



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

ÚSTAV SOUDNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF FORENSIC ENGINEERING

VLIV PROVEDENÍ ZATEPLENÍ RODINNÉHO  
DOMU V BRODKU U PROSTĚJOVA

NA VÝDAJE SPOJENÉ S JEHO PROVOZEM

INFLUENCE OF INSULATING A HOUSE IN BRODEK U PROSTĚJOVA ON THE  
EXPENSES RELATED TO ITS OPERATION

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Veronika Soukupová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Josef Čech, Ph.D.

BRNO 2018

# Zadání diplomové práce

Ústav: Ústav soudního inženýrství

Studentka: **Bc. Veronika Soukupová**

Studijní program: Soudní inženýrství

Studijní obor: Realitní inženýrství

Vedoucí práce: **Ing. Josef Čech, Ph.D.**

Akademický rok: 2017/18

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 rodinného domu v Brodku u Prostějova na výdaje spojené s jeho provozem**

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

Úkolem práce je provést návrh na zateplení rodinného domu v Brodku u Prostějova v několika variantách. Na základě těchto navržených variant zateplení spočítat náklady na jejich realizaci a náklady na provozování (vytápění) rodinného domu před a po provedení zateplení. Následně zpracovat ekonomickou návratnost navržených stavebních úprav bez a se zohledněním možnosti čerpání dotací.

### **Cíle diplomové práce:**

Cílem práce je zhodnocení ekonomické návratnosti jednotlivých navržených variant zateplení rodinného domu v Brodku u Prostějova.

### **Seznam doporučené literatury:**

BRADÁČ, A. a kol. Teorie a praxe oceňování nemovitých věcí, 1. vydání, Akademické nakladatelství

CERM, s.r.o., 2016 Brno. 790 s. ISBN 978-80-7204-930-1.

Dahlsveen, T., Petráš, D., Hirš, J. Energetický audit budov, Jaga, 2003, 344 s, ISBN 80-88905-86-9.

Zákon č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií + prováděcí vyhlášky.

Vyhláška č. 78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2017/18

V Brně, dne

L. S.

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



### ***Abstrakt***

Tato diplomová práce hodnotí vliv zateplení rodinného domu na výdaje spojené s jeho provozem. Řeší problematiku zateplování, energetických ztrát, spotřeb energií a vyhodnocuje návratnost investice na náklady na zateplení. Dále sleduje promítnutí ceny zateplení na celkovou cenu nemovitosti.

### ***Abstract***

This diploma thesis evaluates the influence of a thermal insulation of a structure on expenses related to its operation. It addresses the issues of a thermal insulation, energy loss, energy consumption, and evaluates the recovery of investments considering the insulation costs. It also monitors the insulation price projection on the total cost of the property.

### ***Klíčová slova***

Zateplení, tepelné ztráty, součinitel prostupu tepla, polystyren, minerální vata

### ***Keywords***

Thermal structure insulation, thermal transfer losses, heat transfer coefficient, polystyrene, mineral wool

***Bibliografická citace***

SOUKUPOVÁ, V. *Vliv provedení zateplení rodinného domu v Brodsku u Prostějova na výdaje spojené s jeho provozem*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, 2018. 80 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Josef Čech, Ph.D..

***Prohlášení***

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně dne .....

.....

Podpis diplomanta

### *Poděkování*

Na tomto místě bych chtěla poděkovat vedoucímu Ing. Josefu Čechovi, Ph.D. za trpělivost a cenné rady při zpracování této diplomové práce.



# OBSAH

OBSAH.....	9
ÚVOD.....	11
CÍL PRÁCE.....	11
TEORETICKÁ ČÁST.....	12
1.1 Fyzikální teorie.....	12
1.1.1 <i>Teplo</i> .....	12
1.1.2 <i>Šíření tepla</i> .....	12
1.1.3 <i>Součinitel tepelné vodivosti</i> .....	13
1.1.4 <i>Součinitel prostupu tepla</i> .....	13
1.2 Základní pojmy .....	14
1.3 Energeticky úsporné domy .....	15
1.3.1 <i>Nizkoenergetický dům</i> .....	16
1.3.2 <i>Pasivní dům</i> .....	16
1.3.3 <i>Energeticky nulový dům</i> .....	16
1.4 Snižování tepelných ztrát .....	17
1.4.1 <i>Tepelná bilance</i> .....	17
1.4.2 <i>Tepelné ztráty</i> .....	17
1.4.3 <i>Zateplování stávajících staveb</i> .....	18
1.5 Legislativa .....	18
1.5.1 <i>Zákony, vyhlášky</i> .....	18
1.5.2 <i>Normy</i> .....	19
1.6 Energetická náročnost budovy – ENB .....	19
1.7 EŠOB.....	21
1.8 Energetický audit (EA).....	22
1.9 Teorie zateplování budov .....	23
1.9.1 <i>Vnitřní zateplení</i> .....	23
1.9.2 <i>Vnější zateplení</i> .....	23
1.10 Typy izolačních materiálů pro zateplení .....	26
1.10.1 <i>Izolace z obnovitelných surovin</i> .....	26
1.10.2 <i>Izolace PUR, PIR a fenolická pěna</i> .....	28
1.10.3 <i>Pěnové sklo</i> .....	28
1.10.4 <i>Minerální izolace</i> .....	29

1.10.5	<i>Polystyrenové izolace</i> .....	31
1.11	Metody sestavení rozpočtu .....	33
1.11.1	<i>Stanovení rozpočtu</i> .....	33
1.12	Nová zelená úsporám.....	34
1.12.1	<i>O programu</i> .....	34
1.12.2	<i>Oblasti podpory pro rodinné domy</i> .....	35
1.12.3	<i>Kdo a kdy může o podporu požádat</i> .....	35
1.13	Ekonomická návratnost investice .....	38
1.13.1	<i>Statické metody pro hodnocení investic</i> .....	38
1.13.2	<i>Dynamické metody pro hodnocení investic</i> .....	38
1.14	Ocenění nemovitosti .....	39
PRAKTICKÁ ČÁST .....		41
1.15	Popis stavby .....	41
1.15.1	<i>Základní popis stavby</i> .....	41
1.15.2	<i>Konstrukční řešení stavby</i> .....	44
1.16	NÁVRH VHODNÝCH VARIANT PRO ZATEPLENÍ.....	45
1.17	Výpočet součinitele prostupu tepla.....	48
1.17.1	<i>Výpočet součinitele prostupu tepla původní konstrukce domu</i> ....	48
1.17.2	<i>Varianta 1 – minerální vata</i> .....	50
1.17.3	<i>Varianta 2 – EPS bílý</i> .....	51
1.17.4	<i>Varianta 3 – EPS šedý</i> .....	51
1.17.5	<i>Porovnání variant</i> .....	52
1.18	Výběr tloušťky zateplení .....	54
1.19	Položkový rozpočet .....	55
1.20	Tepelné ztráty .....	57
1.20.1	<i>Spotřeba energie</i> .....	59
1.20.2	<i>PENB</i> .....	59
1.21	Ekonomická návratnost investice .....	61
1.22	Dotace .....	64
1.23	Porovnání variant s dotací a bez dotace.....	68
1.24	Ocenění rodinného domu.....	70
2	VYHODNOCENÍ.....	70
ZÁVĚR .....		74
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....		75

## ÚVOD

V dnešní době se preferují stavby nízkoenergetických domů, s nízkou energetickou náročností budov, snižují se náklady na provoz staveb, vyvíjí se nové technologie pro co největší úspory tepla a co nejmenší tepelné ztráty. To vše je zohledněno už při samotném návrhu budovy.

Dříve tomu tak nebylo, starší stavby tak mají vysoké tepelné ztráty a tím i vysoké náklady na vytápění. Jednou z možností, jak tyto náklady snížit, je návrh účinného zateplení takovéto budovy. Správným výběrem tepelné izolace, správným provedením zateplení a správným výběrem typu zateplení se tak může výrazně snížit energetická náročnost budovy.

## CÍL PRÁCE

Tato diplomová práce se zabývá vlivem provedení zateplení rodinného domu v Brodku u Prostějova na výdaje spojené s provozem této nemovitosti. Zkoumá, za jakou dobu se vrátí potřebná investice majitelů domu na zateplení snížením nákladů na vytápění domu.

Pro potřeby vyhodnocení návratnosti budou zvoleny tři varianty zateplení rodinného domu. Na základě těchto navržených variant zateplení budou spočítány náklady na jejich realizaci a také budou spočítány náklady na provoz rodinného domu před a po provedení zateplení domu. Bude vybrána nejvhodnější varianta zateplení a k této variantě bude zpracovaná ekonomická návratnost těchto stavebních úprav. Bude zvažena možnost čerpání dotací.

V poslední části bude provedeno ocenění domu před zateplením a po zateplení a bude posouzeno, jak se náklady na zateplení promítají do celkové ceny rodinného domu.

# TEORETICKÁ ČÁST

## 1.1 FYZIKÁLNÍ TEORIE

Nejprve je potřeba se seznámit se základními fyzikálními pojmy a problémy. Pochopit, co vlastně teplo je, jak se šíří a jaké veličiny sledujeme při provádění zateplování domů v jak v teorii, tak v praxi.

### 1.1.1 Teplo

Teplo  $Q$  je část vnitřní energie, která se vyměňuje mezi látkami (soustavami) s různými teplotami. Jednotkou tepla je Joule. (23)

### 1.1.2 Šíření tepla

Teplo se může šířit v libovolném prostředí pouze tehdy, jestliže na různých místech tohoto prostředí jsou různé teploty. Z míst s vyšší teplotou přechází teplo do míst s nižší teplotou a tím dochází k vyrovnání teplot určitého prostředí. Teplo se šíří třemi základními způsoby:

- vedením,
- prouděním,
- sáláním. (19)

Pro tuto diplomovou práci je nejdůležitější šíření tepla vedením, jelikož se zde zabýváme prostupem tepla tepelnou izolací a zděnou konstrukcí, tudíž pevnou látkou.

#### *Šíření tepla vedením*

Vedení tepla nastává v pevných látkách, molekuly vzájemně předávají tepelnou energii tak, že pohyb elektronů v jedné molekule zrychluje pohyb elektronů v druhé molekule. Množství vedeného tepla závisí mimo jiné na schopnosti dané látky teplo vést. Tato schopnost se vyjadřuje součinitelem tepelné vodivosti.

Vedení tepla v konstrukci se v praxi zamezuje používáním materiálů s vysokým obsahem vzduchových dutinek o co nejmenších rozměrech. Jsou to v zásadě lehčené materiály a tepelně izolační materiály. (17)

### 1.1.3 Součinitel tepelné vodivosti

Značí se  $\lambda$  a podle normy je definován jako schopnost stejnorodého, izotropního materiálu při dané střední teplotě vést teplo. Tato veličina vyjadřuje, kolik tepelné energie ve watech (W) projde látkou o jednotkové tloušťce (m) při teplotním spádu 1 Kelvin (1 °C). Jednotka součinitele tepelné vodivosti je tedy  $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ . (16)(17)

### 1.1.4 Součinitel prostupu tepla

Při výpočtu součinitele prostupu tepla je nutné nejprve spočítat tepelné odpory jednotlivých konstrukcí. Součinitel prostupu tepla je pak obrácenou hodnotou součtu tepelných odporů konstrukce.

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

$\lambda$  ... součinitel tepelné vodivosti [ $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ ],

$R_{si}$  ... tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřní straně [ $m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$ ],

$R_{se}$  ... tepelný odpor při přestupu tepla na vnější straně [ $m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$ ],

$d$  ... tloušťka konstrukce [ $m$ ]. (17)

Konstrukce vytápěných budov musí mít v prostorech s návrhovou relativní vlhkostí vnitřního vzduchu  $\varphi_i = 60 \%$  součinitel prostupu tepla takový, aby splňoval podmínku  $U \leq U_N$ . Kde  $U_N$  je požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla. Požadované hodnoty prostupu tepla, které budeme potřebovat pro tuto diplomovou práci, jsou uvedené v následující tabulce. (15)

Tabulka 1 Požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla (15)

<b>Popis konstrukce</b>	<b>Požadované hodnoty <math>U_{N,20}</math> [W·K<sup>-1</sup>·m<sup>-2</sup>]</b>	<b>Doporučené hodnoty <math>U_{rec,20}</math> [W·K<sup>-1</sup>·m<sup>-2</sup>]</b>
Stěna vnější	0,30	0,2 - 0,25
Strop pod nevytápěnou půdou	0,30	0,20
Plochá střecha	0,24	0,16

## 1.2 ZÁKLADNÍ POJMY

### *Obálka budovy*

Soubor všech teplosměnných konstrukcí na systémové hranici celé budovy nebo zóny, jež jsou vystaveny přilehlému prostředí, které tvoří venkovní vzduch, zemina, vnitřní vzduch v nevytápěném prostoru, sousední nevytápěné budově nebo sousední zóně budovy vytápěné na nižší vnitřní návrhovou teplotu. (15)

### *Obestavěný prostor*

Prostorové vymezení stavebního objektu ohraničeného vnějšími vymezeními plochami. Je to součet obestavěných prostorů základů, spodní části objektu (sklep), vrchní části objektu a zastřešení. (21)

### *Zastavěná plocha*

Plocha půdorysného řezu vymezená vnějším obvodem svislých konstrukcí uvažovaného celku budovy, podlaží nebo jejich části. Způsob měření a výpočet obestavěného prostoru vymezuje ČSN 7340 55, stanovení zastavěné plochy je též upraveno technickou normou. Ekonomické údaje jsou zpracovány jako rozpočtové ukazatele od nejhrubšího po nejpodrobnější vhodné členění objektu (tj. od stavebního objektu až po skupiny stavebních dílů u HSV, po řemesla u PSV). (21)

### 1.3 ENERGETICKY ÚSPORNÉ DOMY

Energeticky úsporné domy jsou navrženy a postaveny tak, že náklady na zajištění jejich provozu jsou nižší, než stanoví aktuálně platné normy a předpisy. Pro výpočet nákladů na provoz jsou důležité zejména náklady na vytápění a chlazení domu, větrání, ohřev teplé užitkové vody, spotřebu elektrické energie a vody. Do těchto nákladů se nezapočítává spotřeba energie nutná k realizaci stavby, tedy zejména energie potřebná k výrobě a dopravě stavebních materiálů. (14)

Energeticky úsporné domy můžeme rozdělit do 4 kategorií právě podle měrné spotřeby tepla na vytápění takto:

- nízkoenergetický dům – hodnota nesmí být vyšší než 50kWh/m<sup>2</sup>.a,
- pasivní dům – hodnota nesmí být vyšší než 15kWh/m<sup>2</sup>.a,
- nulový dům – hodnota nesmí být vyšší než 5kWh/m<sup>2</sup>.a. (14)

*Tabulka 2 Porovnání energeticky úsporných domů (13)*

<b>domy běžné ve 70.-80. letech</b>	<b>současná novostavba</b>	<b>nízkoenergetický dům</b>	<b>pasivní dům</b>	<b>nulový dům, dům s přebytkem tepla</b>
<b>charakteristika</b>				
zastaralá otopná soustava, zdroj tepla je velkým zdrojem emisí; větrá se pouhým otevřením oken, nezateplené, špatně izolující konstrukce, přetápí se	klasické vytápění pomocí plynového kotle o vysokém výkonu, větrání otevřením okna, konstrukce na úrovni požadavků normy	otopná soustava o nižším výkonu, využití obnovitelných zdrojů, dobře zateplené konstrukce, řízené větrání	řízené větrání s rekuperací tepla, vynikající parametry tepelné izolace, velmi těsné konstrukce	parametry mín. na úrovni pasivního domu, velká plocha fotovoltaických panelů
<b>potřeba tepla na vytápění [kWh/(m<sup>2</sup>a)]</b>				
většinou nad 200	80 - 140	méně než 50	méně než 15	méně než 5

### **1.3.1 Nízkoenergetický dům**

Za nízkoenergetické domy se považují domy s roční měrnou potřebou tepla na vytápění nepřesahující 50 kWh/(m<sup>2</sup>a). Tohoto je dosaženo zejména optimalizovaným stavebním řešením obálky budovy. Budova musí mít účinnou otopnou soustavu. Dá se předpokládat, že v budoucnu se číselné kritérium bude zpřísňovat v souladu s tím, jak se bude zpřísňovat základní požadavek na budovy. (15)(24)

### **1.3.2 Pasivní dům**

Pasivní domy je možné charakterizovat minimalizovanou potřebou energie na zajištění požadovaného stavu vnitřního prostředí a minimalizovanou potřebou primární energie z neobnovitelných zdrojů na jejich provoz díky optimalizovanému stavebnímu řešení a dalším opatřením. (15)

Život v pasivním domě neznamena pouze úsporu nákladů na vytápění, ale může se také počítat s tím, že se lidé mohou zbavit některých zdravotních problémů. Zařízení, které pracuje i v noci, filtruje vzduch a tím ho zbavuje škodlivých nečistot a prachu.

Díky tomu, že stroj přivede vždy přesně tolik vzduchu, kolik je potřeba, se omezí vznik plísní, které tak často trápi obyvatele rekonstruovaných panelových domů. Uvnitř domu se dýchá pouze čerstvý vzduch. (13)

### **1.3.3 Energeticky nulový dům**

Hodnocení vychází z roční bilance energetických potřeb a energetické produkce v budově a jejím okolí, vyjádřené v hodnotách primární energie. Předpokládá se, že budova je připojena na obvyklé energetické sítě. Jedná se tedy o bilančně nulovou budovu. Zpravidla je výhodné, aby stavební řešení a technická zařízení budovy byla navržena tak, aby odpovídala standardu pasivní budovy. (15)



## 1.4 SNIŽOVÁNÍ TEPELNÝCH ZTRÁT

### 1.4.1 Tepelná bilance

Tepelná bilance zahrnuje tepelnou ztrátu (prostupem tepla a výměnou vzduchu) a tepelné zisky (od slunečního záření, metabolického tepla osob, od domácích spotřebičů, osvětlení atd.). Bilanci je možné stanovit pro okamžité hodnoty nebo pro určité časové úseky (rok, měsíc). Budovu je možné uvažovat jako jednu zónu nebo jako vícezónový model. (15)

### 1.4.2 Tepelné ztráty

#### *Měrná tepelná ztráta*

Měrná tepelná ztráta se dělí na ztrátu prostupem tepla  $H_T$  a ztrátu v důsledku výměny vzduchu  $H_V$ .

$$H = H_T + H_V [W \cdot K^{-1}] \quad (24)$$

#### *Celková tepelná ztráta*

Tepelná ztráta pro jednotlivé časové úseky v roce se vypočítá pomocí vztahu:

$$Q = H \cdot (\theta_i - \theta_e) \cdot t [Wh]$$

$Q$  ... celková tepelná ztráta v daném úseku [Wh],

$H$  ... celková měrná tepelná ztráta [ $W \cdot K^{-1}$ ],

$\theta_i$  ... požadovaná vnitřní teplota v zóně [ $^{\circ}C$ ],

$\theta_e$  ... průměrná teplota vnějšího vzduchu v daném časovém úseku [ $^{\circ}C$ ],

$t$  ... délka časového úseku [hod] (zpravidla jednotlivé měsíce v roce).

(24)

#### *Tepelné mosty*

Část dané stavební konstrukce, kde se její tepelný odpor místně významně mění. Dělí se na lineární tepelný most, kde je tepelný most se shodnými řezy

v jednom směru, a bodový tepelný most, kde je tepelný most bez shodných řezů v libovolném směru. (16)

### **1.4.3 Zateplování stávajících staveb**

Základním důvodem pro zateplování budov je zvýšení odporu obvodových stěn vůči pronikání tepla resp. chladu skrz tyto stěny. Zateplením obvodových stěn lze dosáhnout výrazné úspory nákladů na vytápění, kdy u menších objektů s větším počtem ochlazovaných stěn lze dosáhnout až 50 % úspory na vytápění oproti předchozí topné sezóně. Na základě dlouhodobých statistik můžeme konstatovat, že u větších mnohavlakových domů skutečná úspora klesá na hodnotu kolem 20 - 30 %. Zateplení však neomezuje pouze proudění tepla z interiéru do exteriéru, ale omezuje i proudění tepla z vnějšího prostředí do vnitřního v parných létech, čímž opět přispívá k zlepšení vnitřních podmínek. (12)

## **1.5 LEGISLATIVA**

### **1.5.1 Zákony, vyhlášky**

*Zákon č. 406/2000 Sb. O hospodaření energií + prováděcí vyhlášky*

Tento zákon zapracovává příslušné předpisy Evropských společenství a stanoví některá opatření pro zvyšování hospodárnosti užití energie a povinnosti fyzických a právnických osob při nakládání s energií, dále stanoví pravidla pro tvorbu Státní energetické koncepce, Územní energetické koncepce a Národního programu hospodárného nakládání s energií a využívání jejích obnovitelných a druhotných zdrojů.

*Vyhláška č. 78/2013 Sb. O energetické náročnosti budov*

Tato vyhláška zapracovává příslušný předpis Evropské unie a stanovuje nákladově optimální úroveň požadavků na energetickou náročnost budovy pro nové budovy, větší změny dokončených budov, jiné než větší změny dokončených budov a pro budovy s téměř nulovou spotřebou energie, dále metodu výpočtu energetické

náročnosti budovy, vzor posouzení technické, ekonomické a ekologické proveditelnosti alternativních systémů dodávek energie, vzor stanovení doporučených opatření pro snížení energetické náročnosti budovy, vzor a obsah průkazu a způsob jeho zpracování a umístění průkazu v budově.

### **1.5.2 Normy**

#### *ČSN 73 0540 - Tepelná ochrana budov*

Obsahuje soubor požadavků a doporučení se zaměřením na tepelnou ochranu budov, dále výpočtové metody pro určení součinitele prostupu tepla a tepelných ztrát konstrukce nutných ke snížení energetické náročnosti budovy. Dělí se na čtyři části:

1. Část: Terminologie,
2. Část: Požadavky,
3. Část: Návrhové hodnoty veličin,
4. Část: Výpočtové metody.(16)

## **1.6 ENERGETICKÁ NÁROČNOST BUDOVY – ENB**

### *Průkaz energetické náročnosti budov PENB*

Průkaz energetické náročnosti budovy (PENB) udává energetickou náročnost budovy stanovenou výpočtem ze všech energií, které do budovy vstupují. Jde o energii potřebnou na vytápění, ohřev teplé vody, větrání, osvětlení, chlazení a klimatizaci. Zároveň jsou započítány i energie potřebné pro zařízení, která tyto procesy zajišťují (topná zařízení, tepelná čerpadla, regulace, zařízení klimatizační, větrací, vzduchotechnické jednotky atd.). Celkové množství roční dodané energie se vydělí celkovou podlahovou plochou budovy a výsledkem je měrná roční spotřeba energie na metr čtvereční.

Podle získaných hodnot se budovy dělí do sedmi kategorií, čili tříd energetické náročnosti:

A - mimořádně úsporná

B - úsporná


- C - vyhovující
- D - nevyhovující
- E - nevhodná
- F - velmi nevhodná
- G - mimořádně nevhodná

Novostavby dnes musí dosahovat hodnot pro zařazení do kategorií A až C – nižší kategorie jsou nevyhovující a povolení ke stavbě budovy s takovými hodnotami nemůže být uděleno. (26)

### PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

včetně profilu zákona č. 408/2012 Sb., o hospodářství energií, a vyhlášky č. 146/2012 Sb., o energetické náročnosti budov

Ulice, číslo: \_\_\_\_\_  
 PSČ, místo: \_\_\_\_\_  
 Typ budovy: \_\_\_\_\_  
 Plocha obálky budovy: \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>  
 Obestavěný prostor: \_\_\_\_\_ m<sup>3</sup>  
 Objemový faktor tvaru A/V: \_\_\_\_\_ m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>  
 Energetická vztažná plocha: \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>

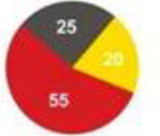


### DOPORUČENÁ OPATŘENÍ

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

Popis opatření v pravoúhelníku vyřazení a vyznačení doporučených opatření na energetickou náročnost budovy

### PODÍL ENERGOZDROJŮ NA DODANOU ENERGIÍ



- Slunce
- Biomasa
- Zemní plyn
- Uhlí
- LTO
- CFT
- Elektřina

### ENERGETICKÁ NÁROČNOST BUDOVY

Celková dodaná energie (Energie na vstupu do budovy)	Neobnovitelná primární energie (Vliv provozu budovy na životní prostředí)																												
Mírná hodnota <math>E_{tot}</math> (kWh/m <sup>2</sup> /rok)	Mírná hodnota <math>E_{p}</math> (kWh/m <sup>2</sup> /rok)																												
<table border="1"> <tr><td>A</td><td>Dop.</td></tr> <tr><td>B</td><td>XXX</td></tr> <tr><td>C</td><td></td></tr> <tr><td>D</td><td></td></tr> <tr><td>E</td><td></td></tr> <tr><td>F</td><td></td></tr> <tr><td>G</td><td></td></tr> </table>	A	Dop.	B	XXX	C		D		E		F		G		<table border="1"> <tr><td>A</td><td>Dop.</td></tr> <tr><td>B</td><td>XXX</td></tr> <tr><td>C</td><td></td></tr> <tr><td>D</td><td></td></tr> <tr><td>E</td><td></td></tr> <tr><td>F</td><td></td></tr> <tr><td>G</td><td></td></tr> </table>	A	Dop.	B	XXX	C		D		E		F		G	
A	Dop.																												
B	XXX																												
C																													
D																													
E																													
F																													
G																													
A	Dop.																												
B	XXX																												
C																													
D																													
E																													
F																													
G																													
Hodnota pro celou budovu																													
Celková dodaná energie: XXXX	Neobnovitelná primární energie: XXXX																												

### UKAZATELE ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

Obálka budovy	Vytápění	Chlazení	Větrání	Úprava ohřevu	Teplá voda	Osvětlení
U <sub>tot</sub> (kWh/m <sup>2</sup> /rok)	Dílčí dodaná energie (kWh/m <sup>2</sup> /rok)					
A	Dop.		Dop.		Dop.	
B					XX	XX Dop.
C	XX					
D	Dop.		XX			
E				Dop.		
F	XX				XX	
G						
Dílčí dodaná energie pro celou budovu	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX

Vyhotoveno dne: \_\_\_\_\_ Platnost do: \_\_\_\_\_  
 Zpracovatel: \_\_\_\_\_ Osvědčení č.: \_\_\_\_\_  
 Kontakt: \_\_\_\_\_ Podpis: \_\_\_\_\_

Obrázek 1 PENB (27)

## 1.7 EŠOB

### *Energetický štítek obálky budovy*

Je to základní soubor údajů popisujících tepelné chování budovy a jejích konstrukcí. Obsahuje klasifikaci prostupu tepla obálkou budovy a její grafické vyjádření. Třídy prostupu tepla se klasifikují podle následující tabulky:

*Tabulka 3 Klasifikace prostupu tepla obálkou budovy (16)*

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

ENERGETICKÝ ŠTÍTEK OBÁLKY BUDOVY							
Typ budovy, místní označení Adresa budovy		Hodnocení obálky budovy					
Celková podlahová plocha $A_{\text{p}} = \dots \text{ m}^2$		stávající	doporučení				
CI	VELMI ÚSPORNÁ						
0,30							
0,60							
1,00							
1,50							
2,00							
2,50							
	MIMORÁDNĚ NEHOSPODÁRNÁ						
Průměrný součinitel prostupu tepla obvodového pláště budovy $U_{\text{ext}}$ ve $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$		0,40	0,36				
Klasifikační ukazatele CI a jim odpovídající hodnoty $U_{\text{ext}}$ pro A/V							
CI	0,30	0,60	(0,75)	1,00	1,50	2,00	2,50
$U_{\text{ext}}$							
Platnost štítku							
Štítek vypracoval							

Obrázek 2 EŠOB (26)

## 1.8 ENERGETICKÝ AUDIT (EA)

Energetický audit je dokument zpracovaný v souladu se zákonem č. 406/2000 a vyhláškou č. 480/2012 Sb., o energetickém auditu a energetickém posudku. Jedná se o soubor energetických stavebně technických a ekonomických informací o energetickém hospodářství, které vyhodnocují momentální energetickou náročnost budovy a náklady na provoz. Také se využívají pro návrh dalších variant řešení, které přinesou úspory v provozních energiích a zároveň nezvýší ekologickou zátěž. Dále se zde zohledňuje ekonomická návratnost plánovaných investic spolu s účetní a faktickou návratností. (18)

Energetický audit se používá, když hodnota celkové spotřeby energie, od níž vzniká fyzickým a právnickým osobám povinnost zpracovávat pro své budovy nebo energetická hospodářství energetický audit, se stanoví ve výši 35 000 GJ za rok jako součet za všechny budovy a týká se pouze objektů, které mají spotřebu energie vyšší než 700 GJ za rok nebo když hodnota celkové spotřeby energie, od níž vzniká organizačním složkám státu, organizačním složkám krajů a obcí a příspěvkovým

organizacím povinnost zpracovávat pro své budovy nebo energetická hospodářství energetický audit, se stanoví ve výši 1 500 GJ za rok jako součet za všechny budovy a týká se pouze objektů, které mají spotřebu energie vyšší než 700 GJ za rok. Energetický audit je také vyžadován jako součást žádosti o dotace z Evropských dotačních fondů. (18)

Každý audit je svým zpracováním jedinečný originál a zpracovávají ho energetičtí specialisté s dostatkem praktických zkušeností potřebných jak pro zpracování a realizaci veškerých opatření vedoucích ke snížení energetické náročnosti, tak pro to, jak takový stav učinit udržitelným. Je potřeba umět skloubit stavebně technické znalosti tepelných prostupů konstrukcemi, solární příjmy v rámci slunečního svitu, energetické náklady v různých kategoriích energií používaných nejen pro provoz a vytápění, chlazení či ohřev teplé vody. Také se zde pracuje s technologiemi z obnovitelných zdrojů, kogeneračními jednotkami a jednotkami pro zpětné zpracování odpadního tepla. (18)

## **1.9 TEORIE ZATEPLOVÁNÍ BUDOV**

### **1.9.1 Vnitřní zateplení**

Vnitřní zateplení je prakticky jediné řešení pro historické budovy s architektonicky hodnotnou fasádou. Hlavní výhoda vnitřního zateplení je zejména ponechání původního vzhledu stavby, dále jsou to úspory díky snížení tepelných ztrát, získání zdravého vnitřního klimatu, splnění legislativních norem a výrazné snížení nákladů spojených se zátopem budov. Práce mohou být prováděny bez ohledu na počasí a ušetří se náklady za lešení. (11)

### **1.9.2 Vnější zateplení**

U vnějšího zateplení se rozlišují dva druhy zateplení – s provětrávanou fasádou a kontaktní zateplení. Jelikož pro rodinný dům, který je řešen v této diplomové práci, je navrženo vnější zateplení, je tento typ zateplení podrobněji probrán.

## ***Provětrávaná fasáda***

Skladba provětrávané fasády je založená na vložení provětrávané vzduchové mezery mezi vrstvou tepelné izolace a vrstvou vnějšího obkladu. Ve vzduchové mezeře komínovým efektem dochází k proudění vzduchu, které má vliv na účinnější odvod vlhkosti z obou přiléhajících povrchů (izolace i opláštění) a zároveň zabraňuje přehřívání fasády. Výhody větrané fasády se uplatňují u dřevostaveb i novostaveb s požadavkem na různé typy pohledových obkladů.

Velkou výhodou oproti ETICS je aktivnější vysoušení konstrukce. Skladba s předseznamným opláštěním, provětrávanou vzduchovou dutinou a pohltivou výplní z minerální vlny také efektivně zvyšuje neprůzvučnost konstrukce (tlumí hluk přicházející z ulice).

Průběh montáže neomezují vnější teploty ani technologické přestávky nutné k vysychání vody a zrání materiálů. Pohledová vrstva oddělená od zbytku souvrství vzduchovou mezerou umožňuje zvolit obklad z jakéhokoli materiálu od cihly, dřeva, po ocel a přírodní kámen. Jednou tak může být nespornou výhodou montované konstrukce její rozebíratelnost. Vrchní obklad lze kdykoli odejmout, nosný rošt posunout, vrstvou tepelné izolace rozšířit a nový nebo stejný obklad nasadit zpět.

U dodatečného zateplení starších domů provětrávanou fasádou není nezbytně nutné nesoudržné povrchy omítek upravovat a čekat na jejich vyschnutí. Větraná mezera je také výhodná pro rekonstrukce budov s nadměrnou vlhkostí ve stěně, kdy je požadován efektivní odvod vlhkosti. Finální pohledová vrstva může nadále zůstat opatřena omítkou. Aby větraná fasáda fungovala tak, jak se od ní očekává, musí izolant umožňovat prostup vodních par a být z vnější strany opatřen difúzní fólií, která ho chrání před venkovním prostředím a zároveň dovoluje odvedení vlhkosti ven z konstrukce. Z hlediska požární bezpečnosti vyhovuje pouze nehořlavý izolant, polystyren užít nelze. (1)





- 1 - obvodová stěna
- 2 - dřevěná konstrukce vyplněná tepelnou izolací Naturboard
- 3 - difúzně otevřená větotěsná fólie Homeseal LDS 0,04
- 4 - větraná vzduchova mezera
- 5 - pohledová fasáda z dřevěného obkladu

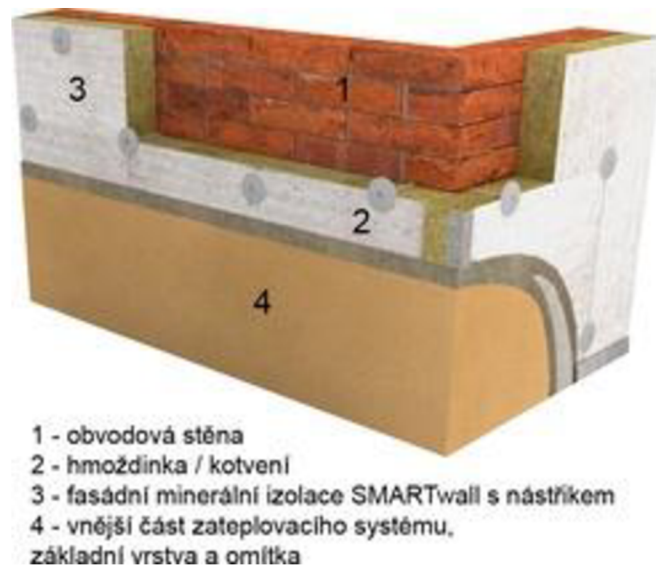
*Obrázek 3 Systémové řešení dřevostavby difúzně otevřenou konstrukcí Naturdom s provětrávanou fasádou a omítkou (1)*

### ***Kontaktní zateplovací systém ETICS***

Vnější kontaktní zateplovací systém, mezinárodně označovaný zkratkou ETICS (external thermal insulation composite system) je v České republice nejrozšířenější technologií zlepšování tepelnotechnických parametrů obvodových plášťů budov. (1)(2)

Podstatou kontaktního zateplovacího systému je nalepení tepelně izolačních desek na zateplovanou konstrukci, podklad konstrukce musí být suchý, pevný a čistý a lepidlo musí být na 40 % plochy desky. Kotvení desek se provádí zatloukacími hmoždinkami. Po osazení lišt se na desky telené izolace natáhne lepidlo a vtlačí se armovací tkanina. Lepidlo se dále natírá penetračním nátěrem a je provedena finální omítko. Doporučuje se provádět s materiály od jednoho výrobce, které jsou dodány

jako jeden systém. Zamezí se tak poruchám v systému. K zateplování systémem ETICS se dá použít jak minerální vata, tak pěnový polystyrén. Povrchová omítka se vyrábí v několika materiálových variantách (akrylátová, silikonová, silikátová). (17)



Obrázek 4 Skladba obvodové zděné stěny s kontaktním zateplením ETICS (1)

## 1.10 TYPY IZOLAČNÍCH MATERIÁLŮ PRO ZATEPLENÍ

V této kapitole jsou popsány nejčastější druhy izolací. Podrobněji jsou charakterizovány izolační materiály, které byly zvoleny a použity do výpočtů pro tuto diplomovou práci.

### 1.10.1 Izolace z obnovitelných surovin

#### *Dřevovláknité izolace*

Izolace se vyrábí z dřevních vláken s přídavkem síranu hlinitého a zpevňujících plnidel popřípadě dalších přísad (např. hydrofobizované přídavky vodního skla a parafinu). Deskové dřevovláknité izolace je možno využít pro výplně sloupkových konstrukcí. Ve větších objemových hmotnostech se užívají jako fasádní izolace či nadkrokevní tepelná izolace, kde mohou některé typy desek díky silné hydrofobizaci zastat funkci pojistné hydroizolace. Tuhé desky je možné využít i pro izolaci podlah. (3)

### ***Dřevovláknitá foukaná izolace***

Izolací jsou dřevní vlákna s přídavkem kyseliny borité jako retardéru hoření. Aplikuje se stejně jako jiné rozvlákněné materiály – potrubím hnaná vzduchem. Objemová hmotnost aplikace se liší dle sklonu konstrukce – střecha, stěna apod.) (3)

### ***Izolace z technického konopí***

Skládají se z konopného pazdeří, konopného vlákna a příměsí sody k omezení hoření a plísní. Používá se k výplním dřevěných konstrukcí krovů nebo stěn a stropů dřevostaveb. Ve slabých rohožích je využívána jako výplň mezi prvky srubových staveb. (3)

### ***Celulózová izolace***

Jedná se o papírovou cupaninu, získanou recyklací starého papíru. Vyrábí se s přídavkem příměsí, boritých solí, síranu hořečnatého, fosforečnanu amonného. Kombinace těchto přísad v celulózové tepelné izolaci způsobuje zvýšenou odolnost proti ohni, plísním a houbám a současně odpuzuje hmyz a drobné hlodavce. Jde o neznámější materiál pro foukané izolace. Potrubím s hnaným vzduchem se hmota ukládá do dutin v konstrukci. Aplikace je možná i jako volně ložená například do nepochůzných půdních prostorů. Použitelnost této izolace je v rozmezí -40 °C až +105 °C. Výhodou tohoto materiálu je nízká cena. (3)(20)

### ***Ovčí vlna***

Vstupní materiál je ovčí vlna s příměsí proti biologické degradaci a molům. Pro hlodavce je ovčí vlna nestavitelná. Výrobky jsou s výhodou využitelné v dřevostavbách, jelikož ovčí vlna je hygroskopická (dokáže absorbovat a opět vydávat vzdušnou vlhkost bez zhoršení  $\lambda$ ). (3)

## **1.10.2 Izolace PUR, PIR a fenolická pěna**

### ***PUR a PIR desky***

Polyuretanová i polyisokianurátová pěna se používá mimo lití a stříkání přímo na stavbě i pro výrobu deskových materiálů. Desky je možno vyrábět způsobem řezání z bloků vzniklých volným pěněním nebo ve formách. (3)

### ***Fenolická pěna***

Fenolická pěna se vyrábí napěněním fenolformaldehydových pryskřic do bloků, které se následně řezou na desky a oboustranně opatřují skelným vláknem či reflexní hliníkovou fólií. Používá se pro zateplení fasád, s výhodou u rekonstrukcí či v detailech, kde není místo na velkou tloušťku izolantu pro její dobrou hodnotu součinitele tepelné vodivosti. Oproti materiálům PUR a PIR má lepší tepelněizolační vlastnosti a reakci na oheň. (3)

## **1.10.3 Pěnové sklo**

### ***Bloky z pěnového skla***

Pěnové sklo se vyrábí jak z nového skla, tak z recyklovaného materiálu. Zpěnění skelné hmoty zajišťuje uhlíkový prach, který se za tepla mění na oxid uhličitý. Zchlazený blok se upravuje do finálních rozměrů řezáním a broušením. (3)

### ***Štěrky z pěnového skla***

Výroba je obdobná jako u pěnového skla v blocích (napěněním skelné hmoty nové či získané recyklací obalového skla), s následným drcením a tříděním.

Štěrky z pěnového skla se používá pro tepelně izolační zásypy a podsypy. Příkladem pro užití je způsob založení objektu na betonové desce na zhutněné vrstvě štěrku pěnového skla. Ten tak odizoluje celou stavbu, včetně základů. Únosnost takového podsypu po zhutnění je 0,6 – 1,2 MPa. Používají se i menší frakce pro zásyp do podlah (rekonstrukce), zásypů a násypů, izolace zapuštěných bazénů do zeminy, jako lehké kamenivo do betonů a maltových směsí. (3)

## 1.10.4 Minerální izolace

### *Kamenná vlna (čedičová vlna)*

Kamenná tepelná izolace je vyráběna za vysokých teplot rozvlákněním čediče bazaltu či gabra v peci a zformováním těchto vláken do rohoží či desek.

Vyrábí se ve dvou základních variantách jako měkké rohože a tuhé desky. Měkké rohože se používají pro nezátížené stavební izolace, jako jsou např. půdní prostory, a také pro technické izolace. Tuhé desky se používají pro zatížené izolace stavebních konstrukcí, do kontaktních zateplovacích systémů ETICS, provětrávaných fasád, jako výplňové izolace do rámových dřevostaveb, izolace šikmých střech s krovovými soustavami atd. Desky s vyšší objemovou hmotností (nad  $100 \text{ kg/m}^3$ ) lze využít i k tepelné izolaci podlah. Desky s tzv. kolmou orientací vláken se používají nejčastěji ve formě lamel pro zateplení zakřivených povrchů. (3)(5)



*Obrázek 5 Čedičová vlna se silikátovým nástřikem značky Knauf Insulation (28)*

### *Skelná vlna*

Skelná minerální vlna známá jako skelná vata je používána jako materiál na zateplování domů již řadu let. (4)

Minerální skelná vlna se vyrábí z minerálních vláken na bázi horniny (např. křemičitý písek, dolomit, soda, živec, vápenec). Jedná se o přírodní produkt, jehož součástí jsou roztavená skleněná vlákna. Tato skleněná vlákna jsou dále splstěna a spojena pojivem na bázi polymerních pryskyřic. Jedná se o velmi dobrý tepelný, ale i zvukový izolant, který zároveň vyniká vysokou propustností vodních par a trvalou odolností proti vzdušné i kapilární vlhkosti. Výhodou oproti jiným materiálům je

lepší pružnost a chemická a teplotní odolnost skelné vaty. Velkou výhodou je snížení rizika vzniku trhlin na fasádě díky malé teplotní roztažnosti vlivem teplotních změn.

Skelná vata je zdravotně nezávadná a šetrná k přírodě, je chemicky neutrální a nevyvolává korozi. Tento materiál zabraňuje množení bakterií a hub. Dodává se v rolích nebo deskách, podle typu zateplení. Jelikož se stlačitelná a ohebná, umožňuje dokonalé provádění izolace tepelných mostů. Za nevýhodu je považován fakt, že se při manipulaci ze skelné vaty odlamuje malé procento vláken, částičky pak působí dráždivě na pokožku, oči i dýchací cesty. Při manipulaci se skelnou vatou je dobré být vybaven rukavicemi a respirátorem. (5)



*Obrázek 6 Minerální vata Kanuf Insulation Mineral Plus EXT 035 (4)*

Skelná vata této firmy se vyrábí až z 80 % z recyklovaného skla, má zlatý certifikát Errofins za kvalitu vzduchu v interiéru a je bez formaldehydu, umělých barviv a akrylátů. Díky ECOSE Technology se lépe řeže a má příjemnější vůni než dřívější typy této izolace. Tato izolace se vyznačuje vysokou pružností a zvýšenou hydrofobizací. Izolace se dodává v deskách. (4)(3)

## **1.10.5 Polystyrenové izolace**

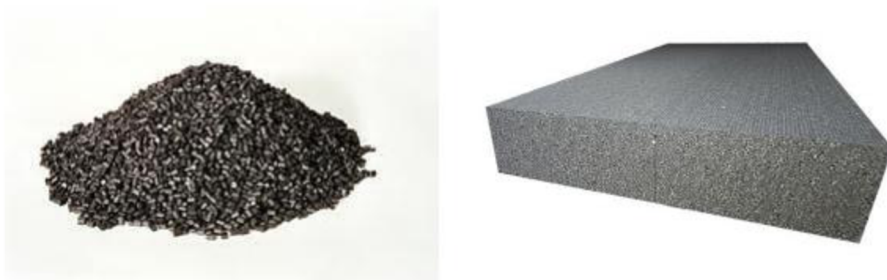
### ***Expandovaný polystyren EPS***

Nejznámější výrobek tohoto druhu, a sice pěnový polystyrén řezaný z vypěněných kvádrů. Tento materiál má několik nepříznivých vlastností, pro něž se o něm traduje, že se časem ztrácí. To jsou však pouze laická vyjádření důsledků těchto vlastností. První z nich je smršťování do původního nenapěněného stavu. Tato tvarová změna je závislá na teplotě a na čase, která uplynula od výroby.

Při běžných teplotách se tento proces zastaví po několika týdnech. Objemově stabilizovaný pěnový polystyrén je tedy ten, který po vypěnění ležel určitou dobu ve skladu a teprve potom byl rozřezán na desky. Jeho druhou nepříznivou vlastností je, že snáší pouze omezenou teplotu. Výrobce uvádí 85 °C. Poslední nepříznivou vlastností je, že je rozpustný organickými rozpouštědly. Tam, kde tyto vlivy nejsou, není třeba se obávat, že by se v průběhu doby tento materiál „ztratil“. Nedoporučuje se jej používat pro zateplování velmi tmavých fasád orientovaných ke slunečnímu záření a dále například na tepelnou izolaci atiky a parapetů. (3)(8)

### ***Grafitový polystyren EPS***

Jedná se novou generaci stavebně izolačního materiálu, jde o klasický fasádní polystyren, ovšem s příměsí grafitových částí, které slouží jako absorbér infračerveného záření. Tímto dochází k odrazu tepelného záření zpět ke zdroji. Grafit se vyznačuje odolností vůči vysokým teplotám a to znamená v případě použití v tepelné izolaci, zvýšení účinku tepelné izolace. Vylepšují se tepelně izolační vlastnosti a je tím pádem možné při použití grafitových částí snížit tloušťku izolantu až o 20 %. (7)(6)(3)



*Obrázek 7 Grafitový polystyren EPS (6)*

### ***Expandovaný polystyren rozvolněný a plněný do forem***

Expandované polystyrenové kuličky jsou někdy dodávány s příměsí proti škůdcům. Vyrábí se ze samozhášlivého polystyrenu, napěněním polystyrenového perlitu. Lze využít materiálový základ bílý polystyren či grafitový polystyren. Materiál je rozvolněný, není stlačen do desek. Aplikuje se foukáním do dutin (3)

Expandovaný polystyren plněný do forem má uzavřenou buněčnou strukturu a proto je velmi málo nasákavý. Obvykle bývá pevnější než pěnový polystyrén řezaný z bloků a také dražší. Od pěnového polystyrénu řezaného z bloků se obvykle pozná tak, že má na povrchu plastický název výrobku, firmy, která jej vyrobila, nebo alespoň znatelný výstupek vzniklý nedokonalým spojením jednotlivých dílů formy. Výrobek se dále nedělí. Na rozdíl od EPS má uzavřenou strukturu povrchu. Desky mají často povrch drážkovaný (drenážní) či jinak profilovaný, popřípadě upravené hrany do tvaru polodrážky apod. (3)(8)

### ***Extrudovaný polystyren XPS***

Na rozdíl od EPS má tento polystyren uzavřenou buněčnou strukturu, tím pádem má lepší mechanické vlastnosti a je nenasákavý. Při rozlomení se nedrolí na jednotlivé kuličky, naopak má stejnorodou strukturu vzduchových bublinek. (3)(8)



### ***Vysokopevnostní polystyren***

Jedná se o materiál na bázi polystyrenu, strukturou připomínající pemzu nebo sádku. Pro svou vysokou pevnost v tlaku (pevnost kompaktního polystyrenu až 10 MPa, pro srovnání EPS: 0,1 – 0,2 MPa) se využívá ke složitě řešitelným detailům, především k přerušení bodových tepelných mostů. Patří k dražším typům izolace. Lze do něj kotvit a šroubovat nebo opírat například prvky zábradlí, nosných roštů fasád, markýzy apod. (3)

## **1.11 METODY SESTAVENÍ ROZPOČTU**

### **1.11.1 Stanovení rozpočtu**

#### ***Rozpočet v agregovaných cenách***

Podobně jako jednotkových cen lze pro rozpočet využít i cen agregovaných. Tvorba ceníku agregovaných položek je poměrně složitá záležitost. Specializované firmy proto vytvářejí různé ceníky agregovaných položek. V současné době je cílem mnoha zhotovitelů zpracovat vlastní ceníky agregovaných cen. Prvotním úkolem přitom je zpracování popisovníků agregovaných cen. Využívání podrobných popisovníků uplatněných v katalogích cen stavebních prací (9 míst) je pro sestavování nabídkových cen příliš pracné. (21)

#### ***Souhrnný rozpočet***

Souhrnný rozpočet sestavuje investor pro výpočet celkové ceny stavebního díla. Tato cena je vstupní informací pro propočet efektivnosti zamýšlené investice. Zahrnuje všechny náklady stavebního díla /stavby/stavebního objektu počínaje přípravou, provedením a předáním uživateli/investorovi/objednateli. Probíhající procesy jsou rozděleny do jednotlivých kapitol – hlav. Podle charakteru procesu je zvolen postup ocenění. Mezi nejvýznamnější patří ocenění stavební části, pro kterou se sestaví dílčí rozpočet.

Náklady vyjádřené v souhrnném rozpočtu mají význam pro další propočty efektivnosti investic. Pro účely hodnocení investic se celkové náklady stavby nazývají jednorázové náklady. (21)

## ***Rozpočet pomocí rozpočtových ukazatelů***

Rozpočtové ukazatele slouží ke zjednodušení rozpočtování (zejména pro cenovou nabídku), ke zjednodušení přípravy staveb a jejich provádění a také k ohodnocování činností při zracování časového plánu stavby (tzv. síťového grafu).

Využití těchto ukazatelů spočívá v porovnání již realizovaných stavebních objektů s nově připravovanými. Ukazatelé tedy musí být vztaženy na vhodnou měrnou jednotku.

Jednotky rozdělujeme na:

- Účelové (1 bytová jednotka, 1 člověk, 1 stůl apod.),
- Technické ( $m^3$  obestavěného prostoru (OP),  $m^2$  zastavěné plochy (ZP),  $m^2$  užitné plochy apod). (21)

## **1.12 NOVÁ ZELENÁ ÚSPORÁM**

### **1.12.1 O programu**

Program Ministerstva životního prostředí, administrovaný Státním fondem životního prostředí ČR (dále jen „Fond“), podporuje energeticky úsporné rekonstrukce rodinných domů a bytových domů, výměnu nevyhovujících zdrojů na vytápění a využívání obnovitelných zdrojů energie. Představuje ekonomicky nejlepší prorůstové opatření pro českou ekonomiku, pro rozvoj podnikatelské sféry ve stavebnictví, strojírenství a dalších souvisejících oborech. Významným efektem programu Nová zelená úsporám (dále jen „Program“) je také tvorba nebo udržení desítek tisíc pracovních míst. (29)

Hlavním cílem Programu je zlepšení stavu životního prostředí snížením produkce emisí znečišťujících látek a skleníkových plynů (především emisí  $CO_2$ ), dále pak úspora energie v konečné spotřebě a stimulace ekonomiky ČR s dalšími sociálními přínosy, kterými jsou například zvýšení kvality bydlení občanů, zlepšení vzhledu měst a obcí, nastartování dlouhodobých progresivních trendů.

Česká republika získala na tento program finanční prostředky prodejem tzv. emisních povolenek EUA (European Union Allowance) dle zákona č. 383/2012 Sb., o podmínkách obchodování s povolenkami na emise skleníkových plynů, ve znění

pozdějších předpisů v rámci EU ETS v období 2013 – 2020. Financování Programu probíhá přes státní rozpočet ČR. (29)

### **1.12.2 Oblasti podpory pro rodinné domy**

V rámci Výzvy jsou podporována opatření v následujících oblastech podpory, které jsou podrobněji specifikovány v závazných pokynech:

- A – Snižování energetické náročnosti stávajících rodinných domů

Snižování energetické náročnosti stávajících bytových domů. Dotace na zateplení obálky budovy - výměnou oken a dveří, zateplením obvodových stěn, střechy, stropu, podlahy. Tato opatření lze vhodně kombinovat s výměnou neekologických zdrojů tepla za efektivní, ekologicky šetrné zdroje, instalací technologií využívajících obnovitelné zdroje energie a zpětného získávání tepla z odpadního vzduchu a další.

- B – Výstavba rodinných domů s velmi nízkou energetickou náročností

Výstavba rodinných domů s velmi nízkou energetickou náročností. Tzn. dotace na výstavbu rodinných domů s velmi nízkou energetickou náročností, dotace na výstavbu zelených střech a dotace na využití tepla z odpadní vody

- C – Efektivní využití zdrojů energie

Efektivní využití zdrojů energie, a to zejména na výměnu původního hlavního zdroje na tuhá fosilní paliva nedosahující parametrů 3. emisní třídy za efektivní ekologicky šetrné zdroje, dále na výměnu elektrického vytápění za systémy s tepelným čerpadlem, na výměnu plynového vytápění za plynová tepelná čerpadla, na instalaci solárních termických a fotovoltaických systémů, na instalaci systémů nuceného větrání se zpětným získáváním tepla z odpadního vzduchu a na využití tepla z odpadní vody. (29)

### **1.12.3 Kdo a kdy může o podporu požádat**

V rámci Programu jsou podporována opatření, která vedou ke snížení energetické náročnosti budov, a to zejména formou zateplení obvodových plášťů a výměny výplní stavebních otvorů (oken a dveří). Dále je podporována výstavba nových budov s velmi nízkou energetickou náročností (budov blížící se pasivnímu

standardu), výměna neekologických zdrojů tepla za efektivní, ekologicky šetrné zdroje (například kotel na biomasu, tepelné čerpadlo nebo plynový kondenzační kotel) a instalace technologií využívajících obnovitelné zdroje energie a rekuperace tepla z odpadního vzduchu (solární termické a fotovoltaické systémy a jednotky nuceného větrání s rekuperací), a rovněž realizace zelených střech. Princip přiznání výše dotace je velmi jednoduchý. Čím více je snížena energetická náročnost budovy po realizaci opatření, tím větší je i míra finanční podpory. (29)

Oprávněnými žadateli a příjemci podpory jsou vlastníci nebo stavebníci rodinných a bytových domů, tedy například:

- fyzické osoby podnikající i nepodnikající,
- společenství vlastníků jednotek,
- bytová družstva,
- města a obce (včetně městských částí),
- podnikatelské subjekty,
- případně další právnické osoby. (29)

#### **1.12.4 Oblast podpory A**

Jelikož se tato diplomová práce zabývá zateplením rodinného domu, spadá tento rodinný dům do oblasti podpory A, která se dělí na podoblasti A.0, A.1, A.2 a A.3. Podle zjednodušené výpočtové kalkulačky se dá zjistit, do které podoblasti rodinný dům spadá. Kritéria pro rozdělení do podoblastí jsou uvedena v následující tabulce:

Tabulka 4 Požadované parametry v oblasti A (29)

Sledovaný parametr	Označení [jednotky]	A.0	A.1	A.2	A.3
Měrná roční potřeba tepla na vytápění po realizaci	$E_A$ [kWh.m <sup>-2</sup> .rok <sup>-1</sup> ]	bez požadavku	≤ 90	≤ 55	≤ 35
<b>nebo</b>			<b>nebo</b>		
Průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy	$U_{em}$ [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> ]		≤ 0,95 $U_{em,R}$	≤ 0,85 $U_{em,R}$	≤ 0,75 $U_{em,R}$
Měněné stavební prvky obálky budovy	$U$ [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> ]	$U \leq 0,9 * U_{rec}^{1)}$	dle požadavku ČSN 73 0540-2 a vyhl. č. 78/2013 Sb.		
Procentní snížení vypočtené měrné roční potřeby tepla na vytápění $E_A$ oproti stavu před realizací opatření	[%]	≥ 20% ≥ 10% <sup>2)</sup>	≥ 40%	≥ 50%	≥ 60%
Povinný systém řízeného větrání se zpětným získáváním tepla splňujícího podmínky pro podoblast podpory C.4 <sup>3)</sup>	[-]	ne	ne	ne	ano <sup>4)</sup>

Tabulka 5 Výše podpory v oblasti podpory A (29)

Typ konstrukce	Podoblast podpory		
	A.0 a A.1 (Kč/m <sup>2</sup> )	A.2 (Kč/m <sup>2</sup> )	A.3 (Kč/m <sup>2</sup> )
Obvodové stěny, průsvitné i neprůsvitné obvodové konstrukce obytných zimních zahrad, lehké obvodové pláště, střechy, stropy, podlahy nad exteriérem a ostatní konstrukce	500	600	800
Výplně stavebních otvorů dle definice v kapitole 11	2 100	2 750	3 800
Podlahy na terénu	700	900	1 200

Tabulka 6 Koeficienty upravující výši podpory v oblasti podpory A pro jednotlivé kce (29)

Popis	Podmínky	Koeficient k
Budovy a konstrukce bez zvýhodnění	–	1,0
RD v Moravskoslezském, Ústeckém nebo Karlovarském kraji	kapitola 2.1 písm. n)	1,1
Památkově chráněná budova	kapitola 2.2.4	1,3
Použití materiálů s vydaným environmentálním prohlášením typu III	kapitola 2.2.5	1,05

Uplatní-li se více koeficientů „k“ současně, je výsledný koeficient pro stanovení výše podpory roven součinu dílčích koeficientů. Maximální hodnota výsledného koeficientu je 1,50.

## 1.13 EKONOMICKÁ NÁVRATNOST INVESTICE

### 1.13.1 Statické metody pro hodnocení investic

#### *Doba návratnosti*

Dobou návratnosti (Payback method) rozumíme počet let, za které projekt vytvoří výnosy R ve výši investovaných nákladů projektu. Pokud jsou výnosy R v jednotlivých letech konstantní, lze dobu návratnosti stanovit jednoduchým podílem investičních nákladů (IC) a ročního výnosu R. (22)

Výnosy jsou v tomto případě úspory za energii a investiční náklady jsou náklady na zateplení rodinného domu. Jedná se o nejméně přesnou metodu doby návratnosti investic. V této práci je vyhodnocena prostá a reálná doba návratnosti. V reálné době návratnosti je zohledněn odhad vývoje ceny plynu.

### 1.13.2 Dynamické metody pro hodnocení investic

#### *Dynamická doba návratnosti*

Tato návratnost se od reálné doby návratnosti liší tím, že roční výnosy (R) jsou diskontované mírou kapitalizace pro rodinné domy.

#### *Čistá současná hodnota (NPV – net present value)*

Výpočet čisté současné hodnoty spočívá v odpočtu kapitálových výdajů od současné hodnoty peněžních toků, které jsou v souvislosti s pořízením investice do budoucna očekávány. Současná hodnota budoucích peněžních toků je přitom determinována diskontováním těchto peněžních toků diskontní mírou, která odpovídá požadované míře zhodnocení kapitálu vázaného v dané investici. Je tedy možné ji vyjádřit jako:

$$NPV = \text{současná hodnota budoucích peněžních toků} - \text{počáteční výdaje} \quad (44)$$

Čistou současnou hodnotu lze také vyjádřit vzorcem:

$$NPV = \sum_{t=1}^N \frac{CF_t}{(1+i)^t} - KV$$

*NPV* ... čistá současná hodnota,

*KV* ... kapitálový výdaj [Kč],

*N* ... doba životnosti investice,

*t* ... jednotlivé roky životnosti investice,

*i* ... diskontní sazba investičního projektu,

*CF<sub>t</sub>* ... cash flow z investice v jednotlivých letech [Kč].

Výsledky této metody mohou být:

*NPV* > 0 ... investice je efektivní,

*NPV* = 0 ... výnos je roven investičním nákladům,

*NPV* < 0 ... investice je neefektivní.

(41)

## 1.14 OCENĚNÍ NEMOVITOSTI

Podle současných oceňovacích předpisů. Konkrétně podle:

- Zákon č. 151/1997 Sb., o oceňování majetku a o změně některých zákonů (zákon o oceňování majetku), ve znění zákona č. 121/2000 Sb., č. 237/2004 Sb., č. 257/2004 Sb., č. 296/2007 Sb., č. 188/2011 Sb., č. 350/2012 Sb., č. 303/2013 Sb., č. 340/2013 Sb., č. 344/2013 Sb., č. 228/2014 Sb. a č. 225/2017 Sb. – pracovní úplné znění
- Vyhláška č. 441/2013 Sb., k provedení zákona o oceňování majetku (oceňovací vyhláška), ve znění vyhlášky č. 199/2014 Sb., vyhlášky č. 345/2015 Sb., vyhlášky č. 53/2016 Sb., vyhlášky č. 443/2016 Sb. a vyhlášky č. 457/2017 Sb. – pracovní úplné znění.

### ***Nákladové ocenění domu***

Princip nákladového ocenění spočívá v tom, že základní cenu, která je uvedena v příslušné příloze vyhlášky podle druhu stavby, se upraví koeficienty. Tato přepočtená základní cena se dále vynásobí počtem měrných jednotek a tím se zjistí cena nové stavby. Od této ceny se odečte opotřebení. U všech staveb oceňovaných nákladově se základní cena upravuje koeficienty  $K_5$ ,  $K_i$  a  $K_p$ .

Je-li na stavbě provedena rekonstrukce, nástavba nebo přístavba, opotřebení stavby se stanovuje analytickou metodou. Výpočet opotřebení analytickou metodou vychází ze stanovení objemových podílů konstrukcí a vybavení.

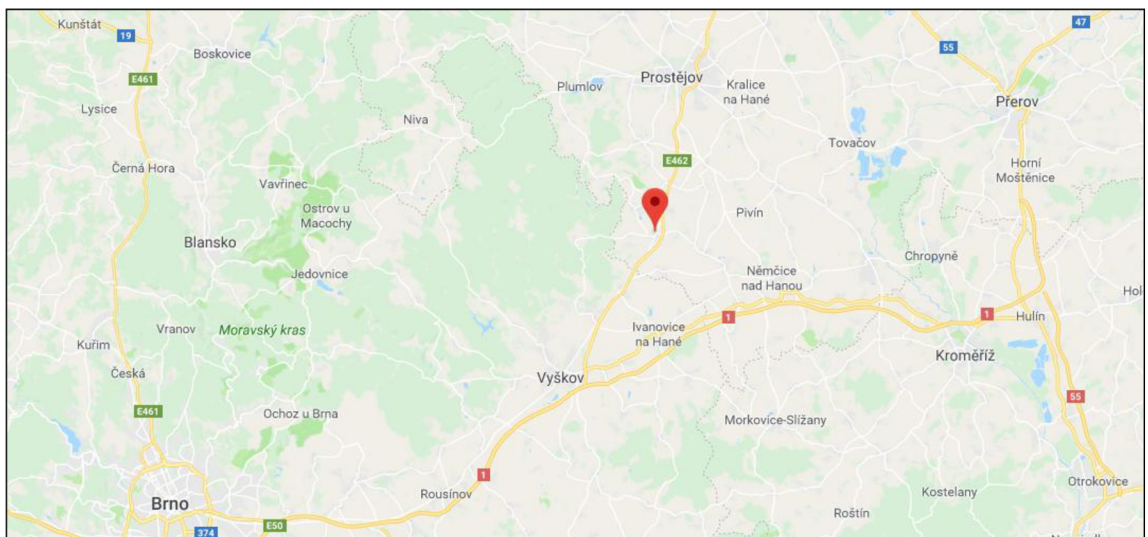


# PRAKTICKÁ ČÁST

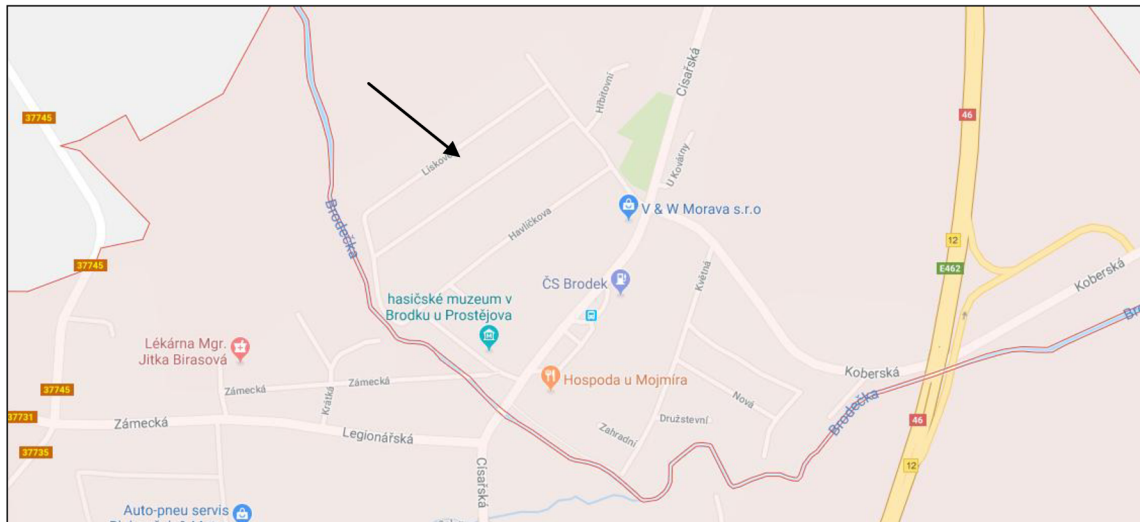
## 1.15 POPIS STAVBY

### 1.15.1 Základní popis stavby

Pro tuto diplomovou práci byla vybrána stavba rodinného domu v Brodce u Prostějova, který se nachází v okrese Prostějov v Olomouckém kraji. Rodinný dům se nachází v severozápadní části obce na parcele č. 300 k.ú. Brodek u Prostějova a ke stavbě náleží zahrada, pozemek s parcelním číslem 301 k.ú. Brodek u Prostějova. Jedná se o obytný dům o jedné bytové jednotce postaven v roce 1971. Stavba je v původním stavu, kromě výměny původních oken za okna plastová. Dům je v dobrém, udržovaném stavu. (9) (10)



Obrázek 8 Poloha městyse Brodek u Prostějova v okrese Prostějov (10)



Obrázek 9 Poloha RD v městyse Brodek u Prostějova (10)



Obrázek 10 Katastrální mapa pozemku se stavbou (9)



*Obrázek 11 Fotografie rodinného domu (vlastní fotografie)*



*Obrázek 12 Fotografie rodinného domu – přední část, pohled z příjezdové komunikace (vlastní fotografie)*

### 1.15.2 Konstrukční řešení stavby

Rodinný dům o jedné bytové jednotce, který má pravidelný půdorys, sestává ze suterénu, dvou nadzemních podlaží a neobydlených půdních prostor. Půdorysné rozměry jsou  $10,50 \times 9,50$  m a  $3,0 \times 1,8$  m. Střecha je valbová se sklonem  $35^\circ$  a složená z pálených tašek. Rodinný dům je postaven z pálených cihel, obvodové zdivo z cihel tl. 45 cm. Základy z prostého betonu proloženého kamenem. Objekt se nachází na rovinném terénu. (9)(25)

#### **Popis domu:**

*Tabulka 7 Popis domu (25)*

Typ:	5+1
Orientace obytných místností ke světovým stranám:	jihovýchod, severovýchod
Zastavěná plocha:	105,15 m <sup>2</sup>
Podlahová plocha:	185,5 m <sup>2</sup>
Objem budovy	610,5 m <sup>3</sup>
Obálka budovy	459,6 m <sup>2</sup>

#### **Dispoziční řešení**

Vstupními dveřmi se vchází do předsině, která vede do chodby. Z chodby je přístup do neprůchozích jednoho neprůchozího pokoje, koupelny s odděleným WC, kuchyně, obývacího pokoje a na schodiště. V druhém nadzemním podlaží je jeden samostatný pokoj a dva průchozí pokoje. (25)

#### **Konstrukční řešení**

Základy: *prostý beton s kamenem*

Svislé nosné konstrukce: *plné pálené cihly tl. 45 cm*

Svislé nenosné konstrukce: *plné pálené cihly tl. 10 cm*

Stropy: *desky Hurdis, desky PZD*

Krov, střecha: *valbová, dřevěný krov*

Dveře: *vnější dveře dřevěné částečně prosklené, vnitřní dřevěné plné*

Okna: *plastová, nová s izolačním dvojsklem*

Vytápění: *vlastní plynový kotel v suterénu, otopná tělesa*

Elektroinstalace: *světelná elektroinstalace (230V)*

Ohřev vody: *kombinovaný - vlastní plynový kotel v suterénu a elektřina (25)*

## **1.16 NÁVRH VHODNÝCH VARIANT PRO ZATEPLENÍ**

Pro tuto diplomovou práci byly vybrány 3 varianty zateplení obvodových stěn domu. Materiály pro zateplení byly zvoleny jak přírodní, tak syntetické. Byly vybrány dvě firmy vyrábějící tepelnou izolaci a konstrukce pro zateplování. Pro zateplení byla vybrána technologie pro vnější kontaktní zateplovací systém ETICS. Jako dodavatelská firma systému ETICS byla vybrána společnost Weber, Saint-Gobain Construction Products CZ a.s.

Do výšky 1 m nad terén (soklová část) a do 1 m pod terén byl navrhnout XPS polystyrén, toto zateplení z části zateplí suterén a navíc je XPS polystyrén odolnější, tudíž se používá v soklové části domu. XPS polystyrén je u všech variant zateplení stejný a má tloušťku vždy o 2 cm menší než je tloušťka zateplení navrhované varianty. Byla použita zakládací lišta s okapní hranou, která zajišťuje, aby voda stékající po fasádě po okapní hraně odkapávala a nestékala na soklovou část. Další hledisko použití XPS polystyrénu je estetické hledisko, je zde použita dekorativní úprava marmolit.

Zástupce za variantu minerální vlny byla vybrána čedičová minerální vlna značky KNAUF INSULATION. Konkrétně je jedná o typ SMARTwall NC2.

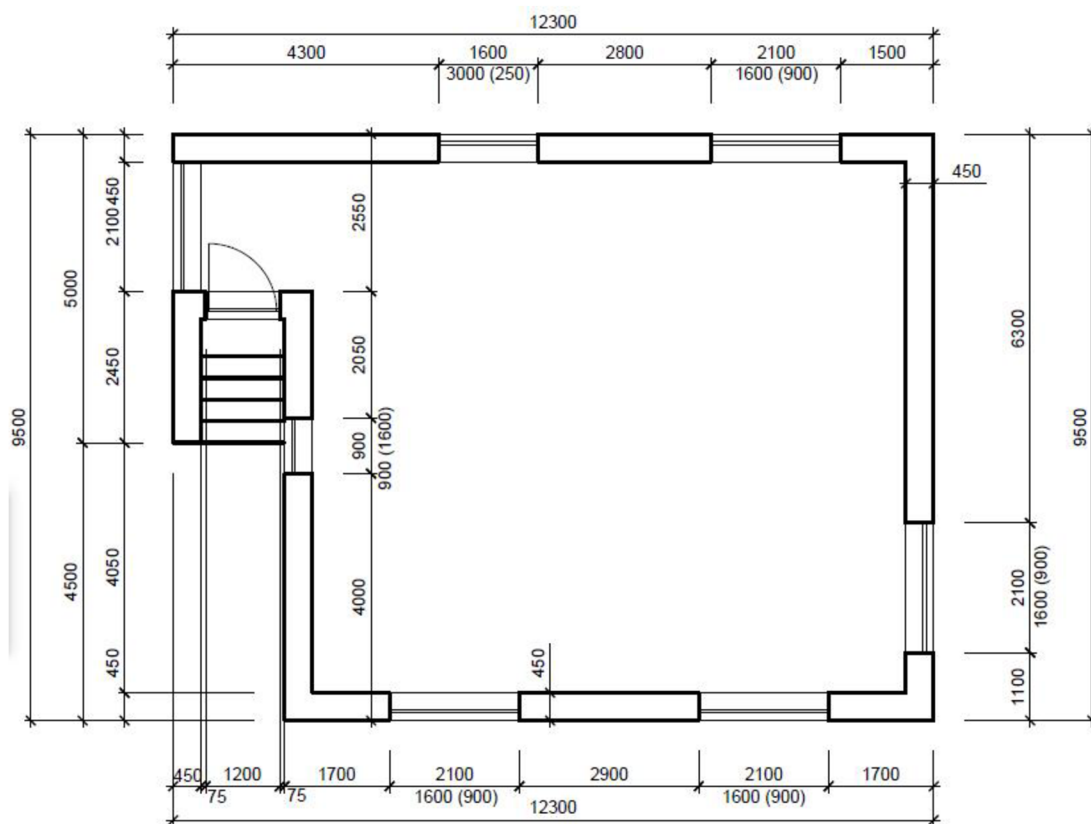
Jako druhý materiál byly konkrétně zvoleny tepelně izolační desky z pěnového polystyrenu od firmy Styrotrade s názvem Styro EPS 70F. (7)

Poslední byl vybrán izolant také od firmy Styrotrade, konkrétně typ Styrotherm Plus 70. Jedná se o grafitové izolační desky.

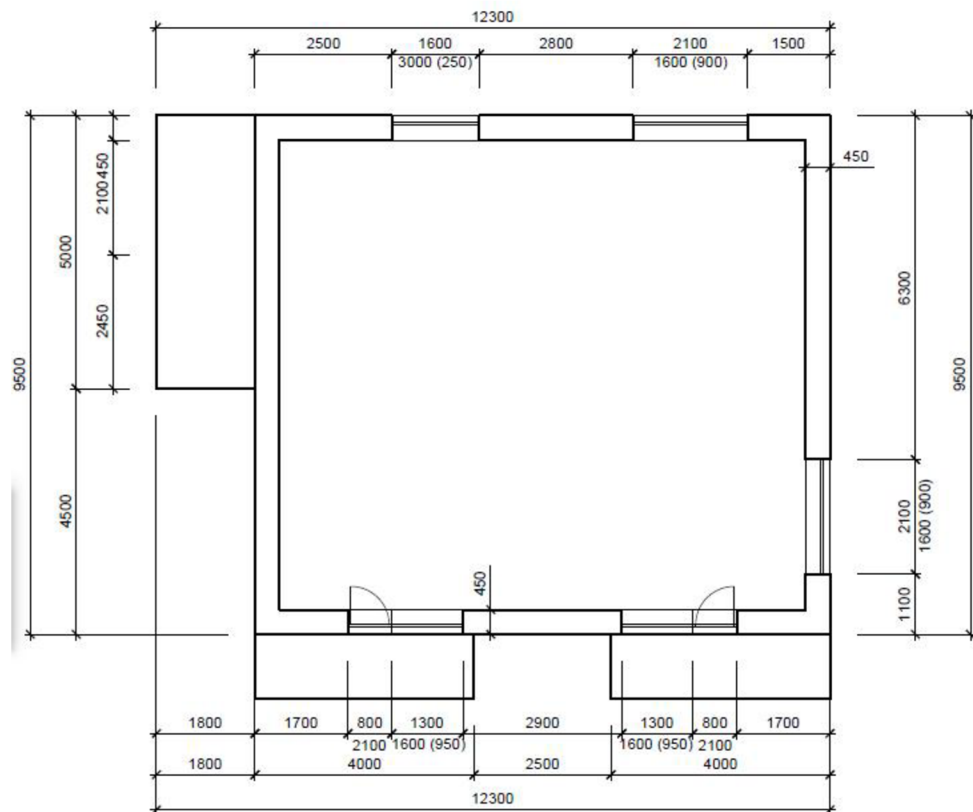
Zateplení stropu pod nevytápěným půdním prostorem bylo vždy navrženo podle zvolené varianty. Při zateplení minerální vlnou byla navržena Knauf PTN.

U druhé varianty se k EPS od značky Styrotrade navrhl polystyren stejné značky, ale s větší pevností přímo určený na podlahy a pochůzné plochy. Jedná se o typ EPS 100 S vhodný pro zateplení podlah. Pro třetí variantu byl vybrán šedý polystyren Styrotherm Plus 100.

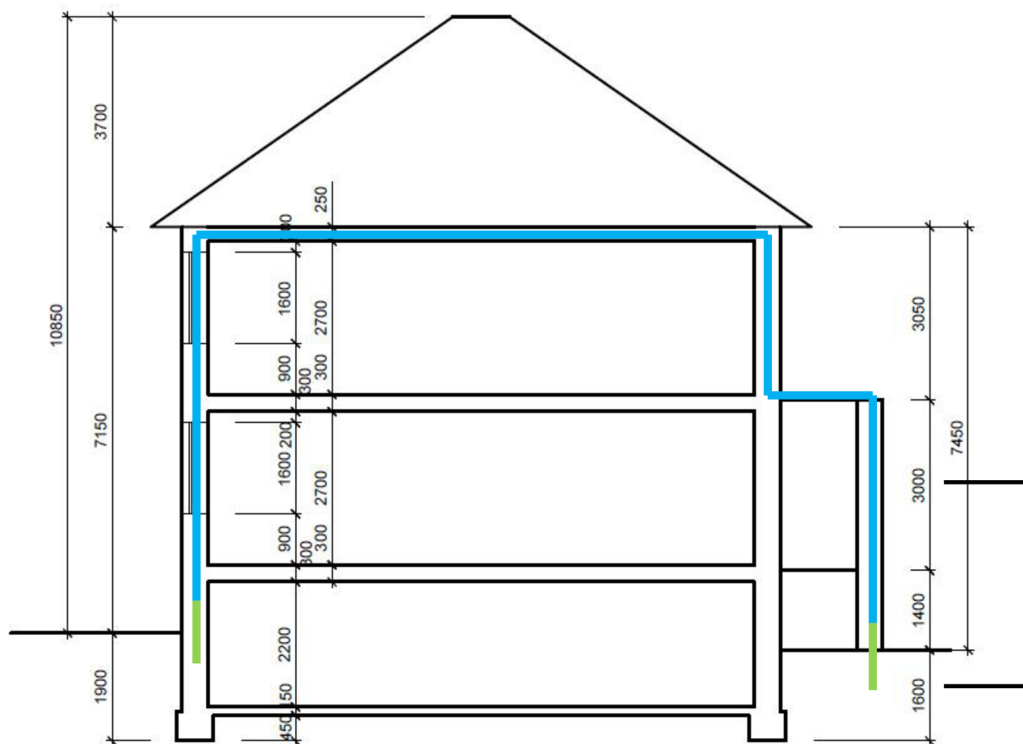
Ve schématu řezu je znázorněno umístění XPS polystyrenu a dané varianty zateplení. Dále schéma domu slouží pro výpočet obálky budovy. Přesné rozměry budovy lze získat z původní projektové dokumentace, která je doložena v přílohách této práce. Tato původní projektová dokumentace avšak neodpovídá skutečnosti.



Obrázek 13 Schéma 1. NP



Obrázek 14 Schéma 2. NP



Obrázek 15 Schéma řezu domu (Zeleně XPS polystyren, modře zateplení dle varianty)

## 1.17 VÝPOČET SOUČINITELE PROSTUPU TEPLA

Při výpočtu jsou použity údaje vycházející z normy ČSN 730540 a jsou zapsány v následující tabulce. K výpočtům byl použit výpočetní program ze serveru tzb-info.cz. Údaje o rozměrech stávajících materiálu byly zjištěny v projektové dokumentaci stavby a místním šetřením (schémata). Podrobné výpočty jsou v příloze tohoto dokumentu.

Pro posouzení vhodnosti typu tepelné izolace a její tloušťky je kontrolována podmínka z normy ČSN 730540. Hodnota součinitele prostupu tepla  $U$  musí být menší nebo rovna požadované hodnotě součinitele prostupu tepla  $U_N$ .

Pro výpočet použijeme vzorec:

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

$\lambda$  ... součinitel tepelné vodivosti [ $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ ],

$R_{si}$  ... tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřní straně [ $m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$ ],

$R_{se}$  ... tepelný odpor při přestupu tepla na vnější straně [ $m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$ ],

$d$  ... tloušťka konstrukce [ $m$ ]. (17)

### 1.17.1 Výpočet součinitele prostupu tepla původní konstrukce domu

#### **Cihelné zdivo**

Obvodová stěna tl. 44 cm z plných pálených cihel má součinitel tepelné vodivosti  $\lambda = 0,78 [W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}]$  (16). Původní konstrukce je nezateplená. Cihelné zdivo je oboustranně omítnuto, tloušťka omítky je 15 mm.

#### **Stropy**

Stropy jsou provedeny z desek Hurdis vložených na keramické patky do ocelových I - nosičů č. 16. Na desky Hurdis byla provedena roznášecí betonová mazanina z betonu C20/25. Skladba stropů je zaznačena v projektové dokumentaci stavby.



Strop nad verandou je součástí ploché střechy. V projektové dokumentaci skladba této ploché střechy nebyla zaznamenána, budeme tedy uvažovat nosnou kci jako u předchozího stropu (desky Hurdis). Přidána byla spádová vrstva a hydroizolace zhotovená z asfaltových pásů.

### ***Podlaha***

Podlahou jsou myšleny vrstvy nad nosnou konstrukcí a nášlapné vrstvy podlah. Je provedena z desek PZD na I – nosičů č. 18. Skladba podlahy je zaznačena v projektové dokumentaci stavby.

### ***Okna***

Okna byla vyměněna v roce 2008. Jedná se o standardní plastová okna s izolačním dvojsklem.

### ***Dveře***

Původní vchodové dveře jsou dřevěná a částečně prosklená. Tyto dveře budou nahrazeny dveřmi vchodovými dvoukřídlymi (pravé, PREMIUM 1380 × 2080 mm). Jedná se o dveře z internetového obchodu skladova-okna.cz.

### ***Balkony***

Nacházejí se zde dva balkony, jejich zateplení bude provedeno pouze na spodní straně konstrukce, izolace tohoto zateplení bude poloviční tloušťky než tloušťka izolace pro zateplení obvodových stěn.

Samotný výpočet součinitele prostupu tepla byl proveden v kalkulačce na webové stránce tzb-info.cz, výsledky jsou zaznamenány v následující tabulce:

Tabulka 8 Výsledky součinitele prostupu tepla původní konstrukce (35)

	<b>Vypočtená hodnota U [W·K<sup>-1</sup>·m<sup>-2</sup>]</b>	<b>Požadovaná hodnota U [W·K<sup>-1</sup>·m<sup>-2</sup>]</b>	<b>Vyhodnocení</b>
Cihelné zdivo	1,3622	0,3	Nevyhovuje
Strop	0,67	0,3	Nevyhovuje
Podlaha	1,41	0,6	Nevyhovuje
Okna	2,4	1,5	Nevyhovuje
Dveře	5,65	1,7	Nevyhovuje
Strop nad verandou	0,56	0,24	Nevyhovuje

Normovým požadavkům na součinitel prostupu tepla nevyhovuje ani jedna stávající konstrukce. Je tedy potřeba zvýšit její tepelný odpor a tím zmenšit jednotlivé prostupy tepla konstrukcemi. Jelikož okna byla měněna před 10 lety, nebudou se již měnit při zateplení domu. Výměna bude však potřeba u původních vchodových dveří, kde jsou tepelné ztráty největší. Tepelná izolace se bude provádět na obvodových stěnách a na stropě nad verandou i na stropě celého domu.

### 1.17.2 Varianta 1 – minerální vata

Zástupcem za variantu minerální vlny je minerální vlna značky KNAUF INSULATION. Jedná se o čedičovou vatu a konkrétně je to typ SMARTwall NC2 o tloušťce 120 mm. Používá se na vnější kontaktní zateplovací systém (ETICS). Tyto desky se používají i jako protipožární izolace, což je velká výhoda čedičových vláken.

#### **Výhody:**

Největší předností této tepelné izolace je její nehořlavost, jak již bylo zmíněno, dále pohlcování zvuku, což může být výhodou v rušných oblastech. Povrch

se silikátovým nástřikem usnadňujícím přilnutí k lepidlům a tmelům šetří čas při montáži. Jedná se o tvarově stálý materiál. (28)

Zateplení stropu bude provedeno z kamenné vlny značky KNAUF INSULATION typ PTN tloušťky 50 mm.

**Parametry:**

*Tabulka 9 Parametry varianty I. (28)*

<b>SMARTwall NC2</b>	<b>PTN 50 mm</b>
$\lambda = 0,034 \text{ [W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}]$	$\lambda = 0,035 \text{ [W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}]$
d = 120 mm (120 mm)	d = 50 mm

**1.17.3 Varianta 2 – EPS bílý**

Tepelně izolační desky z pěnového polystyrenu Styro EPS 70F určené pro kontaktní zateplovací systémy ETICS. Na zateplení stropu bude použit EPS 100S. (36)

**Parametry:**

*Tabulka 10 Parametry varianty II.(36)*

<b>EPS 70 F</b>	<b>EPS 100 S</b>
$\lambda = 0,039 \text{ [W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}]$	$\lambda = 0,037 \text{ [W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}]$
d = 120 mm (140 mm)	d = 100 mm

**1.17.4 Varianta 3 – EPS šedý**

Posledním zástupcem je izolant od firmy Styrotrade, konkrétně typ Styrotherm 70 Plus. Jedná se o grafitové izolační desky. Tloušťka izolace byla i zde zvolena 120 mm. Na zateplení stropu je použit EPS Styrotherm 100 Plus.

### Výhody:

Zachovává si vlastnosti polystyrénu bílého, ale má lepší teplotní odolnost. Může se používat na konstrukční systém ETICS. Měl by tedy při použití stejné tloušťky mít lepší součinitel prostupu tepla než bílý polystyren. (37)

### Parametry:

Tabulka 11 Parametry varianty III. (37)

EPS Styrotherm 70 Plus	EPS Styrotherm 100 Plus
$\lambda = 0,032 \text{ [W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}]$	$\lambda = 0,031 \text{ [W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}]$
d = 120 mm (100 mm)	d = 100 mm

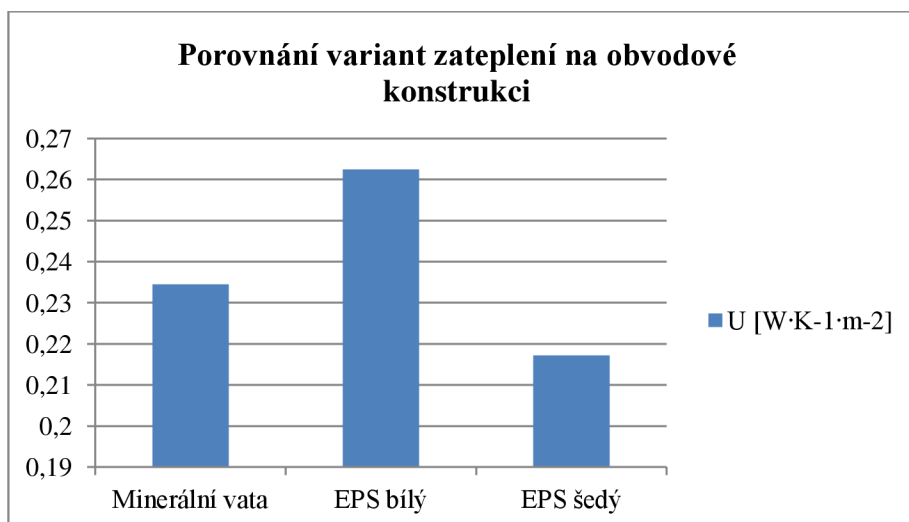
### 1.17.5 Porovnání variant

Tabulka 12 Výsledky a porovnání variant zateplení (35)

Varianta č.	Název	Tl. [mm]	U [W·K <sup>-1</sup> ·m <sup>-2</sup> ]	Požadované U [W·K <sup>-1</sup> ·m <sup>-2</sup> ]	Doporučené U [W·K <sup>-1</sup> ·m <sup>-2</sup> ]	Vyhodnocení	
1.	Minerální vata	Stěny	120	0,2345	0,30	0,25	Vyhovuje <b>doporučené</b> hodnotě
		Strop	50	0,28	0,30	0,20	Vyhovuje <b>požadované</b> hodnotě
		Strop nad verandou	50	0,24	0,24	0,16	Vyhovuje <b>požadované</b> hodnotě

2.	EPS bílý	Stěny	120	0,2624	0,3	0,25	Vyhovuje <b>požadované</b> hodnotě
		Strop	100	0,23	0,30	0,20	Vyhovuje <b>požadované</b> hodnotě
		Strop nad veran dou	100	0,22	0,24	0,16	Vyhovuje <b>doporučené</b> hodnotě
3.	EPS šedý	Stěny	120	0,2172	0,3	0,25	Vyhovuje <b>požadované</b> hodnotě
		Strop	100	0,21	0,30	0,20	Vyhovuje <b>požadované</b> hodnotě
		Strop nad veran dou	100	0,20	0,24	0,16	Vyhovuje <b>doporučené</b> hodnotě

V tabulce č. 12 jsou porovnány všechny sledované hodnoty součinitele prostupu tepla. Všechny tyto hodnoty vyhoví normové podmínce (požadované nebo doporučené). V následujícím grafu jsou porovnány pouze součinitele prostupu tepla obvodovou stěnou, jelikož zde budou tepelné ztráty největší.



*Graf 1 Porovnání variant zateplení na obvodové konstrukci*

Při výpočtu součinitele prostupu tepla  $U$  bylo zjištěno, že při stejné tloušťce zateplení má nejnižší, a tudíž nejlepší, hodnotu šedý polystyren firmy Styrotrade. Druhý materiál s také velmi dobrými výsledky je minerální čedičová vlna. Hranici doporučené hodnoty tohoto součinitele překročil bílý polystyren EPS. Všechny 3 varianty zateplení při tloušťce 120 mm splnily normou požadovanou hodnotu součinitele prostupu tepla  $U$ .

Pro další výpočty budou upraveny tloušťky vybraných izolačních materiálů, aby se snížila cena při dodržení doporučené hodnoty pro součinitel prostupu tepla. U čedičové minerální vlny tloušťka vyhovuje, takže se nebude pro další výpočet měnit. U bílého polystyrenu kvůli překročené hodnotě součinitele se bude tloušťka zvyšovat. U šedého polystyrenu se v rámci ušetření financí naopak bude tloušťka zmenšovat.

Tloušťky zateplení se nebudou měnit u provedení zateplení balkonu, stropu a ploché střechy.

## 1.18 VÝBĚR TLOUŠŤKY ZATEPLENÍ

Byla provedena změna tloušťky izolačního materiálu a přepočtené hodnoty součinitele prostupu tepla jsou uvedeny v následující tabulce:

Tabulka 13 Výběr tloušťky zateplení obvodové stěny (35)

Varianta č.	Materiál	Tloušťka [mm]	U [ $\text{W}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ ]
I.	minerální vata	120	0,2345
II.	EPS 70F	140	0,2312
III.	Styrotherm 70 Plus	100	0,2525

V rámci šetření nákladů na zateplení byla snížena tloušťka šedého polystyrenu na 100 mm. Ten i při této tloušťce vyhoví doporučené hodnotě prostupu tepla. Naopak tloušťka bílého polystyrenu se musela zvýšit na 140 mm, aby materiál dosáhl doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla. Pro všechny varianty bude sestaven položkový rozpočet a ze zjištěných údajů bude vybrán nejvhodnější materiál pro zateplení rodinného domu.

## 1.19 POLOŽKOVÝ ROZPOČET

### *Ceny materiálů*

Ceny byly zjištěny na webových stránkách stavbaonline.cz. Přírážka 20 % zahrnuje náklady na dopravu materiálu a poplatky na nižší objem zakázky. Ceny materiálů jsou platné ke květnu 2018.

V tabulce č. 7 jsou uvedeny ceny materiálů a jejich navýšení o 20 %. Tyto hodnoty jsou započteny v položkovém rozpočtu pro každou variantu. V dalších tabulkách jsou uvedené konečné ceny za zateplení a za výměnu vchodových dveří.

(31)

Tabulka 14 Ceny materiálů (31)(32)(33)

Varianta č.	Název	Kce	Tl. [mm]	Cena za m <sup>2</sup> s DPH [Kč]	Přirážka 20 %	Celková cena materiálu s DPH [Kč]
1.	Minerální vata	Stěny	120	590,96	20 %	709,15
		Strop	50	119,90		143,88
		Strop nad verandou	50	119,90		143,88
		Balkony	60	295,48		354,58
2.	EPS bílý	Stěny	140	168,84		202,61
		Strop	100	163,7		196,44
		Strop nad verandou	100	163,7		196,44
		Balkony	70	89,0		106,8
3.	EPS šedý	Stěny	100	165,2		198,24
		Strop	100	208,0		249,60
		Strop nad verandou	100	208,0		249,60
		Balkony	50	82,6		99,12

### ***Celkové náklady na zateplení z rozpočtu***

V programu BuildPower S (39) byly zjištěny náklady všech variant na zateplení a jsou uvedeny v následující tabulce č. 15. Podrobné položkové rozpočty jsou v příloze tohoto dokumentu.



Tabulka 15 Celkové náklady zateplení (39)

Varianta č.	Materiál	Cena včetně DPH [Kč]	Cena včetně DPH za m <sup>2</sup> [Kč]
I.	Minerální vlna	755 858 Kč	1411
II.	EPS 70F bílý	665 241 Kč	1101
III.	Styrotherm 70 Plus šedý	624 246 Kč	1053

Z tabulky je zřejmé, že náklady na zateplení, kde je použit jako tepelně izolační materiál polystyren, jsou téměř stejné. Je to dáno i úpravou tloušťky materiálu. Cena zateplení s minerální vatou je znatelně vyšší, jelikož minerální vata byla vždy dražší materiál než polystyren. Navíc v současné době je nedostatek minerální vlny. Cenové hladiny jsou vysoké, jelikož velká poptávka umožňuje výrobcům nabízet materiál téměř beze slev. (34)

## 1.20 TEPELNÉ ZTRÁTY

Tepelné ztráty byly vypočítány v programu Národní Kalkulační Nástroj II - NKN II (38). Propočítány byly všechny varianty a výsledky jsou v MWh za rok. Tyto výsledky jsou v následující tabulce č. 16 a veškeré podklady a výpočty jsou v příloze tohoto dokumentu.

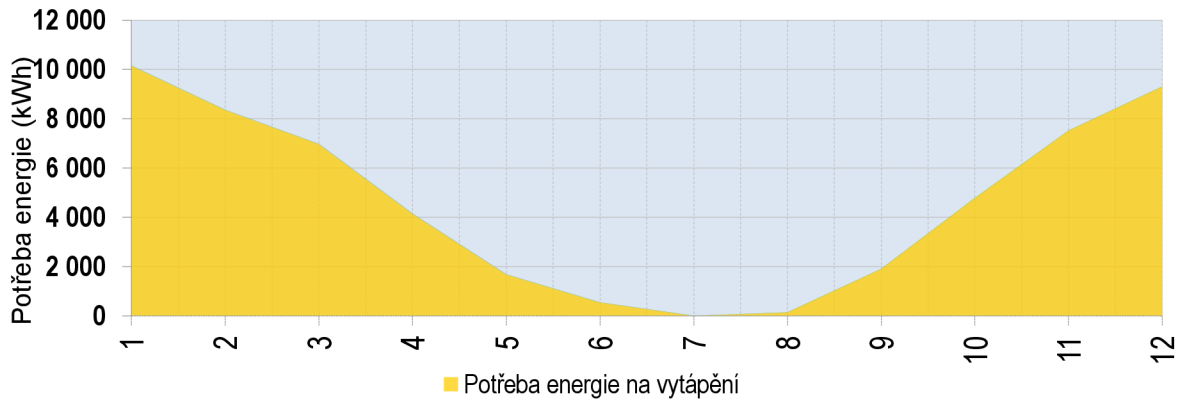
Tabulka 16 Tepelné ztráty (38)

Varianta č.	Materiál	Tepelné ztráty [MWh/rok]
I.	Minerální vlna	17,715
II.	EPS 70F bílý	17,343
II.	Styrotherm 70 Plus šedý	17,582
Původní kce	-	55,474

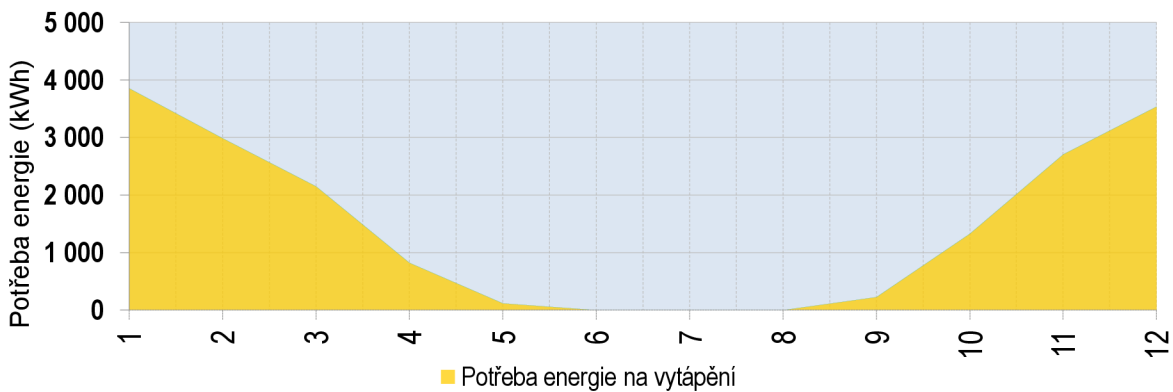
Vlivem zateplení tepelnou izolací klesla spotřeba energií na vytápění. Tepelné ztráty a tím i spotřeba energie na vytápění jsou u všech variant zateplení obdobné. Už

při těchto výsledcích je zřejmé, že spotřeba energií po zateplení je oproti původní spotřebě třetinová.

V dalších dvou grafech jsou rozloženy potřeby tepla na vytápění během jednoho roku. První graf znázorňuje potřebu energie u původní konstrukce bez zateplení, druhý graf ukazuje variantu I. Grafy variant II a III. jsou obdobné jako pro variantu I.



*Graf 2 Potřeba energie na vytápění před zateplením (38)*



*Graf 3 Potřeba energie zateplené konstrukce varianty I. (38)*

Z těchto dvou grafů je zřejmé vidět, že po zateplení jsou potřeby tepla za každý jeden měsíc menší. Navíc během teplejšího období v roce je nulová potřeba delší.

### 1.20.1 Spotřeba energie

Roční spotřeba energie byla vypočtena ze zjištěných ztrát uvedených v tabulce č. 9. Pro výpočet těchto spotřeb bylo potřebné zjistit cenu dodávky plynu pro vytápění rodinného domu.

Cena dodání plynu byla zjištěna podle celorepublikového průměru a činí 1,46 Kč/kWh za rok, což je v přepočtu 1460 Kč za MWh za rok. Na základě tohoto údaje je stanovena spotřeba energie pro původní konstrukci (bez tepelné izolace). Cena potřebované energie pro počítaný rodinný dům tedy činí 80 922 Kč. (30)(40)

Z rozdílů vypočtených tepelných ztrát domu před zateplením a po zateplení je možné zjistit úsporu za energie. Byly zhodnoceny všechny varianty a výsledky jsou v následující tabulce:

*Tabulka 17 Úspory po zateplení*

Varianta č.	Materiál	Cena [Kč]	Úspora [MWh]	Úspora [Kč]
I.	Mínerální vlna	1460	37,759	52 862,60
II.	EPS 70F bílý	1460	38,131	53 383,40
II.	Styrotherm 70 Plus šedý	1460	37,892	53 048,80

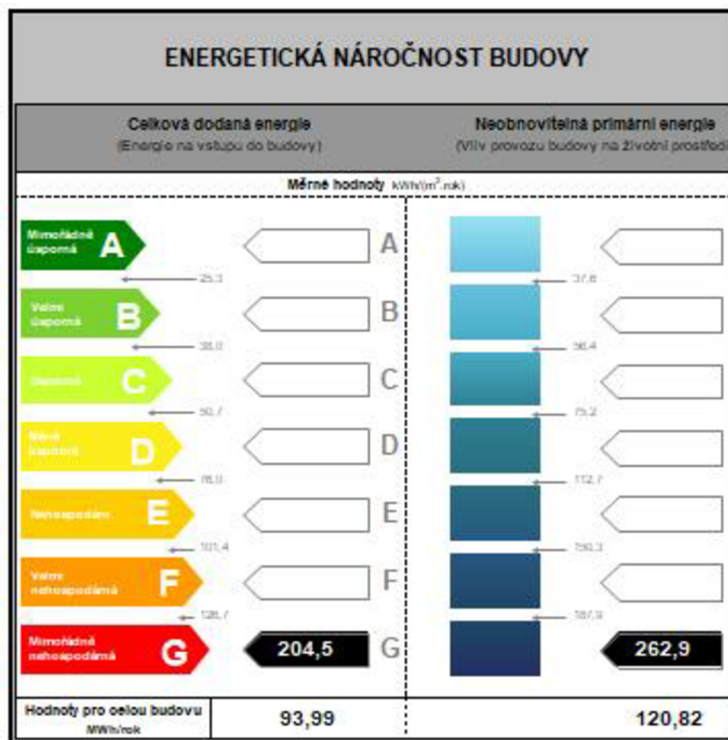
Jelikož jsou tepelné ztráty v důsledku zvoleného podobného součinitele prostupu tepla pro všechny varianty téměř bez rozdílu, jsou i úspory za energie velmi obdobné. To značí, že ve volbě nejlepší varianty bude nejdůležitější návratnost investice, protože náklady na zateplení se liší.

### 1.20.2 PENB

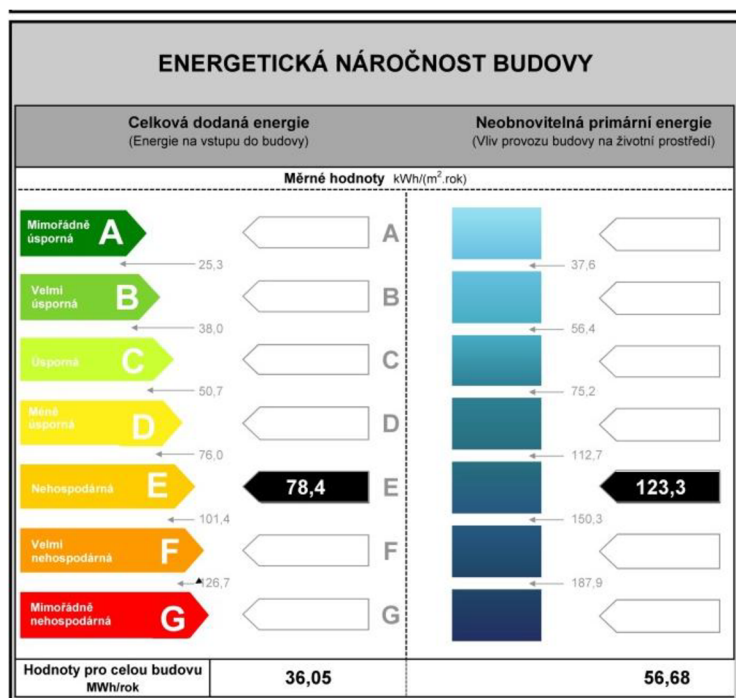
V programu NKN II byly kromě tepelných ztrát zjištěny i energetické náročnosti budov. Výsledkem jsou průkazy energetické náročnosti budov. Opět byly vyhodnoceny všechny varianty zateplení a porovnány s původní konstrukcí nezatepleného domu.

Hodnocený rodinný dům bez zateplení spadá do kategorie G – mimořádně neohospodárný. I když jsou započítána poměrně nová okna u původní konstrukce, tepelné ztráty prostupem jsou pořád natolik velké, že budova lepšího hodnocení nedosáhla.

Rodinný dům po zateplení spadá ve všech variantách do kategorie E – neohospodárná. Stále jsou prostupy tepla a tedy i tepelné ztráty u tohoto rodinného domu velké, i když o dvě kategorie lepší než původní součinitele prostupu tepla.



Obrázek 16 PENB nezatepleného domu



Obrázek 17 PENB RD po zateplení variantou I., varianty II. a III. jsou obdobné

## 1.21 EKONOMICKÁ NÁVRATNOST INVESTICE

### *Prostá doba návratnosti investice*

Doba návratnosti byla určena výpočtem kumulovaných zisků z úspor ze snížené spotřeby energií zateplením. Zisky se ročně sčítaly, dokud nebylo dosaženo úspor alespoň takových, jako byly náklady na pořízení různých variant zateplení. Při výpočtu prosté návratnosti bylo počítáno s tím, že ceny energií (plynu) budou po celou dobu konstantní. Výpočty všech dob návratností jsou v příloze tohoto rozpočtu. Vypočítané doby návratnosti jsou uvedeny v následující tabulce:

Tabulka 18 Prostá doba návratnosti investice

Varianta č.	Materiál	Doba návratnosti [roky]
I.	Minerální vlna	15
II.	EPS 70F bílý	13
II.	Styrotherm 70 Plus šedý	12

### Reálná doba návratnosti investice

Zde byl zvolen stejný postup jako u prosté doby návratnosti, při výpočtu však bylo uvažováno s rostoucím vývojem ceny za plyn. Tento vývoj ceny byl odhadnut z grafu č. 4 a stanoven jako 0,5 % za rok.



Graf 4 Vývoj ceny plynu (43)

Při zohlednění narůstající ceny plynu jsou doby návratností u prvních dvou variant kratší, u třetí varianty zůstala doba návratnosti stejná. Výsledky reálné doby návratnosti jsou zaznamenány v následující tabulce:

Tabulka 19 Reálná doba návratnosti investice

Varianta č.	Materiál	Doba návratnosti [roky]
I.	Minerální vlna	14
II.	EPS 70F bílý	12
II.	Styrotherm 70 Plus šedý	12

### *Dynamická doba návratnosti investice*

Výpočet je obdobný jako u reálné doby návratnosti, zde se ale zohledňuje míra kapitalizace a tím pádem se zde počítá s diskontovanými zisky. Míra kapitalizace pro rodinné domy byla zjištěna z vyhlášky č. 441/2013 Sb a stanovena na 4,5 %. Zde jsou doby návratnosti větší než u předchozích metod, je to dáno větší přesností tohoto odhadu a zohledněním míry kapitalizace. Zjištěné hodnoty jsou v následující tabulce:

*Tabulka 20 Dynamická doba návratnosti investice*

<b>Varianta č.</b>	<b>Materiál</b>	<b>Doba návratnosti [roky]</b>
I.	Minerální vlna	21
II.	EPS 70F bílý	17
II.	Styrotherm 70 Plus šedý	16

### *Čistá současná hodnota*

Zde byla zjišťována efektivnost investice a celkový zisk z úspor až do konce životnosti stavby. Ta byla stanovena na maximální životnost, tedy 60 let. Nejlépe vyšla varianta III., zateplení šedým polystyrenem. Výsledky jsou v následující tabulce:

*Tabulka 21 Čistá současná hodnota*

<b>Varianta č.</b>	<b>Materiál</b>	<b>Čistá současná hodnota [Kč]</b>	<b>Vyhodnocení</b>
I.	Minerální vlna	486 819,95	Efektivní
II.	EPS 70F bílý	592 709,31	Efektivní
II.	Styrotherm 70 Plus šedý	625 819,65	Efektivní

Z výpočtů vyplývá, že nejkratší dobu návratnosti, prostou, reálnou i dynamickou, má varianta č. III, zateplení šedým polystyrenem Styrotherm 70 Plus. Tato varianta má nejvyšší čistou současnou hodnotu, tudíž je jako investice nejefektivnější.

## 1.22 DOTACE

### *Nová zelená úsporám*

Pro zateplení tohoto rodinného domu by bylo možné využít dotace na zateplení obálky budovy - výměnou oken a dveří, zateplení obvodových stěn, střechy, stropu a podlahy. Podporována jsou dílčí i komplexní opatření.

Program zelené úsporám umožňuje žádat dotace na zateplení stávajícím rodinných domů. Maximální výše dotace je 50 % z vynaložených nákladů. Při využití dotačního programu by došlo k výraznému zkrácení návratnosti vynaložených investic.

Při návrhu zateplení v této diplomové práci nebylo dosaženo na žádnou oblast podpory, ani na částečnou. Důvodem nedosažení na žádnou podoblast podpory byly okna, které kalkulačka NZÚ počítá jako původní (tedy z roku 1971), okna na rodinném domě však byly měněny před 10 lety, takže jejich součinitel prostupu tepla je pořád vyhovující. Dále v kalkulačce NZÚ musí být zateplen strop v suterénu. V návrhu na zateplení tohoto rodinného domu je tato izolace nahrazena soklem z XPS, který zasahuje až 1 m pod terén. Tímto soklem se částečně zateplí suterén, proto už nebylo navrženo další zateplení stropu nad suterénem. Kvůli získání dotace se tedy v dalším výpočtu začalo uvažovat s výměnou oken i zateplením stropu nad suterénem. Byly tedy zjištěny orientační ceny za standardní okna s izolačním dvojsklem a navržena izolace stropu nad suterénem o tloušťce 50 mm.

S tímto navrženým opatřením bylo dosaženo na dotaci od Nová Zelená Úsporám v hodnotě 230 561 Kč.

Zjištěné ceny oken, dodatečného zateplení a přepočítání na novou upravenou cenu je v následující tabulce:



Tabulka 22 Přepočet ceny (42)

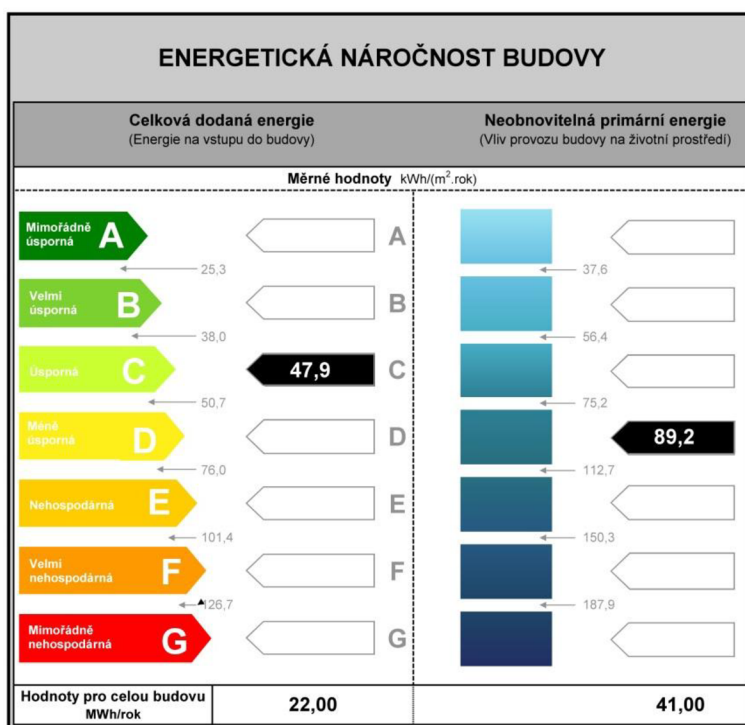
Varianta č.	Materiál	Původní cena [Kč]	Výška dotace [Kč]	Cena oken [Kč]	Cena zateplení podlahy [Kč]	Nová cena [Kč]
I.	Minerální vlna	755 858	230 531	154 733	35 910	715 970
II.	EPS 70F bílý	665 241	230 531	154 733	35 910	625 353
III.	Styrotherm 70 Plus šedý	624 246	230 531	154 733	35 910	584 358

Pro větší přesnost zjištění návratností investic musela být zjištěna změna úspory tepla po zateplení podlahy a po výměně oken. S větší úsporou, hlavně výměnou oken, by se měla doba návratnosti snižovat, protože se více ušetří za energie. Součinitel prostupu tepla k tomuto výpočtu byl uveden na webových stránkách výrobce, konkrétně pro okno s izolačním dvojsklem výrobce uvádí součinitele prostupu tepla  $U = 1,0 \text{ W}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ . (42)

Původní konstrukce byla navýšena o 50 mm EPS a byl spočítán součinitel prostupu tepla touto konstrukcí. Výsledný součinitel je  $0,51 \text{ W}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ . Tyto výsledky byly zadány do programu NKN II., který vypočítal tepelné ztráty po tomto zateplení. Z tepelných ztrát byla zjištěna tepelná úspora. Výsledky jsou v tabulce č. 24 a 25. Z programu NKN II. bylo také zjištěno, že nově se stavba řadí do kategorie C, což je o dvě kategorie lepší než před výměnou oken a zateplením stropu nad suterénem.

Tabulka 23 Součinitele prostupu tepla

Položka	U [ $\text{W}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ ]
Okna	1,0
Kce stropu s EPS	0,51



Obrázek 18 PENB

Tabulka 24 Tepelné ztráty po dodatečném zateplení a výměně oken

Varianta č.	Materiál	Tepelné ztráty [MWh/rok]
I.	Minerální vlna	8,607
II.	EPS 70F bílý	8,275
II.	Styrotherm 70 Plus šedý	8,488
Původní kce	-	55,474

Tabulka 25 Úspora po dodatečném zateplení a výměně oken

Varianta č.	Materiál	Cena [Kč]	Úspora [MWh]	Úspora [Kč]
I.	Minerální vlna	1460	46,867	68 425,8
II.	EPS 70F bílý	1460	47,199	68 910,5
II.	Styrotherm 70 Plus šedý	1460	46,986	68 599,6

Po zateplení stropu nad suterénem a po výměně oken se úspora zvýšila přibližně o 10 MWh za rok a přibližně o 13 000 Kč za rok. S novými přepočítanými náklady a s přepočítanou úsporou za energie byla opět udělaná doba návratnosti investice a čistá současná hodnota. Všechny metody hodnocení jsou v tabulkách č. 26 až 28.

*Tabulka 26 Prostá doba návratnosti investice po získání dotace*

<b>Varianta č.</b>	<b>Materiál</b>	<b>Doba návratnosti [roky]</b>
I.	Minerální vlna	11
II.	EPS 70F bílý	10
II.	Styrotherm 70 Plus šedý	9

*Tabulka 27 Reálná doba návratnosti investice po získání dotace*

<b>Varianta č.</b>	<b>Materiál</b>	<b>Doba návratnosti [roky]</b>
I.	Minerální vlna	11
II.	EPS 70F bílý	9
II.	Styrotherm 70 Plus šedý	9

*Tabulka 28 Dynamická doba návratnosti investice po získání dotace*

<b>Varianta č.</b>	<b>Materiál</b>	<b>Doba návratnosti [roky]</b>
I.	Minerální vlna	14
II.	EPS 70F bílý	12
II.	Styrotherm 70 Plus šedý	11

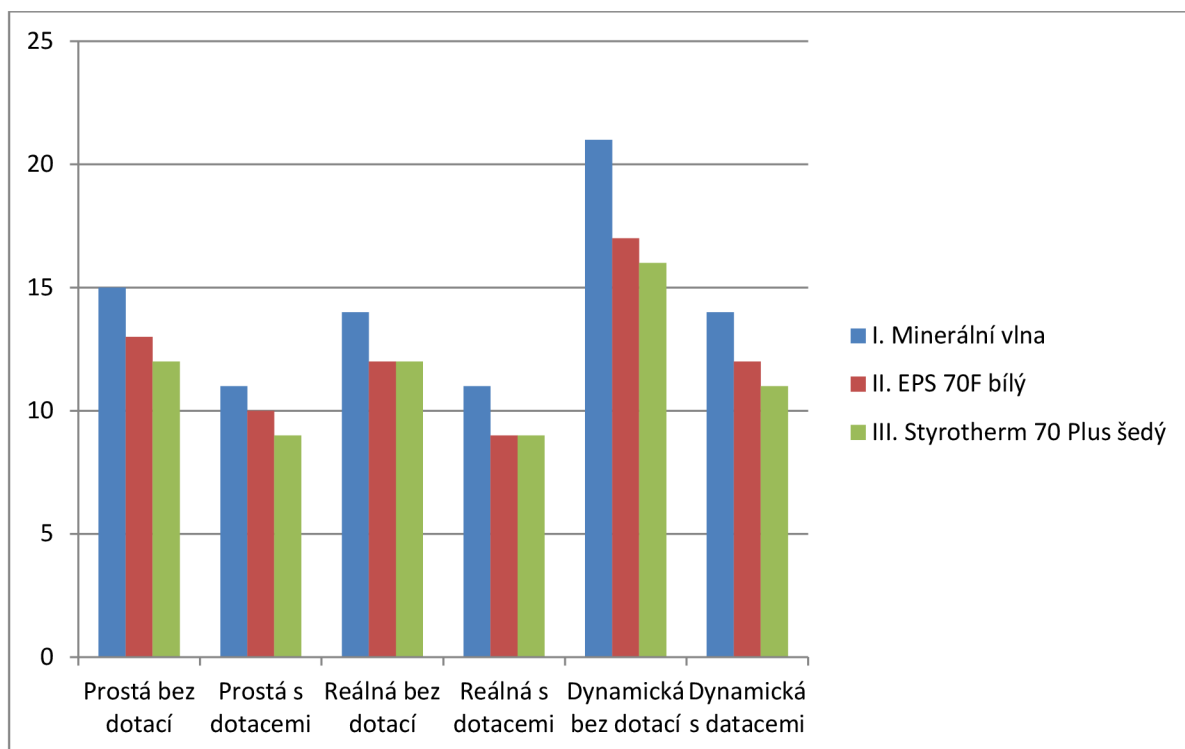
Tabulka 29 Čistá současná hodnota po získání dotace

Varianta č.	Materiál	Čistá současná hodnota [Kč]	Vyhodnocení
I.	Minerální vlna	830 182,93	efektivní
II.	EPS 70F bílý	931 752,68	efektivní
II.	Styrotherm 70 Plus šedý	965 720,76	efektivní

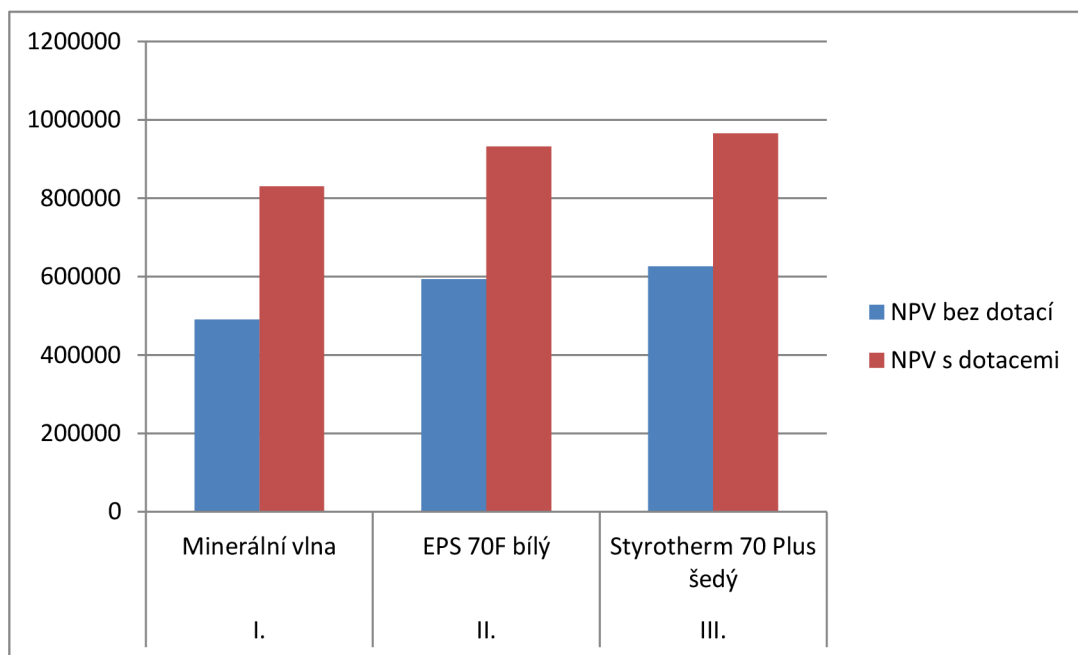
### 1.23 POROVNÁNÍ VARIANT S DOTACÍ A BEZ DOTACE

Po snížení nákladů na zateplení o dotaci, ale naopak zvýšení náklady na výměnu oken a zateplení stropu nad suterénem byla zjištěna doba návratnosti investice. Díky zvýšení roční úspory se doba návratnosti snížila. Stejně jako před získáním dotace má nejkratší dobu návratnosti varianta č. III., šedý polystyren Styrotherm 70 Plus, a to o 3 až 4 roky. Čistá současná hodnota se u varianty č. III. liší o 339 901 Kč oproti hodnotě před získáním dotace. Dlouhodobě je tedy výměna oken a zateplení stropu nad suterénem se získáním dotací pro majitele rodinného domu výhodnější.

Porovnání všech metod pro zjištění návratnosti investice je znázorněno v následujícím grafu. Zde je také vidět, že varianta č. III. má dobu návratnosti ve všech případech nejkratší. V grafu č. 6 je porovnání čisté současné hodnoty, kde je zřejmé, že varianta bez čerpání dotace (modrá barva), je u všech variant zateplení efektivnější.



Graf 5 Doby návratnosti investice



Graf 6 Čistá současná hodnota (v grafu zaznačena zkratkou NPV)

## 1.24 OCENĚNÍ RODINNÉHO DOMU

Ocenění domu bylo provedeno podle současných oceňovacích předpisů nákladovým způsobem. Cílem tohoto ocenění bylo porovnat, zda se investice promítne v ceně domu tak, aby výsledná cena domu byla vyšší než cena původní. Provedeno bylo ocenění původní konstrukce domu. V dalším kroku bylo provedeno ocenění, kde byly pozměněny hodnoty ovlivněné zateplením domu. Tyto dva výsledky byly porovnány a vyhodnoceny. Výsledné hodnoty jsou zaznamenány v následující tabulce:

*Tabulka 30 Srovnání cen*

Původní konstrukce	1 348 710 Kč
Po zateplení	1 918 510 Kč
Úspora	569 798 Kč

Po porovnání ceny domu před zateplením a po zateplení bylo zjištěno, že zhodnocení domu zateplením bude přibližně 570 000 Kč. Toto zhodnocení ovšem nepokrývá náklady na zateplení domu. Zateplení za účelem dosáhnout vyšší hodnoty domu tudíž není výhodné.

## 2 VYHODNOCENÍ

Nejdříve bylo potřeba spočítat součinitele prostupu tepla jednotlivých konstrukcí u původního nezatepleného rodinného domu a porovnat je s normovými hodnotami. Ani jeden součinitel prostupu tepla normě ČSN 730540-2 nevyhověl, což znamenalo velké tepelné ztráty všemi částmi konstrukce. Bylo tedy potřeba zvolit odpovídající systém zateplení a následně materiál na zateplení. Na zateplení byl zvolen systém ETICS (vnější kontaktní zateplovací systém).

Pro tuto diplomovou práci byly zvoleny 3 varianty zateplení. První varianta byla zvolena s čedičovou minerální vatou značky KNAUF INSULATION, konkrétně typ SMARTwall NC2. Pro variantu II. byl zvolen klasický bílý polystyren Styro EPS 70F od firmy Styrotrade. A pro třetí variantu byl zvolen šedý grafitový polystyrén také od firmy Styrotrade, konkrétně Styrotherm 70 Plus.

Zateplení stropu pod nevytápěným půdním prostorem bylo vždy navrženo podle zvolené varianty. Při zateplení minerální vlnou byla navržena minerální vlna Knauf PTN, vhodná pro zateplení podlah. Ve druhé variantě byl navržen polystyren také značky Styrotrade, ale s větší pevností přímo určený na podlahy a pochůzné plochy. Jedná se o typ EPS 100 S. Pro třetí variantu byl vybrán šedý polystyren Styrotherm Plus 100. Bylo také provedeno zateplení ploché střechy nad verandou, zateplení spodní strany balkónů a do 1m nad a pod terén byla umístěna izolace z XPS polystyrenu.

U všech variant byly také spočítány součinitele prostupu tepla. U zateplení obvodových stěn bylo dosaženo doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla ve všech variantách. U zateplení stropů a podlah stačilo dosáhnout požadované hodnoty součinitele prostupu tepla.

Dále byl pro všechny varianty sestaven položkový rozpočet pro určení všech nákladů na zateplení domu. Cenově nejlépe vyšla varianta III. z grafického polystyrenu, jelikož jeho tloušťka byla zvolena nejmenší (100 mm), takže zde bylo ušetřeno za materiál. Nejdražší varianta byla varianta I – čedičová minerální vlna. Přes všechny pozitivní vlastnosti je cena minerální vlny až o 130 tisíc korun vyšší než u dvou variant polystyrenu, takže tato varianta vyšla jako nevhodná z důvodu velkých nákladů na zateplení. Všechny výsledky jsou v následující tabulce:

*Tabulka 31 Porovnání výsledků*

<b>Varianta č.</b>	<b>Materiál</b>	<b>Tloušťka materiálu [mm]</b>	<b>U [W·K<sup>-1</sup>·m<sup>-2</sup>]</b>	<b>Cena zateplení s DPH [Kč]</b>
I.	Minerální vlna	120	0,2345	755 858
II.	EPS 70F bílý	140	0,2312	665 241
III.	Styrotherm 70 Plus šedý	100	0,2525	624 246

Dále bylo potřeba zjistit tepelné ztráty domu, ty byly vypočteny programem NKN II. Ztráty původního nezatepleného domu byly stanoveny na 55,5 MWh za rok. Ztráty po zateplení byly naproti tomu až třikrát menší, do 18 MWh za rok. Z těchto údajů byly získány úspory za energie na vytápění, které se pohybují u všech variant kolem 37 až 39 MWh za rok. Tyto úspory byly přepočteny cenou za dodávku plynu za MWh za rok. Výše úspor vyšly konkrétně u varianty I. 55 128,14 Kč, u varianty II.

55 671,26 Kč a u varianty III. 55 322,32 Kč za rok. Jelikož výše úspor je u všech tří variant velmi podobná, rozhodující je doba návratnosti nákladů na zateplení, protože tyto hodnoty jsou rozdílné. Výsledky jsou zaznamenány v následující tabulce:

*Tabulka 32 Porovnání výsledků*

Varianta č.	Tepelné ztráty [MWh/rok]	Úspora [MWh/rok]	Úspora [Kč]
I.	17,7	37,759	55 128,14
II.	17,3	38,131	55 671,26
III.	17,6	38,892	55 322,32

Dalším bodem bylo zjištění vlivu zateplení na cenu tohoto rodinného domu. Ocenění rodinného domu bylo provedeno podle současného oceňovacího předpisu nákladovým způsobem. Cena původního nezatepleného domu byla stanovena na 1 348 712 Kč. Bylo zahrnuto opotřebení domu a byla zohledněna i výměna oken, která proběhla před 10 lety. Cena domu po zateplení je 1 918 510 Kč. V tomto výpočtu byla kromě zateplení zohledněna i výměna vstupních dveří, výměna parapetů a svodů vody. Rozdíl těchto cen je 569 798 Kč. Tento rozdíl není větší ani než nejnižší náklady na zateplení, z čehož vyplývá, že provedení zateplení sice zvýší hodnotu domu, ale nepokryje ani náklady na zateplení. Zhodnocení tedy není pro majitele domu výhodné.

Posledním bodem této diplomové práce bylo zjištění doby návratnosti investice a čisté současné hodnoty pro zjištění efektivnosti investice. Nejdelší doba návratnosti je u varianty I. ve všech vypočtených metodách. U varianty II. – zateplení klasickým polystyrenem byla o něco kratší, a nejkratší doba návratnosti vyšla u grafitového polystyrenu, protože náklady na toto zateplení byly nejnižší. Nejvýhodnější varianta zateplení je tedy varianta III. Tyto výsledné hodnoty jsou při dosažení doporučených součinitelů prostupu tepla u všech variant. Tedy při stejné účinnosti zateplení domu. Při dodatečném zateplení stropu nad suterénem a výměně oken, kdy byly získány dotace, se doby návratností u všech metod i u všech variant zateplení snížily. Vyplývá z toho, že pro majitele domu je výhodnější investovat i do výměny oken a zateplení stropu nad suterénem. Dále pak jak v celkových nákladech, tak v době návratnosti vychází nejlépe varianta č. III. – zateplení šedým



polystyrenem Styrotherm 70 plus. Hodnoty doby návratnosti investice pro každou variantu jsou v následující tabulce:

*Tabulka 33 Porovnání doby návratnosti investice*

Varianta č.	Materiál	Návratnost bez dotací [roky]			Návratnost s dotacemi [roky]		
		Prostá	Reálná	Dynamická	Prostá	Reálná	Dynamická
I.	Minerální vlna	15	14	21	11	11	14
II.	EPS 70F bílý	13	12	17	10	9	12
III.	Styrotherm 70 Plus šedý	12	12	16	9	9	11

Dalším sledovaným parametrem pro výběr nejvhodnější varianty zateplení byla čistá současná hodnota, tato hodnota vyšla nejlépe také u varianty č. III, což potvrzuje výběr této varianty už po zjištění doby návratnosti. I zde vyšla lépe varianta s výměnou oken a zateplením stropu nad suterénem a tím získání dotace Nová zelená úsporám. Hodnoty jsou zaznamenány v následující tabulce.

*Tabulka 34 Porovnání čisté současné hodnoty NPV*

Varianta č.	Materiál	Čistá současná hodnota bez dotací [Kč]	Čistá současná hodnota s dotacemi [Kč]
I.	Minerální vlna	489819,94	830182,92
II.	EPS 70F bílý	592709,31	931752,68
III.	Styrotherm 70 Plus šedý	625819,64	965720,76

Po zhodnocení všech výpočtů vychází nejlépe varianta č. III, což je zateplení šedým grafitovým polystyrenem Styrotherm 70 Plus. U této varianty vyšly nejmenší náklady na provedení zateplení, je zde nejkratší doba návratnosti a díky nejvyšší čisté současné hodnotě je taky taková varianta zateplení nejefektivnější s nejlepším zhodnocením do konce doby životnosti domu. Všechny tyto výsledné hodnoty se ještě zlepší výměnou oken, zateplením stropu nad suterénem a získáním dotace Nová zelená úsporám.

## ZÁVĚR

Tato diplomová práce se zabývala vlivem provedení zateplení rodinného domu v Brodsku u Prostějova na výdaje spojené s provozem této nemovitosti. Pro potřeby vyhodnocení návratnosti byly zvoleny tři varianty zateplení rodinného domu. Jednalo se o minerální vlnu, klasický bílý polystyren EPS 70F a šedý grafitový polystyren EPS 70 Plus. Na základě těchto navržených variant zateplení byly spočítány náklady na jejich realizaci a také byly spočítány náklady na provoz rodinného domu před a po provedení zateplení domu.

Kvůli tloušťkám zateplení navržených tak, aby součinitel prostupu tepla byl podobný, jsou téměř totožné i tepelné ztráty a tedy i spotřeba tepla na vytápění rodinného domu. Toto opatření bylo navrženo pro porovnání jednotlivých variant (materiálů na zateplení) mezi sebou. Pro rozhodování byla tedy směrodatná hlavně návratnost investice na zateplení a čistá současná hodnota, která ukazuje také efektivnost investice.

Prvotní návrh neobsahoval výměnu stávajících oken, která byla vyměněna v roce 2008, tedy před deseti lety, nedosáhl na žádnou podoblast dotačního programu Nová zelená úsporám. Úpravou prvotního návrhu, který nově zahrnuje i výměnu oken a zateplení stropu nad suterénem, bylo dosaženo dotace. Zároveň se značně snížily tepelné ztráty a tím i spotřeba tepla na vytápění.

Prvotní náklady na provedení zateplení se tedy zvýšily o dodatečné zateplení a výměnu oken, na druhou stranu se snížily o výši dotace a roční úsporu za energie. Celkově tato úprava prvotního návrhu snížila dobu návratnosti o 3 až 5 let. Tento rozdíl se nemusí zdát až tak velký na to, aby majitelé domu chtěli vyměnit okna, která ještě vyhovují normě. Zajímavější ale může být výsledek čisté současné hodnoty. Tedy zisk z ušetřených nákladů na vytápění domu až do konce životnosti tohoto rodinného domu. Varianta se zateplením celé obálky budovy a čerpání dotací zvýší čistou současnou hodnotu téměř o 340 000 Kč oproti prvotnímu návrhu.

Z dlouhodobého hlediska je tedy pro majitele domu nejvýhodnější varianta č. III, zateplení šedým polystyrénem Styrotherm 70 Plus jako je v původním návrhu a k tomu výměna oken a zateplení stropu nad suterénem spolu s využitím čerpání dotací z programu Nová zelená úsporám.

## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- (1) Pod povrch kontaktních a provětrávaných fasád. *Tbzinfo* [online]. 16. 11. 2015, **2001-2018**, 1 [cit. 2018-01-22]. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/izolace-strechy-fasady/13451-pod-povrch-kontaktnich-a-provetravanych-fasad>
- (2) Zateplovací systémy ETICS. *Tbzinfo* [online]. **2001-2018**, 1 [cit. 2018-01-22]. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/zateplovaci-systemy/303-zateplovaci-systemy-etics>
- (3) Tepelné izolace. *Tbzinfo* [online]. **2001-2018**, 1 [cit. 2018-01-22]. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/tepelne-izolace>
- (4) Minerální vlna do provětrávaných fasád. *Knaufinsulation* [online]. 2018 [cit. 2018-01-25]. Dostupné z: <http://www.knaufinsulation.cz/skelna-vata/provetravane-fasady>
- (5) Minerální vata a izolace z vláknitých materiálů. *Bydlení pro každého* [online]. 13.3.2012, , 1 [cit. 2018-01-25]. Dostupné z: <http://stavba-a-rekonstrukce.bydleniprokazdeho.cz/stavebni-material/mineralni-vata-a-dalsi-izolace-vlaknitych-materialu.php>
- (6) Na co si dát pozor při zateplení ŠEDÝM POLYSTYRENEM? *Www.zatepleni-fasad.eu* [online]. [cit. 2018-01-25]. Dostupné z: <https://www.zatepleni-fasad.eu/images/1/Na%20co%20si%20d%C3%A1t%20pozor%20p%C5%99i%20zateplen%C3%AD%20%C5%A1ed%C3%BDm%20polystyrenem.pdf>
- (7) Zateplení fasád. *Styrotrade* [online]. 2018 [cit. 2018-01-25]. Dostupné z: <https://styrotrade.cz/de/produkty/fasady/izolace-pro-kontaktni-zateplovaci-systemy-etics/>
- (8) ŠUBRT, Roman. Jaké jsou druhy tepelných izolací? *Revitalizace.com* [online]. 29.12.2008, **2008-2018**, 1 [cit. 2018-01-25]. Dostupné z: <http://www.revitalizace.com/tepelne-izolace/jake-jsou-druhy-tepelnych-izolaci/>
- (9) Státní správa zeměměřičství a katastru [online]. [cit. 2018-02-01]. Dostupné z: <http://www.cuzk.cz/>
- (10) *Mapy google* [online]. [cit. 2018-02-01]. Dostupné z: <https://www.google.com/maps>
- (11) Řešení pro zateplení historických budov. *YTONG* [online]. [cit. 2018-02-01]. Dostupné z: <https://www.ytong.cz/vnitri-zatepleni.php>
- (12) Důvody pro zateplení domu. *Rekonstrukce a zateplování domů* [online]. 2018 [cit. 2018-02-01]. Dostupné z: <http://www.rebustav.cz/duvody-pro-zatepleni-domu.htm>
- (13) CO JE PASIVNÍ DŮM? *Pasivní dům* [online]. 2018 [cit. 2018-02-01].

- Dostupné z: <http://www.pasivnidomy.cz/co-je-pasivni-dum/t2>
- (14) ENERGETICKY ÚSPORNÉ DOMY. *Ekologické dřevostavby pro život* [online]. 2011 [cit. 2018-02-01]. Dostupné z: <http://www.postavme-dum.cz/energeticky-usporne-domy>
  - (15) TYWONIAK, Jan. *Nízkoenergetické domy 3: nulové, pasivní a další*. Praha: Grada, 2012, 195 s. : il., plány ;. ISBN 978-80-247-3832-1
  - (16) ČSN 73 0540 (730540) *Tepelná ochrana budov*. 2011.
  - (17) ŠUBRT, Roman. *Zateplování*. Brno: ERA, 2008, vi, 102 s. : il. (některé barev.) ; 21 cm. ISBN 978-80-7366-138-0.
  - (18) Energetický audit. *Audit nemovitostí* [online]. 2015 [cit. 2018-04-10]. Dostupné z: <http://www.audit-nemovitosti.cz/energeticky-audit.aspx>
  - (19) ŠŤASTNÍK, Stanislav. *Fyzika stavebních látek: Fyzikální vlastnosti stavebních materiálů a konstrukcí*. Brno: VUT, 1983, 98 s
  - (20) ŠUBRT, Roman. *Tepelné izolace v otázkách a odpovědích*. Praha: BEN, 2005, 143 s. : il. ISBN 80-7300-159-4.
  - (21) MARKOVÁ, Leonora. *Ceny ve stavebnictví. Průvodce studiem předmětu: [BV03-P01]*. Brno: Vysoké učení technické, Fakulta stavební, 2006, 121 s. : il.
  - (22) KORYTÁROVÁ, Jana, Bohumil PUCHÝŘ a Jaroslav FRIDRICH. *Ekonomika investic*. Brno: CERM, 2002, 227 s. : il. ISBN 80-214-2089-8.
  - (23) KREMPASKÝ, Július a František SCHAUER. *Fyzika I*. Brno: Fakulta chemická VUT, 1995, 337 s.
  - (24) TYWONIAK, Jan. *Nízkoenergetické domy 2: principy a příklady*. Praha: Grada, 2008, 193 s. : il. (převážně barev.), plány ; 25 cm. ISBN 978-80-247-2061-6.
  - (25) Projektová dokumentace stavby
  - (26) POJAR, Petr. *Co je energetický štítek a průkaz energetické náročnosti budovy*. In: *České stavby* [online]. 2001, 31.07.2014 [cit. 2018-05-23]. Dostupné z: <https://www.ceskestavby.cz/clanky/co-je-energeticky-stitek-a-prukaz-energeticke-narocnosti-budovy-23254.html>
  - (27) *Průkaz energetické náročnosti budov - 5.díl*. In: *Bydlení.cz* [online]. Brno, 1999 [cit. 2018-05-23]. Dostupné z: <https://www.bydleni.cz/clanek/Prukaz-energeticke-narocnosti-budov-5-dil>
  - (28) Čedičová vata SMARTwall N C2. In: *Knauf Insulation* [online]. 2018 [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: <http://www.knaufinsulation.cz/cedicova-vata/fkd-n-c2>

- (29) O programu. In: *Nová zelená úsporám* [online]. [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: <http://www.novazelenausporam.cz/zadatele-o-dotaci/rodinne-domy/3-vyzva-rodinne-domy/o-programu-3-vyzva/>
- (30) Interaktivní ceník plynu. In: *Mnd.cz* [online]. 2018 [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: <https://www.mnd.cz/plyn#/>
- (31) Vedlejší vchodové dveře dvoukřídlé, pravé, PREMIUM 1380 x 2080. *Skladova-okna.cz* [online]. 2013, 2017 [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: [https://www.skladova-okna.cz/vedlejsi-vchodove-dvere-dvoukridle-prave-premium-0.html?utm\\_source=google\\_merchant&utm\\_medium=product&gclid=EA1aIQobChMI4vqj3f6T2wIVCS0ZCh1GHQ5hEAYYBCABEgJw8\\_D\\_BwE](https://www.skladova-okna.cz/vedlejsi-vchodove-dvere-dvoukridle-prave-premium-0.html?utm_source=google_merchant&utm_medium=product&gclid=EA1aIQobChMI4vqj3f6T2wIVCS0ZCh1GHQ5hEAYYBCABEgJw8_D_BwE)
- (32) Tepelné izolace. *Stavbaonline.cz* [online]. 2018 [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: <https://www.stavbaonline.cz/tepelna-izolace/>
- (33) Tepelná izolace, tepelné izolace. *Zatepleni-fasad.eu* [online]. 2011, 2018 [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: <https://www.zatepleni-fasad.eu/tepelna-izolace/>
- (34) Stavaři: Na trhu je nedostatek tepelně izolačních materiálů. In: *Archiweb* [online]. Praha, 1997, 11.10.2017 [cit. 2018-05-23]. Dostupné z: <https://www.archiweb.cz/n/home/stavari-na-trhu-je-nedostatek-tepelne-izolacnich-materialu>
- (35) Prostup tepla vícevrstvou konstrukcí a průběh teplot v konstrukci: Výpočet. *Tzb-info.cz* [online]. 2001 [cit. 2018-05-23]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/140-prostup-tepla-vicevrstvou-konstrukci-a-prubeh-teplot-v-konstrukci>
- (36) Styro EPS 70F. *Styrotrade* [online]. 2018 [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: <https://styrotrade.cz/de/produkty/fasady/izolace-pro-kontakti-zateplovaci-systemy-etics/styro-eps-70f/>
- (37) Styrotherm plus 70. *Styrotrade* [online]. 2018 [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: <https://styrotrade.cz/de/produkty/fasady/izolace-pro-kontakti-zateplovaci-systemy-etics/styrotherm-plus-70/>
- (38) *Národní Kalkulační Nástroj II* [online]. Praha: Fakulta stavební, ČVUT, 2014 [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: <http://nkn.fsv.cvut.cz/>
- (39) *Rts.cz: BUILDpower S* [online]. [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: <http://www.rts.cz/>
- (40) Cena za 1kWh zemního plynu v ČR. *Dodavatelektriny.cz* [online]. [cit. 2018-10-10]. Dostupné z: <https://dodavatelektriny.cz/energeticky-trh/cena-zemniho-plynu>
- (41) *zápisy z výuky*
- (42) *Okna přes internet.net* [online]. 2012 [cit. 2018-10-14]. Dostupné z:

<http://www.oknapresinternet.cz/>

- (43) Zemní plyn - aktuální a historické ceny zemního plynu, graf vývoje ceny zemního plynu - 1 rok - měna CZK 1 m<sup>3</sup>. *Kurzy.cz* [online]. 2000 [cit. 2018-10-14]. Dostupné z: <https://www.kurzy.cz/komodity/zemni-plyn-graf-vyvoje-ceny/index.asp?A=5&idk=43&curr=CZK&on=0&unit=1%20m3&lg=1>
- (44) Metody pro hodnocení investic. *Mendel university in Brno* [online]. [cit. 2018-10-14]. Dostupné z: [https://is.mendelu.cz/eknihovna/opory/zobraz\\_cast.pl?cast=70618](https://is.mendelu.cz/eknihovna/opory/zobraz_cast.pl?cast=70618)
- (45) ČSN 73 0540-1 *Tepelná ochrana budov - Část 1: Terminologie*. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2005
- (46) ČSN 73 0540-2: *Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky*. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.
- (47) ČSN 73 0540-3 *Tepelná ochrana budov - Část 3: Návrhové hodnoty veličin*. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2005.
- (48) ČSN 73 0540-4 *Tepelná ochrana budov - Část 4: Výpočtové metody*. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2005.
- (49) Vyhláška č. 78/2013 Sb. Vyhláška o energetické náročnosti budov. In: *Sbírka zákonů*. 2015.
- (50) Zákon č. 406/2000 Sb. Zákon o hospodaření energií. In: *Sbírka zákonů*. 2018.
- (51) Vyhláška č. 441/2013 Sb., k provedení zákona o oceňování majetku (oceňovací vyhláška)

### **Seznam obrázků**

Obrázek 1 PENB (27).....	20
Obrázek 2 EŠOB (26).....	22
Obrázek 3 Systémové řešení dřevostavby difúzně otevřenou konstrukcí Naturdom s provětrávanou fasádou a omítkou (1) .....	25
Obrázek 4 Skladba obvodové zděné stěny s kontaktním zateplením ETICS (1) .....	26
Obrázek 5 Čedičová vata se silikátovým nástřikem značky Knauf Insulation (28) .....	29
Obrázek 6 Minerální vata Kanuf Insulation Mineral Plus EXT 035 (4) .....	30
Obrázek 7 Grafitový polystyren EPS (6).....	32
Obrázek 8 Poloha městyse Brodek u Prostějova v okrese Prostějov (10).....	41
Obrázek 9 Poloha RD v městyse Brodek u Prostějova (10).....	42
Obrázek 10 Katastrální mapa pozemku se stavbou (9) .....	42
Obrázek 11 Fotografie rodinného domu (vlastní fotografie).....	43
Obrázek 12 Fotografie rodinného domu – přední část, pohled z příjezdové komunikace (vlastní fotografie) .....	43

Obrázek 13 Schéma 1. NP.....	46
Obrázek 14 Schéma 2. NP.....	47
Obrázek 15 Schéma řezu domu (Zeleně XPS polystyren, modře zateplení dle varianty)...	47
Obrázek 16 PENB nezatepleného domu .....	60
Obrázek 17 PENB RD po zateplení variantou I., varianty II. a III. jsou obdobné.....	61
Obrázek 18 PENB .....	66

### ***Seznam tabulek***

Tabulka 1 Požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla (15) .....	14
Tabulka 2 Porovnání energeticky úsporných domů (13) .....	15
Tabulka 3 Klasifikace prostupu tepla obálkou budovy (16) .....	21
Tabulka 4 Požadované parametry v oblasti A (29) .....	37
Tabulka 5 Výše podpory v oblasti podpory A (29).....	37
Tabulka 6 Koeficienty upravující výši podpory v oblasti podpory A pro jednotlivé kce (29).....	37
Tabulka 7 Popis domu (25) .....	44
Tabulka 8 Výsledky součinitele prostupu tepla původní konstrukce (35) .....	50
Tabulka 9 Parametry varianty I. (28) .....	51
Tabulka 10 Parametry varianty II.(36) .....	51
Tabulka 11 Parametry varianty III. (37).....	52
Tabulka 12 Výsledky a porovnání variant zateplení (35).....	52
Tabulka 13 Výběr tloušťky zateplení obvodové stěny (35) .....	55
Tabulka 14 Ceny materiálů (31)(32)(33) .....	56
Tabulka 15 Celkové náklady zateplení (39).....	57
Tabulka 16 Tepelné ztráty (38) .....	57
Tabulka 17 Úspory po zateplení.....	59
Tabulka 18 Prostá doba návratnosti investice .....	61
Tabulka 19 Reálná doba návratnosti investice .....	62
Tabulka 20 Dynamická doba návratnosti investice.....	63
Tabulka 21 Čistá současná hodnota .....	63
Tabulka 22 Přepočet ceny (42).....	65
Tabulka 23 Součinitele prostupu tepla .....	65
Tabulka 24 Tepelné ztráty po dodatečném zateplení a výměně oken .....	66
Tabulka 25 Úspora po dodatečném zateplení a výměně oken .....	66

Tabulka 26 Prostá doba návratnosti investice po získání dotace.....	67
Tabulka 27 Reálná doba návratnosti investice po získání dotace.....	67
Tabulka 28 Dynamická doba návratnosti investice po získání dotace .....	67
Tabulka 29 Čistá současná hodnota po získání dotace.....	68
Tabulka 30 Srovnání cen .....	70
Tabulka 31 Porovnání výsledků .....	71
Tabulka 32 Porovnání výsledků .....	72
Tabulka 33 Porovnání doby návratnosti investice.....	73
Tabulka 34 Porovnání čisté současné hodnoty NPV .....	73

### ***Seznam grafů***

Graf 1 Porovnání variant zateplení na obvodové konstrukci.....	54
Graf 2 Potřeba energie na vytápění před zateplením (38) .....	58
Graf 3 Potřeba energie zateplené konstrukce varianty I. (38) .....	58
Graf 4 Vývoj ceny plynu (43).....	62
Graf 5 Doby návratnosti investice .....	69
Graf 6 Čistá současná hodnota .....	69

### Seznam zkratk

*EPS ... Expandovaný polystyren*

*XPS ... Extrudovaný polystyren*

*Kce ... zkratka používaná pro konstrukci*

*NZÚ ... Nová zelená úsporám*

*NKN ... Národní kalkulační nástroj*

*NPV ... Čistá současná hodnota*