Výpočty součinitelů prostupů tepla konstrukcí jsou součástí přílohy A.

Tab. 13 Posouzení variant zateplení na součinitel prostupu tepla [vlastní]

Konstrukce	Vypočtená hodnota U bez zaokrouhlení [W/(m <sup>2</sup> K)]	Požadované hodnoty $U_{N,20}$ [W/(m <sup>2</sup> K)]	Doporučené hodnoty $U_{rec,20}$ [W/(m <sup>2</sup> K)]	Hodnocení
Bez zateplení	0,548	0,300	0,250	Nevyhovuje
1. varianta	0,190	0,300	0,250	Vyhovuje
2. varianta	0,196	0,300	0,250	Vyhovuje
3. varianta	0,152	0,300	0,250	Vyhovuje
Plochá střecha	0,164	0,240	0,160	Vyhovuje
Podlaha 1 na zemině	0,193	0,450	0,300	Vyhovuje
Podlaha 2 na zemině	0,172	0,450	0,300	Vyhovuje
Okna	1,200	1,500	1,200	Vyhovuje
Dveře	1,200	1,700	1,200	Vyhovuje

Normový požadavek na součinitel prostupu tepla nebyl splněn pouze u varianty bez zateplení. Ostatní varianty zateplení obvodového zdiva splňují dokonce požadavek na pasivní domy, kde je požadovaná hodnota menší než  $U_N=0,18 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . Nejlépe z hlediska tepelné izolace se umístila třetí varianta díky velmi nízkému součiniteli tepelné vodivosti fenolické pěny. Na druhém místě pak druhá varianta se zateplením z šedého polystyrenu a na třetím místě skončila první varianta se zateplením z čedičové vlny.

Zateplení jednoplášťové ploché střechy vyhovuje normovému požadavku. Podlaha 1, podlaha 2 a všechna okna i dveře splnila doporučené hodnoty prostupu tepla.

### 3.2.3 Splnění normových požadavků na kondenzaci vodní páry dle ČSN 73 0540-2

Na výpočet kondenzace vodní páry v konstrukci byl použit program DEKSOFT – Tepelná technika 1D. Výpočty jsou k dispozici v příloze A.

*Tab. 14 Posouzení variant zateplení na kondenzaci vodní páry [vlastní]*

Konstrukce	$M_{c,a}$ [kg/(m <sup>2</sup> a)]	$M_{ev,a}$ [kg/(m <sup>2</sup> a)]	$M_{c,a} < M_{ev,a}$	$M_{c,a} < M_{c,N}$
Bez zateplení	0,264	5,218	Vyhovuje	Vyhovuje
1. varianta	0,072	13,80	Vyhovuje	Vyhovuje
2. varianta	0,013	1,635	Vyhovuje	Vyhovuje
3. varianta	0,008	1,897	Vyhovuje	Vyhovuje

$M_{c,a}$     Roční množství zkondenzované vodní páry    [kg/m<sup>2</sup>a]

$M_{ev,a}$     Roční množství odpařitelné vodní páry    [kg/m<sup>2</sup>a]

$M_{c,N}$     Maximální normové množství vodní páry (0,5)    [kg/m<sup>2</sup>a]

### 3.3 PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

Pro výpočet energetické náročnosti budov byl použit program NKN II, který je v souladu se zákonem 406/2000 Sb., ve znění pozdějších předpisů a vyhlášky č. 78/2013., o energetické náročnosti budov. [57]

#### **Uvažované vstupní parametry pro vytápění**

Účinnost rozvodů tepla pro vytápění  $\eta_{H,dis} = 0,92$

Účinnost sdílení tepla mezi vytápěnou zónou a systémem vytápění  $\eta_{H,em,z} = 0,88$

Účinnost výroby zdrojem tepla  $\eta_{H,gen} = 0,94$

#### **Uvažované vstupní parametry pro přípravu teplé vody**

Denní měrná ztráta = 7,9 Wh/(l·den)

Denní ztráta tepla rozvodů TV = 134,6 Wh/(m·den)

Pro potřebu TV uvažuji 14 osob a potřebu 40 l/(os·den) => 204,4 m<sup>3</sup>/rok

Délka rozvodů  $l_w = 120$  m

Teplota teplé vody (ve zdroji přípravy)  $\theta_{WH,h,sys} = 55$  °C

#### **Výstupy PENB**

Z výsledků zpracovaných PENB vychází, že objekt spadá do energetické třídy B. A to i v případě varianty obvodové konstrukce bez zateplení. To je způsobeno především tím, že navrhované kondenzační kotle mají vysokou účinnost pro vytápění a zbylé konstrukce mají poměrně nízkou hodnotu součinitele prostupu tepla. Spotřeba elektřiny je pro každou variantu stejná, mění se pouze spotřeba plynu z důvodu úspory na vytápění. Veškeré výstupy PENB jsou k dispozici v příloze B.

Tab. 15 Spotřeba energie dle PENB [vlastní]

Konstrukce	Celková spotřeba energie [kWh/(m <sup>2</sup> rok)]	Spotřeba zemního plynu [MWh/rok]	Úspora zemního plynu [MWh/rok]
Bez zateplení	106,8	57,498	-
1. varianta	84,6	44,451	13,047
2. varianta	85,0	44,662	12,836
3. varianta	82,3	43,122	14,376

### 3.4 NÁKLADY NA VYTÁPĚNÍ A OHŘEV VODY

Cena plynu pro vytápění a ohřev vody byla odhadnuta pomocí online kalkulačky přístupné na adrese [www.usetreno.cz/kalkulačka-cen-plynu/kalkulace/](http://www.usetreno.cz/kalkulačka-cen-plynu/kalkulace/). Po vyplnění vstupních údajů o distribučním území a roční spotřebě zemního plynu byla zjištěna nejvýhodnější cena 867 Kč/MWh u varianty bez zateplení a 908 Kč/MWh u všech variant zateplení.

Tab. 16 Náklady na vytápění a ohřev vody [vlastní]

Konstrukce	Spotřeba zemního plynu [MWh/rok]	Cena zemního plynu [Kč/MWh]	Roční náklady na vytápění a ohřev vody [Kč]	Úspora zemního plynu [MWh/rok]	Roční úspora na vytápění a ohřev vody [Kč]
Bez zateplení	57,498	867	49 851	-	-
1. varianta	44,451	908	40 362	13,047	9 489
2. varianta	44,662	908	40 553	12,836	9 298
3. varianta	43,122	908	39 154	14,376	10 697

### 3.5 NÁKLADY PROVEDENÍ VARIANT ZATEPLENÍ

Pro určení nákladů realizace zateplení byl použit program BUILD PowerS, který slouží především k sestavení cenových nabídek a rozpočtů stavebních děl za pomoci aktuálních cenových databází. Položkové rozpočty jsou k dispozici v příloze C.

#### ***Vstupní údaje do položkových rozpočtů***

Ve výpočtu nebyly uvažovány náklady, které by vznikly i v případě varianty bez zateplení. To znamená, že v položkovém rozpočtu jsou zahrnuty pouze náklady, které vzniknou s provedením zateplení. Mezi tyto náklady byly počítány náklady spojené s provedením zateplení soklu a fasády a oplechováním parapetů a atiky.

Zateplení soklu u všech variant bude sahat do výšky 300 mm nad terénem a bude provedeno z extrudovaného polystyrenu XPS tloušťky 120 mm. V první variantě bude od soklu celá fasáda zateplena deskami z minerální izolace. U druhé a třetí varianty bude nad zateplení soklu proveden požární pruh o výšce 900 mm po obvodu objektu z minerální izolace. Zbytek fasády u druhé varianty bude zateplen šedým polystyrenem a u třetí varianty deskami z fenolické pěny.

#### ***Výstupy z položkových rozpočtů***

Při porovnání variant z položkových rozpočtů bylo zjištěno, že nejnižší náklady na provedení zateplení vychází 983 467 Kč včetně DPH u druhé varianty se zateplením z šedého polystyrenu tloušťky 160 mm. Dále u první varianty se zateplením z minerální izolace tloušťky 180 mm tyto náklady vychází na 1 465 152 Kč včetně DPH. Nejvyšší vychází 3. varianta zateplení z desek z fenolické pěny tloušťky 180 mm, při jejíž realizaci vychází náklady na 1 753 560 Kč včetně DPH.



## 3.6 DOBA NÁVRATNOSTI PB

### 3.6.1 Prostá doba návratnosti

Tab. 17 Prostá doba návratnosti variant 1,2,3 [vlastní]

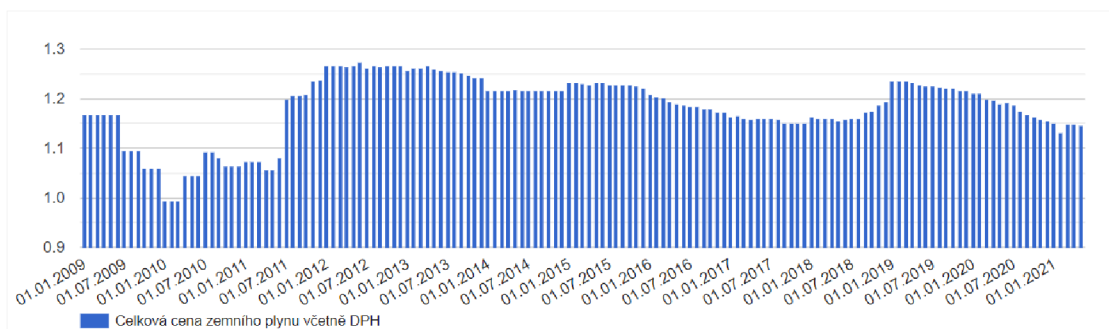
Konstrukce	Prostá doba návratnosti [rok]
1. varianta – minerální izolace ISOVER TF PROFI	154
2. varianta – šedý polystyren BAUMIT STAR THERM	96
3. varianta – desky z fenolické pěny BAUMIT RESOLUTION	164

V této metodě se počítá pouze s investičními náklady a konstantní úsporou v jednotlivých letech. Určí se jako doba, za kterou bude suma úspor vyšší než investiční náklad. Výpočty jsou k dispozici v příloze D.

### 3.6.2 Reálná doba návratnosti

Graf 1 Vývoj ceny zemního plynu pro odběr 40-45 MWh/rok [58]

Odběr 40-45 MWh/rok, celková cena zemního plynu na území Česká republika [Kč/kWh]



Tab. 18 Výpočet průměrného nárůstu ceny zemního plynu pro odběr 40-45 MWh/rok [vlastní]

Rok	cena 1 kWh zemního plynu [Kč]	Změna ceny [%]
2009	1,1666	
2010	1,0446	-10,46
2011	1,0572	1,21
2012	1,2664	19,79
2013	1,2588	-0,60
2014	1,2180	-3,24
2015	1,2324	1,18
2016	1,1885	-3,56
2017	1,1594	-2,45
2018	1,1563	-0,27
2019	1,2270	6,11
2020	1,1894	-3,06
2021	1,1468	-3,58
<b>Průměrný nárůst za rok [%]</b>		<b>0,09</b>

Podle grafu 1 byl odhadnut průměrný meziroční růst ceny zemního plynu na 0,09 %.

Tab. 19 Reálná doba návratnosti variant 1,2,3 [vlastní]

Konstrukce	Reálná doba návratnosti [rok]
1. varianta – minerální izolace ISOVER TF PROFI	118
2. varianta – šedý polystyren BAUMIT STAR THERM	82
3. varianta – desky z fenolické pěny BAUMIT RESOLUTION	127

Tato metoda uvažuje meziroční nárůst ceny plynu.

Výpočty jsou uvedeny v příloze E.

### 3.6.3 Dynamická doba návratnosti

Tab. 20 Dynamická doba návratnosti variant 1,2,3 [vlastní]

Konstrukce	Dynamická doba návratnosti [rok]
1. varianta – minerální izolace ISOVER TF PROFI	-
2. varianta – šedý polystyren BAUMIT STAR THERM	-
3. varianta – desky z fenolické pěny BAUMIT RESOLUTION	-

Tato metoda počítá s meziročním růstem ceny plynu i diskontováním úspory na současnou hodnotu. Při výpočtu dynamické doby návratnosti bylo uvažováno s mírou kapitalizace 4,5 %, která je uvedena v oceňovací vyhlášce č. 441/2013 Sb. a životnost investice 50 let. Z výpočtu vyplývá, že žádná z variant investic se investorovi nenavrátí. Výpočty jsou uvedeny v příloze F.

### 3.6.4 Čistá současná hodnota NPV

Tab. 21 Čistá současná hodnota variant 1,2,3 [vlastní]

Konstrukce	Čistá současná hodnota [Kč]
1. varianta – minerální izolace ISOVER TF PROFI	- 1 227 628
2. varianta – šedý polystyren BAUMIT STAR THERM	- 749 785
3. varianta – desky z fenolické pěny BAUMIT RESOLUTION	-1 491 842

NPV byla určena rozdílem sumy hodnot úspor diskontovaných na současnou hodnotu a investičními náklady. Všechny varianty investice vychází jako neefektivní. Výpočty jsou k dispozici v příloze F.

### 3.7 NAVRŽENÉ VARIANTY ZATEPLENÍ OBVODOVÉ STĚNY S MENŠÍ TLOUŠŤKOU

Kvůli nepříznivým výsledkům ekonomických ukazatelů, které jsou způsobeny především vysokými investičními náklady, navrhuji varianty zateplení z desek z minerální vlny, z šedého polystyrenu a desek z fenolické pěny stejně jako v předchozích variantách, jen s menší tloušťkou. Izolace bude navržena na minimální tloušťku, která vyhoví normě ČSN 73 0540-2.

#### 4. varianta skladby – zateplení z minerální vlny

Tab. 22 Skladba čtvrté varianty [vlastní]

Č.	Vrstva	Označení	d [m]	$\lambda$ [W/mK]	$\mu$ [-]
1	Fasádní silikonová omítka	Baumit StarTop	0,0010	0,700	35
2	Penetrace	Baumit PremiumPrimer	-	-	-
3	Lepící stěrková hmota + výztužná síť	Baumit StarContact + Baumit StarTex	0,0020	0,880	50
4	Desky z minerální vlny	Isover TF Profi	0,0800	0,035	1
5	Cementové lepidlo	Baumit StarContact	0,0020	0,880	50
6	Keramické tvárnice	Heluz UNI 30	0,3000	0,166	5
7	Omítka vápenocementová jádrová	Baumit Manu 1	0,0085	0,671	35
8	Štuková omítka	Baumit PerlaFine	0,0020	0,495	20

### 5. varianta skladby – zateplení z šedého polystyrenu

Tab. 23 Skladba páté varianty [vlastní]

Č.	Vrstva	Označení	d [m]	$\lambda$ [W/mK]	$\mu$ [-]
1	Fasádní silikonová omítka	Baumit StarTop	0,0010	0,700	35
2	Penetrace	Baumit PremiumPrimer	-	-	-
3	Lepící stěrková hmota + výztužná síť	Baumit StarContact + Baumit StarTex	0,0020	0,880	50
4	Šedý fasádní polystyren	Baumit StarTherm	0,0800	0,033	40
5	Cementové lepidlo	Baumit StarContact	0,0020	0,880	50
6	Keramické tvárnice	Heluz UNI 30	0,3000	0,166	5
7	Omítka vápenocementová jádrová	Baumit Manu 1	0,0085	0,671	35
8	Štuková omítka	Baumit PerlaFine	0,0020	0,495	20

### 6. varianta skladby – zteplení z desek z fenolické pěny

Tab. 24 Skladba šesté varianty [vlastní]

Č.	Vrstva	Označení	d [m]	$\lambda$ [W/mK]	$\mu$ [-]
1	Fasádní silikonová omítka	Baumit StarTop	0,0010	0,700	35
2	Penetrace	Baumit PremiumPrimer	-	-	-
3	Lepící stěrková hmota + výztužná síť	Baumit StarContact + Baumit StarTex	0,0020	0,880	50
4	Deska z fenolické pěny	Desky Resolution	0,0800	0,035	35
5	Cementové lepidlo	Baumit StarContact	0,0020	0,880	50
6	Keramické tvárnice	Heluz UNI 30	0,3000	0,166	5
7	Omítka vápenocementová jádrová	Baumit Manu 1	0,0085	0,671	35
8	Štuková omítka	Baumit PerlaFine	0,0020	0,495	20



### 3.7.4 Průkaz energetické náročnosti budovy

Tab. 27 Cena spotřeby energie upravených variant dle PENB [vlastní]

Konstrukce	Celková spotřeba energie [kWh/(m <sup>2</sup> rok)]	Spotřeba zemního plynu [MWh/rok]	Úspora zemního plynu [MWh/rok]
Bez zateplení	106,8	57,498	-
4. varianta	90,2	47,759	9,739
5. varianta	89,8	47,507	9,991
6. varianta	87,2	45,972	11,526

Pro výpočet energetické náročnosti budov byl opět použit program NKN II. Uvažují stejné vstupní parametry pro vytápění i ohřev vody jako u předešlých variant. Výstupy jsou uvedeny v příloze H.

### 3.7.5 Náklady na vytápění a ohřev vody

#### Náklady na vytápění a ohřev vody

Cena plynu pro vytápění a ohřev vody byla opět odhadnuta pomocí online kalkulačky přístupné na adrese [www.usetreno.cz/kalkulačka-cen-plynu/kalkulace/](http://www.usetreno.cz/kalkulačka-cen-plynu/kalkulace/), přičemž nejvýhodnější cena pro varianty 4, 5 a 6 vychází 867 Kč/MWh, stejně jako u varianty bez zateplení.

Tab. 28 Náklady na vytápění a ohřev vody variant 4,5,6 [vlastní]

Konstrukce	Spotřeba zemního plynu [MWh/rok]	Cena zemního plynu [Kč/MWh]	Roční náklady na vytápění a ohřev vody [Kč]	Úspora zemního plynu [MWh/rok]	Roční úspora na vytápění a ohřev vody [Kč]
Bez zateplení	57,498	867	49 851	-	-
4. varianta	47,759	867	41 407	9,739	8 444
5. varianta	47,507	867	41 189	9,991	8 662
6. varianta	45,972	867	39 857	11,526	9 994

### **3.7.6 Náklady provedení variant zateplení**

#### ***Vstupní údaje do položkových rozpočtů***

Zateplení soklu u všech variant bude opět sahat do výšky 300 mm nad terénem a bude provedeno z extrudovaného polystyrenu XPS tloušťky 80 mm, stejně jako tloušťka fasádní izolace těchto variant. V těchto variantách nebude počítáno se zakládací lištou, protože fasádní izolace bude pokládána přímo na izolaci soklovou o stejné šířce. V první variantě bude od soklu celá fasáda zateplena deskami z minerální izolace. U druhé a třetí varianty bude nad zateplení soklu proveden požární pruh o výšce 900 mm po obvodu objektu z minerální izolace tloušťky 80 mm. Zbytek fasády u druhé varianty bude zateplen šedým polystyrenem a u třetí varianty deskami z fenolické pěny.

#### ***Výstupy z položkových rozpočtů***

Při porovnání variant z položkových rozpočtů bylo zjištěno, že nejnižší náklady na provedení zateplení vychází opět u zateplení z šedého polystyrenu u 5. varianty, a to na 789 840 Kč včetně DPH. Druhé nejnižší náklady vychází u 4. varianty se zateplením z minerální izolace, a to na 1 037 709 Kč včetně DPH. Nejdraž vychází varianta 6. se zateplením z desek z fenolické pěny, a to na 1 133 506 Kč včetně DPH.

## 3.8 DOBA NÁVRATNOSTI PB

### 3.8.1 Prostá doba návratnosti

Tab. 29 Prostá doba návratnosti variant 4,5,6 [vlastní]

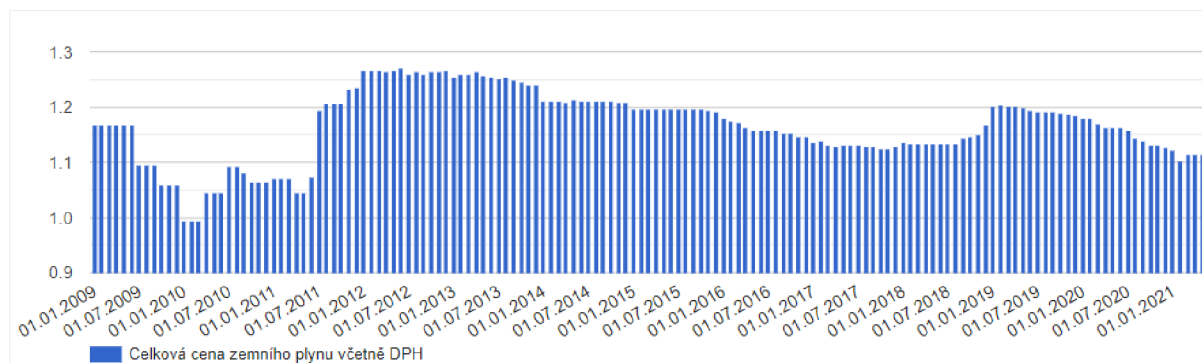
Konstrukce	Prostá doba návratnosti [rok]
4. varianta – minerální izolace ISOVER TF PROFI	123
5. varianta – šedý polystyren BAUMIT STAR THERM	92
6. varianta – desky z fenolické pěny BAUMIT RESOLUTION	114

Výpočty jsou k dispozici v příloze J.

### 3.8.2 Reálná doba návratnosti

Graf 2 Vývoj ceny zemního plynu pro odběr 45-50 MWh/rok [57]

Odběr 45-50 MWh/rok, celková cena zemního plynu na území Česká republika [Kč/kWh]





Tab. 30 Výpočet průměrného nárůstu ceny zemního plynu pro odběr 45-50 MWh/rok [vlastní]

Rok	cena 1 kWh zemního plynu [Kč]	Změna ceny [%]
2009	1,1666	
2010	1,0446	-10,46
2011	1,0441	-0,05
2012	1,2652	21,18
2013	1,2565	-0,69
2014	1,2124	-3,51
2015	1,1966	-1,30
2016	1,1584	-3,19
2017	1,1316	-2,31
2018	1,1327	0,10
2019	1,1995	5,90
2020	1,1618	-3,14
2021	1,1433	-1,59
<b>Průměrný nárůst za rok [%]</b>		<b>0,08</b>

Podle grafu 2 byl odhadnut průměrný meziroční růst ceny zemního plynu na 0,08 %.

Tab. 31 Reálná doba návratnosti variant 4,5,6 [vlastní]

Konstrukce	Reálná doba návratnosti [rok]
4. varianta – minerální izolace ISOVER TF PROFI	118
5. varianta – šedý polystyren BAUMIT STAR THERM	89
6. varianta – desky z fenolické pěny BAUMIT RESOLUTION	109

Výpočty jsou uvedeny v příloze K.

### 3.8.3 Dynamická doba návratnosti

Tab. 32 Dynamická doba návratnosti variant 3,4,5 [vlastní]

Konstrukce	Dynamická doba návratnosti [rok]
3. varianta – minerální izolace ISOVER TF PROFI	-
4. varianta – šedý polystyren BAUMIT STAR THERM	-
5. varianta – desky z fenolické pěny BAUMIT RESOLUTION	-

Při výpočtu bylo uvažováno s životností investice 50 let a hodnotou míry kapitalizace 4,5 %, která je uvedena v oceňovací vyhlášce č. 441/2013 Sb.

Z výpočtu vyplývá, že žádná z variant investic se investorovi nenavrátí. Výpočty jsou k dispozici v příloze L.

### 3.8.4 Čistá současná hodnota NPV

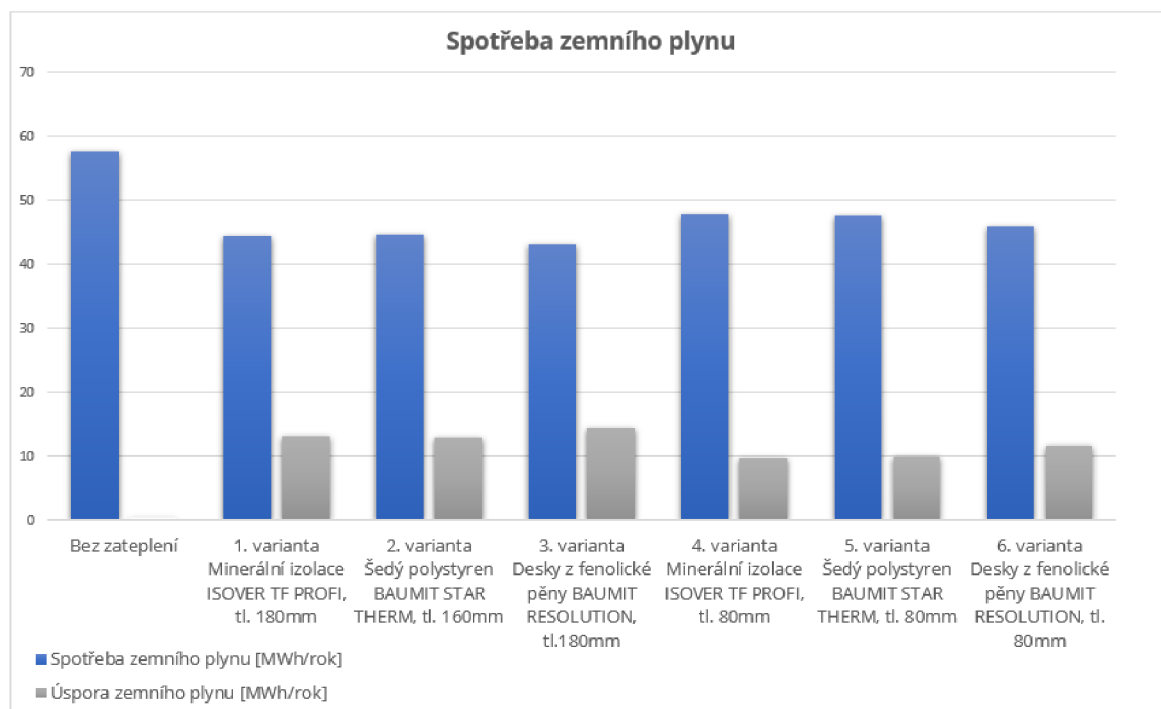
Tab. 33 Čistá současná hodnota variant 4,5,6 [vlastní]

Konstrukce	Čistá současná hodnota [Kč]
1. varianta – minerální izolace ISOVER TF PROFI	- 868 770
2. varianta – šedý polystyren BAUMIT STAR THERM	- 616 530
3. varianta – desky z fenolické pěny BAUMIT RESOLUTION	- 933 569

Všechny varianty investice vychází jako neefektivní. Výpočty jsou uvedeny v příloze L.

### 3.9 ANALÝZA VÝSLEDKŮ ŘEŠENÍ

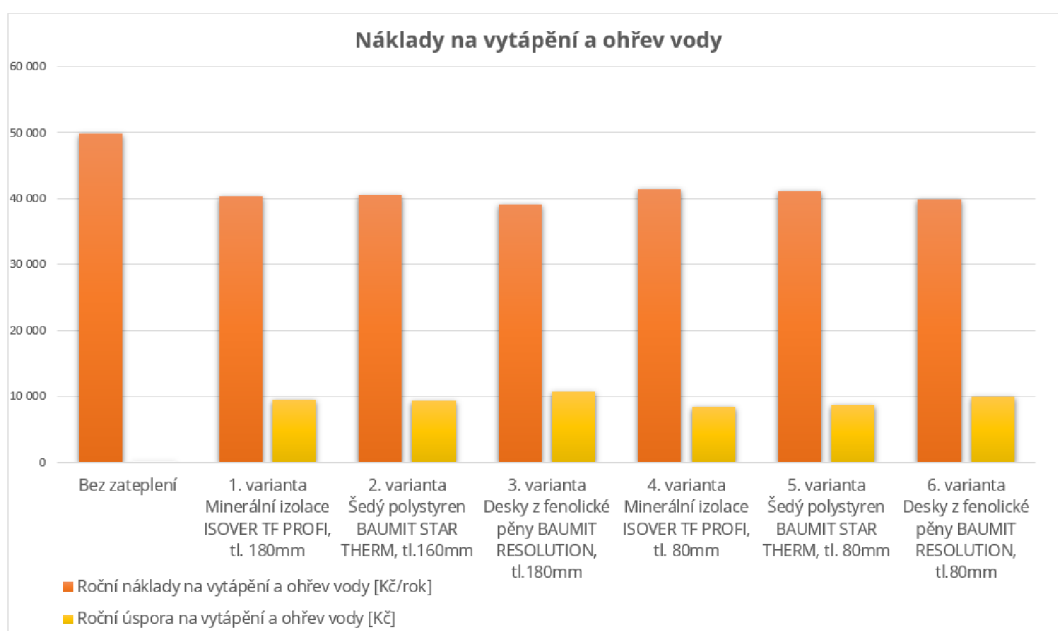
Graf 3 Spotřeba zemního plynu [vlastní]



Z uvedeného grafu vyplývá, že předpokládaná úspora zemního plynu vychází na 17 až 25 % z původní spotřeby. Tato hodnota není nijak vysoká především kvůli poměrně nízkému součiniteli prostupu tepla u ostatních konstrukcí budovy.

Nejvyšší roční úspora energie vychází na zateplení obvodové konstrukce 3. variantou, naopak nejnižší roční úspora vychází pro 4. variantu.

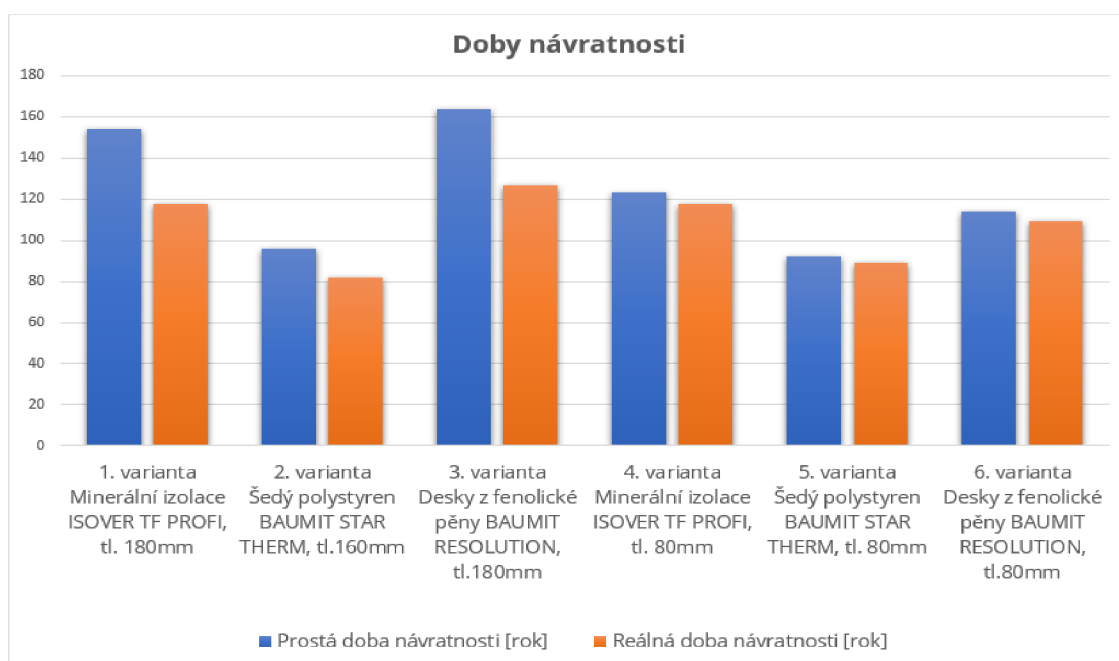
Graf 4 Náklady na vytápění a ohřev vody [vlastní]



Provozní náklady na vytápění a ohřev vody po provedení zateplení klesnou o 17 až 21 %. Nejnižší náklady na vytápění a ohřev vody, které vychází ze spotřeby zemního plynu, opět vychází pro 3. variantu a nejvyšší pro 4. variantu.

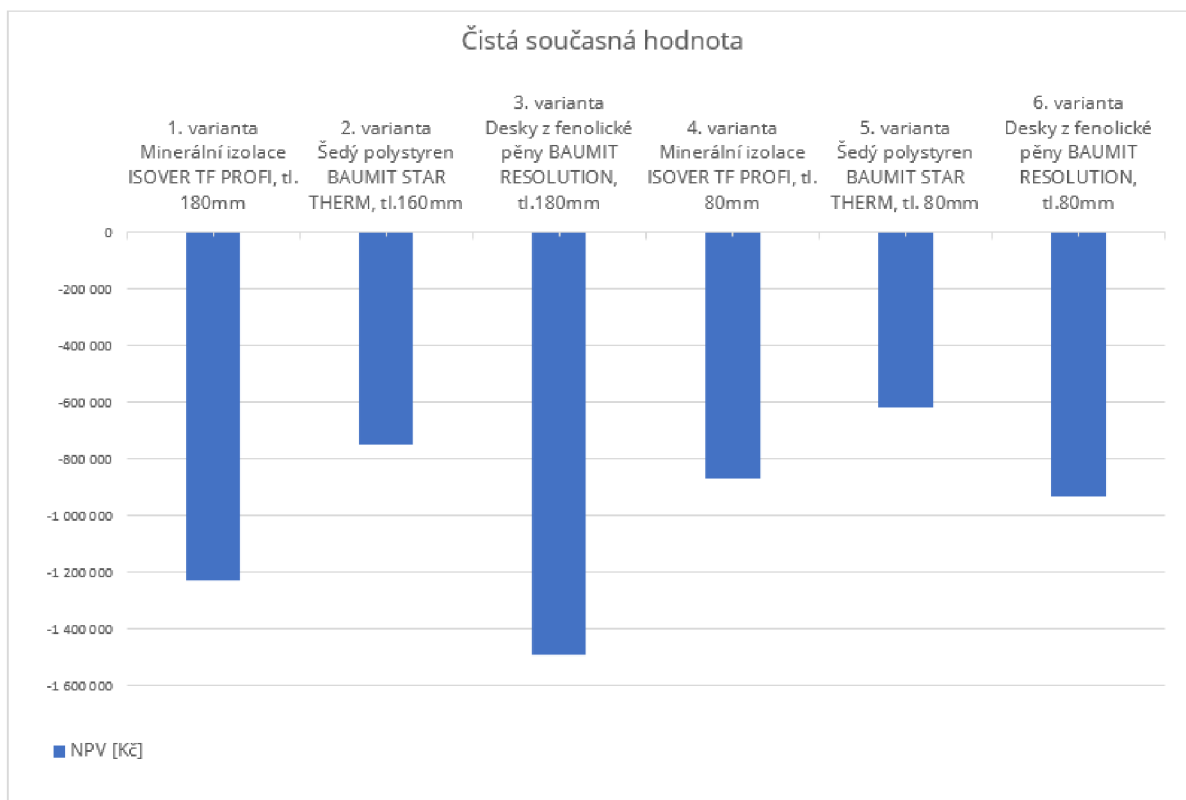
Vyhodnocení variant investice bylo provedeno pomocí prosté, reálné a dynamické doby návratnosti a čisté současné hodnoty investice.

Graf 5 Doby návratnosti investice [vlastní]



Prostá doba návratnosti vychází vždy o několik let více než reálná doba návratnosti. To je způsobeno tím, že namísto prosté doby návratnosti, kde je počítáno pouze s odečtem aktuální úspory od investičních nákladů, je u reálné doby návratnosti počítáno i s růstem ceny energie. Dynamická doba návratnosti je mimo to počítána i s ohledem na klesající budoucí hodnotu úspory nákladů. Z výsledků ekonomických ukazatelů doby návratnosti je patrné, že během životnosti investic se investorovi investiční náklady nevrátí při investování do jakékoliv navrhované varianty.

Graf 6 Čistá současná hodnota [vlastní]



Z grafu je patrné, že za předpokladu životnosti investice 50 let vychází nejvyšší čistá současná hodnota u 5. varianty. I přesto, že dané investice do zateplení vychází neefektivně, nezateplená obvodová konstrukce nespĺňuje požadavky normy ČSN 73 0540-2 na součinitele prostupu v konstrukci. Proto je vhodné investovat do varianty zateplení s šedým polystyrenem BAUMIT StarTherm, tl. 80 mm, která zajišťuje i splnění požadavků této normy.

### 3.10 VLIV ZATEPLENÍ NA CENU RODINNÝCH DOMŮ

Odhad ceny byl stanoven pomocí nákladové metody dle §13 vyhlášky č. 441/213 Sb. Při výpočtu ceny řadových domů bylo provedeno porovnání standardních konstrukcí a vybavení uvedených v tabulce č. 6 přílohy č. 11 vyhlášky s konstrukcemi a vybavením řešené stavby. Z toho bylo vyvozeno, že všechny konstrukce a vybavení u domů bez zateplení jsou standardní, kromě oplechování, které je uvažováno jako nadstandardní, protože je zhotoveno z hliníku. V případě variant se zateplením bylo uvažováno i s nadstandardním zdívkem se zateplením. Jelikož se jedná o novostavbu, nebylo počítáno s opotřebením konstrukcí. V případě provedení řadových domů bez zateplení je cena dle vyhlášky 7 852 270 Kč včetně DPH, v případě varianty se zateplením je cena dle vyhlášky 8 832 826 Kč včetně DPH. To znamená, že cena stavby se po provedení zateplení zvýší o 980 556 Kč včetně DPH. Podrobné výpočty jsou uvedeny v příloze M.

*Tab. 34 Porovnání zvýšení ceny stavby po provedení zateplení a nákladů na provedení jednotlivých variant zteplení*

<b>Konstrukce</b>	<b>Zvýšení ceny stavby</b> (rozdíl ceny stavby před a po provedení zateplení) <b>[Kč]</b>	<b>Náklady na</b> <b>provedení</b> <b>zateplení</b> <b>[Kč]</b>	<b>Rozdíl zvýšení ceny</b> <b>stavby a nákladů na</b> <b>provedení zateplení</b> <b>[Kč]</b>
1. varianta	980 556	1 465 152	- 484 596
2. varianta		983 467	- 2 911
3. varianta		1 753 560	- 773 004
4. varianta		1 037 709	- 57 153
5. varianta		789 840	190 716
6. varianta		1 133 506	- 152 950

V porovnání nákladů na provedení zateplení a zvýšení ceny stavby po provedení zateplení vychází, že vynaložení nákladů se nejvíce vyplatí na ceně stavby u 5. varianty. Při provedení zateplení z šedého polystyrenu tloušťky 80 mm dojde ke zvýšení ceny stavby, které je o 190 716 Kč vyšší než náklady na provedení tohoto zateplení.

## ZÁVĚR

Cílem mé diplomové práce bylo navrhnout a zhodnotit ekonomickou návratnost vnějšího zateplení řadových rodinných domů a zhodnotit vliv provedení zateplení na cenu nemovitosti nákladovou metodou dle oceňovací vyhlášky.

Teoretická část se zabývá především energetickou náročností budovy a její hodnocení. Dále byly popsány používané tepelně izolační materiály a možné způsoby provedení zateplení. Teoretická část popisuje také ekonomické metody hodnocení investice a nákladovou metodou dle oceňovací vyhlášky č. 441/2013 Sb.

V praktické části pak byly navrženy tři varianty zateplení obvodové konstrukce daného objektu, a to z desek z minerální vlny, z šedého polystyrenu a z desek z fenolické pěny, které byly následně posouzeny dle požadavků ČSN 73 0540-2.

Na základě navržených variant zateplení pak byly porovnány náklady na provozování rodinných domů, které byly zjištěny pomocí programu NKN II, kde nejnižší spotřeba, a tím nejvyšší roční úspora vycházela díky tepelně-izolačním vlastnostem fenolických desek u třetí varianty. Naopak nejnižší úspora vycházela u varianty druhé se zateplením z šedého polystyrenu.

K provedení zhodnocení ekonomické návratnosti investice bylo nutné určit náklady spojené s realizací zateplení. K tomuto stanovení nákladů byl použit program BUILD PowerS. S nejnižšími náklady na provedení zateplení pak vyšla druhá varianta se zateplením z šedého polystyrenu, a naopak s nejvyššími náklady varianta třetí se zateplením z desek z fenolické pěny.

Po určení roční úspory energie na vytápění a ohřev vody a investičních nákladů na provedení zateplení byla zhodnocena ekonomická návratnost investic pomocí ekonomických ukazatelů prosté, reálné, dynamické doby návratnosti a čisté současné hodnoty. Veškeré tyto výsledky pro tyto varianty však vyšly velice neefektivně. Prostá a reálná doba návratnosti přesahovala předpokládanou životnost, stejně jako dynamická doba určila nenávratnost investice. Čistá současná hodnota vyšla záporná. Z těchto variant dosahovala druhá varianta se zateplením z šedého polystyrenu nejlepších výsledků.

Kvůli nepříznivým výsledkům ekonomických ukazatelů pro dané varianty, byly navrženy další tři varianty zateplení ze stejných materiálů, jejichž tloušťka byla navržena na minimální tloušťku 80 mm potřebnou ke splnění požadavků normy ČSN 73 0540-2. Tato minimální tloušťka byla navržena za účelem zvýšení efektivity investic díky snížení investičních nákladů.

Pro výpočet provozních nákladů a nákladů na provedení zateplení u těchto variant bylo použito stejných postupů.

Roční spotřeba energie byla opět nejnižší pro zateplení z desek z fenolické pěny u šesté varianty, naopak nejvyšší pro čtvrtou variantu se zateplením z minerální vlny.

Nejnižší náklady na provedení zateplení byly stanoveny opět u zateplení z šedého polystyrenu u čtvrté varianty, naopak nejvyšší náklady vyšly opět u desek z fenolické pěny u varianty šesté.

Ekonomická návratnost u variant izolace se zmenšenou tloušťkou dosahuje sice lepších výsledků než u variant s tlustší izolací, ale opět byla prostá a reálná doba návratnosti stanovena delší než předpokládaná životnost investice. Z dynamické doby návratnosti je patrné, že opět nedojde k navrácení investice a čistá současná hodnota vychází opět velmi výrazně nižší než nula. Investice tedy opět vychází velmi neefektivně.

Jelikož původní stav bez zateplení nevyhovuje požadavkům normy ČSN 73 0540-2, je i přes nepříznivé výsledky ekonomických ukazatelů nutné obvodovou konstrukci zateplit. Z navržených variant tak nejvýhodněji vychází pátá varianta, která dosáhla v době předpokládané životnosti 50 let nejnižší záporné čisté současné hodnoty.

Provedení zateplení budovy má také vliv na její hodnotu. Pro výpočet zvýšení hodnoty řadových domů byla použita nákladová metoda dle oceňovací vyhlášky č. 441/213 Sb. Na základě určení ceny nezateplených a zateplených domů bylo stanoveno zvýšení hodnoty řadových domů o 980 556 Kč. Porovnáním tohoto rozdílu a investičních nákladů na provedení zateplení bylo zjištěno, že zvýšení hodnoty řadových domů bude vyšší než investiční náklady na provedení zateplení pouze u páté varianty, kdy se při realizaci zateplení použije šedý polystyren tloušťky 80 mm. Z tohoto hlediska tedy také vychází pátá varianta jako nejvýhodnější.

Na základě výše zjištěných skutečností doporučuji investovat do páté varianty zateplení z šedého polystyrenu tloušťky 80 mm. Nejenže pátá varianta zateplení vychází podle čisté současné hodnoty nejvýhodněji, ale také jako u jediné navrhované varianty dojde po provedení zateplení k nárůstu hodnoty řadových domů, která převyšuje investiční náklady provedení zateplení.

## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] BROŽOVÁ, Jana. Jak vyhovět nové vyhlášce o energetické náročnosti budov? *Bydlet* [online]. Praha: 2021 AliaWeb, spol. s r.o., 2020 [cit. 2021-5-22]. Dostupné z: <https://www.bydlet.cz/560414-jak-vyhovet-nove-vyhlasce-o-energeticke-narocnosti-budov/>
- [2] ČSN 730540-2 - *Tepelná ochrana budov*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.
- [3] Pozemní stavitelství IV.: Nízkoenergetické domy. *Fast10.vsb* [online]. Ostrava: Operační program Rozvoj lidských zdrojů, c 2006-2008 [cit. 2021-5-22]. Dostupné z: <http://fast10.vsb.cz/studijni-materialy/ps4/index.html>
- [4] HALL, M. R., LINDSAY, R., KRAYENHOFF, M. *Modern Earth Buildings: Materials, Engineering, Constructions and Applications*. Padsow: TJ International, 2012, ISBN 978-0-85709-026-3.
- [5] POJAR, Petr. Pasivní dům není líný, nulový nulou a aktivní výkonným sportovcem. *Ceskestavby* [online]. České Budějovice: Český internet, 2020 [cit. 2021-5-22]. Dostupné z: <https://www.ceskestavby.cz/clanky/pasivni-dum-neni-liny-nulovy-nulou-a-aktivni-vykonnym-sportovcem-28814.html>
- [6] TYWONIAK, Jan. Nulové domy. *TZB-info* [online]. Topinfo s.r.o. 2001-2021, 2011 [cit. 2021-5-22]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/budovy-s-temer-nulovou-spotrebou-energie/7785-nulove-domy>
- [7] ČESKÁ REPUBLIKA. Zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií. In: *Sbírka zákonů*. AION CS, 2000, ročník 2000, číslo 406. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-406>
- [8] Přehled vyhlášek k zákonu č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií. *Mpo* [online]. MPO, 2015 [cit. 2021-5-22]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/cz/energetika/energeticka-legislativa/legislativa-cr/prehled-vyhlasek-k-zakonu-c--406-2000-sb---o-hospodareni-energie--221999/>
- [9] ČESKÁ REPUBLIKA. *Vyhláška č. 230/2015 Sb.* In: . AION CS, 2015, ročník 2015, číslo 230. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2015-230>
- [10] ČSN 730540-3 - *Návrhové hodnoty veličin*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2005.
- [11] Problematika stanovení Uem u vícezónových budov (podněty k vyhlášce o ENB č. 78 /2013 část 1). *Deksoft* [online]. Praha: DEKSOFT, 2016 [cit. 2021-5-22]. Dostupné z: <https://deksoft.eu/technicke-forum/technicka-knihovna/story-60>
- [12] HOFER, Peter. Výpočet tepelného odporu a součinitele prostupu tepla. *Zdravé bydlení* [online]. Brno: Zdravé bydlení, c 2015 - 2021 [cit. 2021-5-22]. Dostupné z: <http://www.zdrave-bydleni.com/vypocet-tepelneho-odporu-a-soucinitele-prostupu-tepla/>



- [13] BH059 Tepelná technika budov. *VUT FAST* [online]. Brno: VUT v Brně, c 2021 [cit. 2021-5-22]. Dostupné z: [https://www.fce.vutbr.cz/PST/bantova.s/BH059/BH059\\_Prednaska2a\\_Bantova\\_Cuprova.pdf](https://www.fce.vutbr.cz/PST/bantova.s/BH059/BH059_Prednaska2a_Bantova_Cuprova.pdf)
- [14] Normové hodnoty součinitele prostupu tepla UN,20 jednotlivých konstrukcí dle ČSN 73 0540-2:2011 Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky. *TZB-info* [online]. Topinfo s.r.o. 2001-2021, [cit. 2021-5-22]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/136-normove-hodnoty-soucinitele-prostupu-tepla-un-20-jednotlivych-konstrukci-dle-csn-73-0540-2-2011-tepelna-ochrana-budov-cast-2-pozadavky>
- [15] Teplotní faktor vnitřního povrchu  $f_{Rsi}$  pro ČSN 73 0540-2. *TZB-info* [online]. Topinfo s.r.o., 2006 [cit. 2021-5-22]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/3560-teplotni-faktor-vnitriho-povrchu-frsi-pro-csn-73-0540-2>
- [16] Tepelně technické požadavky na stavební konstrukce a budovy. *SlidePlayer* [online]. SlidePlayer.cz, c 2021 [cit. 2021-5-22]. Dostupné z: <https://slideplayer.cz/slide/3077935/>
- [17] Průměrný součinitel prostupu tepla. *VUT FAST* [online]. Brno: VUT v Brně, c 2021 [cit. 2021-5-22]. Dostupné z: [https://www.fce.vutbr.cz/PST/bantova.s/CH003/Uem\\_vypocet.pdf](https://www.fce.vutbr.cz/PST/bantova.s/CH003/Uem_vypocet.pdf)
- [18] Paropropustnost, difúze a kondenzace vodní páry, II. část - normové požadavky. *Izolace-info* [online]. Izolace-info, 2013 [cit. 2021-5-22]. Dostupné z: <https://www.izolace-info.cz/technicke-informace/fyzikalni-veliciny/9528-paropropustnost-difuze-a-kondenzace-vodni-pary-ii-cast-normove-pozadavky-a.html#.YAmZmOhKhPY>
- [19] DOBIÁŠ, Jiří. Vzduchotěsnost obálky. *ASB* [online]. Jaga Media, s.r.o., 2018 [cit. 2021-5-22]. Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/architektura/rodinne-domy/pasivni-domy/vzduchotesnost-obalky>
- [20] BH059 Tepelná technika budov. *VUT FAST* [online]. Brno: VUT v Brně, c 2021 [cit. 2021-5-22]. Dostupné z: [https://www.fce.vutbr.cz/PST/bantova.s/BH059/BH059\\_Prednaska5b\\_Bantova\\_Cuprova.pdf](https://www.fce.vutbr.cz/PST/bantova.s/BH059/BH059_Prednaska5b_Bantova_Cuprova.pdf)
- [21] Katalog tepelných vazeb. *ISOVER* [online]. SGCP CZ, 2015 [cit. 2021-5-22]. Dostupné z: <https://www.isover.cz/sites/isover.cz/files/assets/documents/katalog-tepel-vazeb-910.pdf>
- [22] ČESKÁ REPUBLIKA. *Vyhláška č. 264/2020 Sb. - Vyhláška o energetické náročnosti budov*. In: . Praha: AION CS, 2020, ročník 2020, číslo 264. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2020-264>
- [23] Průkaz energetické náročnosti budovy (PENB) - změny 2020. *Ing. Tomáš Nechvátal* [online]. Brno: Ing. Tomáš Nechvátal, 2020 [cit. 2021-5-22]. Dostupné z: <https://tomasnechvatal.cz/clanek/prukaz-energeticke-narocnosti-budovy-penb-zmeny-2020>
- [24] Kdy (ne)potřebuji Průkaz energetické náročnosti budovy. *Jan Richter* [online]. Jan Richter [cit. 2021-5-22]. Dostupné z: <https://www.prukazkybudov.cz/kdy-nepotrebuji-prukaz-energeticke-narocnosti-budovy/>

- [25] ČESKÁ REPUBLIKA. *Zákon č. 406/2000 Sb. - Zákon o hospodaření energií*. In: . Praha: AION CS, 2000, ročník 2000, číslo 406. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-406>
- [26] ČESKÁ REPUBLIKA. *Zákon č. 318/2012 Sb. - Zákon o hospodaření energií*. In: . Praha: AION CS, 2012, ročník 2012, číslo 318. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-318>
- [27] ČESKÁ REPUBLIKA. *Vyhláška č. 480/2012 Sb. - Vyhláška o energetickém auditu a energetickém posudku*. In: . Praha: AION CS, 2012, ročník 2012, číslo 480. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-480>
- [28] ŠUBRT, Roman. Jaké jsou druhy tepelných izolací? *Internetový magazín ze světa stavebnictví* [online]. Revitalizace.com, c 2008-2021 [cit. 2021-5-22]. Dostupné z: <https://www.revitalizace.com/tepelne-izolace/jake-jsou-druhy-tepelnych-izolaci/>
- [29] Tepelné izolace. *Řešení, instalace, financování, servis* [online]. Praha: Pražská energetika, 2013 [cit. 2021-5-22]. Dostupné z: <https://www.premereni.cz/Files/dulezite-informace/ke-stazeni/tiskoviny-ke-stazeni/tepelne-izolace-rady-tipy-informace/>
- [30] NEW THERM TPD PUR 30/40 | Polyuretanové izolační desky. *ZOFI* [online]. Olomouc: ZOFI fasády [cit. 2021-5-22]. Dostupné z: <https://eshop.zofi.cz/tpd-pur-3040-polyuretanove-izolacni-desky-new-therm/20mm-1000-x-600-mm/popis>
- [31] Tepelně izolační PIR panel, PAMatherm 160mm. *Stavebniny hrou* [online]. Opava: Vít Zwinger [cit. 2021-5-22]. Dostupné z: <https://www.stavebninyhrou.cz/tepelne-izolacni-pir-panel-pamatherm-160mm/>
- [32] Extrudovaný polystyren-Synthos XPS Prime G 30 IR. *Stavebniny Líbeznice s.r.o.* [online]. Bořanovice-Pakoměřice: Stavebniny Líbeznice, c 2021 [cit. 2021-5-22]. Dostupné z: <https://www.bmsl.cz/extrudovany-polystyren-synthos-xps-prime-g-30-ir>
- [33] Izolace. *Dřevostavby.cz* [online]. Praha: PRO VOBIS, s.r.o., c 2021 [cit. 2021-5-22]. Dostupné z: <https://www.drevostavby.cz/drevostavby-archiv/stavba-drevostavby/izolace/5180-2018-09-04-13-41-53>
- [34] Minerální izolace. *TZB-info* [online]. Topinfo, c 2001-2021 [cit. 2021-5-22]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/tepelne-izolace/298-mineralni-izolace>
- [35] Tepelná izolace ISOVER UNIROL PROFI role 140 mm. *DEK* [online]. Praha: DEK, c 2021 [cit. 2021-5-22]. Dostupné z: <https://www.dek.cz/produkty/detail/1443000750-isover-unirol-profi-140mm-3-96m2-bal>
- [36] Izolační deska Isover AKU. *LevnéStavebniny.cz* [online]. Praha: D.S.M., c 2005–2021 [cit. 2021-5-22]. Dostupné z: <https://www.levnestavebniny.cz/izolacni-deska-isover-aku-.7903/?vid=2140>

- [37] Výhody a rizika izolace z ovčí vlny. *Deník.cz* [online]. VLTAVA LABE MEDIA, 2017 [cit. 2021-5-22]. Dostupné z: <https://www.denik.cz/stavba/vyhody-a-rizika-izolace-z-ovci-vlny-20171228.html>
- [38] Dřevovláknité desky: Izolace co hřeje i chladí. *Dřevostavitel* [online]. NETION [cit. 2021-5-22]. Dostupné z: <https://drevostavitel.cz/clanek/izolacni-materialy-4-dil--drevovlaknita-izolace-hreje-i-chladi>
- [39] Izolant.cz. *Izolant.cz* [online]. izolant.cz, c 2021 [cit. 2021-5-22]. Dostupné z: <https://www.izolant.cz/tepelneizolacni-vlastnosti-izolacnich-materialu-a-jejich-porovnani/>
- [40] ŠUBRT, Roman. Jaké jsou druhy tepelných izolací? *Internetový magazín ze světa stavebnictví* [online]. Praha: Revitalizace.com, 2010 [cit. 2021-5-22]. Dostupné z: <https://www.revitalizace.com/tepelne-izolace/jake-jsou-druhy-tepelnych-izolaci-/>
- [41] Perlit 5l. *GrowShop Olomouc* [online]. Olomouc: GrowShop-Olomouc.cz, c 2010 - 2021 [cit. 2021-5-22]. Dostupné z: <https://www.growshop-olomouc.cz/Perlit-5l-d373.htm>
- [42] Keramzit s širokými možnostmi využití - keramické kamenivo Liapor. *Liapor* [online]. Vintířov: LIAS VINTÍŘOV, LEHKÝ STAVEBNÍ MATERIÁL, 2012 [cit. 2021-5-22]. Dostupné z: <https://www.liapor.cz/aktuality/55-keramzit-s-sirokymi-moznostmi-vyuziti-keramicke-kamenivo-liapor>
- [43] SOL Keramzit 8-16 mm, 3 l. *Agrotree* [online]. Agrotree, c 2021 [cit. 2021-5-22]. Dostupné z: <https://agrotree.cz/keramzit/sol-keramzit-8-16-mm-3-l>
- [44] PERLÍK, Martin. Vnitřní zateplení obvodových stěn. *Perlík projekce* [online]. Praha: Ing. Martin Perlík., 2014, 17.12.2014 [cit. 2021-5-22]. Dostupné z: <https://www.perlikprojekce.cz/2014/12/vnitri-zatepleni-obvodovych-sten/>
- [45] SAULICH, Petr. Zateplení fasády domu. *Můj Dům* [online]. Business Media One, 2014 [cit. 2021-5-22]. Dostupné z: [https://www.mujdum.cz/rubriky/stavba/zatepleni-fasady-domu\\_2481.html](https://www.mujdum.cz/rubriky/stavba/zatepleni-fasady-domu_2481.html)
- [46] ŠTECH, K. Až se zima zeptá. *Český Kutil* [online]. FTV Prima, 2017 [cit. 2021-5-22]. Dostupné z: <https://ceskykutil.cz/clanek-10930-az-se-zima-zepta>
- [47] Provádění kontaktních zateplovacích systémů. *ASB* [online]. Jaga Media, 2017 [cit. 2021-5-22]. Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/zatepleni/provadeni-kontaktnich-zateplovacich-systemu>
- [48] 19 faktů o provětrávané fasádě, které musíte znát. *G TRADE* [online]. Brno: eBRÁNA, c 2021 [cit. 2021-5-22]. Dostupné z: <https://www.gtrade.cz/fakta-o-provetravane-fasade>

- [49] Sendvičové zdivo má jedinečné vlastnosti. *Bydlení* [online]. Petřvald: Bydlení pro každého, 2011 [cit. 2021-5-22]. Dostupné z: <https://stavba-a-rekonstrukce.bydleniprokazdeho.cz/stavebni-material/sendvicove-zdivo-ma-jedinecne-vlastnosti.php>
- [50] Výhody sendvičového zdiva. *ERIT* [online]. Slatiňany: Merit spol., 2014 [cit. 2021-5-22]. Dostupné z: <https://www.merit-slatinany.cz/vyhody-sendvicoveho-zdiva>
- [51] Sendvičové zdivo. *Chatař Chalupář* [online]. Praha: Časopisy pro volný čas [cit. 2021-5-22]. Dostupné z: <https://www.chatar-chalupar.cz/sendvicove-zdivo/>
- [52] Balkony a lodžie. *Fasády Šimek* [online]. Brno: Fasády Šimek [cit. 2021-5-22]. Dostupné z: [https://www.fasadysimek.cz/balkony-a-lodzie/#gallery-block-block\\_5f8979d4e881d](https://www.fasadysimek.cz/balkony-a-lodzie/#gallery-block-block_5f8979d4e881d)
- [53] Zateplení soklu a základů. *Venkovský dům* [online]. [cit. 2021-5-22]. Dostupné z: <http://www.venkovskydum.cz/zatepleni-soklu-a-zakladu-postup/>
- [54] Požární hledisko kontaktních zateplovacích systémů dle ČSN 73 0810:2016. *TZB-info* [online]. Praha: Topinfo, 2016 [cit. 2021-5-22]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/zateplovaci-systemy/14515-pozarni-hledisko-kontaktnich-zateplovacich-systemu-dle-csn-73-0810-2016>
- [55] CUPAL, Martin. *Ekonomická efektivnost investic: Ekonomické metody hodnocení efektivnosti investic*. Brno: Ústav soudního inženýrství, Vysoké učení technické.
- [56] ČESKÁ REPUBLIKA. Vyhláška č. 441/2013 Sb.: Vyhláška k provedení zákona o oceňování majetku (oceňovací vyhláška). In: *Sbírka zákonů*. Praha: © AION CS, 2013, ročník 2013, číslo 441. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2013-441>
- [57] NÁRODNÍ KALKULAČNÍ NÁSTROJ – NKN II. *HODNOCENÍ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOV - ENB* [online]. Praha: ČVUT, 2014 [cit. 2021-5-22]. Dostupné z: <http://nkn.fsv.cvut.cz/>
- [58] Vývoj celkových cen zemního plynu. *Kalkulátor cen energií* [online]. Topinfo, c 2012 - 2021 [cit. 2021-5-22]. Dostupné z: <https://kalkulator.tzb-info.cz/cz/vyvoj-celkovych-cen-zemniho-plynu?op=40-45>

## SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Kategorie budov podle měrné potřeby tepla na vytápění [2] .....	17
Tab. 2 Normové hodnoty součinitele prostupu tepla dle ČSN 73 0540-2 [14] .....	22
Tab. 3 Určení kritického teplotního faktoru vnitřního povrchu $f_{Rsi,cr}$ [16] .....	24
Tab. 4 Určení bezpečnostní přírážky teplotního faktoru $\Delta f_{Rsi}$ [16].....	25
Tab. 5 Vzduchotěsnost obálky budovy [19] .....	26
Tab. 6 Hodnoty činitelů prostupu tepla [21].....	28
Tab. 7 Klasifikace energetické náročnosti budovy [22] .....	31
Tab. 8 Materiály tepelné izolace [29] .....	34
Tab. 9 Skladba varianty bez zateplení [vlastní].....	58
Tab. 10 Skladba první varianty [vlastní].....	58
Tab. 11 Skladba druhé varianty [vlastní] .....	59
Tab. 12 Skladba třetí varianty [vlastní] .....	60
Tab. 13 Posouzení variant zateplení na součinitel prostupu tepla [vlastní].....	60
Tab. 14 Posouzení variant zateplení na kondenzaci vodní páry [vlastní] .....	61
Tab. 15 Spotřeba energie dle PENB [vlastní] .....	62
Tab. 16 Náklady na vytápění a ohřev vody [vlastní] .....	63
Tab. 17 Prostá doba návratnosti variant 1,2,3 [vlastní].....	65
Tab. 18 Výpočet průměrného nárůstu ceny zemního plynu pro odběr 40-45 MWh/rok [vlastní] ..	66
Tab. 19 Reálná doba návratnosti variant 1,2,3 [vlastní] .....	66
Tab. 20 Dynamická doba návratnosti variant 1,2,3 [vlastní] .....	66
Tab. 21 Čistá současná hodnota variant 1,2,3 [vlastní].....	67
Tab. 22 Skladba čtvrté varianty [vlastní].....	67
Tab. 23 Skladba páté varianty [vlastní].....	68
Tab. 24 Skladba šesté varianty [vlastní] .....	68
Tab. 25 Posouzení variant zateplení na součinitel prostupu tepla [vlastní].....	69
Tab. 26 Posouzení upravených variant zateplení na kondenzaci vodní páry [vlastní] .....	69
Tab. 27 Cena spotřeby energie upravených variant dle PENB [vlastní].....	70
Tab. 28 Náklady na vytápění a ohřev vody variant 4,5,6 [vlastní].....	70
Tab. 29 Prostá doba návratnosti variant 4,5,6 [vlastní].....	72
Tab. 30 Výpočet průměrného nárůstu ceny zemního plynu pro odběr 45-50 MWh/rok [vlastní] ..	73
Tab. 31 Reálná doba návratnosti variant 4,5,6 [vlastní] .....	73
Tab. 32 Dynamická doba návratnosti variant 3,4,5 [vlastní] .....	73
Tab. 33 Čistá současná hodnota variant 4,5,6 [vlastní].....	74

Tab. 34 Porovnání zvýšení ceny stavby po provedení zateplení a nákladů na provedení jednotlivých variant zteplení .....	77
---	----

## SEZNAM GRAFŮ

Graf 1 Vývoj ceny zemního plynu pro odběr 40-45 MWh/rok [58] .....	65
Graf 2 Vývoj ceny zemního plynu pro odběr 45-50 MWh/rok [57] .....	72
Graf 3 Spotřeba zemního plynu [vlastní] .....	74
Graf 4 Náklady na vytápění a ohřev vody [vlastní] .....	75
Graf 5 Doby návratnosti investice [vlastní] .....	75
Graf 6 Čistá současná hodnota [vlastní] .....	76

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Vzor průkazu energetické náročnosti budovy [23] .....	29
Obrázek 2 Bílý a šedý pěnový polystyren EPS [29] .....	35
Obrázek 3 PUR pěna [30]    Obrázek 4 PIR pěna [31] .....	35
Obrázek 5 Pěnové sklo [29] .....	36
Obrázek 6 Extrudovaný polystyren [32] .....	36
Obrázek 7 Celulóza foukaná na sucho [33] .....	37
Obrázek 8 Minerální vlna-role [35]    Obrázek 9 Minerální vlna-deska [36] .....	37
Obrázek 10 Ovčí vlna [37] .....	38
Obrázek 11 Technické konopí [29] .....	38
Obrázek 12 Dřevovláknité desky [38] .....	39
Obrázek 13 Perlit [41] .....	39
Obrázek 14 Keramzit [43] .....	40
Obrázek 15 Kontaktní zateplovací systém ETICS [47] .....	41
Obrázek 16 Bezkontaktní zateplení - provětrávaná fasáda [48] .....	42
Obrázek 17 Sendvičové zdivo betonové [50] .....	43
Obrázek 18 Sendvičové zdivo – dřevostavba [51] .....	43
Obrázek 19 Zateplení lodžie [52] .....	44
Obrázek 20 Zateplení soklu [53] .....	45
Obrázek 21 Požadavky na tepelnou izolaci dle požární výšky [54] .....	46
Obrázek 22 Požární pruh v oblasti soklu [54] .....	47

Obrázek 23 Požární pruhy [54].....	48
Obrázek 24 Zateplení okolo vyústění technologických zařízení [54].....	49
Obrázek 25 Zateplení CHKÚ [54].....	49
Obrázek 26 Zateplení vnějších únikových cest [54].....	50
Obrázek 27 Jihovýchodní pohled na stavbu [vlastní] .....	55
Obrázek 28 Severozápadní pohled na stavbu [vlastní].....	55

## SEZNAM ZKRATEK

EPS.....	Pěnový expandovaný polystyren
XPS.....	Extrudovaný polystyren
ETICS...	External Thermal Insulation Composite Systém
PB.....	Pay back
NPV .....	Net present value
NKN ....	Národní kalkulační nástroj

## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A:	Výpočet prostupu tepla a šíření vodní páry v konstrukci
Příloha B:	PENB
Příloha C:	Náklady provedení variant zateplení
Příloha D:	Prostá doba návratnosti
Příloha E:	Reálná doba návratnosti
Příloha F:	Dynamická doba návratnosti a NPV
Příloha G:	Výpočet prostupu tepla a šíření vodní páry v konstrukci
Příloha H:	PENB
Příloha I:	Náklady provedení variant zateplení
Příloha J:	Prostá doba návratnosti
Příloha K:	Reálná doba návratnosti
Příloha L:	Dynamická doba návratnosti a NPV
Příloha M:	Určení ceny domů nákladovou metodou
	Výkresová dokumentace