



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## ÚSTAV SOUDNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF FORENSIC ENGINEERING

## ODBOR ZNALECTVÍ VE STAVEBNICTVÍ A OCEŇOVÁNÍ NEMOVITOSTÍ

DEPARTMENT OF EXPERTISE IN CIVIL ENGINEERING AND REAL ESTATE APPRAISAL

# VLIV PROVEDENÍ ZATEPLENÍ BUDOVY SE ZELENOU STŘECHOU NA VÝDAJE SPOJENÉ S JEJÍM PROVOZEM

THERMAL INSULATION EFFECT OF A BUILDING WITH GREEN ROOF ON THE OPERATION-RELATED EXPENSES

## DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

## AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Ing. Jan Jílek

## VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Josef Čech, Ph.D.

BRNO 2021

# Zadání diplomové práce

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

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

## **Vliv provedení zateplení budovy se zelenou střechou na výdaje spojené s jejím provozem**

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

Úkolem práce je provést návrh na zateplení budovy v několika variantách včetně zelené střechy. Na základě jednotlivých návrhů pak porovnat náklady na provozování budovy před a po provedení jednotlivých zateplení. Následně bude v diplomové práci zhodnocena ekonomická návratnost investice spojené s realizací jednotlivých variant zateplení.

### **Cíle diplomové práce:**

Cílem diplomové práce je zhodnocení ekonomické návratnosti vnějšího zateplení u vybrané budovy se zelenou střechou a zhodnocení vlivu této stavební úpravy na cenu nemovitosti.

### **Seznam doporučené literatury:**

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

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



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

V Brně, dne

L. S.

---

Ing. Milada Komosná, Ph.D.  
vedoucí odboru

---

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



## **Abstrakt**

Diplomová práce s názvem Vliv provedení zateplení budovy se zelenou střechou na výdaje spojené s jejím provozem se zabývá návrhem alternativních řešení pro vnější kontaktní zateplovací systém budovy a jejich vlivy na posouzení energetické náročnosti budovy a s tím spojené náklady na realizaci a provoz stavby. V konstrukčním řešení budovy jsou také zvoleny alternativy pro provedení ploché střechy s vegetačním souvrstvím. První část diplomové práce se zabývá obecnými požadavky pro návrh a posuzování energetické náročnosti staveb. Ve druhé části jsou popsány jednotlivé volby zvoleného kontaktního zateplovacího systému a varianty řešení plochých střech s vegetační vrstvou. V další části je řešen položkový rozpočet pro jednotlivé varianty zateplení a stanovena cena všech variant. V poslední části je provedeno posouzení všech variant a celkové ekonomické zhodnocení s výběrem nejlepší varianty. U všech variant je také zhodnocena doba, za kterou se investice vrátí.

## **Abstract**

Diploma thesis entitled Influence of green roof insulation on the costs associated with one operation with an assessment of the design of alternative solutions for external contact thermal insulation system and their effects on the assessment of energy performance of the building and the associated costs of construction and operation. Alternatives for the design of a flat roof with a vegetation layer are also chosen in the construction solution of the building. The first part of the diploma thesis deals with the general requirements for the design and assessment of energy performance of buildings. The second part describes the individual options of the selected contact thermal insulation system and variants of flat roofs with a vegetation layer. In the next part, the budget for individual variants of thermal insulation is solved and the price of all variants is determined. The last part demonstrates the assessment of all variants and the overall economic evaluation with the selection of the best variants. For all variants, the time for which the investment will return is evaluated.

## **Klíčová slova**

Bytový dům, zateplení, energetická náročnost budov, zelená střecha, ekonomická návratnost investice

## **Keywords**

Apartment building, insulation, energy performance of buildings, green roof, economic return on investment Diploma thesis, citations, typography, template, tips



### ***Bibliografická citace***

JÍLEK, Jan. Vliv provedení zateplení budovy se zelenou střechou na výdaje spojené s jejím provozem. Brno, 2021. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/127977>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, Odbor znaleství ve stavebnictví a oceňování nemovitostí. Vedoucí práce Josef Čech.



### **Prohlášení**

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

V Brně dne 10.6.2021

.....

Podpis autora





### ***Poděkování***

Rád bych poděkoval svému vedoucímu diplomové práce Ing. Josefu Čechovi, Ph.D. za příkladné vedení mé diplomové práce, za vstřícný a tolerantní přístup v době krizového stavu, za cenné rady v oblasti oceňování staveb, energetické náročnosti a mnoha dalších odvětví. Zejména bych také chtěl poděkovat své rodině za podporu při studiu i mimo něj. Dále bych chtěl poděkovat kantorům Ústavu soudního inženýrství a Fakultě stavební, kteří mě prováděli po dobu celého mého studia na Vysokém učení technickém v Brně.



# OBSAH

OBSAH .....	13
1 ÚVOD.....	16
2 SOUČASNÝ STAV .....	17
2.1 Aktuální stav energetiky v EU.....	17
2.2 Očekávaný stav energetiky v budoucnosti .....	18
2.3 Energetická bilance ČR .....	19
2.3.1 Primární energetické zdroje v ČR.....	19
2.3.2 Obnovitelné zdroje energie v ČR.....	20
2.4 Hodnocení budov dle energetické náročnosti v ČR .....	21
2.4.1 Kategorie budov dle energetické náročnosti.....	22
2.4.2 Hodnotící kritéria .....	23
2.5 Tepelné izolanty .....	29
2.5.1 Minerální vláknité izolace.....	30
2.5.2 Dřevovláknité izolace .....	31
2.5.3 Dřevocementové izolace .....	32
2.5.4 Polystyren .....	33
2.5.5 Polyuretan PUR .....	35
2.5.6 Polyisokyanurát PIR.....	36
2.5.7 Polyetylén PE.....	36
2.5.8 Pěnové sklo .....	37
2.5.9 Foukaná a sypká izolace .....	38
2.5.10 Sendvičové desky.....	40
2.5.11 Izolace z přírodních materiálů .....	40
2.5.12 Technické izolace .....	42
2.5.13 Reflexní tepelná izolace.....	43
2.5.14 Desky z fenolické pěny.....	43
2.5.15 Provětrávané fasády.....	44
2.5.16 Tabulka součinitelů tepelné vodivosti .....	44
2.6 Provedení Jednoplášťové ploché střechy .....	44
2.6.1 Jednoplášťová střecha nevětraná.....	45
2.6.2 Jednoplášťová střecha větraná .....	45
2.6.3 Jednoplášťová střecha s opačným pořadím vrstev .....	45
2.6.4 Jednoplášťová střecha s kombinovaným pořadím vrstev.....	45

2.6.5	<i>Jednoplášťová střecha „plus“</i> .....	45
2.6.6	<i>Jednoplášťová střecha lehká</i> .....	46
2.6.7	<i>Jednoplášťová vegetační plochá střecha</i> .....	46
2.7	Sestavení rozpočtu na variantní řešení.....	46
2.7.1	<i>Souhrnný rozpočet</i> .....	46
2.7.2	<i>Rozpočet pomocí agregovaných položek</i> .....	47
2.7.3	<i>Rozpočet podle rozpočtových ukazatelů stavebního objektu</i> .....	47
2.8	Ekonomické metody hodnocení efektivity investice.....	47
2.8.1	<i>Statické metody</i> .....	47
2.8.2	<i>Dynamické metody</i> .....	48
3	FORMULACE PROBLÉMŮ A STANOVENÍ CÍLŮ ŘEŠENÍ.....	50
4	POUŽITÉ METODY A JEJICH ZDŮVODNĚNÍ.....	51
5	VLASTNÍ ŘEŠENÍ PROBLÉMU.....	52
5.1	Popis území stavby.....	52
5.2	Účel a popis stavby.....	53
5.2.1	<i>Účel a dispoziční řešení stavby</i> .....	53
5.2.2	<i>Konstrukční a materiálové řešení stavby</i> .....	54
5.3	Navržená řešení zateplení obvodové konstrukce.....	58
5.3.1	<i>Varianta bez zateplení</i> .....	58
5.3.2	<i>Varianta 1 - Tepelná izolace Isover EPS 70F tl. 150 mm</i> .....	59
5.3.3	<i>Varianta 2 - Tepelná izolace EPS Greywall tl. 120 mm</i> .....	60
5.3.4	<i>Varianta 3 - Tepelná izolace z minerální vlny tl. 140 mm</i> .....	61
5.4	Navržená řešení ploché střechy.....	62
5.4.1	<i>Varianta A - původní skladba z PD</i> .....	62
5.4.2	<i>Varianta B - skladba ploché střechy s extenzivním zatravněním</i> .....	63
5.4.3	<i>Varianta C - skladba ploché střechy s intenzivním zatravněním</i> .....	64
5.5	Posouzení variant z hlediska tepelně technických vlastností.....	65
5.5.1	<i>Výpočet součinitele prostupu tepla svislých konstrukcí</i> .....	65
5.5.2	<i>Výpočet nejnižší teploty a teplotního faktoru v ploše</i> .....	65
5.5.3	<i>Výpočet nejnižší teploty a teplotního faktoru v koutě</i> .....	66
5.5.4	<i>Výpočet součinitele prostupu tepla výplní otvorů</i> .....	66
5.5.5	<i>Výpočet kondenzace v konstrukci</i> .....	67
5.6	Výpočet nákladů na provoz bytového domu.....	67
5.6.1	<i>Stanovení vstupních dat do programu NKN II</i> .....	69
5.6.2	<i>Stanovení vstupních dat pro vytápění</i> .....	69
5.6.3	<i>Stanovení vstupních dat pro přípravu teplé vody</i> .....	71

5.6.4	Výsledky z programu NKN II .....	72
5.7	Výpočet nákladů na provedení variant zateplení.....	83
5.7.1	Varianta 1 - EPS 70F tl. 150 mm.....	85
5.7.2	Varianta 2 - EPS Greywall tl. 120 mm .....	86
5.7.3	Varianta 3 - MV TF Profi - tl. 140mm .....	87
5.8	Zjištění doby návratnosti Investice do zateplení.....	88
5.8.1	Výpočet nákladů na ohřev teplé vody a na vytápění.....	88
5.8.2	Stanovení nákladů na realizaci zateplení.....	89
5.8.3	Výpočet úspory na nákladech za vytápění a ohřev TV .....	89
5.8.4	Výpočet prosté doby návratnosti.....	89
5.8.5	Výpočet reálné doby návratnosti .....	90
5.8.6	Čistá současná hodnota investice.....	90
5.9	Vyhodnocení variant zateplení.....	90
5.10	Optimalizace návrhu střešního pláště .....	91
5.10.1	Výpočet součinitele prostupu tepla střešních konstrukcí.....	91
5.10.2	Výpočet kondenzace v konstrukci.....	92
5.10.3	Výstup z programu NKNII .....	93
5.10.4	Stanovení nákladů na ohřev teplé vody a na vytápění.....	102
5.10.5	Stanovení nákladů na realizaci.....	103
5.10.6	Výpočet úspory na nákladech za vytápění a ohřev TV .....	103
5.10.7	Výpočet prosté doby návratnosti.....	104
5.10.8	Výpočet reálné doby návratnosti .....	104
5.10.9	Čistá současná hodnota investice.....	105
6	ANALÝZA VÝSLEDKŮ ŘEŠENÍ .....	106
7	ZÁVĚR.....	117
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....	119
	SEZNAM TABULEK .....	121
	SEZNAM GRAFŮ.....	122
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	123
	SEZNAM ZKRATEK .....	124
	SEZNAM PŘÍLOH .....	126

# 1 ÚVOD

Stavebnictví se v současné době nachází v době velkých změn a energetická situace ve světě přispívá ke kladení většího důrazu na energetickou nenáročnost a také na energetickou soběstačnost. Do bezprostředních nákladů na bydlení po zrealizování vybraného objektu vstupují zejména náklady za spotřebované energie na vytápění, ohřev teplé vody, osvětlení, případně provoz vzduchotechnických a klimatizačních jednotek. Všechny tyto výdaje mohou být optimalizovány již při návrhu stavby správným technologickým řešením, správným návrhem konstrukcí, tepelných izolací a právě optimalizace je předmětem této diplomové práce.

Od roku 2020 je v zemích Evropské unie povoleno stavět pouze ty budovy, které splňují požadavky pro nízkoenergetické nebo pasivní domy. Klíčové je v tomto návrhu zohlednění tvaru budovy, materiálového řešení, dispozičního řešení, orientace ke světovým stranám a technologická vybavenost budovy. Tyto aspekty dále určují složitost následných řešení vytápění, ohřevů vody, umělého osvětlení a klimatizačních potřeb.

U již realizovaných staveb se setkáváme s dodatečným řešením v podobě zateplení a doplnění technologických zařízení, které nám následně snižují energetické požadavky budovy. Dále se může jednat o výměnu venkovních výplní otvorů, dodatečného přidání technologií do podlahových konstrukcí a samozřejmě výměnu zdrojů tepla a soustavy otopných těles. Při návrhu variant zateplení a technologií provádění staveb zjišťujeme, jaká varianta bude pro nás nejvhodnější a jestli se návratnost pohybuje v období životnosti samotné stavby. Při posuzování provádíme finanční zhodnocení jednotlivých variant na základě finančních úspor spojených s vytápěním. Z těchto dat nám posléze vyplyne, jestli je vhodné budovu dodatečně zateplit a zda nebude potřeba provést další opatření k prodloužení životnosti stavby a dosažení tak co nejvýhodnějšího poměru vynaložených nákladů a návratnosti investice.

Cílem diplomové práce je navrhnout vhodnou variantu zateplení ve spojení s provedením určitého typu ploché střechy. Následně proběhne posouzení navržené konstrukce z pohledu tepelně technických parametrů, finanční posouzení jednotlivých variant, posouzení, zda se investice vrátí během doby životnosti stavby a výsledkem bude výběr nejvhodnější varianty pro zateplení bytového domu v Zábřehu.

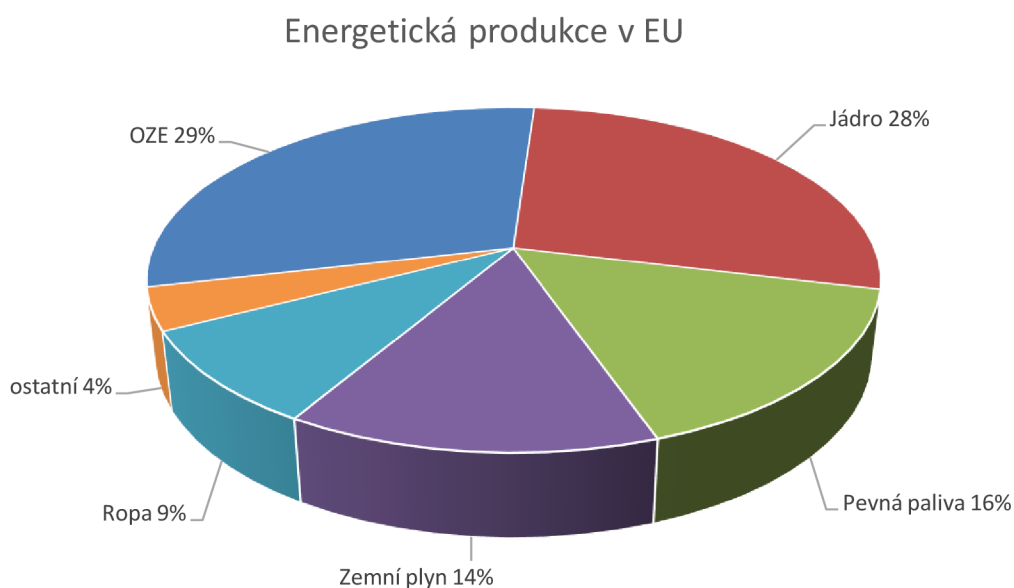
## 2 SOUČASNÝ STAV

### 2.1 AKTUÁLNÍ STAV ENERGETIKY V EU

Pro Evropskou unii je energetika jedním z klíčových témat, přičemž mezi nejdůležitější cíle, které si vytkla a postupně se je snaží naplňovat, patří snižování emisí CO<sub>2</sub>, zvyšování energetické účinnosti a zvyšování podílu obnovitelných zdrojů energie. Podívejme se blíže na to, jakým vývojem energetika v EU prochází. [1]

Nejprve malý přehled. Celková spotřeba energie ve světě dlouhodobě stoupá: Meziroční nárůst činil loni téměř 3 %. Největší podíl na spotřebě mají Asie a Austrálie – celkem 43 %. Podíl Evropy na celosvětové spotřebě energie je 15 %, přičemž v samotné Evropské unii je to 12 %. Na spotřebě energie v EU má ze sektorového hlediska největší podíl doprava (31 %), následují domácnosti (27 %) a průmysl (25 %). Energetická závislost EU aktuálně činí 55 %. [1]

Zatímco celosvětově ve výrobě energie stále „vedou“ fosilní paliva (ropa, uhlí, zemní plyn), v EU se produkce energie za poslední desetiletí výrazně proměnila ve prospěch obnovitelných zdrojů: Výroba energie z obnovitelných zdrojů energie (dále jen OZE) v Unii za tu dobu vzrostla o 55 %. Naopak výroba energie z pevných paliv oproti roku 2008 klesla o 27 %, u zemního plynu o 40 % a u ropy o 34 %. Dlouhodobě klesá také produkce energie z jádra. [1]



Graf 1 - Energetická produkce v EU [1]

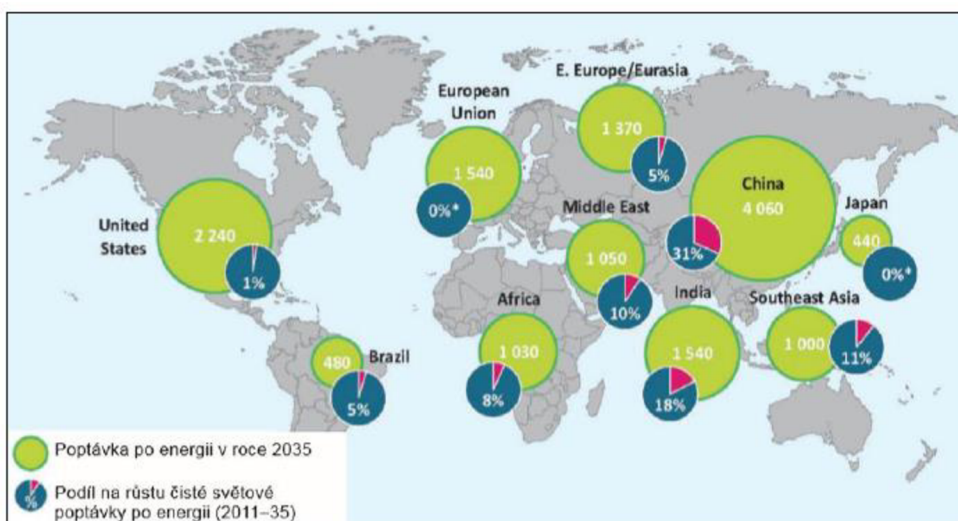
## 2.2 OČEKÁVANÝ STAV ENERGETIKY V BUDOUCNOSTI

Evropská unie se přihlásila se závazkem snížit do roku 2030 emise skleníkových plynů minimálně o 40 % oproti roku 1990. Aktuální počet zemí, které dohodu ratifikovaly, činí 186. Česká republika se stala poslední zemí EU, která se k dohodě připojila (učinila tak 4. listopadu 2017). [1]

Evropská unie jako celek se na globálních emisích skleníkových plynů podílí zhruba 10 % (největším „hříšníkem“ je se 27 % Čína), přičemž oproti úrovni z roku 1990 došlo k poklesu emisí o téměř 22 %. K prudkému snížení došlo zejména v období hospodářské a finanční krize zároveň s útlumem průmyslové činnosti. Ze všech členských států EU je největším producentem emisí co do celkového objemu Německo (21 % produkce emisí EU). Následuje Spojené království a Francie (obě země zhruba 11 %). Ze sektorového hlediska se na produkci emisí v Evropské unii nejvíce podílí sektor energetiky – celkem 75 %.[1]

Na summitu EU v červnu 2019 se státy nedohodly na přijetí cíle dosáhnout do roku 2050 uhlíkové neutrality. Přijetí zabránila spolu s Polskem, Maďarskem a Estonskem i Česká republika, jejíž ekonomika patří mezi nejvíce energeticky náročné v rámci EU, což je dáno historickou orientací na průmysl. Samotná formulace tohoto cíle sice zůstala „pod čarou“, to však neznamená, že unijní země nedělají v tomto směru pokroky, některé dokonce velmi výrazné. [1]

Mezi „premianty“ patří státy jako Finsko, které chce uhlíkové neutrality dosáhnout již do roku 2035, či Švédsko, které má ambice cíle dosáhnout do roku 2045. Spojené království chce dosáhnout téhož do roku 2050 především sázkou na větrnou energii a omezením spalování uhlí. Pokud jde o Německo, největší evropskou ekonomiku, rozhodlo se v roce 2011 učinit obrat ve své energetické koncepci a vydalo se cestou energetiky bez jádra a uhlí. Plán, tzv. Energiewende, předpokládá postupné vypínání jaderných elektráren do roku 2022 a vzdání se uhlí do roku 2038. [1]



Obr. 1 - Poptávka po primárních zdrojích energie v roce 2035 [2]

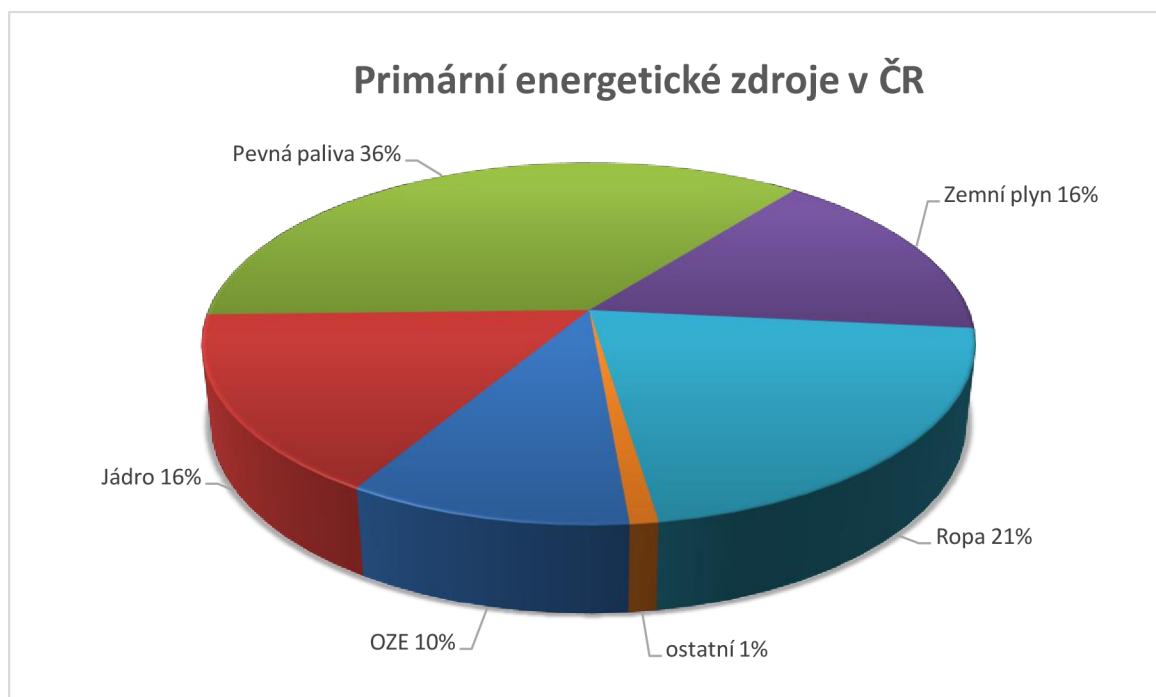


## 2.3 ENERGETICKÁ BILANCE ČR

Energetická bilance ČR (EB) je souhrnem energetických statistik, na kterých se podílí Český statistický úřad (ČSÚ), Ministerstvo průmyslu a obchodu (MPO) a Energetický regulační úřad (ERÚ). Sleduje množství paliv a energií, která jsou k dispozici (primární energetické zdroje), co se s nimi děje (transformace) a kde a jak dochází k jejich spotřebě / využití (konečná spotřeba v průmyslu, dopravě, domácnostech apod.). Energetická bilance (podíly jednotlivých zdrojů) je sestavována na základě výkazů (za veškerá paliva) zaslaných na Eurostat (koncem roku) a bývá k dispozici až později po zpracování MPO (pro data za rok 2017 tedy cca v únoru 2019). [3]

### 2.3.1 Primární energetické zdroje v ČR

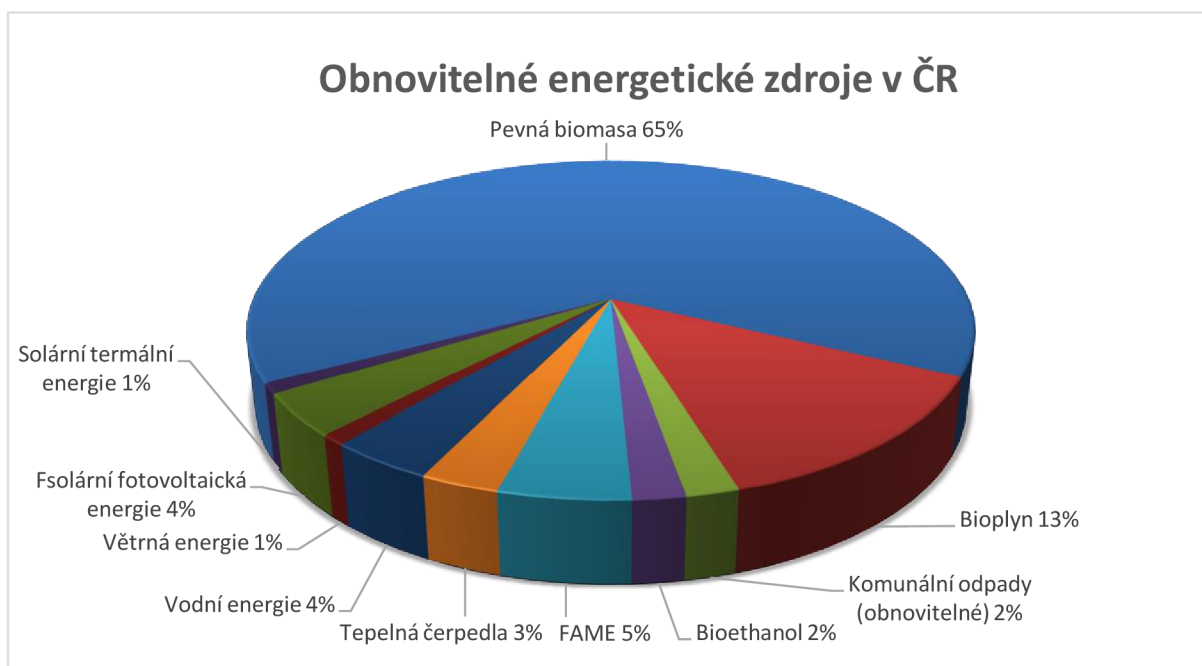
Základním zdrojem energie v ČR jsou pevná fosilní paliva, která v roce 2017 tvořila více jak jednu třetinu z celkových 1 800 927 TJ, viz Graf 2: Primární energetické zdroje. Druhý největší podíl (21 %) má ropa a ropné produkty. Zemní plyn a jaderné teplo mají shodně 16 %. Podíl obnovitelné energie na primárních energetických zdrojích v roce 2017 činil 10,5 %. Tento podíl se vztahuje k energii obsažené v použitém palivu a nezohledňuje účinnosti zařízení. [3]



Graf 2 - Primární zdroje energie v ČR [3]

## 2.3.2 Obnovitelné zdroje energie v ČR

Dominantním primárním zdrojem ve skupině OZE je pevná biomasa tvořená palivovým dřevem, dřevním odpadem, briketami a peletami, celulózovými výluhy či rostlinnými materiály, viz Graf 3. Při porovnání jednotlivých zdrojů obnovitelné energie má pevná biomasa téměř 70% majoritní podíl z celkového objemu PEZ a nejméně zásadnější je její spotřeba v domácnostech, která tvoří dokonce 40% podíl na celkové energii z OZE. Druhý největší podíl má s 13% bioplyn a zbylou 1/5 tvoří ostatní zdroje, přičemž nejmenší podíly z celku mají větrné elektrárny a solární termální systémy. [3]



Graf 3 - Obnovitelné zdroje energie v ČR [3]

I přes postupný nárůst množství energie z ostatních obnovitelných zdrojů, zůstává podíl pevné biomasy na celkovém objemu stále přibližně dvoutřetinový. Skokový nárůst lze sledovat u bioplynu a fotovoltaických elektráren, a to důsledkem podpory těchto zdrojů ze státních prostředků. Mezi roky 2010 a 2011 vzrostl podíl energie z fotovoltaiky 3,5krát a od té doby stagnuje. Ke stagnaci došlo i u bioplynu po roce 2013 a jeho podíl na obnovitelných zdrojích se pohybuje mezi 13-14%, přitom v roce 2010 tento podíl tvořil pouze 5,5%. Kontinuálně narůstá i počet prodaných a instalovaných tepelných čerpadel, jejichž vyrobená energie (jako obnovitelná energie je chápána pouze ta část, která odpovídá využití energii okolního prostředí) od roku 2010 vzrostla 2,5krát na současných 5 223 TJ. Přestože se vyrobené množství větrné energie od roku 2010 téměř zdvojnásobilo, podíl na energii z OZE zůstává 1%. Mírný růst lze sledovat i ve skupině

kapalných biopaliv, především dochází k vyššímu využití methylesterů mastných kyselin (FAME) jako náhrady podílu ropné složky v naftě. V případě vodní energie dochází ke značnému kolísání, nicméně od roku 2010 pokleslo množství vyrobené energie o jednu třetinu. Pozvolný rozvoj pokračuje také v oblasti výroby elektřiny a tepla v zařízeních na energetické využití odpadu. [3]

## **2.4 HODNOCENÍ BUDOV DLE ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI V ČR**

Energetickou náročnost stavby určuje použití vhodných materiálů, technologií a také potřeba odborné montáže a provádění výstavby s dostatečnou pečlivostí. K dosažení co nejmenší energetické náročnosti je také třeba optimalizovat spotřebu energie využívanou na vytápění, ohřev teplé vody a případné chlazení. Dále se uvažuje také s energií spotřebovanou na osvětlení, větrání aj.

V České republice se od data 1. 1. 2020 změnila legislativa zabývající se určováním a implementací energetické náročnosti do stavebního procesu a od výše uvedeného data se mohou stavět pouze stavby s téměř nulovou spotřebou energie. Předmětnou vyhláškou je vyhláška č. 264/2020 Sb.

Pro výstavbu rodinných domů v České republice je stěžejní především Zákon č. 406/2000 Sb., ve kterém nalezneme definici budovy s téměř nulovou spotřebou energie, která zní: „Budovou s téměř nulovou spotřebou energie je budova s velmi nízkou energetickou náročností, jejíž spotřeba energie je ve značném rozsahu pokryta z obnovitelných zdrojů“. Metodika, jak tyto parametry ověřit výpočty, je pak popsána Vyhláškou o energetické náročnosti budov č. 264/2020 Sb. Na jejím základě jsou počítány takzvané Průkazy energetické náročnosti budov. A PENB musí být zpracován též pro každou novostavbu rodinného domu. [6]

A právě od 1. 1. 2020 musí každá novostavba rodinného domu splnit požadavek průměrného součinitele prostupu tepla, který musí být o 20 % nižší než hodnota referenční budovy. Hodnota průměrného součinitele prostupu tepla referenční budovy je pak dána minimálními požadavky ČSN 73 0540-2. [6]

Dalším hodnoceným parametrem je neobnovitelná primární energie. Pro stávající novostavby musí být neobnovitelná primární energie snížena oproti hodnotě referenční budovy o 10 %. Toho lze docílit využitím obnovitelných zdrojů nebo zlepšením parametrů stavebních prvků obálky budovy, případně technických systémů budovy. Pro budovu s téměř nulovou spotřebou energie pak musí být hodnota neobnovitelné primární energie snížena o 25 % oproti referenční budově. [6]

## 2.4.1 Kategorie budov dle energetické náročnosti

Základním kritériem, podle kterého se budova zatřídí, je spotřeba energie na vytápění v kWh.

### *Nízkoenergetické domy*

Za nízkoenergetické domy jsou považovány budovy s měrnou potřebou tepla na vytápění menší než **50 kWh/(m<sup>2</sup>a)**, přičemž se měrná potřeba stanoví výpočtem na základě množství tepla pro 1 m<sup>2</sup> vytápěné části domu. Požadované hodnoty se docílí optimalizací stavebního řešení obálky budovy. Předpokladem pro nízkoenergetické domy je otopná soustava s nižším výkonem, využití obnovitelných zdrojů, dobře zateplené konstrukce a řízené větrání. [7]

### *Energeticky pasivní domy*

Pasivním domem je mezinárodní označení standardů pro budovy s velmi nízkou spotřebou tepla. Výhodou budov uznávaných jako pasivní domy je obecně lepší komfort života, nízké náklady spojené s vytápěním, neustálý přívod čerstvého vzduchu a převažující tepelná pohoda v zimě i létě. Obvykle nízkých hodnot spotřebované energie na zajištění tepelné pohody se dosahuje budovami pasivního charakteru, které navíc zajišťují minimální potřebu primární energie s využitím neobnovitelných zdrojů. Pasivními domy jsou označovány budovy s roční měrnou potřebou tepla na vytápění nepřesahující **15 kWh/(m<sup>2</sup>a)**. Nejedná se ovšem o jediný požadavek, jak je velmi často prezentováno. Povinně hodnocenou vlastností je celková průvzdušnost obálky budovy. Celková intenzita výměny vzduchu  $n_{50}$  při tlakovém rozdílu 50 Pa nesmí překročit hodnotu  $n_{50} = 0,6 \text{ h}^{-1}$ . Celkové množství primární energie spojené s provozem budovy (vytápění, ohřev TUV a elektrická energie pro spotřebiče) nesmí překročit normovou hodnotu (120 kWh/(m<sup>2</sup>a)). [7]

### *Energeticky nulové domy*

Požadavky na energeticky nulové budovy v tuzemsku se zabývá norma ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov. Informace uváděné v normě jsou spotřeba energie menší než **5 kWh/(m<sup>2</sup>a)**. Východiskem pro hodnocenou budovu je celková roční bilance energetické potřeby a produkce stavby vyjádřená v hodnotách primární energie. Návrh stavebního a technického řešení musí odpovídat minimálně hodnotám pasivního standardu. Energeticky nulové budovy se hodnotí na základě dvou úrovní. Do energetické potřeby budovy úrovně A spadají potřeba tepla zahrnující vytápění, chlazení, přípravu teplé vody, pomocnou elektrickou energii na provoz energetických systémů, elektrickou energii na osvětlení a spotřebiče. Do energetické potřeby budovy úrovně B se zahrnují stejné položky jako při úrovni A s tím rozdílem, že se nezapočítává elektrická energie využívána pro elektrické spotřebiče. [7]

### ***Dům s energetickým přebytkem***

Energeticky nezávislý dům je speciální podkategorie domů, které jsou vybaveny systémem na výrobu energie v dostatečné kapacitě na zajištění vlastního provozu, případně přebytky jsou dále distribuovány ke spotřebě. [8]

## **2.4.2 Hodnotící kritéria**

### ***Průměrný součinitel prostupu tepla***

Průměrný součinitel prostupu tepla  $U_{em}$  [W/m<sup>2</sup>K] budovy nebo vytápěné zóny musí splňovat podmínku:  $U_{em} \leq U_{em,N}$

kde  $U_{em,N}$  je požadovaná hodnota průměrného součinitele prostupu tepla ve W/(m<sup>2</sup>K)

Požadovaná hodnota  $U_{em,N}$  se stanoví

- a) pro budovy s převažující návrhovou vnitřní teplotou  $\theta_{im}$  v intervalu 18 °C až 22 °C včetně a pro všechny návrhové venkovní teploty podle ČSN 730540-2:2011. Převažující návrhová vnitřní teplota  $\theta_{im}$  ve °C odpovídá návrhové vnitřní teplotě  $\theta_i$  většiny prostorů v budově nebo zóně budovy. Za budovy s převažující návrhovou vnitřní teplotou  $\theta_{im}$  od 18°C do 22°C včetně se považují všechny budovy obytné (nevýrobní bytové), občanské (nevýrobní nebytové) s převážně dlouhodobým pobytem lidí (např. školské, administrativní atd.) a jiné budovy, pokud převažující návrhová teplota  $\theta_{im}$  je v uvedeném intervalu. [17]
- b) pro budovy s odlišnou převažující návrhovou vnitřní teplotou ze vztahu:

$$U_{em,N} = U_{em,N,20} \cdot e_1$$

kde  $U_{em,N,20}$  je průměrný součinitel tepla z tabulky 5 ČSN 73 0540-2 ve W/(m<sup>2</sup>·K)

$e_1$  je součinitel typu budovy dle vztahu 10 a tabulky 4 normy ČSN 73 0540-2

Průměrný součinitel obálky budovy  $U_{em}$  ve W/m<sup>2</sup>·K se stanovuje ze vztahu

$$U_{em} = HT / A$$

kde HT je měrná ztráta prostupem tepla podle ČSN EN ISO 13789, ve [W/K], stanovená ze součinitelů prostupu tepla  $U_j$  všech teplosměnných konstrukcí tvořících obálku budovy na její systémové hranici dané vnějšími rozměry, jejich ploch  $A_j$  určených z vnějších rozměrů, odpovídajících teplotních redukčních činitelů  $b_j$ , lineárních činitelů prostupu tepla  $\Psi_j$  včetně jejich délky a bodových činitelů prostupu tepla  $\chi_j$  včetně jejich počtu podle ČSN 73 0540-4;

A teplosměnná plocha obálky budovy v m<sup>2</sup>, stanovená součtem ploch A<sub>j</sub>

Doporučená hodnota U<sub>em,rec</sub> se stanoví podle vztahu.:  $U_{em,rec} = 0,75 \times U_{em,N}$

Použití doporučených hodnot se uplatní tam, kde tomu nebrání technické nebo ekonomické překážky. [17]

Požadovaná hodnota U<sub>em,N</sub> se stanoví výpočtem pro každý posuzovaný případ metodou referenční budovy, nejvýše však je rovna příslušné hodnotě podle Tabulky 5. [17]

Referenční budova je virtuální budova stejných rozměrů a stejného prostorového uspořádání jako budova hodnocená, shodného účelu a shodného umístění, na jejíchž všech plochách obálky budovy jsou použity konstrukce se součiniteli prostupu tepla právě odpovídajícími příslušné normové hodnotě. Pokud součet ploch výplní otvorů tvoří více než 50 % teplosměnné části obvodových stěn budovy, započte se pouze na 50 % plochy teplosměnné části obvodových stěn budovy odpovídající požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla výplní otvorů a ve zbytku se uvažuje normová hodnota součinitele prostupu tepla neprůsvitného obvodového pláště. [17]

Hodnota U<sub>em,N,20</sub> referenční budovy se stanoví jako vážený průměr normových hodnot součinitelů prostupu tepla všech teplosměnných ploch podle vztahu:

$$U_{em,N,20} = \sum(U_{N,i} \cdot A_i \cdot b_j) / \sum A_i + 0,02$$

kde U<sub>N,j</sub> je odpovídající normová požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla j-té teplosměnné konstrukce, ve [W/m<sup>2</sup>K];

A<sub>j</sub> plocha j-té teplosměnné konstrukce stanovená z vnějších rozměrů, v m<sup>2</sup>;

b<sub>j</sub> teplotní redukční činitel odpovídající j-té konstrukci. [19]

$$b_j = (\theta_i - \theta_u) / ((\theta_i - \theta_e))$$

Tab. 1 - Požadované hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla pro budovy s převažující návrhovou vnitřní teplotou θ<sub>im</sub> v interiéru 18°C až 22°C (ČSN 73 0540-2:2011 Tepelná ochrana budov-Část 2: Požadavky) [17]

Druh budovy	Požadované hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla období U <sub>em,N,20</sub> ve [W/m <sup>2</sup> K]
Nové obytné budovy	Výsledek výpočtu, nejvýše však 0,5
Ostatní budovy	Výsledek výpočtu, nejvýše však hodnota: Pro objemový faktor tvaru: A/V ≤ 0,2 U <sub>em,N,20</sub> = 1,05 A/V > 0,2 U <sub>em,N,20</sub> = 0,45 Pro ostatní hodnoty A/V U <sub>em,N,20</sub> = 0,30 + 0,15 / (A/V)

### Součinitel prostupu tepla

Součinitel prostupu tepla se hodnotí současně dvěma způsoby: pro jednotlivé konstrukce podle hodnoty  $U$  a pro budovu jako celek pomocí průměrného součinitele prostupu tepla  $U_{em}$ . Oba požadavky musí být splněny současně, pokud není výjimečně připuštěno jinak. [17]

Požadované hodnoty součinitele prostupu tepla je použijí pro hodnocení konstrukcí podle vyhlášky č. 268/2009 Sb. Použití hodnot doporučených se doporučuje všude tam, kde tomu nebrání technické, ekonomické či jiné překážky. Hodnoty doporučené pro pasivní budovy se použijí zejména pro předběžný návrh konstrukcí pasivní budovy. [17]

Konstrukce vytápěných budov v prostorech musí mít v prostorech s návrhovou relativní vlhkostí vnitřního vzduchu  $\varphi_i \leq 60\%$  součinitel prostupu tepla  $U$  takový, aby splňoval podmínku:

$$U \leq U_N$$

kde  $U_N$  je požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla ve  $W/m^2K$

Požadovaná hodnota  $U_N$  se stanoví:

- pro budovy s převažující návrhovou vnitřní teplotou  $\theta_{im}$  v intervalu  $18\text{ °C}$  až  $22\text{ °C}$  včetně a pro všechny návrhové venkovní teploty podle ČSN 73 0540-2:2011.

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

Popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla [ $W/m^2 \cdot K$ ]		
	Požadovaná hodnoty $U_{N,20}$	Doporučené hodnoty $U_{rec,20}$	Doporučené hodnoty pro pasivní budovy $U_{pas,20}$
Stěna vnější	0,30	těžká: 0,25 lehká: 0,20	0,18 až 0,12
Střecha strmá se sklonem nad $45^\circ$	0,30	0,20	0,18 až 0,12
Střecha plochá a šikmá se sklonem do $45^\circ$ včetně	0,24	0,16	0,15 až 0,10
Strop s podlahou nad venkovním prostorem	0,24	0,16	0,15 až 0,10
Strop pod nevytápěnou půdou (se střechou bez tepelné izolace)	0,30	0,20	0,15 až 0,10
Stěna k nevytápěné půdě (se střechou bez tepelné izolace)	0,30	těžká: 0,25 lehká: 0,20	0,18 až 0,12
Podlaha a stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině	0,45	0,30	0,22 až 0,15
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k nevytápěnému prostoru	0,60	0,40	0,30 až 0,20
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k temperovanému prostoru	0,75	0,50	0,38 až 0,25

	Součinitel prostupu tepla [W/m <sup>2</sup> ·K]		
Strop a stěna vnější z temperovaného prostoru k venkovnímu prostředí	0,75	0,50	0,38 až 0,25
Podlaha a stěna temperovaného prostoru přilehlá k zemině	0,85	0,60	0,45 až 0,30
Stěna mezi sousedními budovami	1,05	0,70	0,5
Strop mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně	1,05	0,70	-
Stěna mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně	1,30	0,90	-
Strop vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně	2,2	1,45	-
Stěna vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně	2,7	1,80	-
Výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří	1,5	1,2	0,8 až 0,6
Šikmá výplň otvoru se sklonem do 45 °C, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí	1,4	1,1	0,9
Dveřní výplň otvoru z vytápěného prostoru do venkovního prostředí (včetně rámu)	1,7	1,2	0,9
Výplň otvoru vedoucí z vytápěného do temperovaného prostoru	3,5	2,3	1,7
Výplň otvoru vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí	3,5	2,3	1,7
Šikmá výplň otvoru se sklonem do 45 °C vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí	2,6	1,7	1,4

### Nejnižší vnitřní povrchová teplota konstrukce

Stavební konstrukce a styky konstrukcí s konstrukcemi v prostorech s návrhovou relativní vlhkostí vnitřního vzduchu  $\varphi \leq 60 \%$  musí v zimním období za normových podmínek vykazovat v každém místě takovou vnitřní povrchovou teplotu, aby odpovídající teplotní faktor vnitřního povrchu splňoval podmínku:

$$f_{Rsi} \geq f_{Rsi,N}$$

kde

$f_{Rsi}$  je vypočtená hodnota nejnižšího teplotního faktoru vnitřního povrchu [-]

$f_{Rsi,N}$  je požadovaná hodnota nejnižšího teplotního faktoru vnitřního povrchu [-] stanovená ze vztahu:

$$f_{Rsi,N} = f_{Rsi,cr}$$

kde

$f_{Rsi,cr}$  je kritický teplotní faktor vnitřního povrchu [-].

Pro  $\theta_{si}$  a  $f_{Rsi}$  platí vztahy:



$$f_{R_{si}} = \frac{\theta_{si} - \theta_e}{\theta_{ai} - \theta_e} = 1 - \frac{\theta_{ai} - \theta_{si}}{\theta_{ai} - \theta_e}$$

$$\theta_{si} = \theta_{ai} - (1 - f_{R_{si}}) \cdot (\theta_{ai} - \theta_e)$$

$$f_{R_{si}} = 1 - U_x \cdot R_{si}$$

kde

$U_x$  je lokální součinitel prostupu tepla v místě x vnitřního povrchu [17]

Pro konstrukce v prostorách s návrhovou relativní vlhkostí vnitřního vzduchu  $\varphi_i = 50 \%$  lze pro stanovení kritického teplotního faktoru vnitřního povrchu  $f_{R_{si,cr}}$  použít ČSN 730540-2:2011 Tabulku 3 a pro určení nejnižší povrchové teploty konstrukce Tabulku 4. [18]

Tab. 3 - Kritický teplotní faktor vnitřního povrchu  $f_{R_{si,cr}}$  pro návrhovou relativní vlhkost vnitřního vzduchu  $\varphi_i = 50 \%$  (ČSN 73 0540-2:2011 Tepelná ochrana budov-Část 2: Požadavky) [18]

Konstrukce	Návrhová teplota vnitřního vzduchu $\theta_{ai}$ [°C]	Návrhová teplota vnějšího vzduchu $\theta_e$ [°C]				
		-13	-15	-17	-19	-21
		Požadovaný kritický teplotní faktor vnitřního povrchu $f_{R_{si,cr}}$				
Stavební konstrukce	20,0	0,748	0,744	0,757	0,770	0,781
	20,3	0,750	0,745	0,759	0,771	0,782
	20,6	0,751	0,747	0,760	0,772	0,783
	20,9	0,753	0,748	0,762	0,773	0,784
	21,0	0,753	0,749	0,762	0,774	0,785
Výplň otvoru	20,0	0,647	0,649	0,650	0,650	0,650
	20,3	0,649	0,651	0,652	0,652	0,651
	20,6	0,652	0,653	0,654	0,654	0,653
	20,9	0,654	0,655	0,656	0,656	0,655
	21,0	0,655	0,656	0,657	0,656	0,655

Poznámka: Hodnoty kritického teplotního faktoru vnitřního povrchu v Tabulce 3 byly stanoveny poččetně se zohledněním bezpečnostní vlhkostní přírážky  $\Delta\varphi_i = 5 \%$ . [18]

Tab. 4 - Teplota odpovídající kritickému teplotnímu faktoru vnitřního povrchu  $f_{R_{si,cr}}$  pro návrhovou relativní vlhkost vnitřního vzduchu  $\varphi_i = 50 \%$  (ČSN 73 0540-2:2011/Z1:2012 Tepelná ochrana budov-Část 2: Požadavky) [18]

Konstrukce	Návrhová teplota vnitřního vzduchu $\theta_{ai}$ [°C]	Návrhová teplota vnějšího vzduchu $\theta_e$ [°C]								
		-13	-14	-15	-16	-17	-18	-19	-20	-21
		Teplota odpovídající kritickému teplotnímu faktoru vnitřního povrchu $f_{R_{si,cr}}$								
Stavební konstrukce	20,0	11,68	11,36	11,04	11,02	11,02	11,02	11,02	11,02	11,02
	20,3	11,98	11,62	11,30	11,30	11,30	11,30	11,30	11,30	11,30
	20,6	12,23	11,92	11,59	11,58	11,58	11,58	11,58	11,58	11,58
	20,9	12,53	12,21	11,85	11,86	11,86	11,86	11,86	11,86	11,86
	21,0	12,60	12,29	11,96	11,96	11,96	11,96	11,96	11,96	11,96

	Návrhová	Návrhová teplota vnějšího vzduchu $\theta_e$ [°C]								
Výplň otvoru	20,0	8,35	8,03	7,72	7,36	7,05	6,70	6,35	6,00	5,65
	20,3	8,61	8,30	7,98	7,67	7,32	6,97	6,62	6,28	5,89
	20,6	8,91	8,59	8,25	7,94	7,59	7,24	6,90	6,55	6,16
	20,9	9,17	8,86	8,51	8,21	7,86	7,52	7,17	6,79	6,44
	21,0	9,27	8,96	8,62	8,27	7,97	7,62	7,24	6,90	6,51

Požadavky na nejnižší vnitřní povrchové teploty výplň otvorů jsou dle výše uvedené normy ve znění Změny 1/2012 pouze v informativní příloze normy D. V příloze D dané normy je uvedeno: „Při návrhu výplň otvorů je účelné omezit riziko vzniku povrchové kondenzace. V souvislosti s tím je potřeba brát v úvahu požadavky na větrání a způsob vytápění. [17]

Splnění výše uvedených požadavků je prevencí rizika povrchové kondenzace u výplň otvorů a růstu plísní u stavebních konstrukcí. [17]

### **Kondenzace vodní páry v konstrukci**

Pro stavební konstrukci, u které by zkondenzovaná vodní pára uvnitř konstrukce  $M_c$  v  $\text{kg/m}^2\cdot\text{a}$  mohla ohrozit její požadovanou funkci, nesmí dojít ke kondenzaci vodní páry uvnitř konstrukce, tedy: [17]

$$M_c = 0$$

#### *Poznámka:*

Ohrožením požadované konstrukce je obvykle podstatné zkrácení předpokládané životnosti konstrukce, snížení vnitřní povrchové teploty konstrukce vedoucí ke vzniku plísní, objemové změny a výrazné zvýšení hmotnosti konstrukce mimo rámec rezerv statického výpočtu, zvýšení hmotnostní vlhkosti materiálu na úroveň způsobující jeho degradaci. Zejména musí být respektovány podmínky pro uplatnění dřeva nebo materiálu na bázi dřeva ve stavebních konstrukcích podle ČSN 73 2810. [17]

Pro stavební konstrukci, u které kondenzace vodní páry uvnitř neohrozí její požadovanou funkci, se požaduje omezení ročního množství zkondenzované vodní páry uvnitř konstrukce  $M_{c,a}$  v  $\text{kg/m}^2\cdot\text{a}$  tak, aby splňovalo podmínku:

$$M_c \leq M_{c,N}$$

Pro jednoplášťovou střechu, konstrukci se zabudovanými dřevěnými prvky, konstrukci s vnějším tepelně izolačním systémem nebo vnějším obkladem, popř. jinou obvodovou konstrukci s difúzně málo propustnými vnějšími povrchovými vrstvami, je nižší z hodnot:

$$M_{c,N} = 0,10 \text{ kg/m}^2\cdot\text{a}$$

nebo 3 % plošné hmotnosti materiálu, ve kterém dochází ke kondenzaci vodní páry, je-li jeho objemová hmotnost vyšší než  $100 \text{ kg/m}^3$ ; pro materiál s objemovou hmotností  $\rho \leq 100 \text{ kg/m}^3$  se použije 6 % jeho plošné hmotnosti; pro ostatní stavební konstrukce je nižší z hodnot

$$M_{c,N} = 0,50 \text{ kg/m}^2\text{a}$$

nebo 5 % plošné hmotnosti materiálu, ve kterém dochází ke kondenzaci vodní páry, je-li jeho objemová hmotnost vyšší než  $100 \text{ kg/m}^3$ ; pro materiál s objemovou hmotností  $\rho \leq 100 \text{ kg/m}^3$  se použije 10 % jeho plošné hmotnosti. [17]

Ve stavební konstrukci s připuštěnou omezenou kondenzací vodní páry uvnitř konstrukce nesmí v roční bilanci kondenzace a vypařování vodní páry zůstat žádné zkondenzované množství vodní páry, které by trvale zvyšovalo vlhkost konstrukce. [17]

Roční množství zkondenzované vodní páry uvnitř konstrukce  $M_c$ , v  $\text{kg/m}^2\text{a}$  tedy musí být nižší než roční množství vypařitelné vodní páry uvnitř konstrukce  $M_{ev}$ , v  $\text{kg/m}^2\text{a}$ . [17]

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

Pro doložení splněného požadavku na energetickou náročnost budovy slouží technický přehledný dokument PENB, jehož součástí je energetický štítek. Jeho obsahem je klasifikace energetické náročnosti budovy spolu s grafickým vyjádřením. Energetická náročnost se klasifikuje pomocí požadovaného průměrného součinitele prostupu tepla  $U_{em,rq}$ . Klasifikační třídy se označují písmeny A-G, kde se podle hodnoty klasifikačního ukazatele CI zařazují budovy od velmi úsporných až po mimořádně nevhodné. Pro splnění požadavku dle normy ČSN 73 0540-2, Tepelná ochrana budov – požadavky se musí budovy klasifikovat do kategorie A-C. [18]

Energetický štítek obálky budovy s protokolem se skládá ze základních údajů jako jsou identifikační údaje, charakteristika objektu včetně popisu konstrukcí, údaje o prostupu tepla obálkou budovy, klimatické podmínky budovy a charakteristika energeticky podstatných veličin. [18]

## **2.5 TEPELNÉ IZOLANTY**

Základním úkolem při výběru tepelného izolantu je posouzení vlastností jednotlivých izolantů v souvislosti s ekonomickou náročností a zvážení, kde budeme tepelnou izolaci používat. Každý izolant má různý součinitel tepelné vodivosti, který se může pohybovat v rozmezích  $0,015 \text{ W/mK}$  až do hodnot  $0,4 \text{ W/mK}$ . V níže uvedeném seznamu nalezneme podrobný popis drtivě většiny tepelných izolantů, které se na trhu vyskytují.

## 2.5.1 Minerální vláknité izolace

Minerální vláknité izolace přináší kombinaci tepelné a akustické izolace. Vláknité izolace propouští vodní páry. Jsou nehořlavé a odolné vůči škůdcům. Vláknité izolace jsou nabízeny v podobě izolačních rohoží mezi střešní krokve, na stropy, potrubí a dále ve formě desek pro izolaci fasád a pochozích povrchů. [10]

Tavením hornin se vyrábí umělá minerální vlákna. Vlákna jsou vázána pojivem-fenolformaldehydovou pryskyřicí, která v horkém vzdušném proudu tuhne. Jako podpůrný tavicí prostředek se používá síran sodný. Fasádní desky se impregnují silikonovým olejem. [10]

### ***Minerální skelná vata***

#### Výroba skelné vaty

Skelná vata je jedna z nejpoužívanějších vláknitých izolací. Její výroba spočívá v roztavení křemičitého písku, sody, vápence a starého skla, následným rozpojováním na vlákna a spojováním pryskyřicí. [10]

#### Vlastnosti skelného vlákna, skelné vaty

Výsledný produkt je nehořlavý, difúzně otevřený, odolný vůči houbám a škůdcům s vynikající tepelnou vodivostí. Naproti tomu je pro výrobu potřeba velké množství energie a při montáži vzniká prach, kvůli němuž je doporučeno používat respirátory a ochranné pomůcky (nové typy izolací ze skelných vláken jako je URSA PUREONE prašnost nezpůsobují). Skelná vata je izolační materiál vhodný jako ochrana proti hluku, její další skvělé vlastnosti jsou paropropustnost a vodoodpudivost, avšak nesmí se používat ve vyloženě vlhkém prostředí. [10]



*Obr. 2 - Minerální skelná vata [10]*

## ***Minerální čedičová vata***

### Výroba minerální čedičové a horninové vaty

Nejčastějším výchozím nerostem pro výrobu této izolace bývá čedič. Občas je k vidění pod názvem čedičová vata. Hornina se roztaví, každá kapka se natáhne do vláken a následně se přidají látky na zlepšení vlastností. Dodávají se ve formě desek. [10]

### Vlastnosti izolace z minerální kamenné vlny

Minerální vata má lepší odolnost vůči vysokým teplotám než skelná vata, je paropropustná, nedochází tedy ke kondenzaci vodní páry a následnému výskytu plísní. Izolace jsou odolné vůči škůdcům a netlejí. Při manipulaci se uvolňují minerální vlákna, která mohou vyvolat nežádoucí reakce. Ochranné pomůcky jsou tedy při práci nezbytné. Po instalaci se již vlákna neuvolňují. [10]



*Obr. 3 - Minerální čedičová vata [10]*

## **2.5.2 Dřevovláknité izolace**

### Výroba dřevovláknitých desek

Dalším zástupcem přírodních izolací jsou dřevovláknité desky. Jako základní materiál pro výrobu této tepelné a zvukové izolace jsou jehličnaté stromy. Ty se zpracují na dřevní štěpku, pomocí vodní páry se nechají změkhnout a mezi ocelovými kotouči se postupně rozvlákní. Do výsledné formy desek se materiál upravuje suchým či mokřým způsobem. Mokřý proces využívá přirozených pojících vlastností dřeva a jeho vláken. Tímto způsobem vznikají desky o menší tloušťce (do 32 mm, výjimečně se dá speciálními úpravami docílit tloušťky 200 mm), ovšem větší hustoty (až 300 kg/m<sup>3</sup>). Naproti tomu v suchém procesu se vlákna obalují do PU pryskyřice, což má za následek tloušťku do 240 mm, ovšem menší hustotu do 230 kg/m<sup>3</sup>. Desky jsou vyráběny výhradně mokřým procesem. [10]

### Vlastnosti dřevovláknitých izolací

Hlavní předností dřevovláknitých desek je díky řádné objemové hmotnosti schopnost tepelné akumulace, která zabraňuje v interiéru letnímu přehřívání a rychlému vychladnutí v podzimních a zimních měsících. Díky difúzní propustnosti těchto izolací umožňuje konstruovat

difúzně otevřené skladby obvodových pláštů dřevostaveb a střešních pláštů. Tlumí hluk šířený vzduchem i tzv. kročejem. Díky své pórovité struktuře dokáže absorbovat ze vzduchu vlhkost až do objemu 1/5 své hmotnosti. [10]

Tyto desky se využívají převážně jako vnější izolace, jádrová izolace nebo izolace z interiéru. Také jsou používány místo sádkartonových desek, jelikož tolik nepraskají, mohou se upravovat tenkovrstvými omítkami a na rozdíl od sádkartonu mají vyšší odolnost vůči ohni. [10]

Desky se nejčastěji spojují na pero a drážku s ukotvením sponami či vruty (do dřevěného podkladu) a speciálními kotvami SPIT Isomet (do zdiva z plných cihel nebo podobného kompaktního materiálu). [10]



Obr. 4 - Dřevovláknitá izolace [10]

### **2.5.3 Dřevocementové izolace**

#### Složení dřevocementových desek

Tepelná izolace, která spojuje vlastnosti přírodních i syntetických materiálů, se dříve nazývala Heraklit. Kombinuje dřevní vlákna spolu s polystyrenem a pro ztužení ve formě desek používá cementu. [10]

#### Využití dřevocementových desek

Jelikož má tento materiál i vyšší pevnost, využívá se pro vrchní izolaci vnějších stěn do výšky 2 m. Díky difúzní otevřenosti se může vlhkost vypařovat konstrukcí bez větších problémů. Také slouží jako výborná zvuková izolace do sendvičových příček. Bohužel, ne vždy je kombinace ideálním řešením problémů, a proto má dřevocementová deska pouze poloviční izolační vlastnosti než jednotlivé složky, které obsahuje. [10]



Obr. 5 - Dřvo cementová izolace [10]

## 2.5.4 Polystyren

Tepelné izolace z polystyrenu jsou dnes jedny z nejpoužívanějších tepelných izolací na trhu ČR. Je to hlavně z důvodu cenové dostupnosti polystyrenu v kombinaci s výbornými tepelně izolačními parametry polystyrénových dílců. Výhodou pěnových polystyrenů je také široké uplatnění v zateplení jednotlivých stavebních konstrukcí. [10]

Polystyrenové dílce se rozdělují dle způsobu výroby na expandované a na extrudované. Používanějším typem jsou polystyreny expandované, a to z důvodu širokého uplatnění při zateplení budov. Jejich nevýhodou je nasákavost. Naopak polystyreny extrudované požadavek na nenasákavost splňují, proto jsou hojně využívány např. u obrácených nebo DUO střech a u zateplení spodní stavby. [10]

Označení expandovaných polystyrenů je EPS. Polystyreny na fasády se dále označují jako EPS F, na střechy EPS S, zemní polystyren jako EPS Z. Označení extrudovaných polystyrenů je XPS. Další rozdělení mají výrobci individuální. [10]

### *Expandovaný polystyren EPS*

#### Výroba expandovaného polystyrenu

Vyrábí se v uzavřených formách vyhříváním parou na asi 100 °C za pomoci zpěňování a následného nadutí pentanem. Tím vzniká otevřená struktura materiálu, s čímž úzce souvisí větší nasákavost. Proto tento typ polystyrenu nemůže být instalován do míst s trvale vyšší vlhkostí. Co se týče teploty prostředí, může být EPS vystaven až 200 °C ovšem pouze krátkodobě. Po delší čas nesmí překročit teplotu 70 °C. [10]

#### Vlastnosti EPS

Jelikož má EPS velkou roztažnost, vyrábí se tzv. stabilizovaný polystyren, který se nechá odležet na několik týdnů a po dosažení největších objemových změn se teprve začne řezat. Nesmí přijít do kontaktu s dehty, určitými organickými rozpouštědly a zeminou. [10]



Obr. 6 - Expandovaný polystyren EPS [10]

### **Extrudovaný polystyren XPS**

#### Výroba extrudovaného polystyrenu, XPS

Na rozdíl od expandovaného se extrudovaný polystyren (XPS) do forem vtlačuje, a tak se vytvoří uzavřená struktura, díky níž se výrazně sníží jeho nasákavost a zvýší pevnost. [10]

#### Použití extrudovaného polystyrenu

Nevadí mu vlhká prostředí a jeho využití je kromě tepelné izolace i do betonu jako vylehčující prvek nebo do podlah a přiček jako kročejová nebo zvuková izolace. [10]

#### Vlastnosti XPS

Řadí se do požární třídy E a označuje se jako samozhášivý. Pokud začne hořet, odkapává, tudíž se musí dobře zvolit místo aplikace této izolace. Další nevýhodou je uvolňování styrenu a pentanu při výrobě. Při delším působení UV záření dochází k poškození povrchu izolace. [10]



Obr. 7 - Extrudovaný polystyren XPS [10]

### **Spádový střešní polystyren**

Střešní spádové polystyreny slouží k vytvoření spádové roviny ploché střechy směrem ke střešním vtokům. Spádové polystyreny vyrábí na zakázku jednotliví výrobci polystyrenových dílců na základě kladečských plánů. Spádové klíny je možné vyrobit a montovat z polystyrenových dílců od sklonu 1 %. Formát spádových klínů je 1 × 1 m, tloušťky jsou individuální dle projektu a požadavku investora. [10]



Tyto technologie je možné provádět prakticky do všech skladeb plochých střech. Nejčastější využití je jako výroba z EPS polystyrenu z důvodu poměru cena/výkon. Krycí hydroizolační vrstvu je možné provádět z asfaltových pásů nebo z PVC fólií + separace. Spádové polystyrenové dílce se mohou pokládat volně a následně kotvit včetně hydroizolace, nebo mohou být lepeny mezi sebou a k podkladu speciálními lepidly. [10]



*Obr. 8 - Spádový střešní polystyren [10]*

### **2.5.5 Polyuretan PUR**

#### Použití polyuretanu

Polyuretanová pěna (PUR) je dalším pěnovým izolantem na organické bázi, který se využívá na střechy a podlahové topení ve formě desek, ke kterým je připevněna nejčastěji hliníková folie, nebo se nástřikem aplikuje na stěny, kde během pár vteřin zvětší svůj objem až 100 %. [10]

#### Vlastnosti polyuretanové (PUR) pěny

Díky své pevné struktuře přilne na jakýkoli povrch. Nástřikem aplikovaná hmota zaplní veškeré detaily v konstrukci. Má výborné hydroizolační vlastnosti, minimální nasákavost. Po vakuu je nejlepším tepelným izolantem. Suroviny pro její výrobu jsou 100 % ekologické. PUR pěna je zdravotně nezávadná, neobsahuje freony ani formaldehydy. [10]



*Obr. 9 - Polyuretan PUR [10]*

## 2.5.6 Polyisokyanurát PIR

### Vlastnosti polyisokyanurátu, PIR

Tento zdánlivě podobný materiál jako je polyuretanová pěna (PUR) má pouze pár shodných vlastností. Jednou z nich je nízká objemová hmotnost. Na rozdíl od PUR pěny je tužší, má uzavřenou strukturu, a tudíž nepřijímá žádnou vlhkost. Má lepší požární vlastnosti, je více odolný (patří do třídy hořlavosti B2 - nesnadno hořlavé materiály) a při hoření nevznikají kapky. Standardní teplota, které může tento materiál odolávat, je +90 °C, ovšem krátkodobě odolává i teplotám do +250 °C. PIR pěna se dodává ve formě desek, které bývají oboustranně opatřeny různým povrchem, například plastem či plechem. Díky svým výborným tepelně-izolačním vlastnostem splňuje normové požadavky i při tloušťkách 40-80 mm. Vhodné použití je do plochých či šikmých střech. [10]



Obr. 10 - Polyisokyanurát PIR [10]

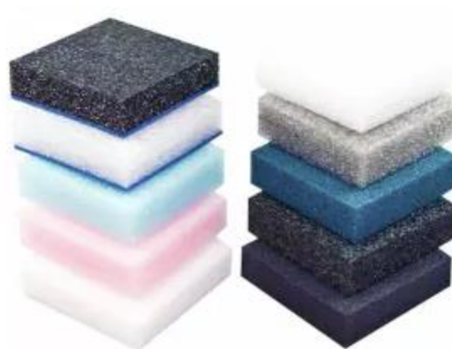
## 2.5.7 Polyetylén PE

### Použití polyetylénu

Tento produkt polymerace má výborné vlastnosti pro použití pod plovoucí podlahy. Vyrábí se ve formě trubíc, které slouží k izolaci rozvodů a kabelů, dále ve formě pásů jako parozábrana, odhlučnění či dilatace spár. Také se používají polyethylenové šňůry pro utěsnění spár či prasklin. [10]

### Vlastnosti PE

Není nasákavý, je trvale pružný, ohebný a navíc se dá velice snadno zpracovávat. Obrovskou výhodou je také zdravotní nezávadnost a šetrnost k životnímu prostředí. Materiál se dá opětovně recyklovat a dále používat. [10]



Obr. 11 - Polyetylén PE [10]

## 2.5.8 Pěnové sklo

### Výroba pěnového skla

Výroba tohoto izolantu se provádí dvěma způsoby. Jeden způsob spočívá ve výrobě ze speciálního aluminio-silikátového skla, které se rozemele na prášek s přidáním uhlíkového prachu, směs se rozprostře do forem a po zahřátí se její objem zvětší až 20×. Druhou variantou je zpracování odpadních střepek, které se taví za přítomnosti chemikálií neznečišťujících životní prostředí. [10]

### Vlastnosti pěnového skla

Ať už se použije kterákoli možnost výroby, vlastnosti již vyrobeného materiálu jsou výborné. Nejen že pěnové sklo nehoří, ale není ani nasákové, tudíž nenamrzá. Vzhledem k vysoké únosnosti a pevnosti v tlaku se hodí pro zateplení téměř jakékoli části domu od základů až po střechu. Navíc šetří životní prostředí i tím, že je zcela recyklovatelné. [10]



Obr. 12 - Pěnové sklo [10]

## 2.5.9 Foukaná a sypká izolace

**Foukaná izolace** se aplikuje vháněním drobných částí izolace pod tlakem vzduchu (neboli foukáním) do konstrukce stavby. Foukaná izolace se dodává z minerální hmoty, celulózy či syntetických materiálů. [10]

Výhodou je, že při aplikaci izolace foukáním nevzniká žádný odpad, foukaná izolace dokonale vyplňuje jinak nepřístupná místa (rohy, nepřístupné části u krovů atd.). Aplikace je velmi jednoduchá.

**Sypké izolace** jsou granuláty různých typů. Minerální, konopné, skelné. Stejně jako u foukaných izolací se granuláty pneumaticky vhání přímo do konstrukcí staveb. [10]

### *Materiály na bázi papíru a celulózy*

Samotná výroba pro účely tepelné izolace se provádí z recyklovaného, rozemletého, rozvlákněného, tříděného, starého novinového papíru. Poté se do směsi přidají přísady pro zlepšení vlastností v podobě boraxu nebo kyseliny borité. Pokud je potřeba uchytit izolaci na zeď, lze přidat lepidlo. Nespornou výhodou celulózy je minimální potřeba vstupní energie pro výrobu. Také slouží jako zvuková izolace, s čímž souvisí její míra zhutnění. Čím více je zhutněna, tím větší má objemovou hmotnost a tím lépe tlumí hluk. [10]

### **U celulózy se provádí 4 druhy aplikace.**

Jako **sypaná** se doporučuje do malých ploch, kde je dobrý přístup a hlavně místo vhodné pro tuto aplikaci.

**Foukaná** se provádí pneumatickou hadicí, která čerpá celulózu přímo z nákladního vozidla, které může být vzdáleno max. 45 m. Vločky celulózy zaplní všechny mezery a dutiny konstrukcí.

Celulóza **stříkaná** se nanáší na bednění svislé konstrukce ve vlhkém stavu a v omezené tloušťce. Bohužel se při stříkání uvolňuje prach, je tedy nutné používat ochranné pomůcky minimálně v podobě respirátorů. To platí pro jakýkoli druh celulózy.

Poslední formou je **celulóza v deskách**. Aplikuje se na jutovou podložku a zafixuje se. Při této aplikaci je nutnost vytvoření spár. [10]



Obr. 13 - Materiál na bázi papíru a celulózy [10]

### **Materiály na bázi kamenné vlny**

Granulát vyrobený z minerální vlny. Výroba je založena na metodě rozvlákňování taveniny směsi hornin a dalších příměsí a přísad. Vytvořená minerální vlákna se v rámci výrobní linky zpracují do finálního tvaru granulátu. Vlákna jsou po celém povrchu hydrofobizována. Granulát se používá jako polotovar pro následnou aplikaci foukané izolace. Výsledný produkt po aplikaci je nutné v konstrukci chránit vhodným způsobem proti povětrnostním vlivům.



Obr. 14 - Foukaná izolace na bázi kamenné vlny [10]

### **Minerální granuláty**

#### Použití minerálních granulátů

Granulát z minerálních tepelně izolačních vláken se pneumaticky vhání přímo do dutin stavebních konstrukcí. V místě aplikace vznikne kvalitní, spolehlivá a bezpečná izolační vrstva s dlouhodobou životností. [10]

#### Vlastnosti minerálních granulátů

Minerální granuláty mají dobré protipožární vlastnosti. Další výhodou je hydrofobizace vláken. Ta znamená, že pokud se vlákna dostanou do kontaktu s vlhkým prostředím, voda je nepoškodí a po vyschnutí se vlastnosti izolace nezmění. Minerální granuláty mají nízký difúzní odpor - vodní páry jimi dobře prostupují. [10]



Obr. 15 - Minerální granulát [10]

## 2.5.10 Sendvičové desky

### Sendvičové desky - použití

Sendvičové desky se používají při stavbách výrobních a skladovacích hal, a to k opláštění stěn či střech. Takto postavené objekty jsou zároveň vlivem konstrukce sendvičových panelů kvalitně tepelně zaizolovány. [10]

Výhodou při použití sendvičových desek je jednoduchost výstavby, tím je docílená rychlá montáž opláštění průmyslových objektů. [10]

### Sendvičové desky - vlastnosti

Sendvičové desky se skládají ze dvou či více materiálů, tyto panely jako celek získávají následně vlastnosti použitých komponentů. Materiálem bývá nejčastěji kov a izolační vrstva. [10]



Obr. 16 - Sendvičové desky [10]

## 2.5.11 Izolace z přírodních materiálů

Hypoalergenní, ekologické materiály. Při manipulaci s přírodními izolacemi se nemusí používat ochranné pomůcky. Procesy výroby jsou energeticky nenáročné, čímž nezatěžují životní prostředí. V dnešní době přírodní materiály zažívají renesanci. Do všech přírodních izolací jsou přidávány látky, jež chrání izolace proti škůdcům, plísním, houbám a roztočům. [10]

## ***Izolace z ovčí vlny***

### Popis a použití izolace z ovčí vlny

Ovčí vlna se v dnešní době přiváží zejména ze zahraničí, a proto je dražší než jiné izolace, s čímž souvisí i její rozšířenost u veřejnosti, která není nijak ohromující. Abychom dosáhli požadovaného materiálu pro tepelnou izolaci, musíme vlnu nejdříve ostříhat z chovných ovcí a vybrat z ní všechny nečistoty. Pokud vlnu necháme ve formě provazců, hodí se převážně jako výplňový tepelně izolační materiál. Pokud ji ale všijeme na nějakou tkanou rohož jako filcový pás, můžeme ji použít do lehkých konstrukcí a střešních pláštů nebo jako kročejovou izolaci pod plovoucí podlahu. Do klasických podlah či pod terénem je tato izolace zcela nevhodná. [10]

### Vlastnosti izolace z ovčí vlny

Ovčí vlna patří do skupiny přírodních izolací, které mají výbornou hydroskopičnost a i přes opakovaný tlak se vždy po odlehčení vrátí do původního stavu. Navíc se při manipulaci nemusí používat žádné ochranné pomůcky a vlna vydrží až několik stovek let, nebo i víc. Každý klad má i svůj zápor a vlna není samozřejmě výjimkou. Jelikož je přírodního původu, hrozí jí biologické napadení a samozřejmě riziko ohně. Proto se často impregnuje vodním sklem, borovou solí či boraxem. Pokud je zabudovaná v konstrukci, lze ji chránit omítkou či opláštěním sádrokartonovými nebořlavými deskami. Řadí se do požární skupiny lehce hořlavých materiálů a je samozhášivá. Bez přispění jiného plamene sama nevzplane. Po vyjmutí z ohně sama hasne. [10]



*Obr. 17 - Izolace z ovčí vlny [10]*

## ***Konopí, Juta***

### Výroba konopné izolace

Jako výchozí surovina se používá konopné vlákno, které se zkracuje na délku 7-8 cm. Aby vlákna držela pohromadě, využívá se tzv. BiCo vláken jako pojiva. Pojivo je na bázi polypropylenu a je zdravotně nezávadné. Připravená směs se vsune do termofixačních pecí, kde se pojivo ,s konopnými vlákny propojí. [10]

### Popis a vlastnosti konopné izolace

Výsledné rohože bývají nejčastěji v tloušťkách 20-180 mm. Izolace se řadí do třídy hořlavosti B2 - nesnadno hořlavé. Lze ji použít na jakékoli zateplení konstrukce od střech, přes izolaci stěn převážně dřevěných či hliněných konstrukcí až po fasády. Dá se využít i jako zvuková izolace. [10]



*Obr. 18 - Izolace z konopí [10]*

### ***Džínovina***

Izolace z džínoviny je velmi šetrná k životnímu prostředí a je snadno recyklovatelná. Neobsahuje škodlivé výpary, formaldehydy, nedráždí pokožku při instalaci. Každé bavlněné vlákno je důkladně ošetřeno speciálním přípravkem na bázi boritanu. [10]

### Izolace z džínoviny - původ

Izolace z džínoviny je novinkou, která pochází z USA. Izolace je vyrobena z džínů a zbytků z oděvních továren. [10]



*Obr. 19 - Izolace z džínoviny [10]*

## **2.5.12 Technické izolace**

Technické izolace se aplikují na průmyslové rozvody, zásobníky, kotle atd. za účelem snížení tepelných ztrát a snížením tepelné náročnosti těchto zařízení. Zde naleznete základní přehled tipů izolací na tyto zařízení, ať jsou to minerální izolace v deskách, rolích s povrchovou úpravou nebo bez povrchové úpravy. [10]

Naleznete zde také informace k oplechování těchto izolací nebo možnosti obalení těchto izolací fóliemi.





Obr. 20 - Technická izolace [10]

### 2.5.13 Reflexní tepelná izolace

Termoreflexní stavební fólie se používají souběžně s běžnými izolačními materiály pro účely tepelné izolace. Jejich účinek je ještě větší v létě, kdy chrání podkrovní prostor před přehříváním. Základem je kvalitní návrh a provedení. Termoreflexní fólie funguje tak, že odráží sálavou složku šíření tepla vzduchem, která je významná a v některých případech, jako je zejména teplo vyzařované sluncem, výrazně dominující. Tím, že fólie sálavé teplo nepohlcuje, se méně zahřívá. [10]

### 2.5.14 Desky z fenolické pěny

Jde o jeden z nejlepších tepelně izolačních materiálů. Jeho součinitel tepelné vodivosti  $\lambda = 0,022 \text{ W/mK}$ , což je necelých 60 % tepelné vodivosti běžného bílého fasádního polystyrenu. Cena tohoto materiálu je ovšem desetinasobná. Protože fenolická pěna má poměrně malou mechanickou pevnost, jsou desky oboustranně kaširované skelným rounem. Použití tohoto materiálu se vyplatí jen v těch místech, kde je opravdu nutné minimalizovat tloušťku izolace. Může to mít smysl například ve špaletách oken nebo na štítové stěně, kde je nedostatečný přesah střechy a kde nám tedy použití tohoto poměrně drahého materiálu umožní vyhnout se ještě nákladnějšímu zásahu do střechy. Určitou nevýhodou může být i fakt, že většina montážních firem s použitím tohoto materiálu na fasádu nemá žádné zkušenosti. [9]



Obr. 21 - Fenolické desky [10]

## 2.5.15 Provětrávané fasády

Pro provětrávané fasády se používá především minerální či skleněná vata. Je to logická volba, protože potřebujeme materiál s co nejmenším difuzním odporem. Vzhledem k tomu, že v provětrávané fasádě jsou vždy větší tepelné mosty než u kontaktních izolací a také proto, že nějakou tloušťku zabírá ta odvětrávaná mezera mezi izolací a krycími deskami, je vhodné používat materiály s malou tepelnou vodivostí, aby celková tloušťka zateplení nebyla příliš velká. Pravděpodobně nejlepší materiál na našem trhu je Isover s hodnotou  $\lambda = 0,03 \text{ W/mK}$ . [9]

## 2.5.16 Tabulka součinitelů tepelné vodivosti

Tab. 5 - Součinitel tepelné vodivosti TI [zdroje: vlastní]

Materiál		$\lambda$ - Součinitel tepelné vodivosti [W/mK]
Minerální vláknité izolace		0,039 - 0,041
Dřevovláknité izolace		0,038
Dřevocementové izolace		0,046
Polystyren	Expandovaný	0,037 - 0,039
	Extrudovaný	0,035 - 0,038
Polyuretan		0,021 - 0,023
Polyisokyanurát		0,021 - 0,023
Polyetylén		0,038
Pěnové sklo		0,04 - 0,048
Foukaná a sypaná izolace		0,035 - 0,039
Sendvičové desky		-
Izolace z přírodních materiálů		0,04 - 0,1
Technická izolace		0,030 - 0,045
Reflexní tepelné izolace		-
Fenolická pěna		0,021 - 0,024

## 2.6 PROVEDENÍ JEDNOPLÁŠŤOVÉ PLOCHÉ STŘECHY

Jednoplášťové ploché střechy dále můžeme rozdělit na dva základní druhy - nepochůzná a pochůzná. Na nepochůzná střechy je povolen vstup pouze za účelem kontroly stavu konstrukce nebo v případě revizního zásahu. Pochůzná střechy pak slouží k rekreaci, technologickému provozu, případně pro účely dopravy aj. V níže uvedeném seznamu bude popsána většina jednoplášťových plochých střech, které na trhu najdeme.

### **2.6.1 Jednoplášťová střecha nevětraná**

Střecha s klasickým pořadím vrstev, tepelnou izolací a nevětranou vzduchovou vrstvou, navrhuje se s parotěsnicí vrstvou. Bez parotěsnicí vrstvy nad podstřešními prostory s tepelnými požadavky nelze aplikovat, protože nesplní závazná kritéria návrhu. [11]

### **2.6.2 Jednoplášťová střecha větraná**

Tento typ střechy se navrhoval hlavně v 70. a 80. letech 20. století. Je specifický způsobem větrání, které zajišťuje systém větracích kanálků umístěných v tepelně izolační vrstvě, který je napojený na vnější prostředí. Střecha je zpravidla vyhovující nad prostory s relativní vlhkostí nepřesahující 75 %. Nejednalo se tedy o větrání v pravém slova smyslu (kontinuální proudění vzduchu), ale o expanzi vodních par těmito kanálky. [11]

### **2.6.3 Jednoplášťová střecha s opačným pořadím vrstev**

Střecha, kde je hydroizolační vrstva umístěna pod vrstvou nenasákavé tepelné izolace přímo na vhodně upraveném horním povrchu nosné nebo spádové vrstvy. Takovéto uspořádání vrstev střešního pláště optimálně řeší tradiční vlhkostní problém skladeb jednoplášťových střech proti klasickému uspořádání. [11]

### **2.6.4 Jednoplášťová střecha s kombinovaným pořadím vrstev**

Střecha vznikne rozdělením tepelně izolační vrstvy tak, aby jedna část byla pod hydroizolační vrstvou. Při realizaci je 40 % tepelné izolace umístěno pod hydroizolační vrstvou a 60 % nad hydroizolací, zde musí být použit nenasákavý materiál (XPS). Tento typ se v praxi používá především u rekonstrukcí plochých střech. Toto souvrství je vhodné pro prostředí s vyšší relativní vlhkostí vnitřního prostředí (cca nad 80 %). [11]

### **2.6.5 Jednoplášťová střecha „plus“**

Střecha funguje na tom principu, že tepelně izolační vrstva z původního střešního souvrství bude fungovat už jen jako doplňková. Původní krytina bude vyspravena a bude v nově realizovaném souvrství fungovat jako parotěsnicí vrstva, na kterou bude aplikována nově navržená vrstva tepelné izolace. Tento typ střechy se liší od střechy „duo“ tím, že se jedná o střechu s klasickým pořadím vrstev. [11]

## **2.6.6 Jednoplášťová střecha lehká**

Jednoplášťová střecha, jejíž plošná hmotnost je nižší než  $100 \text{ kg/m}^2$ . Nosnou konstrukci tvoří dřevěné bednění a trapézový plech. Protože mají významně nižší akumulaci tepla proti střechám s vyšší plošnou hmotností, reagují více na teplotní výkyvy vnějšího vzduchu. Díky své malé plošné hmotnosti mají taktéž horší parametry vzduchové neprůzvučnosti a má na ně velký vliv sání větru. [11]

## **2.6.7 Jednoplášťová vegetační plochá střecha**

Tato střecha prakticky vytváří další obytný prostor. Jsou novodobým trendem současné architektury, lze je různorodě kombinovat s pochůznými nebo pojížděnými střechami i jinak využívanými střešními plochami. [11]

Z hlediska použitých druhů ozelenění rozlišujeme:

Extenzivní střešní zeleň - jde o rostliny, které příliš nerostou do výšky a do hloubky a potřebují žádnou nebo malou péči. Navrhuje se na střechách se zatížením zeminou  $60\text{-}300 \text{ kg/m}^2$ . [11]

Intenzivní střešní zeleň – může zahrnovat i náročnější rostliny na péči jako jsou růže, keře a určité druhy stromů. Navrhuje se na střechách se zatížením zeminou až  $1500 \text{ kg/m}^2$ . [11]

## **2.7 SESTAVENÍ ROZPOČTU NA VARIANTNÍ ŘEŠENÍ**

### **2.7.1 Souhrnný rozpočet**

Představuje rozpočet, který je vytvořen investorem za účelem sestavení souhrnné ceny stavebního díla a stanovuje veškeré náklady stavby. Souhrnným rozpočtem se vynaložené náklady investora člení do několika částí či oddílů. Struktura souhrnného rozpočtu v České republice není pevně stanovena, ale využívají se různá doporučení institucí, starší právní předpisy nebo vlastní postupy. Obsahuje zpravidla náklady spojené se zahájením projektu (investiční záměr), formulací projektu (studie potřeb), návrhem projektu (jednotlivé druhy architektonických řešení, dokumentace stavebního povolení, ohlášení či územního rozhodnutí), realizací projektu (příprava, provedení, předání), provozem stavby a odstraněním stavby. Podklady pro souhrnný rozpočet se dělí na technické a ekonomické. K technickým podkladům patří projektová dokumentace stavby s technickou zprávou. Do ekonomické části se řadí podklady od odborných firem, individuální oceňovací podklady, skutečné ceny materiálů a prací. [14]

## 2.7.2 Rozpočet pomocí agregovaných položek

Rozpočet se provádí na základě agregovaných položek zahrnujících náklady přímé, režie a zisky počítané na soubor stavebních prací (agregátů). Agregovaná položka obvykle spojuje náklady se ziskem do více jednotkových cen stavebních prací. Sestavení ceníku z agregovaných položek není jednoduchou záležitostí, proto je snahou specializovaných firem vytvářet vlastní ceníky z agregovaných položek. Nejpoužívanější systémy pro tvorbu ceníku z agregovaných položek jsou cenové soustavy RTS nebo ÚRS. [14]

## 2.7.3 Rozpočet podle rozpočtových ukazatelů stavebního objektu

Rozpočtové ukazatele reprezentují technickoekonomické atributy stavebních objektů. Informace o technickoekonomických parametrech budov se zpracovávají podle dříve navržených a realizovaných staveb. Využívají se pro určení nákladů na obdobné připravované objekty, zjednodušené rozpočtování a snadnou přípravu budov včetně jejich realizace. Ukazatele se musí vztahovat k všeobecným měrným jednotkám, které jsou lehce kontrolovatelné: [14]

- Účelové jednotky (1 osoba, 1 lékařské pracoviště apod.)
- Technické jednotky (1 m<sup>3</sup> obestavěného prostoru, 1 m<sup>2</sup> užité plochy apod.)

## 2.8 EKONOMICKÉ METODY HODNOCENÍ EFEKTIVNOSTI INVESTICE

Podle toho, zda metody hodnocení efektivnosti investičních projektů přihlížejí či nepřihlížejí k faktoru času, se dělí na:

### 2.8.1 Statické metody

Statické metody nerespektují faktor času, např. PB - doba návratnosti.

Použití pouze tehdy, kdy faktor času nemá podstatný vliv na rozhodování o investicích (pořízení v čase 0 a krátká životnost investice (1,2 roky)). Podle výše diskontní sazby, tj. čím nižší, tím je vliv faktoru času méně významný. [15]

#### *Doba návratnosti*

Doba, za kterou se projekt splatí z peněžních příjmů (CF), které projekt zajistí, zjednodušeně ze svých zisků po zdanění a odpisů. [15]

Průměrná doba návratnosti, která využívá rozdělení investičních nákladů na počátku a budoucích pravidelných podobných CF<sub>t</sub>. Může se počítat i staticky (bez zohlednění časové hodnoty peněz), ale není to doporučováno. [15]

staticky -  $avgPB = |IN| / (\sum_{j=1}^n FV_j / n)$

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

Skutečná doba návratnosti, kde již nelze využívat rozdělení IN na počátku a budoucích pravidelných podobných CF<sub>j</sub>, tj. respektuje veškeré změny a výkyvy CF. Může se počítat i staticky (bez zohlednění časové hodnoty peněz), ale není to doporučováno. Výpočet se nejnázorněji provádí přes kumulativní diskontované CF, tedy  $\sum dCF_j$ . [15]

## 2.8.2 Dynamické metody

Tyto metody respektují faktor času, např. NPV - Čistá současná hodnota nebo IRR - vnitřní výnosové procento aj. U většiny projektů nezbytné. Respektování času pak podstatně ovlivňuje úvahy o přijetí či nepřijetí projektu, o výběru vhodné varianty. [15]

### Čistá současná hodnota

Dynamická metoda, představuje:

a) rozdíl mezi diskontovanými peněžními příjmy z investičního projektu a investičním nákladem. [15]

$$a) \quad NPV = \sum_{j=1}^n \frac{FV_j}{(1+i)^j} - IN = \frac{FV_1}{1+i} + \frac{FV_2}{(1+i)^2} + \frac{FV_3}{(1+i)^3} + \dots + \frac{FV_n}{(1+i)^n} - IN;$$

b) Pokud se výdaj neuskuteční jednorázově, pak se jedná o rozdíl mezi diskontovanými čistými peněžními příjmy z investičního projektu a diskontovanými investičními náklady. [15]

$$b) \quad NPV = \sum_{j=0}^n \frac{FV_j}{(1+i)^j} = FV_0 + \frac{FV_1}{1+i} + \frac{FV_2}{(1+i)^2} + \frac{FV_3}{(1+i)^3} + \dots + \frac{FV_n}{(1+i)^n};$$

FV ... očekávané peněžní příjmy v jednotlivých letech v Kč

IN ... investiční náklady v Kč

n ... doba životnosti investice v letech

j ... jednotlivé roky životnosti investice

i ... diskontní sazba investičního projektu

Interpretace možných výsledků NPV:

NPV > 0 - diskontované peněžní příjmy převyšují investiční náklad; projekt je pro podnik přijatelný, zaručuje požadovanou míru výnosu;

NPV = 0 - investiční projekt je indiferentní;

NPV < 0 - projekt je nepřijatelný, nezajišťuje požadovanou míru výnosu

S čistou současnou hodnotou pak úzce souvisí také PI - index ziskovosti investice.

### ***Index ziskovosti***

Je to relativní ukazatel vyjadřující poměr očekávaných diskontovaných peněžních příjmů z projektu k počátečním kapitálovým výdajům. Lze pak dle něj snáze seřadit projekty dle kritéria NPV, aniž bychom museli používat samotných hodnot NPV. [15]

$$PI = \sum_{j=1}^n \frac{FV_j}{(1+i)^j} / IN;$$

Interpretace možných výsledků PI:

- PI > 1 - diskontované peněžní příjmy převyšují investiční náklad; projekt je pro podnik přijatelný, zaručuje požadovanou míru výnosu;
- PI = 1 - investiční projekt je indiferentní;
- PI < 1 - projekt je nepřijatelný, nezajišťuje požadovanou míru výnosu.

### **3 FORMULACE PROBLÉMŮ A STANOVENÍ CÍLŮ ŘEŠENÍ**

Při návrhu budovy bytového domu v Zábřehu bylo počítáno se zateplením stavby pomocí kontaktního zateplovacího systému ETICS s tloušťkou tepelné izolace 150 mm. Při návrhu nebyla zjišťována ekonomická náročnost jednotlivých variant zateplení, a proto bylo rozhodnuto, že dojde k porovnání různých druhů variant izolačních materiálů.

Dále nebylo zohledněno také environmentální hledisko stavby z pohledu ekologicky šetrného zastřešení budovy, které by sluneční záření pohlcovalo a nedocházelo by tak ke zpětnému vyzařování tepla do okolí. V původním návrhu bylo využito jako pohledová vrstva kamenivo, které plnilo funkci přitěžujícího materiálu.

Cílem diplomové práce je tedy optimalizovat náklady spojené s provozováním bytového domu, náklady na provedení zateplení a dosáhnout co nejdřívejšího finančního návratu investice.



## **4 POUŽITÉ METODY A JEJICH ZDŮVODNĚNÍ**

U budovy bytového domu byly na začátku navrženy tři varianty zateplení, u všech variant bylo vypočteno několik tepelně technických ukazatelů a bylo provedeno posouzení prostupu tepla podle nejnovějších požadavků. U všech variant byl posléze zpracován průkaz energetické náročnosti budovy, aby bylo zjištěno, jaké jsou rozdíly mezi jednotlivými variantami zateplení.

Vzhledem k současnému trendu ekologické výstavby s důrazem na ochranu přírody bylo rozhodnuto, že dojde u nejvýhodnější varianty k návrhu různých druhů souvrství ploché střechy ideálně s využitím zeleného zastřešení.

Všechny tyto návrhy musí být optimalizovány, aby se dospělo k nejlepšímu možnému výsledku. Z toho důvodu, byl u všech variant zpracován položkový rozpočet v systému BuildPowerS, který při rozpočtování zohledňuje cenu za montáž, za materiál a také přesuny hmot.

Při hodnocení investice byl použit výpočet doby návratnosti. Toto kritérium nám říká, za jak dlouho se nám vrátí finanční prostředky vložené do investice a zda-li má investice v dlouhodobém měřítku význam.

## 5 VLASTNÍ ŘEŠENÍ PROBLÉMU

### 5.1 POPIS ÚZEMÍ STAVBY

Pozemek, na kterém předpokládáme stavební proces, je mírně svažité severovýchodním směrem. Je veden jako orná půda a rozloha dotčené části pozemku je 3602 m<sup>2</sup>. Zbytek pozemku bude spravován nadále Agrodružstvem Zábřeh. V katastrální mapě má pozemek p.č. 4913/12 a spadá pod katastrální území Zábřeh. Okolní zástavbu tvoří z většiny protilehlé řadové rodinné domy, ale také rodinné domy samostatně stojící na jihovýchodní straně řešeného pozemku. Ostatní pozemky spadají také pod ornou půdu, na které se nic nepěstuje. Veškeré stavební sítě jsou vedeny po ulici Sokolská (kanalizační, vodovodní, nízkotlaké plynové, elektrické vedení). Na stávajícím pozemku nejsou zřízeny žádné přípojky. Ty budou zřízeny před výstavbou bytového domu. Ochranná pásma dosavadních inženýrských sítí jsou mimo dosah stavby. Sousední ani jiné dotčené parcely nebudou zabráněny. Pozemek nyní spravuje místní hospodářské družstvo a bude použit jako stavební parcela, protože nemá jiné využití než jako zatravněná plocha. [12]

Pozemek se nachází v oblasti s jednoduchými geologickými poměry a nenachází se v žádném záplavovém území. Území v době zpracování projektové dokumentace nepodléhá žádným výjimkám ani úlevovým řešením, tudíž nebylo řešeno. Obecné požadavky veškerých dotčených orgánů byly dodrženy a zapracovány do projektové dokumentace pro provedení stavby podle zákona č.183/2006 Sb. ve znění pozdějších předpisů a s vyhláškou č. 501/2006 Sb., o obecných požadavcích na využívání území. [12]

Novostavba bytového domu bude napojena na inženýrské sítě vedené po ulici Sokolská. Nachází se zde kanalizační, elektrické a nízkotlaké plynové vedení. Na dosavadním pozemku se nenachází žádné přípojky. Přípojky budou zřízeny před uskutečněním stavby. Pozemek je také přístupný sjezdem na ulici Sokolskou. Projektová dokumentace je řešena v souladu se stavebním zákonem č. 183/2006 Sb. ve znění pozdějších předpisů, s vyhláškou č. 268/2009 č. Sb., o technických požadavcích na stavby ve znění pozdějších předpisů a rovněž v souladu s příslušnými ČSN, které se týkají navrhované stavby. Předmětem projektové dokumentace je i zařízení bytu s bezbariérovým přístupem na základě platné vyhlášky č. 398/2009 Sb., o technických požadavcích zabezpečujících bezbariérové užívání staveb. [12]

Výstavba bude probíhat podle časového harmonogramu navazujících prací. Taktéž bude dodržována technologie jednotlivých prací podle předpisů a dodržovány technologické přestávky dle časového harmonogramu stavby. [12]

## 5.2 ÚČEL A POPIS STAVBY



Obr. 22 - Vizualizace řešeného domu (zdroj: vlastní)

### 5.2.1 Účel a dispoziční řešení stavby

Bytový dům slouží k bydlení 5 rodin (5 bytových jednotek - v 1.NP se nachází bytové jednotky 2+KK, 4+KK a jeden bezbariérový byt 1+KK). Mimo bytů se v prvním podlaží nachází kočárkárna a úklidová místnost. Ve 2. NP se nachází 2 byty o větší rozloze - 4+KK a 3+KK s venkovní terasou. V suterénu domu se nachází 5 sklepních kójí pro jednotlivé byty, společná sušárna a kotelna. Další prostory jsou zjištěné z výkresů PD. [12]

Projektová dokumentace se zabývá dvoupodlažním podsklepeným bytovým domem, zastřešeným jednoplášťovou plochou střechou se sklonem 3 %. Tvar půdorysu je do písmene L, jehož největší rozměry jsou 22,3 m a 17,2 m. Umístění stavby vzhledem k okolní zástavbě je zřetelné ve výkresu situace. Maximální výška v nejvyšším bodě (výška atiky) je 7,01 m. [12]

Vztaženo od  $\pm 0,000 = 318,660\text{m.n.m.}$  B.p.v. Fasáda je zateplena kontaktním zateplovacím systémem ETICS v tl.150 mm, barva fasády je světle šedé a bílé barvy. Okna jsou plastová od místního výrobce Sulko Zábřeh. Vstupní dveře taktéž od firmy Sulko. Plochá střecha je zatížena kamenitým posypem frakce 16/32. [12]

Projektování proběhlo v souladu s platnou vyhláškou č. 398/2009 Sb., o technických požadavcích zabezpečujících bezbariérové užívání staveb. Vstup do BD je řešen jako bezbariérový a byt č.1 je taktéž bezbariérový. [12]

## 5.2.2 Konstrukční a materiálové řešení stavby

Konstrukční systém nadzemních podlaží bytového domu je zděný a je zhotoven z broušených cihelných bloků Porotherm 30 Profi Dryfix pro tloušťku stěny 300 mm zděných na zdící pěnu Porotherm Dryfix. Konstrukční systém podzemního podlaží je zděný z tvarovek ztraceného bednění a vyplněný prostým betonem C16/20 a ocelářskou výztuží B500B. [12]

### *Základové konstrukce*

Založení bytového domu je navrženo na základových pásech z prostého betonu třídy C20/25. Podkladní beton je navržen v tloušťce 150 mm a taktéž bude proveden z prostého betonu třídy C20/25, vyztužen KARI sítí  $\varnothing 4$  mm, oka 150 × 150 mm. [12]

### *Svislé konstrukce*

Obvodové zdivo 2 nadzemních podlaží je z broušených keramických tvarovek Porotherm 30 Profi Dryfix (délka/šířka/výška: 247/300/249 mm,  $U = 0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ ,  $\lambda = 0,175 \text{ W/mK}$ ,  $R_w = 46 \text{ dB}$ , požární odolnost REI 180 DP1) zděných na zdící pěnu Porotherm Dryfix, která je dodávána v množství úměrném spotřebovanému zdivu. Zdivo je zatepleno tepelnou izolací EPS 70F tloušťky 150 mm ( $\lambda = 0,039 \text{ W/mK}$ ) a pohledová exteriérová vrstva je z tenkovrstvé omítky na bázi vodného roztoku. [12]

Obvodové nosné suterénní zdivo je tvořeno z betonových tvárnic ztraceného bednění BEST pro tloušťku stěny 300 mm (délka/šířka/výška: 500/300/249 mm) zatepleno expandovaným polystyrenem EPS Perimetr tloušťky 100 mm ( $\lambda = 0,034 \text{ W/mK}$ ). V místě navázání nepodsklepené části objektu je z důvodů podpory základové desky pod nepodsklepenou částí provedeno ztužení obvodové suterénní zdi druhou řadou tvarovek ztraceného bednění BEST (délka/šířka/výška: 500/150/249 mm). Ztracené bednění je vyplněno prostým betonem třídy C16/20 a propojeno svisle a vodorovně pruty z betonářské oceli B500B. [12]

### Vnitřní nosné zdivo v 1.NP a 2.NP

a) Broušené keramické tvarovky Porotherm 30 Profi Dryfix pro tloušťku stěny 300 mm (délka/šířka/výška: 247/300/249 mm,  $U = 0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ ,  $\lambda = 0,175 \text{ W/mK}$ ,  $R_w = 46 \text{ dB}$ , požární odolnost REI 180 DP1) zděné na zdící pěnu Porotherm Dryfix v odpovídajícím množství vzhledem ke zdivu.

b) Broušené keramické tvarovky Porotherm 30 AKU SYM se zvýšeným útlumem vhodné pro mezibytové stěny pro tloušťku stěny 300 mm (délka/šířka/výška: 247/300/238 mm,  $U = 0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$ ,  $\lambda = 0,34 \text{ W/mK}$ ,  $R_w = 58 \text{ dB}$ , požární odolnost REI 180 DP1) zděné na maltu M10. [12]

### Vnitřní nosné zdivo v suterénu

Tvarovky ztraceného bednění BEST pro stěnu tloušťky 300 mm (délka/šířka/výška: 500/300/249 mm). Ztracené bednění je vyplněno prostým betonem třídy C16/20 a propojeno svisle a vodorovně pruty z betonářské oceli B500B. [12]

### Vnitřní nenosné zdivo

Broušené keramické tvarovky Porotherm 11,5 AKU Profi P+D se zvýšeným útlumem vhodné pro mezibytové stěny a obytné místnosti pro stěny tloušťky 115 mm (délka/šířka/výška: 497/115/249 mm,  $U=1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ ,  $\lambda= 0,28 \text{ W/mK}$ ,  $R_w=46 \text{ dB}$ , požární odolnost EI 180 DP1) zděné na maltu pro tenké spáry. [12]

### **Vodorovné konstrukce**

#### Stropní konstrukce

Stropní konstrukce je tvořena z nosníku POT různých rozměrů dle projektové dokumentace a mezi nimi vložených Miako vložek výšky 190 mm. V místech, kde jsou uloženy příčky dle PD, je výška vložek pod příčkami snížena na 150 mm a dodatečně vyztuženo KARI sítí  $\varnothing 4 \text{ mm}$ , oka  $150 \times 150 \text{ mm}$ . V místech u nosných obvodových stěn jsou kvůli věnci sníženy vložky na 80 mm. Vše je zřejmé z výkresů stropních konstrukcí. Všechny vložky jsou zality betonem tl. 60, 100, 170 mm a vyztuženo KARI sítí  $\varnothing 4 \text{ mm}$ , oka  $150 \times 150 \text{ mm}$ . Celá stropní konstrukce má tloušťku 250 mm. Skladby podlah mají výšku 150 mm a jsou rozděleny dle místností, viz PD. [12]

#### Překlady

Překlady ve vnitřním i vnějším nosném zdivu jsou provedeny z překladů Porotherm KP 7 (šířka/výška:70/238 mm) a délky 1250, 1750, 2250, 2500, 3250. Ve stěně tloušťky 300 mm jsou uloženy čtyři překlady vedle sebe, viz PD. V nosných stěnách tloušťky 300 mm, kde byly použity obložkové zárubně dveří, byly překlady zhotoveny z Porotherm KP 14,5 (délka/šířka/výška:1250/145/71 mm). Překlady v příčkách jsou provedeny z Porotherm KP 11,5 (délka/šířka/výška:1250/115/71 mm). [12]

### **Schodiště**

Schodiště je provedeno monoliticky z prostého betonu třídy C20/25 a vyztuže B500B. [12]

### **Hydroizolace**

Jako hydroizolace proti zemní vlhkosti je navržen SBS modifikovaný asfaltový pás s vložkou ze skleněné tkaniny, která zároveň zabraňuje pronikání radonu do budovy. [12]

Jako ochrana tepelné izolace a zároveň hydroizolace pod terénem je navržena nopová fólie s výškou nopu 8 mm. [12]

Jako hydroizolace terasy je navržen SBS modifikovaný asfaltový pás s vložkou ze skleněné tkaniny natavený na asfaltovou penetraci a pod rektifikační podložky PVC-P fólie určené pod zatěžovací vrstvy podlahy, odolné proti tlaku a porušení. Pod jednotlivé podložky je umístěn přířez PVC-P fólie. [12]

Jako hydroizolace jednoplášťové ploché střechy je navržen SBS modifikovaný asfaltový pás s vložkou ze skleněné tkaniny natavený na asfaltovou penetraci, na ní je uložena tepelně izolační a spádová vrstva a ta je zakryta PVC-P fólií určenou pro zatěžovací vrstvu, kterou je prané říční kamenivo. [12]

Jako hydroizolace na opracování atiky je zvolen SBS modifikovaný asfaltový pás s vložkou ze skleněné tkaniny a SBS modifikovaný asfaltový pás s nosnou vložkou z PES rohože. [12]

### ***Střešní konstrukce***

Střecha objektu je jednoplášťová plochá se spádem 3 %, který tvoří spádové klíny z tepelné izolace EPS 100. Střešní plášť je tvořen: asfaltová penetrace povrchu stropní konstrukce, SBS modifikovaný asfaltový pás s vložkou ze skleněné tkaniny natavený k podkladu, spádové klíny EPS 100, vrstva TI EPS 100, netkaná textilie, PVC-P fólie, netkaná a zatěžovací vrstvou je prané říční kamenivo frakce 16-32. [12]

### ***Komín***

Nerezový třívrstvý komínový systém s integrovanou tepelnou izolací. Vhodný jako fasádní komín, bez nutnosti základů. [12]

### ***Konstrukce klempířské, zámečnické a truhlářské***

Klempířské, zámečnické a truhlářské konstrukce jsou detailně popsány a vypsány v příloze Výpisu prvků. [12]

### ***Konstrukce podlah a povrchů***

Konstrukce vodorovné i svislé jsou detailně popsány v příloze výpisu vodorovných a svislých konstrukcí. [12]

### ***Vnitřní rozvody a instalace***

Vnitřní rozvody budou provedeny z kabelů CYKY vedených ve zdivu. Po budově bude navržen rozvod teplé a studené vody k jednotlivým výtokovým armaturám. Rozvody jsou

z plastového potrubí a vedou ve stěnách. Odpadní vody z jednotlivých zařizovacích předmětů jsou svedeny do jednotné kanalizační sítě. Digestoře jsou odvětrávány do exteriéru pomocí šachet. [12]

### ***Tepelná izolace***

Tepelná izolace v podlahách na terénu je tvořena z Perimetru v tloušťce 50 mm ( $\lambda_d = 0,0385 \text{ W/mK}$ ), dále v podlahách s topením je navržena systémová deska tepelné izolace ( $\lambda_d = 0,0374 \text{ W/mK}$ ) sloužící k uložení podlahového topení. [12]

Tepelná izolace na obvodové stěně je provedena z EPS 70F tloušťky 150 mm ( $\lambda_d = 0,034 \text{ W/mK}$ ). [12]

Tepelná izolace obvodové stěny v suterénu je provedena z TI Perimetr v o tloušťce 100 mm.

Tepelná izolace střešního pláště je dvojitá - první vrstva je spádová z EPS 100 v minimální tloušťce 100 mm (u vpusti), druhou tvoří TI EPS 100 tloušťky 200 mm ( $\lambda_d = 0,038 \text{ W/mK}$ ). [12]

### ***Výplně otvorů***

#### Okna

Všechna okna jsou plastová bílé barvy s izolačním trojsklem např. od firmy Sulko Zábřeh.

Deklarovaná hodnota součinitele prostupu tepla výrobcem:  $U_w = 0,89 \text{ W/m}^2\text{K}$

Rámeček zasklení: TGI

Okna v obytných místnostech jsou vybaveny žaluziemi

Odolnost proti vloupání: BT2

Součinitel prostupu tepla trojsklem:  $U_g = 0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$

Součinitel prostupu tepla rámem:  $U_f = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$

Lineární činitel prostupu zasklením:  $\Psi_g = 0,041 \text{ W/m}^2\text{K}$

Nad schodištěm v 2.NP se nachází střešní světlík od firmy Velux CXP. [12]

#### Dveře

Vstupní dveře do zádveří a do kočárkárny jsou z materiálu na bázi polymerového kompozitu např. Sulko Profi Line od firmy Sulko Zábřeh. Zasklení je provedeno izolačním trojsklem s hodnotou  $U_g = 0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ , rám s hodnotou  $U_f = 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ , hodnota součinitele prostupu tepla deklarovaná výrobcem je  $U_d = 0,85 \text{ W/m}^2\text{K}$ , schopnost útlumu hluku je 47 dB, odolnost proti vloupání BT3. [12]

Povrchová úprava kašírováním. Dveře jsou provedeny se středovým těsněním černé barvy, zasklívací lišty jsou zkosené. [12]

Plastové posuvné zdvižné dveře na terasu v 2. NP jsou od firmy Sulko - Sulko HS Portal, profil Rehau Geneo s jádrem z vláknitého kompozitu, zaskleno izolačním trojsklem s hodnotou

$U_g = 0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ , rámeček TGI, součinitel prostupu tepla deklarovaný výrobcem je  $U_d = 0,81 \text{ W/m}^2\text{K}$ , schopnost útlumu hluku 44dB. Povrchová úprava kašírování. [12]

## 5.3 NAVRŽENÁ ŘEŠENÍ ZATEPLENÍ OBVODOVÉ KONSTRUKCE

Navržená variantní řešení vycházela ze standardních tržních materiálů, které jsou nejčastěji používány jako TI v kontaktních zateplovacích systémech a jejich ekonomická náročnost je vzhledem k jejich tepelně technickým vlastnostem vhodným kompromisem.

### 5.3.1 Varianta bez zateplení

Varianta bez zateplení byla navržena k tomu, aby bylo určeno, jaké tepelně technické vlastnosti bude mít nezateplený objekt, jaké náklady bude obnášet vytápění nezatepleného objektu a jaké součinitele prostupu tepla bude mít samotná konstrukce bez TI. Dle toho bude možné přesněji říci, jaká varianta zateplení bude nejvhodnější a která bude mít nejlepší poměr tepelně technických vlastností a ekonomické nákladnosti. Nosnou konstrukcí stále zůstává zdívo z keramických tvarovek Porotherm 30 Profi Dryfix, které jsou zděné na zdící pěnu Porotherm Dryfix. Zdívo má hodnotu součinitele tepelné vodivosti rovnu  $0,175 \text{ W/mK}$ .

Tab. 6 - Skladba stěny bez zateplení [zdroj: vlastní]

č.v.	Materiál	d [m]
1	Silikátový interiérový nátěr Cemix, barva dle investora	-
2	Penetrace Cemix ST Color	-
3	Vápenná štuková omítka Cemix 033j	0,002
4	Jádrová omítka strojní Cemix 012	0,015
5	Cementový postřík Cemix 052	0,003
6	Porotherm 30 Profi Dryfix zděný na zdící pěnu Porotherm Dryfix	0,300
7	Podkladová penetrace základní Cemix	-
8	Lepící a stěrková hmota Cemix Comfort 135	0,003
9	Výztužná síťovina Cemix VS 160 A	0,0005
10	Penetrace ASN TOP COLOR Cemix	-
11	Tenkovrstvá silikonová pastovitá vnější omítka Cemix	0,005
Celková tloušťka:		0,3285



### 5.3.2 Varianta 1 - Tepelná izolace Isover EPS 70F tl. 150 mm

První varianta zateplení vnější obvodové stěny počítá se standardní TI z expandovaného polystyrenu EPS 70F tloušťky 150 mm. Toto řešení je nejpoužívanější právě na českém trhu a výrobci tepelné izolace je obrovské množství, tudíž není problém s dostupností materiálu. Návrhová hodnota součinitele tepelné vodivosti je 0,039 W/mK. Tepelný izolant je lepen na nosnou konstrukci opatřenou penetrací a lepící a stěrková hmotou Cemix, kotven je talířovými hmoždinkami Termoz CS a hmoždiny jsou zaslepeny polystyrenovými zátkami, aby došlo k zamezení vzniku tepelného bodového mostu. Aby došlo k dosažení co nejbližších hodnot součinitele prostupu tepla jako u variant ostatních, byl použit izolant v tloušťce 150 mm.

Tab. 7 - Skladba varianty 1 [zdroj: vlastní]

č.v.	Materiál	d [m]
1	Silikátový interiérový nátěr Cemix, barva dle investora	-
2	Penetrace Cemix ST Color	-
3	Vápenná štuková omítka Cemix 033j	0,002
4	Jádrová omítka strojní Cemix 012	0,015
5	Cementový postřík Cemix 052	0,003
6	Porotherm 30 Profi Dryfix zděný na zdící pěnu Porotherm Dryfix	0,300
7	Podkladová penetrace základní Cemix	-
8	Lepící a stěrková hmota Cemix Comfort 135	0,010
9	Tepelná izolace Isover EPS 70 F kotvena talířovými hmoždinkami TERMOZ CS	0,150
10	Lepící a stěrková hmota Cemix Comfort 135	0,003
11	Výztužná síťovina Cemix VS 160 A	0,0005
12	Penetrace ASN TOP COLOR Cemix	-
13	Tenkvrstvá silikonová pastovitá vnější omítka Cemix	0,005
Celková tloušťka:		0,4885

### 5.3.3 Varianta 2 - Tepelná izolace EPS Greywall tl. 120 mm

Varianta č. 2 byla zvolena taktéž s expandovaným polystyrenem EPS Greywall, ovšem tento polystyren je šedý díky příměsi grafitu a způsobu výroby, která zlepšuje tepelně technické vlastnosti polystyrenu. Izolant má součinitel tepelné vodivosti roven návrhové hodnotě 0,033 W/mK. Pro dosažení podobných hodnot součinitele prostupu tepla byl zvolen izolant v tloušťce 120 mm. Jako ve variantě první je izolant kotven na penetrovanou konstrukci pomocí talířových hmoždin opatřených záslepkou. Povrch konstrukce je opatřen tenkovrstvou silikonovou vnější omítkou značky Cemix.

Tab. 8 - Skladba varianty 2 [zdroj: vlastní]

č.v.	Materiál	d [m]
1	Silikátový interiérový nátěr Cemix, barva dle investora	-
2	Penetrace Cemix ST Color	-
3	Vápenná štuková omítka Cemix 033j	0,002
4	Jádrová omítka strojní Cemix 012	0,015
5	Cementový postřik Cemix 052	0,003
6	Porotherm 30 Profi Dryfix zděný na zdící pěnu Porotherm Dryfix	0,300
7	Podkladová penetrace základní Cemix	-
8	Lepící a stěrková hmota Cemix Comfort 135	0,010
9	Tepelná izolace Isover EPS Greywall kotvena talíř. hmoždinami TERMOZ CS	0,120
10	Lepící a stěrková hmota Cemix Comfort 135	0,003
11	Výztužná síťovina Cemix VS 160 A	0,0005
12	Penetrace ASN TOP COLOR Cemix	-
13	Tenkovrstvá silikonová pastovitá vnější omítka Cemix	0,005
Celková tloušťka:		0,4585

### 5.3.4 Varianta 3 - Tepelná izolace z minerální vlny tl. 140 mm

Třetí varianta zateplení byla zvolena opět z materiálu oblíbeného na českém trhu. Jedná se o tepelnou izolaci z minerální izolace z kamenných vláken Isover TF Profi. Návrhová hodnota součinitele tepelné vodivosti materiálu je rovna 0,037 W/mK. Izolace byla navržena v tloušťce 140 mm. Jako v předchozích dvou případech je izolace kotvena na hmoždiny TermoZ CS a hmoždiny jsou zaslepeny.

Tab. 9 - Skladba varianty 3 [zdroj: vlastní]

č.v.	Materiál	d [m]
1	Silikátový interiérový nátěr Cemix, barva dle investora	-
2	Penetrace Cemix ST Color	-
3	Vápenná štuková omítka Cemix 033j	0,002
4	Jádrová omítka strojní Cemix 012	0,015
5	Cementový postřík Cemix 052	0,003
6	Porotherm 30 Profi Dryfix zděný na zdící pěnu Porotherm Dryfix	0,300
7	Podkladová penetrace základní Cemix	-
8	Lepící a stěrková hmota Cemix Comfort 135	0,010
9	Tepelná izolace Isover MW TF Profi kotvena talíř. hmoždinami TERMOZ CS	0,140
10	Lepící a stěrková hmota Cemix Comfort 135	0,003
11	Výztužná síťovina Cemix VS 160 A	0,0005
12	Penetrace ASN TOP COLOR Cemix	-
13	Tenkvrstvá silikonová pastovitá vnější omítka Cemix	0,005
Celková tloušťka:		0,4785

Skladby stěn byly navrženy až na tepelnou izolaci úplně stejně, aby došlo k co nejlepšímu posouzení vhodnosti tepelného izolantu a aby další prvky konstrukce neměly velký vliv na výsledek. Z hlediska proveditelnosti bude zřejmě nejjednodušší manipulace s polystyrenem tloušťky 120 mm. Stejně tak tomu bude u realizace klempířských prvků, které jsou součástí dodávky a montáže zateplení.

## 5.4 NAVRŽENÁ ŘEŠENÍ PLOCHÉ STŘECHY

Skladba ploché střechy se umísťovala na nosnou konstrukci stropní desky z nosníků POT a vložek Miako, která byla zmonolitněna betonem C16/20 a vyztužena ocelovou sítí. Konstrukce byla opatřena asfaltovou emulzí a následně na ni byl nataven asfaltový hydroizolační pás s hliníkovou vložkou Glastek 40 AL Mineral. U variant střechy byly použity pouze tři již zateplené varianty. Pro výpočet nákladů na budovu s různými izolanty stěn byla použita hodnota součinitele prostupu tepla střechy, která je přitížena praným říčním kamenivem (varianta A) a následně je použito srovnání s variantami extenzivní a intenzivní zelené střechy.

Porovnání variant následně bude provedeno přičtením úspor na vytápění k variantě 1 a v hodnotě investice bude rozdíl v pořizovacích nákladech na extenzivní a intenzivní střechu přičten také k variantě 1.

### 5.4.1 Varianta A - původní skladba z PD

Varianta A ploché střechy je převzatá již ze vstupních podkladů, které byly dodatečně vyspecifikovány. Na hydroizolační vrstvu střechy je kladena tepelná izolace ze spádových klínů, aby bylo dosaženo požadovaného spádu pro odtok dešťových srážek. Na spádové klíny je ložena druhá vrstva tepelné izolace, aby bylo dosaženo požadované hodnoty součinitele prostupu tepla. Na izolaci je kladena geotextílie, PVC-P fólie, opět geotextílie a poslední vrstvou je prané říční kamenivo frakce 16/32, které plní funkci přitížení.

Tab. 10 - Skladba střechy varianty A [zdroj: vlastní]

č.v.	Materiál	d [m]
1	Prané říční kamenivo frakce 16-32	0,150
2	Netkaná textílie Filtek 500 g/m <sup>2</sup>	-
3	PVC-P fólie DEKPLAN 77	0,006
4	Netkaná textílie Filtek 300 g/m <sup>2</sup>	-
5	EPS 100	0,200
6	Spádové klíny EPS 100	0,100
7	Hydroizolace Glastek 40 AL Mineral	0,004
8	Asfaltová penetrace Dekprimer	-
9	ŽB stropní konstrukce	0,250
Celková tloušťka:		0,71

## 5.4.2 Varianta B - skladba ploché střechy s extenzivním zatravněním

Varianta B je opatřena extenzivním vegetačním souvrstvím, které plní funkci hydroakumulační (substrát extenzivní ACRE), estetickou a také má kladný vliv na okolní městskou termodynamiku. Stejně jako v první variantě je použit tepelný izolant z expandovaného polystyrénu EPS 100 ve dvou vrstvách. Následně je použita hydroizolace, geotextílie, nopová fólie, substrátové desky, samotný extenzivní substrát a nasazena extenzivní vegetace. Tloušťka vrstev je 480 mm.

Tab. 11 - Skladba střechy varianty B [zdroj: vlastní]

č.v.	Materiál	d [m]
1	Vegetace (rozchodníky a netřesky)	-
2	Extenzivní minerální substrát ACRE Extenzivní	0,100
3	Substrátové desky Isover Flora 50 mm	0,050
4	DEKDREN T20 GARDEN profilovaná (nopová) fólie s perforací	0,020
5	Netkaná textílie Filtek 300 g/m <sup>2</sup>	-
6	PVC-P fólie	0,005
7	EPS 100	0,200
8	Spádové klíny EPS 100	0,100
9	Hydroizolace Glastek 40 AL Mineral	0,004
10	Asfaltová penetrace Dekprimer	-
11	ŽB stropní konstrukce	0,250
Celková tloušťka:		0,73

### 5.4.3 Varianta C - skladba ploché střechy s intenzivním zatravněním

U varianty C bylo nutno použít tuhé desky z EPS 150, které mají vyšší pevnost v tlaku, neboť u intenzivních střech je potřeba větší tloušťka substrátu. Dále je potřeba použít také jiný typ substrátové desky na vyšší zatížení (Isover Intense). Substrátová vrstva zde má tloušťku 300 mm. Vysazeny mohou být kromě rozchodníků, netřesků a drobnějších rostlin také keře a rostliny s náročnějšími podmínkami k růstu.

Tab. 12 - Skladba střechy varianty C [zdroj: vlastní]

č.v.	Materiál	d [m]
1	Vegetace (rostliny a keře s kapkovou závlahou)	-
2	Minerální substrát ACRE Intenzivní	0,300
3	Substrátové desky Isover Intense 50 mm	0,050
4	DEKDREN T20 GARDEN profilovaná (nopová) fólie s perforací	0,020
5	Netkaná textilie Filtek 300 g/m <sup>2</sup>	-
6	PVC-P fólie	0,005
7	EPS 150	0,200
8	Spádové klíny EPS 150	0,100
9	Hydroizolace Glastek 40 AL Mineral	0,004
10	Asfaltová penetrace Dekprimer	-
11	ŽB stropní konstrukce	0,250
Celková tloušťka:		0,93

## 5.5 POSOUZENÍ VARIANT Z HLEDISKA TEPELNĚ TECHNICKÝCH VLASTNOSTÍ

Výpočet tepelně technických vlastností byl rozdělen do dvou fází.

První fází bylo ruční vypočtení pomocí hodnot součinitele tepelné vodivosti a tloušťek konstrukcí. Dále ve výpočtu byly použity návrhové hodnoty tepelného odporu na vnitřní straně konstrukce a tepelného odporu na venkovní straně konstrukce.

Ve druhé fázi byl využit program Teplo 2017 EDU, ve kterém byla primárně počítána vlhkost v konstrukci a vedlejším výsledkem byly také právě součinitele prostupu tepla posuzovaných konstrukcí. Zde byly materiály vkládány do výpočtu z databáze materiálů, které má program k dispozici.

### 5.5.1 Výpočet součinitele prostupu tepla svislých konstrukcí

Jak bylo předpokládáno, konstrukce bez zateplení nesplní ani normativní požadovanou hodnotu na součinitel prostupu tepla, který je 0,3 W/mK. U ostatních variant zateplení se s přehledem dostáváme na splnění hodnoty doporučené i hodnoty pro pasivní domy. Jak bylo předesláno výše, záměr byl dosáhnout navzájem co nejbližších hodnot součinitele prostupu tepla, a to se podařilo v rámci maximálního rozdílu 0,007 jednotky.

Tab. 13 - Splnění požadavků U svislých konstrukcí [zdroj: vlastní]

Varianty obvodové stěny	Vypočtená hodnota U [W/m <sup>2</sup> K]	Normativní hodnota U <sub>N</sub> [W/m <sup>2</sup> K]	Vyhodnocení
Varianta bez zateplení	0,515	0,3	<b>NEVYHOVUJE</b>
Varianta 1 - zateplení Isover EPS 70F	0,172	0,3	<b>VYHOVUJE</b>
Varianta 2 - zateplení Isover EPS Greywall	0,179	0,3	<b>VYHOVUJE</b>
Varianta 3 - zateplení minerální vatou	0,174	0,3	<b>VYHOVUJE</b>

U všech konstrukcí bylo počítáno s návrhovými hodnotami, aby bylo dosaženo co nejrealnějších výsledků.

### 5.5.2 Výpočet nejnižší teploty a teplotního faktoru v ploše

Výpočet teplotního faktoru nám říká o konstrukci, jaké jsou poměry mezi jednotlivými teplotami exteriéru a interiéru v závislosti na hodnotě součinitele prostupu tepla konstrukce. Opět bylo dosaženo splnění požadavku u všech tří variant. V tomto případě byla splněna podmínka i u nezateplené konstrukce. V příloze výpočtu jsou vypsány nejnižší povrchové teploty konstrukcí.

Tab. 14 - Splnění požadavku teplotního faktoru v ploše [zdroj: vlastní]

Varianty skladby obvodové stěny	Vypočtená hodnota teplotního faktoru $f_{Rsi,N}$	Kritický teplotní faktor konstrukce $f_{Rsi,crit}$	Vyhodnocení
Varianta bez zateplení	0,879	0,757	<b>VYHOVUJE</b>
Varianta 1 - zateplení Isover EPS 70F	0,958	0,757	<b>VYHOVUJE</b>
Varianta 2 - zateplení Isover EPS Greywall	0,956	0,757	<b>VYHOVUJE</b>
Varianta 3 - zateplení minerální vatou	0,957	0,757	<b>VYHOVUJE</b>

### 5.5.3 Výpočet nejnižší teploty a teplotního faktoru v koutě

Tento výpočet nám deklaruje, jaké jsou poměry v teplotách v koutech jednotlivých variant. V tomto kritériu nesplnila požadavek konstrukce bez zateplení o 0,002 jednotky. Lze tedy předpokládat, že v koutech této konstrukce by mohlo docházet k přílišnému ochlazení konstrukce. V příloze výpočtu jsou vypsány nejnižší povrchové teploty konstrukcí.

Tab. 15 - Splnění požadavku teplotního faktoru v koutě [zdroj: vlastní]

Kout obvodové konstrukce	Vypočtená hodnota teplotního faktoru $f_{Rsi,N}$	Kritický teplotní faktor konstrukce $f_{Rsi,crit}$	Vyhodnocení
Varianta bez zateplení	0,755	0,757	<b>NEVYHOVUJE</b>
Varianta 1 - zateplení Isover EPS 70F	0,882	0,757	<b>VYHOVUJE</b>
Varianta 2 - zateplení Isover EPS Greywall	0,879	0,757	<b>VYHOVUJE</b>
Varianta 3 - zateplení minerální vatou	0,881	0,757	<b>VYHOVUJE</b>

### 5.5.4 Výpočet součinitele prostupu tepla výplň otvorů

Při výpočtu hodnot  $U$  u výplň otvorů byla hodnota stanovena ručním výpočtem. Deklarované hodnoty výrobcem byly ve všech případech příznivější, neboť v ručních výpočtech byl započten vliv zasklívání, jak se to standardně děje, ale hodnoty výrobce byly stanoveny experimentálně. I přesto by všechny výplně v přehledem splnili požadavky na součinitel prostupu tepla.

Tab. 16 - Splnění požadavku  $U$  výplň otvorů [zdroj: vlastní]

Výplně otvorů	Vypočtená hodnota $U$ [W/m <sup>2</sup> K]	Normativní hodnota $U_N$ [W/m <sup>2</sup> K]	Vyhodnocení
Okno O1	0,922	1,5	<b>VYHOVUJE</b>
Okno O2	0,929	1,5	<b>VYHOVUJE</b>
Okno O3	0,903	1,5	<b>VYHOVUJE</b>



Výplně otvorů	Vypočtená hodnota U [W/m <sup>2</sup> K]	Normativní hodnota U <sub>N</sub> [W/m <sup>2</sup> K]	Vyhodnocení
Okno O4	0,884	1,5	<b>VYHOVUJE</b>
Okno O6	0,980	1,5	<b>VYHOVUJE</b>
Dveře D8	0,948	1,7	<b>VYHOVUJE</b>
Dveře D9	0,987	1,7	<b>VYHOVUJE</b>
Dveře D10	0,834	1,7	<b>VYHOVUJE</b>

### 5.5.5 Výpočet kondenzace v konstrukci

K výpočtu kondenzace vodní páry v konstrukci byl použit software Teplo 2017 EDU. Zde byly nastaveny všechny vnější podmínky na danou lokalitu a zadané materiálové charakteristiky svislých a střešních konstrukcí. U všech svislých konstrukcí byl požadavek splněn bez větších problémů.

Tab. 17 - Splnění požadavku na množství kondenzace v obvodové konstrukci [zdroj: vlastní]

Šíření vlhkosti v konstrukci	Varianta bez zateplení	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3
Roční množství zkondenzované vodní páry M <sub>c,a</sub> (kg/m <sup>2</sup> rok)	0,0834	0,007	0,0082	0,0592
Roční množství vypařitelné vodní páry M <sub>ev,a</sub> (kg/m <sup>2</sup> rok)	4,4793	1,9088	2,5574	5,3298
Kondenzuje vodní pára ve stěně	NE	NE	NE	NE
Vyhodnocení M <sub>c,a</sub> < M <sub>ev,a</sub>	Vyhovuje	Vyhovuje	Vyhovuje	Vyhovuje
Vyhodnocení M <sub>c,a</sub> < M <sub>c,N</sub>	Vyhovuje	Vyhovuje	Vyhovuje	Vyhovuje

## 5.6 VÝPOČET NÁKLADŮ NA PROVOZ BYTOVÉHO DOMU

Výpočet nákladů na provoz bytového domu v Zábřehu byl stanoven pomocí národního kalkulačního nástroje. Výpočet nákladů bude stanoven na vytápění objektu a na ohřev teplé vody.

Výpočetní nástroj NKN II principálně vychází z výpočetního nástroje NKN, nicméně se v jádru jedná o úplně nový výpočetní nástroj. NKN II nabízí výstupy nejen pro potřeby vyhlášky 264/2020 Sb., ale také detailní informace o energetické bilanci budovy. Výpočetní nástroj NKN II je určený pro zpracování průkazu energetické náročnosti budov podle požadavků zákona 406/2000 Sb. ve znění pozdějších předpisů a vyhlášky 264/2020 Sb. Výpočetní nástroj NKN zpracovává požadavky výše uvedených předpisů. Výpočet energetické náročnosti budov vychází z okrajových podmínek uvedených v TNI 730331 - Energetická náročnost budov - Typické hodnoty pro výpočet.

Současně lze výpočetní nástroj využít pro analýzu energetických potřeb budovy bez ohledu na princip hodnocení energetické náročnosti budov. [16]

Před samotným výpočtem nákladů v programu Národní kalkulační nástroj II je potřeba vložit vstupní údaje pro posuzovanou budovu. Zadává se účel užívání budovy, charakteristika konstrukcí, provádí se zónování budovy, které pro naše potřeby provedeme jako jednu celistvou zónu, u obvodových konstrukcí, střechy a vnějších výplní otvorů se zadá součinitel prostupu tepla. Dále se do výpočtu zadávají objemové charakteristiky: vnější objem budovy, energeticky vztažná plocha, užitná plocha zóny, podíl vnitřních a obvodových konstrukcí ze zadaného objemu zóny a přírážka na vliv tepelných vazeb v procentech. Dalšími zadávanými hodnotami jsou: výkon kotle na ohřev, účinnost, sdílení tepla mezi vytápěnou zónou a systémem vytápění, který je stanoven dle tabulky (21), a účinnost rozvodů tepla pro vytápění dle tabulky (22). Data na větrání, chlazení a osvětlení zón nejsou předmětem tohoto výpočtu.

V dalším kroku se vypisují jednotlivé konstrukce, jejich plochy, v případě výplní otvorů se uvádí také jejich azimutový úhel a úhel sklonu.

V původní dokumentaci nebyl dostatečně vyspecifikován zdroj tepla, tudíž v rámci návrhu byl zvolen kondenzační plynový kotel, který slouží mimo vytápění budovy také k ohřevu teplé vody. U zdroje tepla se také uvádí účinnost a jeho instalovaný elektrický příkon, který je zásadní pro stanovení nákladu na ohřev. Jako energo-nositel je v budově uveden zemní plyn, který je přístupný z přilehlé inženýrské přípojky.

Jako poslední se v programu zadávají hodnoty pro samotnou přípravu teplé vody. Zde se jedná zejména o zdroj ohřevu vody, příkon ohříváče, objem zásobníku, který je navržen dle obyvatel domu, délka rozvodů TUV a účinnost zdroje přípravy TUV.

## 5.6.1 Stanovení vstupních dat do programu NKN II

### Vstupní údaje o konstrukcích

Tab. 18 - Vstupní hodnoty konstrukcí do NKN II [zdroj: vlastní]

Konstrukce	Vypočtená hodnota U [W/m <sup>2</sup> K]	Normativní hodnota U <sub>N</sub> [W/m <sup>2</sup> K]	Vyhodnocení
Konstrukce bez zateplení	0,515	0,3	<b>NEVYHOVUJE</b>
Varianta 1 - EPS 70 F	0,172	0,3	<b>VYHOVUJE</b>
Varianta 2 - EPS Greywall	0,179	0,3	<b>VYHOVUJE</b>
Varianta 3 - MV TF Profi	0,174	0,3	<b>VYHOVUJE</b>
Varianta A - prané říční kamenivo	0,126	0,24	<b>VYHOVUJE</b>
Varianta B - extenzivní zelená střecha	0,109	0,24	<b>VYHOVUJE</b>
Varianta C - intenzivní zelená střecha	0,105	0,24	<b>VYHOVUJE</b>
Podlaha na terénu	0,388	0,45	<b>VYHOVUJE</b>
Okna	0,899	1,5	<b>VYHOVUJE</b>
Dveře	0,85	1,7	<b>VYHOVUJE</b>

### Vstupní údaje o vytápěné zóně

Vstupní údaje byly určeny z podkladových dokumentů budovy bytového domu v Zábřehu.

Tab. 19 - Vstupní údaje o vytápěné zóně do NKN II [zdroj: vlastní]

Údaj	Hodnota
Vytápění pomocí	Zemní plyn
Vnější objem budovy	2067,8 m <sup>3</sup>
Energeticky vztažná plocha	629,995 m <sup>2</sup>
Užitná plocha zóny	424,029 m <sup>2</sup>
Podíl vnitřních a obvodových konstrukcí na objemu budovy	≈7%
Počet osob vypočtený z profilu typického užívání	12
Přirážka na vliv tepelných vazeb	0,02

## 5.6.2 Stanovení vstupních dat pro vytápění

Neboť nebyl v technické zprávě vyspecifikován kondenzační kotel pro vytápění a ohřev teplé vody, byl zvolen jako zdroj tepla stacionární kondenzační plynový kotel se zásobníkem Vaillant ecoCOMPACT VCC266/4-5 150. Tento kotel splňuje pro ohřev vody i pro vytápění energetickou třídu A. Kotel bude umístěn v technické místnosti v 1.PP a jeho výkon je 30kW. Teplá voda bude

z technické místnosti rozváděna potrubím do jednotlivých bytových jednotek, do otopných těles umístěných v jednotlivých místnostech.

#### Účinnost kondenzačního plynového kotle

Účinnost plynového kotle byla stanovena dle normy ČSN 73 0331 - 1, příloha A, tabulka A.5.

Tab. 20 - Sezónní účinnost výroby tepla zdrojem tepla [21]

<b>Plynový kotel pro vytápění a přípravu teplé vody o jmenovitém výkonu do 35 kW</b>	$\eta_{H,gen}$ (-)
standardní (jednostupňový hořák)	0,83
standardní (modulovaný hořák)	0,85
nízkoteplotní (modulovaný hořák)	0,95
kondenzační (modulovaný hořák)	1,03

#### Účinnost sdílení tepla systémem vytápění

Účinnost sdílení tepla systémem vytápění byla stanovena dle normy ČSN 73 0331 - 1, příloha A, tabulka A.24.

Tab. 21 - Účinnost sdílení tepla systémem vytápění [21]

<b>Způsob vytápění</b>	$\eta_{H,gen}$ (-)
Teplovodní otopná soustava s deskovými otopnými tělesy s termostatickou hlavicí (2 K), umístěnými u vnější stěny	0,88
Teplovodní podlahové vytápění provedené mokřím způsobem s regulací podle řídicí místnosti	0,83
Teplovzdušný systém pro bytové domy s centrální regulací zdroje tepla a regulací teploty přiváděného vzduchu podle referenční místnosti	0,92
Teplovzdušný systém pro nebytové budovy s regulací teploty přiváděného vzduchu podle teploty vzduchu v místnosti	0,85
Elektrické přímotopy (P regulace) 0,91	0,91
Elektrické přímotopy (PI regulace) 0,96	0,96
Plošné elektrické akumulární vytápění (P regulace – pásmo proporcionality 1 K)	0,84
Plošné elektrické vytápění přímotopné (P regulace – pásmo proporcionality 1 K)	0,89
Elektrické přímotopné sálavé panely (P regulace – pásmo proporcionality 1 K)	
Plošné elektrické akumulární vytápění (PI/PID regulace s možností ovládní každé místnosti/zóny místnosti, pásmo proporcionality 0,3 až 0,5 K)	
Plošné elektrické vytápění přímotopné (PI/PID regulace s možností ovládní každé místnosti/zóny místnosti, pásmo proporcionality 0,3 až 0,5 K)	
Elektrické přímotopné sálavé panely (PI/PID regulace s možností ovládní každé místnosti/zóny místnosti, pásmo proporcionality 0,3 až 0,5 K)	

### Účinnost rozvodů tepla na vytápění

Účinnost rozvodů tepla systémem vytápění byla stanovena dle normy ČSN 73 0331 - 1, příloha A, tabulka A.20.

Tab. 22 - Účinnost rozvodů tepla na vytápění [21]

$\vartheta_m$ (°C)	$\eta_{H,dis}$ (-)	
	min. 20 % délky rozvodů vedeno v nevytápěných a temperovaných prostorách	min. 80 % délky rozvodů vedeno ve vytápěných prostorách, rozvody v nevytápěných prostorách jsou izolovány podle platné legislativy
> 60	0,85	0,90
≥ 45	0,87	0,92
< 45	0,89	0,93

### 5.6.3 Stanovení vstupních dat pro přípravu teplé vody

Teplá voda se bude připravovat stejným kondenzačním plynovým kotlem, který je využíván pro vytápění. Plynový kotel má vestavěný konvekční zásobník na 141 l teplé vody.

#### Denní ztráta zásobníku teplé vody

Denní ztráta zásobníku teplé vody byla stanovena dle normy ČSN 73 0331 - 1, příloha A, tabulka A.57.

Tab. 23 - Denní ztráta zásobníku teplé vody [21]

Objem přímo ohřivaného zásobníku teplé vody (l)	Zásobníky cca od roku 1995	Zásobníky cca 1987 až 1994
	$q_{w,st,ls,d}$ (Wh/l (den))	$q_{w,st,ls,d}$ (Wh/l (den))
≤ 200	6,4	10,0
400	5,2	8,5
600	4,6	7,8
800	4,3	7,3
1 000	4,1	7,0
1 200	3,9	6,8
1 500	3,7	6,5
1 800	3,5	6,3
2 100	3,4	6,2
≥ 2 500	3,3	6,0

#### Denní ztráta tepla způsobena rozvody teplé vody

Denní ztráta tepla způsobená rozvody teplé vody byla stanovena dle normy ČSN 73 0331 - 1, příloha A, tabulka A.60. Ztráta je ovlivněna zejména typem cirkulace vody a vnitřním průměrem potrubí (DN).

Tab. 24 - Denní ztráta tepla způsobena rozvodou teplé vody [21]

DN	(palce)	3/8"	1/2"	3/4"	1"	5/4"
DN	(mm)	9,5	12,7	19,1	25,4	31,8
tepelná izolace 13 mm		$q_{W,dis,ls}$ (Wh/(m·den))				
stálá cirkulace		134,6	144,7	154,8	164,3	173,3
bez cirkulace		17,4	30,9	68,8	115,1	161,4
DN	(palce)	6/4"	2"	3"	4"	5"
DN	(mm)	38,1	50,8	76,2	101,6	127,0
tepelná izolace 13 mm		$q_{W,dis,ls}$ (Wh/(m·den))				
stálá cirkulace		178,2	185,7	197,0	202,9	207,0
bez cirkulace		201,4	262,0	333,2	368,5	389,2

#### Potřeba teplé vody pro danou budovu

Denní potřeba teplé vody je stanovena dle normy ČSN 73 0331 - 1, příloha A, tabulka A.55. Pro bytový dům se potřeba teplé vody pohybuje od 30 - 45 l na osobu a den. Uvažovaný počet obyvatel dle podkladové dokumentace je uvažován 12.

Tab. 25 - Potřeba teplé vody pro danou budovu [21]

Typ provozu	$V_{W,f,d}$ (l/(mj·den))	Měrná jednotka (mj.)
Bytový dům	35	osoba
Rodinný dům	40	osoba
Administrativní budovy – kancelářské prostory	6	osoba

Tab. 26 - Stanovení potřeby teplé vody [zdroj: vlastní]

Potřeba teplé vody v budově	Hodnota
Potřeba teplé vody pro osobu za den	0,04 m <sup>3</sup> /den
Potřeba teplé vody pro 12 osob na den	0,48 m <sup>3</sup> /den
Potřeba teplé vody pro 12 osob za rok	175,2 m <sup>3</sup> /den

Výpočtem byla stanovena potřeba teplé vody na **175,2 m<sup>3</sup>/rok**.

#### 5.6.4 Výsledky z programu NKN II

Pro demonstraci výsledků z programu NKN byly vybrány protokoly z variant konstrukce nezateplené a konstrukce zateplené expandovaným polystyrenem EPS 70 F tloušťky 150 mm. Podrobné výsledky dalších dvou variant jsou k dispozici k nahlédnutí v přílohách diplomové práce.

Při vyhodnocení bylo zjištěno, že nezateplená budova je hodnocena jako D - méně úsporná. Dodané množství energie bylo vypočítáno na 90 364 kWh/rok. Průměrný součinitel

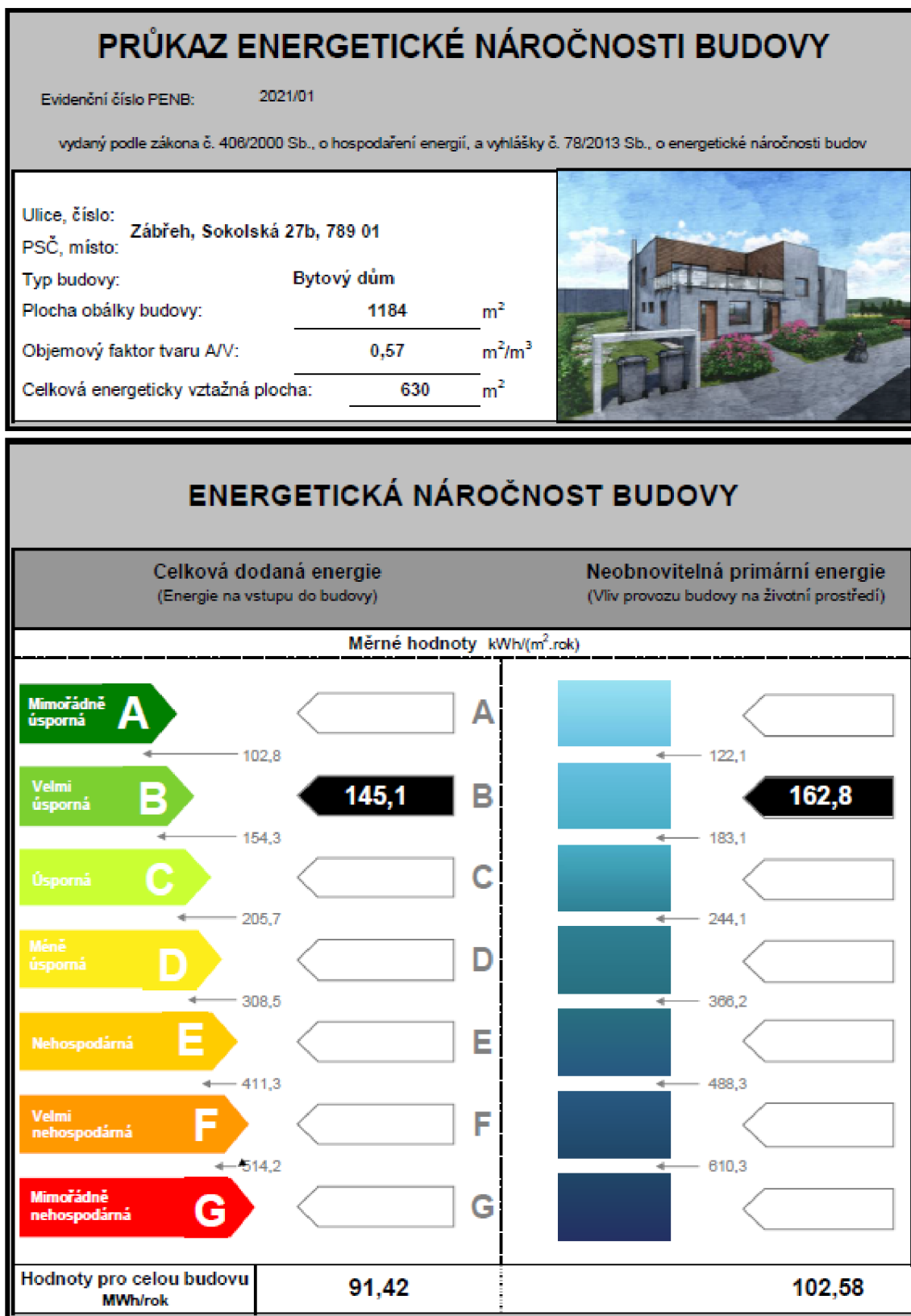
prostupu tepla obálkou budovy byl stanoven na 0,44 a požadavek ukazatele energetické náročnosti (dále jen EN) nebyl splněn. U variant obvodového zateplení došlo k poklesu potřeby množství energie potřebného pro vytápění a ohřev TV.

U první varianty se zateplením pomocí expandovaného polystyrenu EPS 70 F v tloušťce 150 mm bylo dosaženo hodnoty 0,33 průměrného součinitele prostupu tepla obálkou budovy a množství energií bylo stanoveno na 74 742 kWh/rok. Požadavek na EN byl u první varianty splněn.

U druhé varianty se zateplením pomocí expandovaného polystyrenu EPS Greywall v tloušťce 120 mm bylo dosaženo taktéž hodnoty 0,33 průměrného součinitele prostupu tepla obálkou budovy a množství energií bylo stanoveno na 75 060 kWh/rok. Požadavek na EN byl i u druhé varianty splněn.

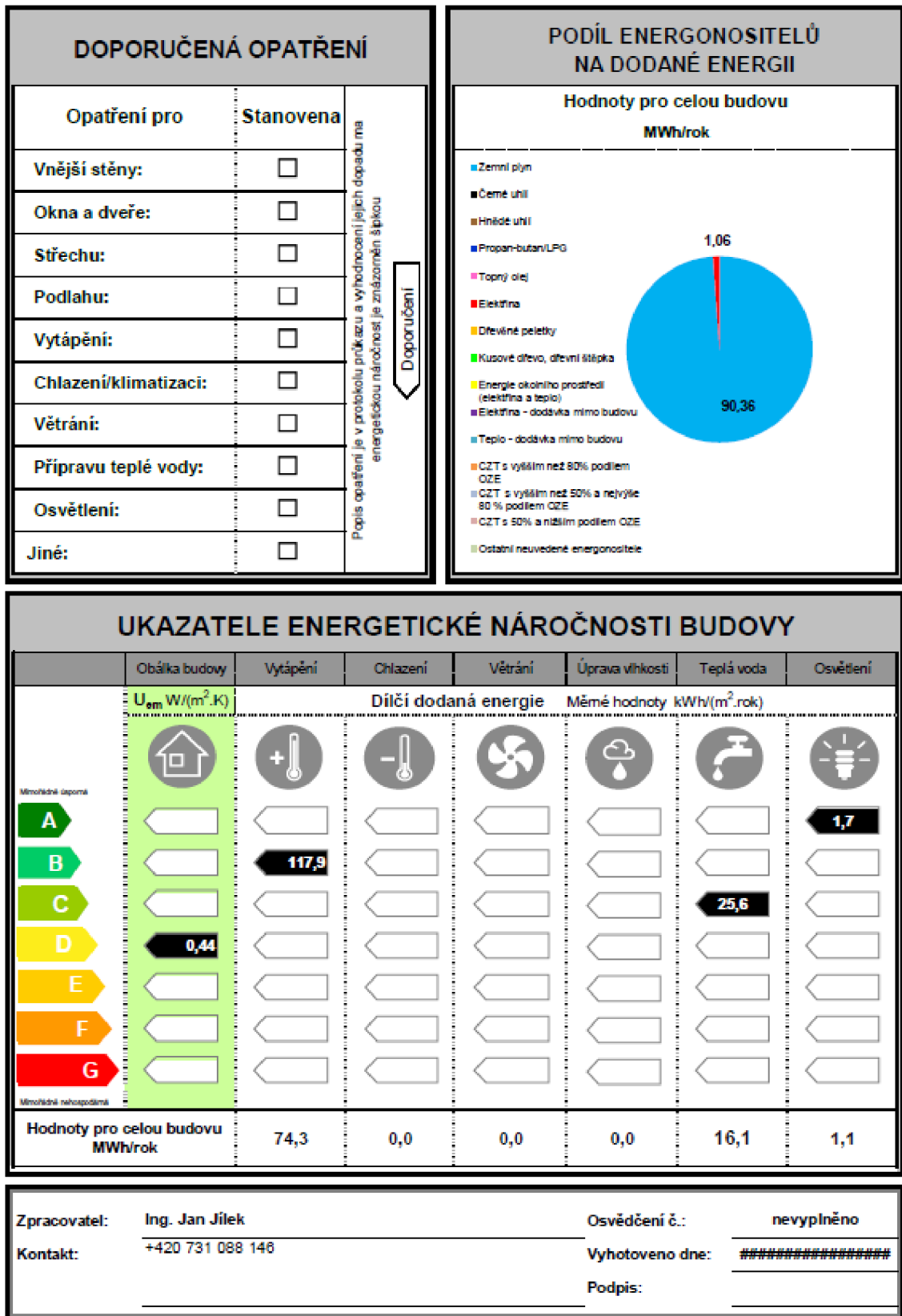
Třetí varianta byla taktéž jako ostatní varianty vyhodnocena programem NKN II jako energeticky velmi úsporná - B. Součinitel prostupu tepla obálkou budovy byl vypočten na hodnotu 0,33 stejně jako u dvou předchozích variant. U této varianty bylo potřeba k zajištění energie dodat 74 833 kWh/rok. I u této varianty byl požadavek na EN splněn.

Při výpočtu bylo zjištěno, že náklady spojené s vytápěním bytového domu jsou téměř srovnatelné u všech variant, neboť již při návrhu konstrukcí byl výpočet směřován na stejnou energetickou náročnost jednotlivých konstrukcí. Z toho vyplývá, že hlavním měřítkem posouzení variant bude samotný náklad na realizaci, který byl určen pomocí softwaru BuildpowerS, který je určen v následující kapitole.



Obr. 23 - Varianta bez zateplení - 1. strana PENB [zdroj: vlastní]





### UKAZATELE ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

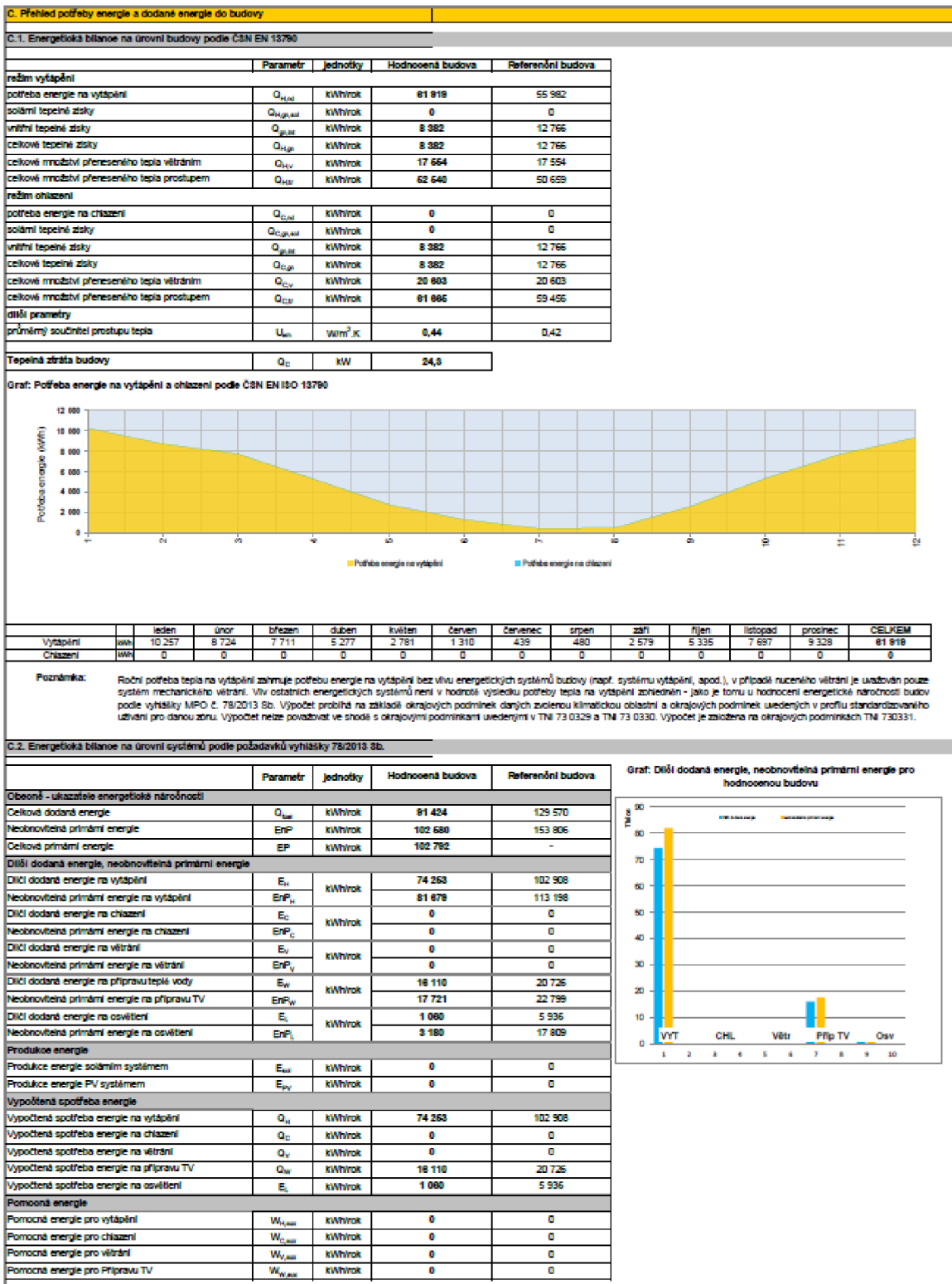
	Obálka budovy	Vytápění	Chlazení	Větrání	Úprava vlhkosti	Teplá voda	Osvětlení
	$U_{\text{em}}$ W/(m <sup>2</sup> ·K)	Dílčí dodaná energie			Měrné hodnoty kWh/(m <sup>2</sup> ·rok)		
Minimální úspora	A						1,7
	B	117,9					
	C					25,6	
	0,44						
	D						
	E						
	F						
	G						
Minimální neúspora							
Hodnoty pro celou budovu MWh/rok		74,3	0,0	0,0	0,0	16,1	1,1

Zpracovatel:	Ing. Jan Jílek	Osvědčení č.:	nevyplněno
Kontakt:	+420 731 088 146	Vyhotoveno dne:	#####
		Podpis:	

Obr. 24 - Varianta bez zateplení - 2. strana PENB [zdroj: vlastní]

Přehled NKN - doplnění PENB													
Hodnocení energetické náročnosti budov - analýza energetických potřeb													
Evidenční číslo PENB: není vyplněno													
Budova: Bytový dům Zářeh													
Adresa: Zářeh, Sokolská 27b, 709 01													
Stavebník/Vlastník: Ing. Jan Jílek													
Základní geometrické údaje:													
Energeticky vztáhná plocha												630,0	m <sup>2</sup>
Celkový vnitřní objem budovy												2 987,8	m <sup>3</sup>
Třída energetické náročnosti obálky budovy												1 183,8	m <sup>2</sup>
Objemový faktor tvaru budovy A/V												0,67	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
<b>A. Hodnocení ukazatelů energetické náročnosti podle vyhlášky 78/2013 Sb.</b>													
Budova je hodnocena jako: Nová budova													
Typ budovy: Bytový dům													
<b>A.1. Průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy</b>													
	Zóna	Zóna 1	Zóna 2	Zóna 3	Zóna 4	Zóna 6	Zóna 8	Zóna 7	Zóna 8	Zóna 9	Zóna 10	Budova	
Hodnocená budova	U <sub>tot</sub> (W/m <sup>2</sup> .K)	0,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,44	
Referenční budova	U <sub>tot,R</sub> (W/m <sup>2</sup> .K)	0,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,42	
Ref. budova - klasifikace	U <sub>tot,R,klas</sub> (W/m <sup>2</sup> .K)	0,42	U <sub>tot</sub> porovnání:										
Klasifikační ukazatel ER pro U <sub>tot</sub> : 1,04													
Splnění požadavku ukazatele EN: Ne, požadavek není splněn													
Třída energetické náročnosti ukazatele EN: D - Méně úsporná													
pozn. požadavek pro hranice třídy EN se stanovují v souladu s §9 vyhlášky 78/2013 Sb.													
<b>A.2. Celková dodaná energie do budovy</b>													
		kWh/rok	kWh/m <sup>2</sup> .rok	Dílčí dodaná energie - porovnání:									
Hodnocená budova	Q <sub>dod</sub>	91423,6	145,1										
Referenční budova	Q <sub>dod,R</sub>	129570,2	205,7										
Ref. budova - klasifikace	Q <sub>dod,R,klas</sub>	129570,2											
Klasifikační ukazatel ER pro U <sub>tot</sub> : 0,71													
Splnění požadavku ukazatele EN: Ano, požadavek splněn													
Třída energetické náročnosti ukazatele EN: B - Velmi úsporná													
pozn. požadavek pro hranice třídy EN se stanovují v souladu s §9 vyhlášky 78/2013 Sb.													
<b>A.3. Neobnovitelná primární energie</b>													
		kWh/rok	kWh/m <sup>2</sup> .rok	Neobnovitelná primární energie - porovnání:									
Hodnocená budova	EnP	102580,1	162,8										
Referenční budova	EnP <sub>R</sub>	153806,4	244,1										
Ref. budova - klasifikace	EnP <sub>R,klas</sub>	153806,4											
Klasifikační ukazatel ER pro U <sub>tot</sub> : 0,67													
Splnění požadavku ukazatele EN: Ano, požadavek splněn													
Třída energetické náročnosti ukazatele EN: B - Velmi úsporná													
pozn. požadavek pro hranice třídy EN se stanovují v souladu s §9 vyhlášky 78/2013 Sb.													
<b>B. Hodnocení doplňujících ukazatelů</b>													
<b>B.1. Dílčí dodaná energie na vytápění</b>													
		kWh/rok	kWh/m <sup>2</sup> .rok	Hodnocená budova									
Hodnocená budova	E <sub>h</sub>	74353,3	117,9	Rozdělení ocelkové dodané energie:									
Referenční budova	E <sub>h,R</sub>	102907,5	163,3										
Ref. budova - klasifikace	E <sub>h,R,klas</sub>	102907,5											
Klasifikační ukazatel ER pro U <sub>tot</sub> : 0,72													
Třída energetické náročnosti: B - Velmi úsporná													
<b>B.2. Dílčí dodaná energie na chlazení</b>													
		kWh/rok	kWh/m <sup>2</sup> .rok										
Hodnocená budova	E <sub>c</sub>	0,0	0,0										
Referenční budova	E <sub>c,R</sub>	0,0	0,0										
Ref. budova - klasifikace	E <sub>c,R,klas</sub>	0,0											
Klasifikační ukazatel ER pro U <sub>tot</sub> : -													
Třída energetické náročnosti: Nehodnoceno													
<b>B.3. Dílčí dodaná energie na větrání</b>													
		kWh/rok	kWh/m <sup>2</sup> .rok										
Hodnocená budova	E <sub>v</sub>	0,0	0,0										
Referenční budova	E <sub>v,R</sub>	0,0	0,0										
Ref. budova - klasifikace	E <sub>v,R,klas</sub>	0,0											
Klasifikační ukazatel ER pro U <sub>tot</sub> : -													
Třída energetické náročnosti: Nehodnoceno													
<b>B.4. Dílčí dodaná energie na přípravu teplé vody</b>													
		kWh/rok	kWh/m <sup>2</sup> .rok	Referenční budova									
Hodnocená budova	E <sub>hw</sub>	16110,2	25,5	Rozdělení ocelkové dodané energie:									
Referenční budova	E <sub>hw,R</sub>	20726,3	0,0										
Ref. budova - klasifikace	E <sub>hw,R,klas</sub>	20726,3											
Klasifikační ukazatel ER pro U <sub>tot</sub> : 0,78													
Třída energetické náročnosti: C - úsporná													
<b>B.5. Dílčí dodaná energie na ověvěření</b>													
		kWh/rok	kWh/m <sup>2</sup> .rok										
Hodnocená budova	E <sub>o</sub>	1060,1	1,7										
Referenční budova	E <sub>o,R</sub>	5936,4	9,4										
Ref. budova - klasifikace	E <sub>o,R,klas</sub>	5936,4											
Klasifikační ukazatel ER pro U <sub>tot</sub> : 0,18													
Třída energetické náročnosti: A - Mimořádně úsporná													

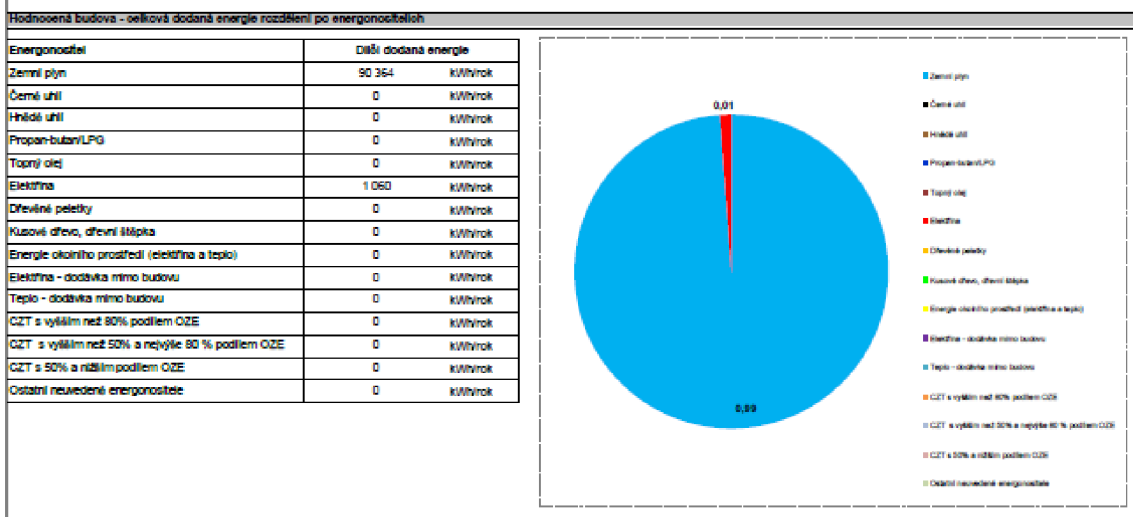
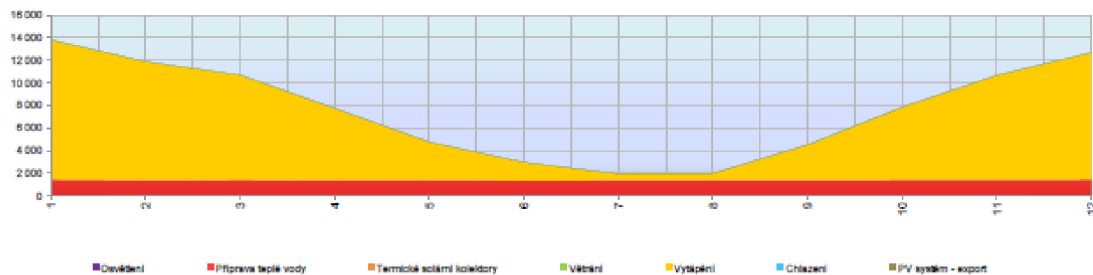
Obr. 25 - Varianta bez zateplení - 1. strana dokumentu potřeby energie [zdroj: vlastní]



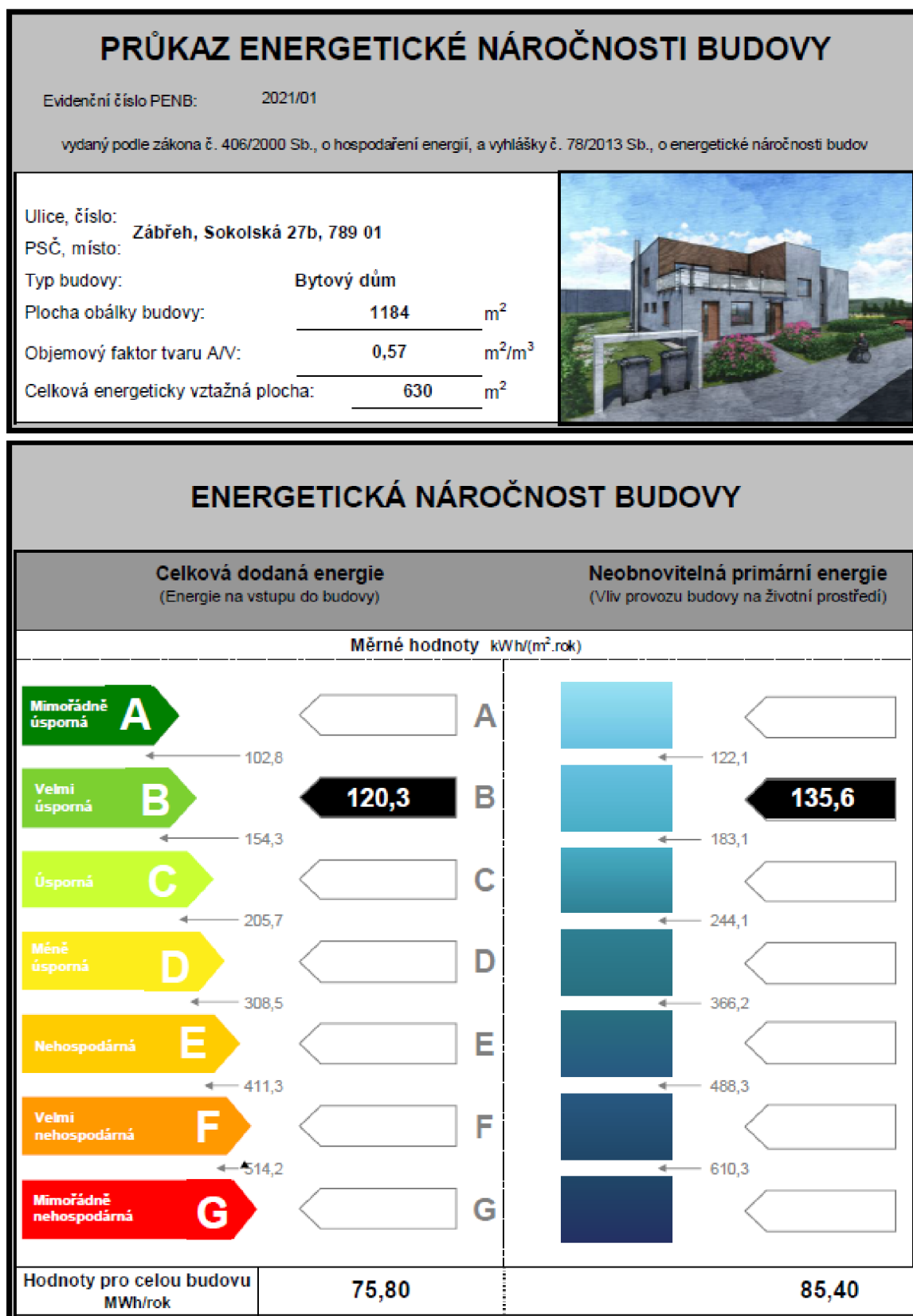
Obr. 26 - Varianta bez zateplení - 2. strana dokumentu potřeby energie [zdroj: vlastní]

C.3. Hodnocená budova - Dílčí dodaná energie													
Dílčí dodaná energie													
	leden	únor	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	říjen	listopad	prosinec	Celkem
Vytápění	12 300	10 462	9 248	6 328	3 335	1 570	526	576	3 093	6 298	9 230	11 186	74 263
Chlazení	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Větrání	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Příprava teplé vody	1 354	1 294	1 354	1 334	1 354	1 334	1 354	1 354	1 334	1 354	1 334	1 354	16 110
Osvícení	134	110	92	75	62	57	57	62	77	91	110	133	1 080
<b>Celkem</b>	<b>13 789</b>	<b>11 888</b>	<b>10 884</b>	<b>7 738</b>	<b>4 761</b>	<b>2 982</b>	<b>1 938</b>	<b>1 982</b>	<b>4 604</b>	<b>7 843</b>	<b>10 874</b>	<b>12 873</b>	<b>81 424</b>
<b>Započítatelná produkce energie:</b>													
PV systém - export	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Termické solární kolektory	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Graf: Dílčí dodaná energie podle požadavků vyhlášky 78/2013 Sb.



Obr. 27 - Varianta bez zateplení - 3. strana dokumentu potřeby energie [zdroj: vlastní]



Obr. 28 - Varianta 1 - 1. strana PENB [zdroj: vlastní]

DOPORUČENÁ OPATŘENÍ		Popis opatření je v protokolu průkazu a vyhodnocení jejich dopadu má energetickou náročnost je znázorněn šipkou
Opatření pro	Stanovena	
Vnější stěny:	<input type="checkbox"/>	Doporučení
Okna a dveře:	<input 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"/>	

PODÍL ENERGOZDROJŮ NA DODANÉ ENERGII	
Hodnoty pro celou budovu MWh/rok	
<ul style="list-style-type: none"> <li><span style="color: blue;">■</span> Zemní plyn</li> <li><span style="color: black;">■</span> Černé uhlí</li> <li><span style="color: brown;">■</span> Hnědé uhlí</li> <li><span style="color: blue;">■</span> Propan-butan/LPG</li> <li><span style="color: pink;">■</span> Topný olej</li> <li><span style="color: red;">■</span> Elektřina</li> <li><span style="color: orange;">■</span> Otevřené peletky</li> <li><span style="color: green;">■</span> Kusové dřevo, dřevní štěpka</li> <li><span style="color: yellow;">■</span> Energie okolního prostředí (elektřina a teplo)</li> <li><span style="color: purple;">■</span> Elektřina - dodávka mimo budovu</li> <li><span style="color: lightblue;">■</span> Teplo - dodávka mimo budovu</li> <li><span style="color: orange;">■</span> OZT s vyšším než 80% podílem OZE</li> <li><span style="color: lightblue;">■</span> OZT s vyšším než 50% a nejvýše 80% podílem OZE</li> <li><span style="color: red;">■</span> OZT s 50% a nižším podílem OZE</li> <li><span style="color: yellow;">■</span> Ostatní neuvedené energozdroje</li> </ul>	

UKAZATELE ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY							
	Obálka budovy	Vytápění	Chlazení	Větrání	Úprava vlhkosti	Teplá voda	Osvětlení
	$U_{em} W/(m^2 \cdot K)$	Dílčí dodaná energie			Měrné hodnoty kWh/(m <sup>2</sup> ·rok)		
Mimořádně dobré							
<b>A</b>							<b>1,7</b>
<b>B</b>	<b>0,33</b>	<b>93,1</b>					
<b>C</b>						<b>25,6</b>	
<b>D</b>							
<b>E</b>							
<b>F</b>							
<b>G</b>							
Mimořádně neuspokojivá							
<b>Hodnoty pro celou budovu</b>		<b>58,6</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>16,1</b>	<b>1,1</b>
<b>MWh/rok</b>							

Zpracovatel:	Ing. Jan Jilek	Osvědčení č.:	nevyplněno
Kontakt:	+420 731 088 146	Vyhotoveno dne:	#####
		Podpis:	

Obr. 29 - Varianta 1 - 2. strana PENB [zdroj: vlastní]

Příloha NKN - doplnění PENB															
Hodnocení energetické náročnosti budov - analýza energetických potřeb															
Evidenční číslo PENB:		není vyplněno													
Budova:		Bytový dům Zábřeh													
Adresa:		Zábřeh, Sokolská 276, 760 01													
Stavebník/Vlastník:		Ing. Jan Jilek													
Základní geometrické údaje:															
Energeticky vztádná plocha		830,0										m <sup>2</sup>			
Celkový vnější objem budovy		2 067,8										m <sup>3</sup>			
Ochlazovaná plocha obálky budovy		1 183,8										m <sup>2</sup>			
Objemový faktor tvaru budovy AVV		0,67										m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>			
<b>A. Hodnocení ukazatelů energetické náročnosti podle vyhlášky 78/2013 Sb.</b>															
Budova je hodnocena jako:		Nová budova													
Typ budovy:		Bytový dům													
<b>A.1. Průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy</b>															
Hodnocená budova		Zóna		Zóna 1	Zóna 2	Zóna 3	Zóna 4	Zóna 5	Zóna 6	Zóna 8	Zóna 7	Zóna 8	Zóna 9	Zóna 10	Budova
Referenční budova		U <sub>ref</sub>		0,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,42
Ref budova- klasifikace		U <sub>ref,klass</sub>		0,42	U <sub>ref</sub> porovnání:										
Klasifikační ukazatel ER pro U <sub>ref</sub> :		0,78													
Spínání požadavku ukazatele EN:		Ano, požadavek splněn													
Třída energetické náročnosti ukazatele EN:		B- Velmi úsporná													
pozn. požadavek pro hranice třídy EN se stanovují v souladu s §9 vyhlášky 78/2013 Sb.															
<b>A.2. Celková dodaná energie do budovy</b>															
Hodnocená budova		Q <sub>dod</sub>		KWh/rok	KWh/m <sup>2</sup> _rok		Dílní dodaná energie - porovnání:								
Referenční budova		Q <sub>dod,ref</sub>		75801,7	120,3										
Ref budova- klasifikace		Q <sub>dod,klass</sub>		129570,2	205,7										
Ref budova- klasifikace		Q <sub>dod,klass</sub>		129570,2	205,7										
Klasifikační ukazatel ER pro U <sub>ref</sub> :		0,68													
Spínání požadavku ukazatele EN:		Ano, požadavek splněn													
Třída energetické náročnosti ukazatele EN:		B- Velmi úsporná													
pozn. požadavek pro hranice třídy EN se stanovují v souladu s §9 vyhlášky 78/2013 Sb.															
<b>A.3. Neobnovitelná primární energie</b>															
Hodnocená budova		EnP		KWh/rok	KWh/m <sup>2</sup> _rok		Neobnovitelná primární energie - porovnání:								
Referenční budova		EnP <sub>ref</sub>		85395,0	135,6										
Ref budova- klasifikace		EnP <sub>ref,klass</sub>		153806,4	244,1										
Ref budova- klasifikace		EnP <sub>ref,klass</sub>		153806,4	244,1										
Klasifikační ukazatel ER pro U <sub>ref</sub> :		0,68													
Spínání požadavku ukazatele EN:		Ano, požadavek splněn													
Třída energetické náročnosti ukazatele EN:		B- Velmi úsporná													
pozn. požadavek pro hranice třídy EN se stanovují v souladu s §9 vyhlášky 78/2013 Sb.															
<b>B. Hodnocení doplňujících ukazatelů</b>															
<b>B.1. Dílní dodaná energie na vytápění</b>															
Hodnocená budova		E <sub>th</sub>		KWh/rok	KWh/m <sup>2</sup> _rok		Hodnocená budova								
Referenční budova		E <sub>th,ref</sub>		55631,4	83,1		Rozdělení celkové dodané energie:								
Ref budova- klasifikace		E <sub>th,klass</sub>		102907,5	163,3										
Ref budova- klasifikace		E <sub>th,klass</sub>		102907,5	163,3										
Klasifikační ukazatel ER pro U <sub>ref</sub> :		0,67													
Třída energetické náročnosti:		B- Velmi úsporná													
<b>B.2. Dílní dodaná energie na chlazení</b>															
Hodnocená budova		E <sub>cl</sub>		KWh/rok	KWh/m <sup>2</sup> _rok		Referenční budova								
Referenční budova		E <sub>cl,ref</sub>		0,0	0,0		Rozdělení celkové dodané energie:								
Ref budova- klasifikace		E <sub>cl,klass</sub>		0,0	0,0										
Ref budova- klasifikace		E <sub>cl,klass</sub>		0,0	0,0										
Klasifikační ukazatel ER pro U <sub>ref</sub> :		-													
Třída energetické náročnosti:		Nehodnoceno													
<b>B.3. Dílní dodaná energie na větrání</b>															
Hodnocená budova		E <sub>v</sub>		KWh/rok	KWh/m <sup>2</sup> _rok		Referenční budova								
Referenční budova		E <sub>v,ref</sub>		0,0	0,0		Rozdělení celkové dodané energie:								
Ref budova- klasifikace		E <sub>v,klass</sub>		0,0	0,0										
Ref budova- klasifikace		E <sub>v,klass</sub>		0,0	0,0										
Klasifikační ukazatel ER pro U <sub>ref</sub> :		-													
Třída energetické náročnosti:		Nehodnoceno													
<b>B.4. Dílní dodaná energie na přípravu teplé vody</b>															
Hodnocená budova		E <sub>hw</sub>		KWh/rok	KWh/m <sup>2</sup> _rok		Referenční budova								
Referenční budova		E <sub>hw,ref</sub>		16110,2	25,6		Rozdělení celkové dodané energie:								
Ref budova- klasifikace		E <sub>hw,klass</sub>		20726,3	0,0										
Ref budova- klasifikace		E <sub>hw,klass</sub>		20726,3	0,0										
Klasifikační ukazatel ER pro U <sub>ref</sub> :		0,78													
Třída energetické náročnosti:		C - úsporná													
<b>B.5. Dílní dodaná energie na osvětlení</b>															
Hodnocená budova		E <sub>osv</sub>		KWh/rok	KWh/m <sup>2</sup> _rok		Referenční budova								
Referenční budova		E <sub>osv,ref</sub>		1060,1	1,7		Rozdělení celkové dodané energie:								
Ref budova- klasifikace		E <sub>osv,klass</sub>		5936,4	9,4										
Ref budova- klasifikace		E <sub>osv,klass</sub>		5936,4	9,4										
Klasifikační ukazatel ER pro U <sub>ref</sub> :		0,18													
Třída energetické náročnosti:		A - Minimálně úsporná													

Obr. 30 - Varianta 1 - 1. strana dokumentu potřeby energie [zdroj: vlastní]

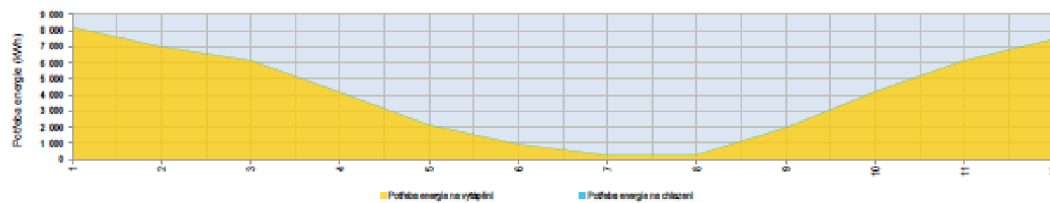


**C. Přehled potřeby energie a dodané energie do budovy**

**G.1. Energetická bilance na úrovni budovy podle ČSN EN 18768**

	Parametr	Jednotky	Hodnotena budova	Referenční budova
<b>režim vytápění</b>				
potřeba energie na vytápění	$Q_{H,req}$	kWh/rok	48 882	55 982
solární tepelné zisky	$Q_{s,gt,req}$	kWh/rok	0	0
vnitřní tepelné zisky	$Q_{i,gt,req}$	kWh/rok	8 382	12 766
celkové tepelné zisky	$Q_{gt,req}$	kWh/rok	8 382	12 766
celková množství přeneseného tepla větráním	$Q_{H,V}$	kWh/rok	17 554	17 554
celková množství přeneseného tepla prostupem	$Q_{H,F}$	kWh/rok	38 473	50 659
<b>režim chlazení</b>				
potřeba energie na chlazení	$Q_{C,req}$	kWh/rok	0	0
solární tepelné zisky	$Q_{s,gt,req}$	kWh/rok	0	0
vnitřní tepelné zisky	$Q_{i,gt,req}$	kWh/rok	8 382	12 766
celkové tepelné zisky	$Q_{gt,req}$	kWh/rok	8 382	12 766
celková množství přeneseného tepla větráním	$Q_{C,V}$	kWh/rok	20 803	20 603
celková množství přeneseného tepla prostupem	$Q_{C,F}$	kWh/rok	48 928	59 456
<b>další parametry</b>				
průměrný součinitel prostupu tepla	$U_{in}$	W/m <sup>2</sup> .K	0,38	0,42
<b>Tepelná ztráta budovy</b>	$Q_C$	KW	<b>18,8</b>	

GRAF: Potřeba energie na vytápění a chlazení podle ČSN EN ISO 13786



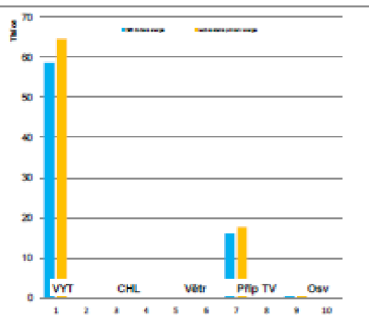
		leden	únor	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	říjen	listopad	prosincec	CELKEM
Vytápění	kWh	8 204	6 974	6 140	4 167	2 135	948	267	297	1 972	4 207	6 130	7 449	48 882
Chlazení	kWh	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

**Poznámka:** Roční potřeba tepla na vytápění zahrnuje potřebu energie na vytápění bez vlivu energetických systémů budovy (např. systému vytápění, apod.), v případě nuceného větrání je uvažován pouze systém mechanického větrání. Vliv ostatních energetických systémů není v hodnotě výsledku potřeby tepla na vytápění zohledněn - jako je tomu u hodnocení energetické náročnosti budov podle výšešíšky MPO č. 78/2013 Sb. Výpočet probíhá na základě okrajových podmínek daných zvolenou klimatickou oblastí a okrajových podmínek uvedených v profilu standardizovaného užívání pro danou zónu. Výpočet nelze považovat ve shodě s okrajovými podmínkami uvedenými v TN 73 0325 a TN 73 0330. Výpočet je založen na okrajových podmínkách TN 730331.

**G.2. Energetická bilance na úrovni systémů podle požadavků vyhlášky 78/2013 Sb.**

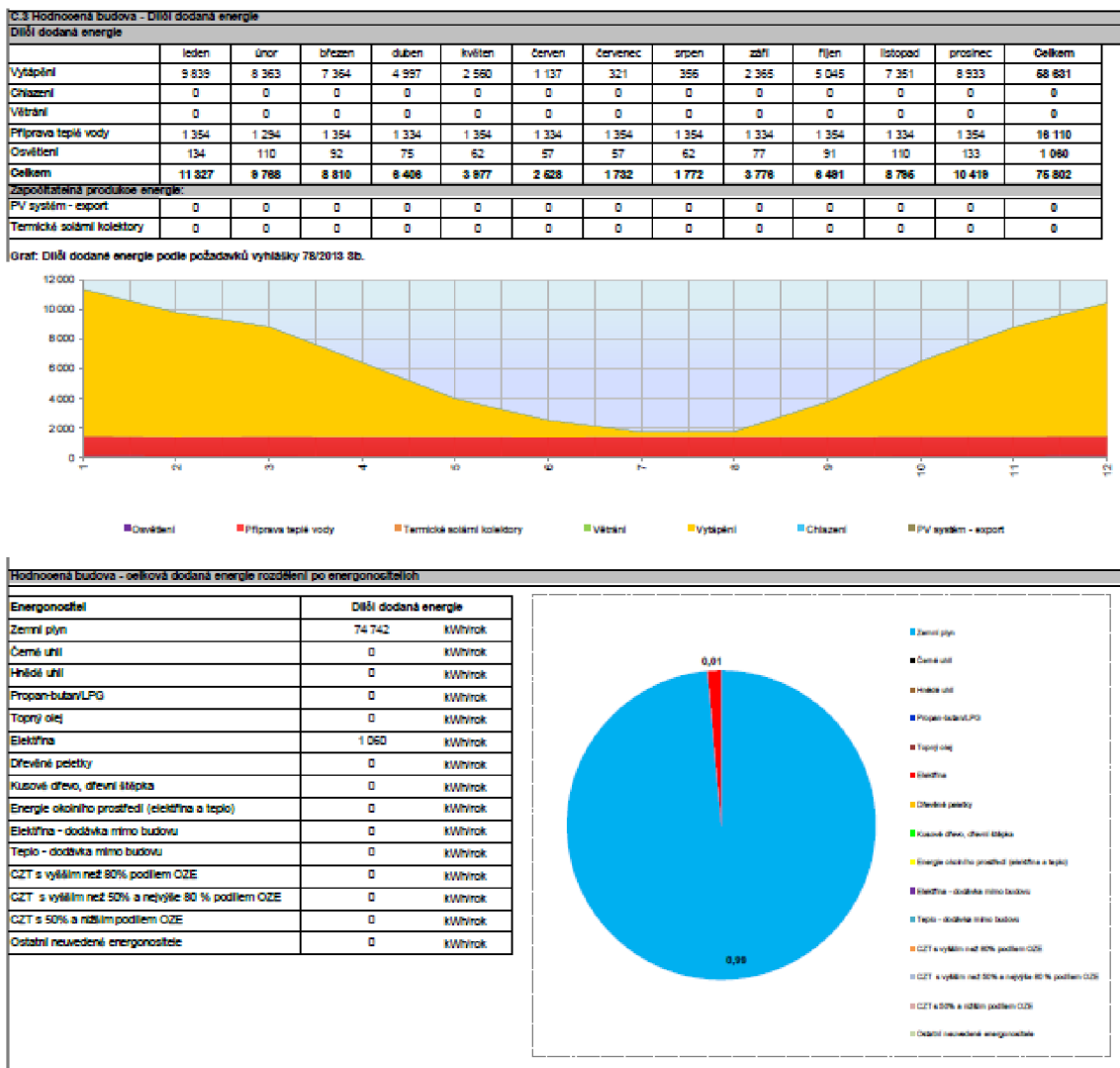
	Parametr	Jednotky	Hodnotena budova	Referenční budova
<b>Obecné - ukazatele energetické náročnosti</b>				
Celková dodaná energie	$Q_{del}$	kWh/rok	76 802	129 570
Neobnovitelná primární energie	EP	kWh/rok	86 808	153 806
Celková primární energie	EP	kWh/rok	86 808	-
<b>Dílčí dodaná energie, neobnovitelná primární energie</b>				
Dílčí dodaná energie na vytápění	$E_{H}$	kWh/rok	68 881	102 908
Neobnovitelná primární energie na vytápění	EP <sub>H</sub>	kWh/rok	84 486	113 198
Dílčí dodaná energie na chlazení	$E_C$	kWh/rok	0	0
Neobnovitelná primární energie na chlazení	EP <sub>C</sub>	kWh/rok	0	0
Dílčí dodaná energie na větrání	$E_V$	kWh/rok	0	0
Neobnovitelná primární energie na větrání	EP <sub>V</sub>	kWh/rok	0	0
Dílčí dodaná energie na přípravu teplé vody	$E_W$	kWh/rok	18 110	20 736
Neobnovitelná primární energie na přípravu TV	EP <sub>W</sub>	kWh/rok	17 721	22 799
Dílčí dodaná energie na osvětlení	$E_L$	kWh/rok	1 080	5 936
Neobnovitelná primární energie na osvětlení	EP <sub>L</sub>	kWh/rok	3 180	17 609
<b>Produkce energie</b>				
Produkce energie solárním systémem	$E_{sol}$	kWh/rok	0	0
Produkce energie PV systémem	$E_{PV}$	kWh/rok	0	0
<b>Vypočtená spotřeba energie</b>				
Vypočtená spotřeba energie na vytápění	$Q_{H}$	kWh/rok	68 881	102 908
Vypočtená spotřeba energie na chlazení	$Q_C$	kWh/rok	0	0
Vypočtená spotřeba energie na větrání	$Q_V$	kWh/rok	0	0
Vypočtená spotřeba energie na přípravu TV	$Q_W$	kWh/rok	18 110	20 736
Vypočtená spotřeba energie na osvětlení	$E_L$	kWh/rok	1 080	5 936
<b>Pomocná energie</b>				
Pomocná energie pro vytápění	$W_{H,del}$	kWh/rok	0	0
Pomocná energie pro chlazení	$W_{C,del}$	kWh/rok	0	0
Pomocná energie pro větrání	$W_{V,del}$	kWh/rok	0	0
Pomocná energie pro přípravu TV	$W_{W,del}$	kWh/rok	0	0

GRAF: Dílčí dodaná energie, neobnovitelná primární energie pro hodnotenou budovu



Obr. 31 - Varianta 1 - 2. strana dokumentu potřeby energie [zdroj: vlastní]





Obr. 32 - Varianta 1 - 3. strana dokumentu potřeby energie [zdroj: vlastní]

## 5.7 VÝPOČET NÁKLADŮ NA PROVEDENÍ VARIANT ZATEPLENÍ

Náklady na zřízení nových zateplených konstrukcí a také zřízení plochých střech s kačirkem a substrátovou vrstvou byly vypočteny pomocí programu BUILDpowerS. Software využívá cenovou soustavu RTS.

Cenová soustava RTS DATA je důležitým pomocníkem pro všechny účastníky procesu výstavby, tj. projektanty, dodavatele a investory. Jedná se o soubor podkladů, pravidel a metodických pokynů poskytujících podrobný popis obsahu stavebních nebo montážních prací, dodávek materiálů a souvisejících služeb a slouží pro stanovení ceny stavebního díla. [22]

Objemové ukazatele THU v systému oceňování staveb a stavebních objektů tvoří významnou oblast oceňování záměrů staveb ve stadiu plánování a propočtů stavebních nákladů. Cenové ukazatele jsou základním prvkem pro první propočty cen staveb a stavebních objektů. [22]

Na základě dlouhodobých statistik cen staveb a stavebních objektů jsou na reprezentativních položkových rozpočtech sledovány náklady podle jednotlivých druhů staveb a z množiny cenových údajů jsou následně stanoveny průměrné hodnoty na měrnou jednotku odpovídající danému druhu staveb. [22]

Pro získání co možná nejpřesnějšího určení předpokládané ceny stavebního díla slouží sestavení soupisu stavebních prací, dodávek a služeb včetně výkazu výměr. Pro sestavení tohoto „vzorového“ rozpočtu již nestačí samotná cenová soustava, ale je třeba použít program BUILDpowerS. K jednotlivým položkám soupisu se přiřadí aktuální ceny RTS DATA a tímto oceněním vznikne předpokládaná hodnota díla. Investor tím získá reálnou představu o ceně díla a při následném výběru zhotovitele tak může porovnávat obdržené nabídky nejen mezi sebou, ale i oproti předpokládané ceně stanovené za pomoci RTS DATA. [22]

V případě veřejných zakázek je soupis stavebních prací, dodávek a služeb včetně výkazu výměr zcela v souladu s vyhláškou č. 230/2012 Sb. s plným rozsahem popisů Cenové soustavy RTS formou technických parametrů. [22]

Rozpočet jednotlivých variant zateplení je uveden pod krycími listy jednotlivých rozpočtů, které jsou uvedeny v následujících kapitolách. U všech položek rozpočtu byly nadefinovány materiály, které jsou uvedeny ve skladbách konstrukcí. Dále je v ceně za položku započtena i montáž a dodávka. Na všechny materiály je určen náklad na přesun hmot, který je taktéž součástí rozpočtu.

Do rozpočtu byly přidány náklady za oplechování atiky, zřízení venkovních parapetů pro všechna okna, zapravená ostění u oken a také zakládací lišta pro zateplovací systém.

Z hlediska DPH se jedná o dům pro sociální bydlení a žádný z bytů nepřesahuje plochu 120 m<sup>2</sup>, proto je zde počítáno se sníženou sazbou 15 %.

Podrobné výpočty i s výkazem výměr jsou přiloženy v přílohách tohoto dokumentu.

## 5.7.1 Varianta 1 - EPS 70F tl. 150 mm

Tab. 27 - Krycí list rozpočtu varianty 1 [zdroj: vlastní]

Položkový rozpočet stavby				
Stavba:	01	Bytový dům Zábřeh		
Objekt:	10	SO01 Bytový dům		
Rozpočet:	01	1. varianta zateplení - EPS 70 F tl. 150mm		
Vypracoval:	Ing. Jan Jilek			
Rozpis ceny		Dodávka	Montáž	Celkem
HSV		401 666,34	331 253,55	732 919,89
PSV		4 539,92	26 165,28	30 705,20
MON		0,00	0,00	0,00
Vedlejší náklady		0,00	0,00	0,00
Ostatní náklady		0,00	0,00	0,00
<b>Celkem</b>		<b>406 206,26</b>	<b>357 418,83</b>	<b>763 625,09</b>
Rekapitulace daní				
Základ pro sníženou DPH	15 %			763 625,09 CZK
Snížená DPH	15 %			114 543,76 CZK
Základ pro základní DPH	21 %			0,00 CZK
Základní DPH	21 %			0,00 CZK
Zaokrouhlení				0,00 CZK
<b>Cena celkem s DPH</b>				<b>878 168,85 CZK</b>

Tab. 28 - Rekapitulace dílů rozpočtu varianty 1 [zdroj: vlastní]

Číslo	Název	Typ dílu	Dodávka	Montáž	Celkem	%
62	Úpravy povrchů vnější	HSV	401 666,34	329 324,98	730 991,32	96
99	Staveništní přesun hmot	HSV	0,00	1 928,57	1 928,57	0
764	Konstrukce klempířské	PSV	4 225,52	20 343,68	24 569,20	3
767	Konstrukce zámečnické	PSV	314,40	5 821,60	6 136,00	1
Cena celkem			406 206,26	357 418,83	763 625,09	100

## 5.7.2 Varianta 2 - EPS Greywall tl. 120 mm

Tab. 29 - Krycí list rozpočtu varianty 2 [zdroj: vlastní]

Položkový rozpočet stavby			
Stavba:	01	Bytový dům Zábřeh	
Objekt:	10	SO01 Bytový dům	
Rozpočet:	02	2. varianta zateplení - EPS Greywall tl. 120 mm	
Vypracoval:	Ing. Jan Jílek		
Rozpis ceny	Dodávka	Montáž	Celkem
HSV	398 754,24	331 253,55	730 007,79
PSV	3 472,07	27 175,77	30 647,84
MON	0,00	0,00	0,00
Vedlejší náklady	0,00	0,00	0,00
Ostatní náklady	0,00	0,00	0,00
<b>Celkem</b>	<b>402 226,31</b>	<b>358 429,32</b>	<b>760 655,63</b>
Rekapitulace daní			
Základ pro sníženou DPH	15 %		760 655,63 CZK
Snížená DPH	15 %		114 098,34 CZK
Základ pro základní DPH	21 %		0,00 CZK
Základní DPH	21 %		0,00 CZK
Zaokrouhlení			0,00 CZK
<b>Cena celkem s DPH</b>			<b>874 753,97 CZK</b>

Tab. 30 - Rekapitulace dílů rozpočtu varianty 2 [zdroj: vlastní]

Číslo	Název	Typ dílu	Dodávka	Montáž	Celkem	%
62	Úpravy povrchů vnější	HSV	398 754,24	329 324,98	728 079,22	96
99	Staveništní přesun hmot	HSV	0,00	1 928,57	1 928,57	0
764	Konstrukce klempířské	PSV	3 157,67	21 354,17	24 511,84	3
767	Konstrukce zámečnické	PSV	314,40	5 821,60	6 136,00	1
Cena celkem			402 226,31	358 429,32	760 655,63	100

### 5.7.3 Varianta 3 - MV TF Profi - tl. 140mm

Tab. 31 - Krycí list rozpočtu varianty 3 [zdroj: vlastní]

Položkový rozpočet stavby			
Stavba:	01	Bytový dům Zábřeh	
Objekt:	10	SO01 Bytový dům	
Rozpočet:	03	3. varianta zateplení - MV Isover TF Profi tl. 140 mm	
Vypracoval:	Ing. Jan Jílek		
Rozpis ceny		Dodávka	Montáž Celkem
HSV		398 754,24	332 351,99 731 106,23
PSV		3 472,07	27 169,56 30 641,63
MON		0,00	0,00 0,00
Vedlejší náklady		0,00	0,00 0,00
Ostatní náklady		0,00	0,00 0,00
<b>Celkem</b>		<b>402 226,31</b>	<b>359 521,55 761 747,86</b>
Rekapitulace daní			
Základ pro sníženou DPH	15 %		761 747,86 CZK
Snížená DPH	15 %		114 262,18 CZK
Základ pro základní DPH	21 %		0,00 CZK
Základní DPH	21 %		0,00 CZK
Zaokrouhlení			0,00 CZK
<b>Cena celkem s DPH</b>			<b>876 010,04 czk</b>

Tab. 32 - Rekapitulace dílů rozpočtu varianty 3 [zdroj: vlastní]

Číslo	Název	Typ dílu	Dodávka	Montáž	Celkem	%
62	Úpravy povrchů vnější	HSV	398 754,24	329 324,98	728 079,22	96
99	Staveništní přesun hmot	HSV	0,00	3 027,01	3 027,01	0
764	Konstrukce klempířské	PSV	3 157,67	21 347,96	24 505,63	3
767	Konstrukce zámečnické	PSV	314,40	5 821,60	6 136,00	1
Cena celkem			402 226,31	359 521,55	761 747,86	100

## 5.8 ZJIŠTĚNÍ DOBY NÁVRATNOSTI INVESTICE DO ZATEPLENÍ

### 5.8.1 Výpočet nákladů na ohřev teplé vody a na vytápění

Ke zjištění nákladů potřebných k vytápění budovy a ohřevu teplé vody je potřeba znát spotřebu energie v podobě zemního plynu.

Spotřeba energií u jednotlivých variant zateplení byla stanovena dle výpočtu v programu Národní kalkulační nástroj II a podrobný výsledek lze najít v kapitole 5.6.4.

Další nutnou informací pro výpočet bylo zjištění ceny plynu za 1 MJ (kWh). Tato hodnota byla stanovena dle stránek TZB.info

Tab. 33 - Ceník plynu v roce 2021 [23]

Ceník pro dodávky zemního plynu konečným zákazníkům kategorie domácnost/maloodběr			
	Roční odběr v pásmu nad - do MWh/rok	Dvousložková cena (včetně DPH)	
		Cena za odebraný plyn v Kč/MWh	Stálý měsíční plat v Kč
		od 1.1.2021	od 1.1.2021
E.ON (býv. Jihočeská plynárenská) Standard plyn	do 1,89	1 932,85	118,07
	nad 1,89 do 7,56	1 514,88	186,10
	nad 7,56 do 15	1 440,99	318,04
	nad 15 do 25	1 412,17	352,15
	nad 25 do 30	1 380,68	414,52
	nad 30 do 45	1 380,68	566,98
	nad 45 do 63	1 341,27	709,05
	nad 63	1 260,00	- *

\* Cena za kapacitu - Roční sazba platu za vypočtené denní maximum Kč/tis. m<sup>3</sup>: 301 980,10

Tab. 34 - Náklady na vytápění a ohřev TV [zdroj: vlastní]

Varianta	Energie potřebná na vytápění a ohřev TV (kWh/rok)	Typ energie	JC zemního plynu (Kč/kWh)	Náklady celkem (Kč/rok)
Varianta bez zateplení	90 364	Zemní plyn	1,26	113 859
Varianta 1 - EPS 70F	74 742	Zemní plyn	1,26	94 175
Varianta 2 - EPS Greywall	75 060	Zemní plyn	1,26	94 576
Varianta 3 - MV TF Profi	74 833	Zemní plyn	1,26	94 290

V tabulce je uvedeno, že náklady na vytápění a ohřev teplé užitkové vody v objektu jsou dle ceny za plyn 1,26 Kč a spotřebované energie dle NKN II u varianty bez zateplení 113 859 Kč.

U varianty 1 to je 94 175 Kč, u varianty 2 to je 94 576 Kč a u varianty 3 jsou náklady 94 290 Kč. Podobný výsledek byl vypočten, protože varianty zateplení byly z hlediska tepelně technických vlastností navrženy téměř shodně.

## 5.8.2 Stanovení nákladů na realizaci zateplení

Výpočet byl stanoven dle položkového rozpočtu v programu BuildpowerS v kapitole 5.7.

Tab. 35 - Stanovení nákladů na realizaci zateplení [zdroj: vlastní]

Varianta	Cena za realizaci
Varianta 1 - EPS 70F	878 169 Kč
Varianta 2 - EPS Greywall	874 754 Kč
Varianta 3 - MV TF Profi	876 010 Kč

Rozdíl v nákladech za variantní řešení spočíval v rozdílech pouze za materiál, který, jak je vidět v tabulce, byl relativně stejně nákladný u všech variant. Rozdíl byl vypočten na zhruba 4 000 Kč.

## 5.8.3 Výpočet úspory na nákladech za vytápění a ohřev TV

Tab. 36 - Výpočet úspory na nákladech za vytápění a ohřev TV [zdroj: vlastní]

Varianta	Náklady potřebné na vytápění a ohřev TV (Kč/rok)	Úspora zemního plynu (kWh/rok)	Úspora nákladů na vytápění a ohřev TV (Kč/rok)
Varianta bez zateplení	113 859	-	-
Varianta 1 - EPS 70F	94 175	15 622	19 684
Varianta 2 - EPS Greywall	94 576	15 304	19 283
Varianta 3 - MV TF Profi	94 290	15 531	19 569

U variant 1,2 i 3 bude na nákladech za vytápění a ohřevu teplé vody ušetřeno 19 684 Kč, 19 283 Kč resp. 19 569 Kč.

## 5.8.4 Výpočet prosté doby návratnosti

Tab. 37 - Výpočet prosté doby návratnosti [zdroj: vlastní]

Varianta	Doba návratnosti investice (rok)
Varianta bez zateplení	-
Varianta 1 - EPS 70F	45 let
Varianta 2 - EPS Greywall	46 let
Varianta 3 - MV TF Profi	45 let

U výpočtu prosté doby návratnosti bylo zjištěno, že náklady do investice na zateplení by se vrátily při realizaci varianty 1 za 45 let, u varianty 2 za 46 let a varianta 3 by se vrátila za 45 let.

### 5.8.5 Výpočet reálné doby návratnosti

Tab. 38 - Výpočet reálné doby návratnosti [zdroj: vlastní]

Varianta	Doba návratnosti investice (rok)
Varianta bez zateplení	-
Varianta 1 - EPS 70F	38 let
Varianta 2 - EPS Greywall	38 let
Varianta 3 - MV TF Profi	38 let

U reálné doby návratnosti se bere v úvahu vývoj ceny plynu do budoucna. Při stanovování ceny plynu byl započten přírůstek ceny za plyn 1 % z aktuální ceny 1,26 Kč/kWh. V tomto případě se nám náklady do investic vrátí u všech tří případů za 38 let. Důvodem je fakt, že na konci daného roku jsou investice navráceny, ale úspora je u jednotlivých variant různá.

### 5.8.6 Čistá současná hodnota investice

Čistá současná hodnota byla vypočítána pro diskontovaný vývoj ceny při míře kapitalizace 4,5 %. Tato hodnota byla stanovena dle vyhlášky č. 441/2013 Sb., o oceňování majetku pro bytové domy. U všech tří variant byla čistá současná hodnota záporná, tudíž jsou všechny tři varianty považovány za neefektivní. Hlavním důvodem neefektivnosti jsou vysoké pořizovací náklady na realizace a relativně nízké úspory za energie potřebné k vytápění a ohřevu teplé vody.

Tab. 39 - Čistá současná hodnota investice [zdroj: vlastní]

Varianta	Čistá současná hodnota (Kč)	Vyhodnocení
Varianta bez zateplení	-	nehodnoceno
Varianta 1 - EPS 70F	- 418 175 Kč	Neefektivní
Varianta 2 - EPS Greywall	- 424 124 Kč	Neefektivní
Varianta 3 - MV TF Profi	- 418 696 Kč	Neefektivní

## 5.9 VYHODNOCENÍ VARIANT ZATEPLENÍ

Dle zjištěných výsledků byla pro 1. variantu zateplení s EPS 70F tl. 150 mm, která byla pořízena za 878 169 Kč a její roční úspory činily 15 622 kWh resp. 19 684 Kč, stanovena prostá doba návratnosti na 45 let a reálná doba návratnosti 38 let. Čistá současná hodnota investice byla stanovena na - 418 175 Kč a tím pádem je investice považována za **neefektivní**.



Pro 2. variantu zateplení s EPS Greywall tl. 120 mm, která byla pořízena za 874 754 Kč a jejíž roční úspory činily 15 622 kWh resp. 19 684 Kč, byla stanovena prostá doba návratnosti na 46 let a reálná doba návratnosti 38 let. Čistá současná hodnota investice byla stanovena na - 424 124 Kč a tím pádem je i tato investice považována za **neefektivní**.

Pro 3. variantu zateplení s MV TF Profi tl. 140 mm, která byla pořízena za 876 010 Kč a jejíž roční úspory činily 15 622 kWh resp. 19 684 Kč, byla stanovena prostá doba návratnosti na 45 let a reálná doba návratnosti 38 let. Čistá současná hodnota investice byla stanovena na - 418 696 Kč a tím pádem je poslední navržená investice také považována za **neefektivní**.

Pro výběr vhodné varianty pro optimalizaci pomocí návrhu střešního pláště bude vybrána varianta dle zisku bodů v níže uvedené tabulce.

Tab. 40 - Hodnotící tabulka zateplených konstrukcí 1

Varianta	Prostá doba návratnosti	Body	Reálná doba návratnosti	Body	NPV investice	Body
Varianta 1-EPS 70F	45 let	2,5	38 let	2	- 418 175 Kč	3
Varianta 2-EPS Greywall	46 let	1	38 let	2	- 424 124 Kč	1
Varianta 3-MV TF Profi	45 let	2,5	38 let	2	- 418 696 Kč	2

Tab. 41 - Hodnotící tabulka zateplených konstrukcí 2

Varianta	Cena	Body	Proveditelnost	Body	Body celkem	Pořadí
Varianta 1-EPS 70F	878 169 Kč	1	snadná	2,5	11	1.
Varianta 2-EPS Greywall	874 754 Kč	3	snadná	2,5	9,5	3.
Varianta 3-MV TF Profi	876 010 Kč	2	obtížnější	1	9,5	2.

Pro alternativy návrhu střešního pláště budou v hodnotách figurovat hodnoty pro zateplení **variantou 1.**

## 5.10 OPTIMALIZACE NÁVRHU STŘEŠNÍHO PLÁŠTĚ

### 5.10.1 Výpočet součinitele prostupu tepla střešních konstrukcí

U střešních konstrukcí došlo ke splnění požadavků na součinitel prostupu tepla bez větších problémů. Opět bylo u všech variant dosaženo hodnoty pro pasivní domy. Lze si všimnout, že skok mezi zelenou střechou a střechou s kačirkem je celkem významný, ale rozdíl mezi intenzivní a extenzivní střechou již tak markantní není. Důvodem je fakt, že součinitel tepelné vodivosti u substrátu není významný. Mění se dle nasycenosti vodou v závislosti na ročním období a na četnosti srážek.

Tab. 42 - Splnění požadavků U střešních konstrukcí [zdroj: vlastní]

Varianty skladby ploché střechy	Vypočtená hodnota U [W/m <sup>2</sup> K]	Normou požadovaná hodnota U <sub>N</sub> [W/m <sup>2</sup> K]	Vyhodnocení
Varianta A - Varianty s říčním kamenivem	0,126	0,24	<b>VYHOVUJE</b>
Varianta B - Extenzivní vegetační vrstva	0,109	0,24	<b>VYHOVUJE</b>
Varianta C - Intenzivní vegetační vrstva	0,105	0,24	<b>VYHOVUJE</b>

### 5.10.2 Výpočet kondenzace v konstrukci

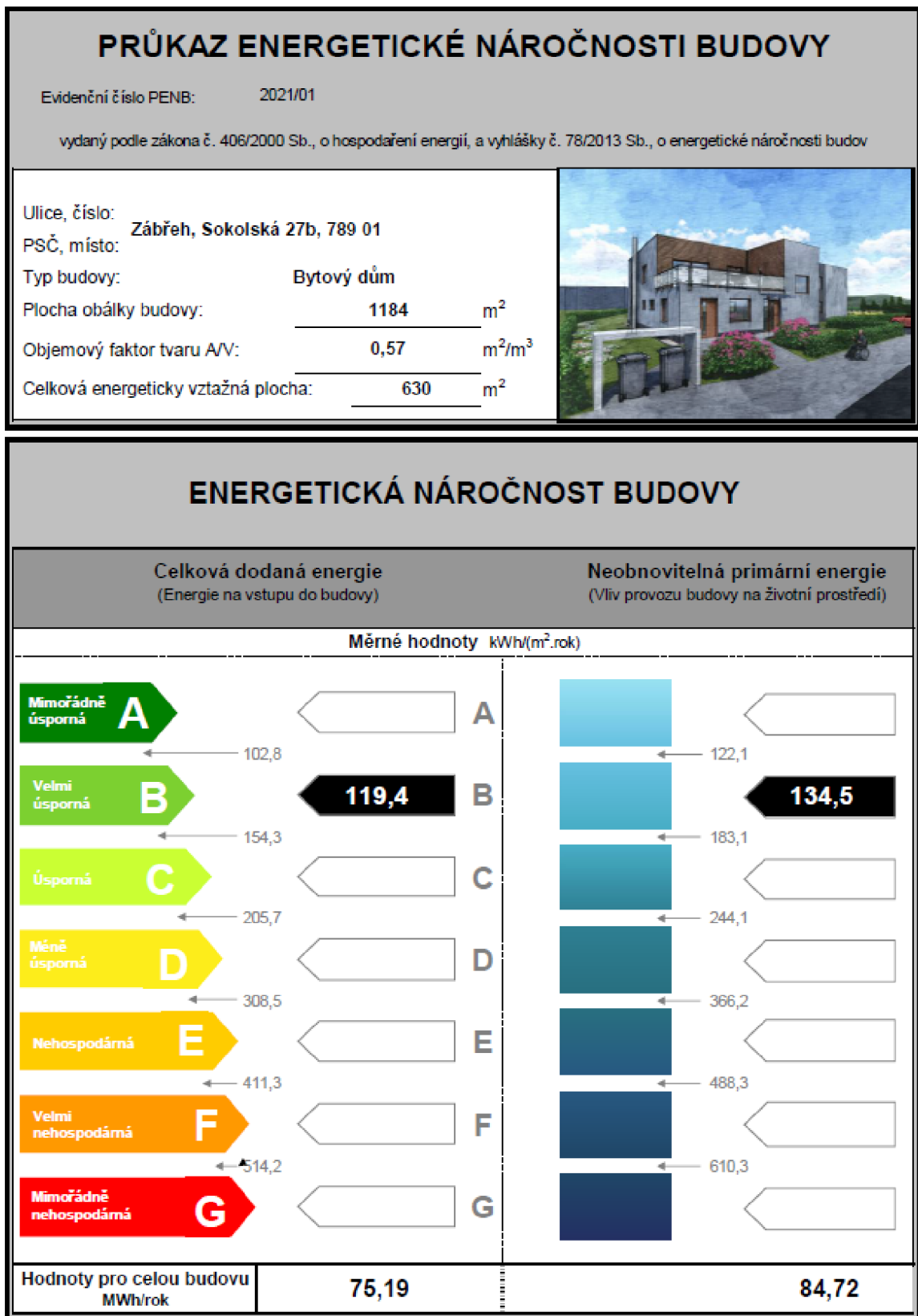
K výpočtu kondenzace vodní páry ve střešní konstrukci byl stejně jako ve variantách zateplení stěn použit software Teplo 2017 EDU. Zde byly opět nastaveny všechny vnější podmínky na danou lokalitu a zadané materiálové charakteristiky svislých a střešních konstrukcí. U všech střešních konstrukcí byl požadavek splněn. Z původní dokumentace byl vyřazen obyčejný asfaltový pás s nízkou hodnotou difúzního odporu a byl nahrazen asfaltovým pásem s hliníkovou vložkou, který zajistil ochranu před kondenzací v důležitých zónách konstrukce.

Tab. 43 - Splnění požadavku na množství kondenzace se střešní konstrukci [zdroj: vlastní]

Šíření vlhkosti v konstrukci	Varianta A	Varianta B	Varianta C
Kondenzuje vodní pára ve stěně	NE	NE	NE
Vyhodnocení $M_{c,a} < M_{ev,a}$	Vyhovuje	Vyhovuje	Vyhovuje
Vyhodnocení $M_{c,a} < M_{c,N}$	Vyhovuje	Vyhovuje	Vyhovuje

### 5.10.3 Výstup z programu NKNII

Varianta B



Obr. 33 - Varianta B - 1. strana PENB [zdroje: vlastní]

DOPORUČENÁ OPATŘENÍ		Popis opatření je v protokolu průkazu a vyhodnocení jejich dopadu má energetickou náročnost je znázorněn šipkou
Opatření pro	Stanovena	
Vnější stěny:	<input type="checkbox"/>	Doporučení
Okna a dveře:	<input 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"/>	

PODÍL ENERGOZOSITELŮ NA DODANÉ ENERGII	
Hodnoty pro celou budovu MWh/rok	
<ul style="list-style-type: none"> <li><span style="color: blue;">■</span> Zemní plyn</li> <li><span style="color: black;">■</span> Černé uhlí</li> <li><span style="color: brown;">■</span> Hnědé uhlí</li> <li><span style="color: blue;">■</span> Propan-butan/LPG</li> <li><span style="color: pink;">■</span> Topný olej</li> <li><span style="color: red;">■</span> Elektřina</li> <li><span style="color: orange;">■</span> Dřevěné peletky</li> <li><span style="color: green;">■</span> Kusové dřevo, dřevní štěpka</li> <li><span style="color: yellow;">■</span> Energie okolního prostředí (elektřina a teplo)</li> <li><span style="color: purple;">■</span> Elektřina - dodávka mimo budovu</li> <li><span style="color: lightblue;">■</span> Teplo - dodávka mimo budovu</li> <li><span style="color: orange;">■</span> OZT s vyšším než 80% podílem OZE</li> <li><span style="color: blue;">■</span> OZT s vyšším než 50% a nejvýše 80% podílem OZE</li> <li><span style="color: red;">■</span> OZT s 50% a nižším podílem OZE</li> <li><span style="color: lightgreen;">■</span> Ostatní neuvedené energonositele</li> </ul>	

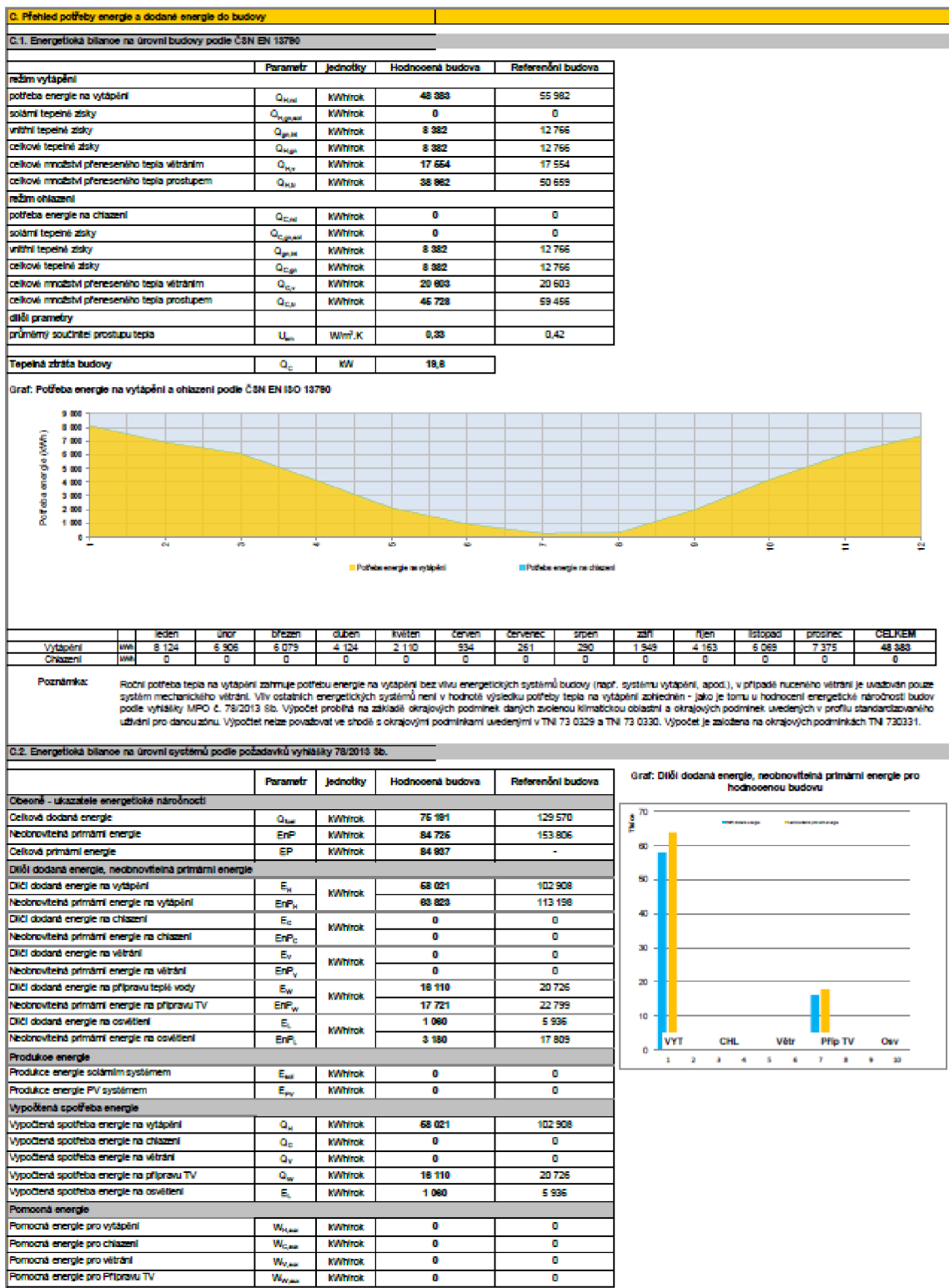
UKAZATELE ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY							
	Obálka budovy	Vytápění	Chlazení	Větrání	Úprava vlhkosti	Teplá voda	Osvětlení
	$U_{em} W/(m^2.K)$	Dílčí dodaná energie			Měrné hodnoty kWh/(m <sup>2</sup> .rok)		
Množičná úroveň							
							<b>1,7</b>
	<b>0,33</b>	<b>92,1</b>				<b>25,6</b>	
Množičná neúroveň							
Hodnoty pro celou budovu MWh/rok		<b>58,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>16,1</b>	<b>1,1</b>

Zpracovatel:	Ing. Jan Jílek	Osvědčení č.:	nevyplněno
Kontakt:	+420 731 088 146	Vyhotoveno dne:	#####
		Podpis:	

Obr. 34 - Varianta B - 2. strana PENB [zdroje: vlastní]

Příloha NKN - doplnění PENB												
Hodnocení energetické náročnosti budov - analýza energetických potřeb												
Evidenční číslo PENB: není vyplněno												
Budova: Bytový dům Záběh												
Adresa: Záběh, Sokolská 27b, 709 01												
Stavebník/Mačtník: Ing. Jan Jilek												
Základní geometrické údaje:												
Energeticky vztáhná plocha										690,8	m <sup>2</sup>	
Celkový vnitřní objem budovy										2 067,8	m <sup>3</sup>	
Očíslovaná plocha obálky budovy										1 183,8	m <sup>2</sup>	
Objemový faktor tvaru budovy AV										0,67	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	
A. Hodnocení ukazatelů energetické náročnosti podle vyhlášky 79/2013 Sb.												
Budova je hodnocena jako: Nová budova												
Typ budovy: Bytový dům												
A.1. Průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy												
	Zóna	Zóna 1	Zóna 2	Zóna 3	Zóna 4	Zóna 5	Zóna 6	Zóna 7	Zóna 8	Zóna 9	Zóna 10	Budova
Hodnocená budova	U <sub>obj</sub> (W/m <sup>2</sup> .K)	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33
Referenční budova	U <sub>obj,R</sub> (W/m <sup>2</sup> .K)	0,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,42
Ref. budova- klasifikace	U <sub>obj,R,klas</sub> (W/m <sup>2</sup> .K)	0,42	U <sub>obj</sub> porovnání:									
Klasifikační ukazatel ER pro U <sub>obj</sub> : 0,77												
Splnění požadavku ukazatele EN: Ano, požadavek splněn												
Třída energetické náročnosti ukazatele EN: B- Velmi úsporná												
pozn. požadavek pro hranice třídy EN se stanovují v souladu s §9 vyhlášky 79/2013 Sb.												
A.2. Celková dodaná energie do budovy												
		kWh/rok	kWh/m <sup>2</sup> .rok	Dílní dodaná energie - porovnání:								
Hodnocená budova	Q <sub>dod</sub>	75191,3	119,4									
Referenční budova	Q <sub>dod,R</sub>	129570,2	205,7									
Ref. budova- klasifikace	Q <sub>dod,R,klas</sub>	129570,2										
Klasifikační ukazatel ER pro U <sub>obj</sub> : 0,68												
Splnění požadavku ukazatele EN: Ano, požadavek splněn												
Třída energetické náročnosti ukazatele EN: B- Velmi úsporná												
pozn. požadavek pro hranice třídy EN se stanovují v souladu s §9 vyhlášky 79/2013 Sb.												
A.3. Neobnovitelná primární energie												
		kWh/rok	kWh/m <sup>2</sup> .rok	Neobnovitelná primární energie - porovnání:								
Hodnocená budova	EnP	84724,6	134,5									
Referenční budova	EnP <sub>R</sub>	153806,4	244,1									
Ref. budova- klasifikace	EnP <sub>R,klas</sub>	153806,4										
Klasifikační ukazatel ER pro U <sub>obj</sub> : 0,66												
Splnění požadavku ukazatele EN: Ano, požadavek splněn												
Třída energetické náročnosti ukazatele EN: B- Velmi úsporná												
pozn. požadavek pro hranice třídy EN se stanovují v souladu s §9 vyhlášky 79/2013 Sb.												
B. Hodnocení doplňujících ukazatelů												
B.1. Dílní dodaná energie na vytápění												
		kWh/rok	kWh/m <sup>2</sup> .rok	Hodnocená budova								
Hodnocená budova	E <sub>h</sub>	58021,1	92,1	Rozdělení celkové dodané energie:								
Referenční budova	E <sub>h,R</sub>	102907,5	163,3									
Ref. budova- klasifikace	E <sub>h,R,klas</sub>	102907,5										
Klasifikační ukazatel ER pro U <sub>obj</sub> : 0,68												
Třída energetické náročnosti: B- Velmi úsporná												
B.2. Dílní dodaná energie na chlazení												
		kWh/rok	kWh/m <sup>2</sup> .rok	Referenční budova								
Hodnocená budova	E <sub>c</sub>	0,0	0,0	Rozdělení celkové dodané energie:								
Referenční budova	E <sub>c,R</sub>	0,0	0,0									
Ref. budova- klasifikace	E <sub>c,R,klas</sub>	0,0										
Klasifikační ukazatel ER pro U <sub>obj</sub> : -												
Třída energetické náročnosti: Nehodnoceno												
B.3. Dílní dodaná energie na větrání												
		kWh/rok	kWh/m <sup>2</sup> .rok	Referenční budova								
Hodnocená budova	E <sub>v</sub>	0,0	0,0	Rozdělení celkové dodané energie:								
Referenční budova	E <sub>v,R</sub>	0,0	0,0									
Ref. budova- klasifikace	E <sub>v,R,klas</sub>	0,0										
Klasifikační ukazatel ER pro U <sub>obj</sub> : -												
Třída energetické náročnosti: Nehodnoceno												
B.4. Dílní dodaná energie na přípravu teplé vody												
		kWh/rok	kWh/m <sup>2</sup> .rok	Hodnocená budova								
Hodnocená budova	E <sub>hw</sub>	16110,2	25,6	Rozdělení celkové dodané energie:								
Referenční budova	E <sub>hw,R</sub>	20726,3	0,0									
Ref. budova- klasifikace	E <sub>hw,R,klas</sub>	20726,3										
Klasifikační ukazatel ER pro U <sub>obj</sub> : 0,78												
Třída energetické náročnosti: C - úsporná												
B.5. Dílní dodaná energie na osvětlení												
		kWh/rok	kWh/m <sup>2</sup> .rok	Referenční budova								
Hodnocená budova	E <sub>l</sub>	1060,1	1,7	Rozdělení celkové dodané energie:								
Referenční budova	E <sub>l,R</sub>	5936,4	9,4									
Ref. budova- klasifikace	E <sub>l,R,klas</sub>	5936,4										
Klasifikační ukazatel ER pro U <sub>obj</sub> : 0,18												
Třída energetické náročnosti: A - Mimořádně úsporná												

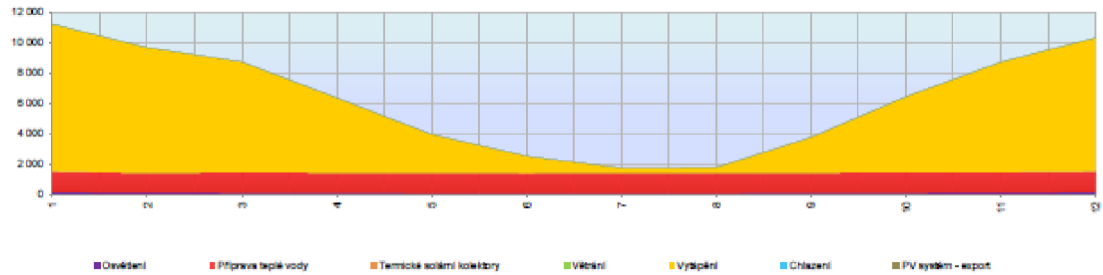
Obr. 35 - Varianta B - 1. strana dokumentu potřeby energie [zdroje: vlastní]



Obr. 36 - Varianta B - 2. strana dokumentu potřeby energie [zdroje: vlastní]

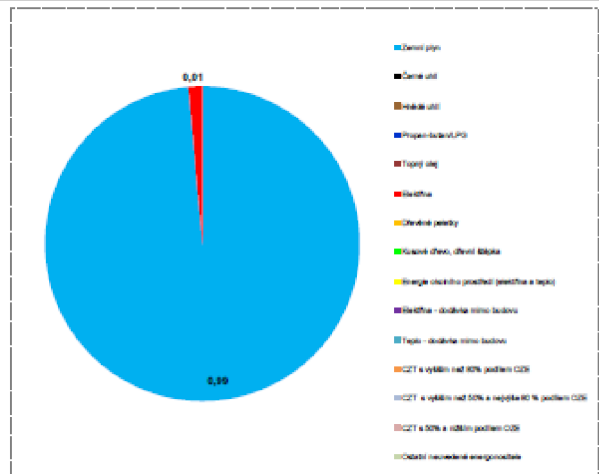
C.3 Hodnocená budova - DÍLII dodaná energie													
DÍLII dodaná energie													
	leden	únor	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	říjen	listopad	prosinec	Celkem
Vytápění	9 742	8 281	7 290	4 945	2 530	1 120	313	348	2 337	4 993	7 278	8 845	68 021
Chlazení	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Větrání	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Příprava teplé vody	1 354	1 294	1 354	1 334	1 354	1 334	1 354	1 354	1 334	1 354	1 334	1 354	18 110
Osvícení	134	110	52	75	62	57	57	62	77	91	110	133	1 060
<b>Celkem</b>	<b>11 231</b>	<b>8 888</b>	<b>8 738</b>	<b>6 364</b>	<b>3 948</b>	<b>2 611</b>	<b>1 724</b>	<b>1 764</b>	<b>3 748</b>	<b>6 438</b>	<b>8 722</b>	<b>10 331</b>	<b>75 191</b>
Započítatelná produkce energie:													
PV systém - export	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Termické solární kolektory	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Graf: DÍLII dodaná energie podle požadavků vyhlášky 78/2018 Sb.



Hodnocená budova - celková dodaná energie rozdělení po energonositelích

Ergonositel	DÍLII dodaná energie
Zemní plyn	74 131 kWh/rok
Černé uhlí	0 kWh/rok
Hnědý uhlí	0 kWh/rok
Propan-butan/LPG	0 kWh/rok
Topný olej	0 kWh/rok
Elektrina	1 060 kWh/rok
Dřevní pelety	0 kWh/rok
Kusové dřevo, dřevní štěpka	0 kWh/rok
Energie okolního prostředí (elektrina a teplo)	0 kWh/rok
Elektrina - dodávka mimo budovu	0 kWh/rok
Teplo - dodávka mimo budovu	0 kWh/rok
GZT s výtlakem nad 80% podílem OZE	0 kWh/rok
GZT s výtlakem nad 50% a nejvýše 80 % podílem OZE	0 kWh/rok
GZT s 50% a nižším podílem OZE	0 kWh/rok
Ostatní neuvedené energonositele	0 kWh/rok



Obr. 37 - Varianta B - 3. strana dokumentu potřeby energie [zdroje: vlastní]

## PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

Evidenční číslo PENB: 2021/01

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

Ulice, číslo:	Zábřeh, Sokolská 27b, 789 01	
PSČ, místo:		
Typ budovy:	Bytový dům	
Plocha obálky budovy:	1184	m <sup>2</sup>
Objemový faktor tvaru A/V:	0,57	m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>
Celková energeticky vztažná plocha:	630	m <sup>2</sup>

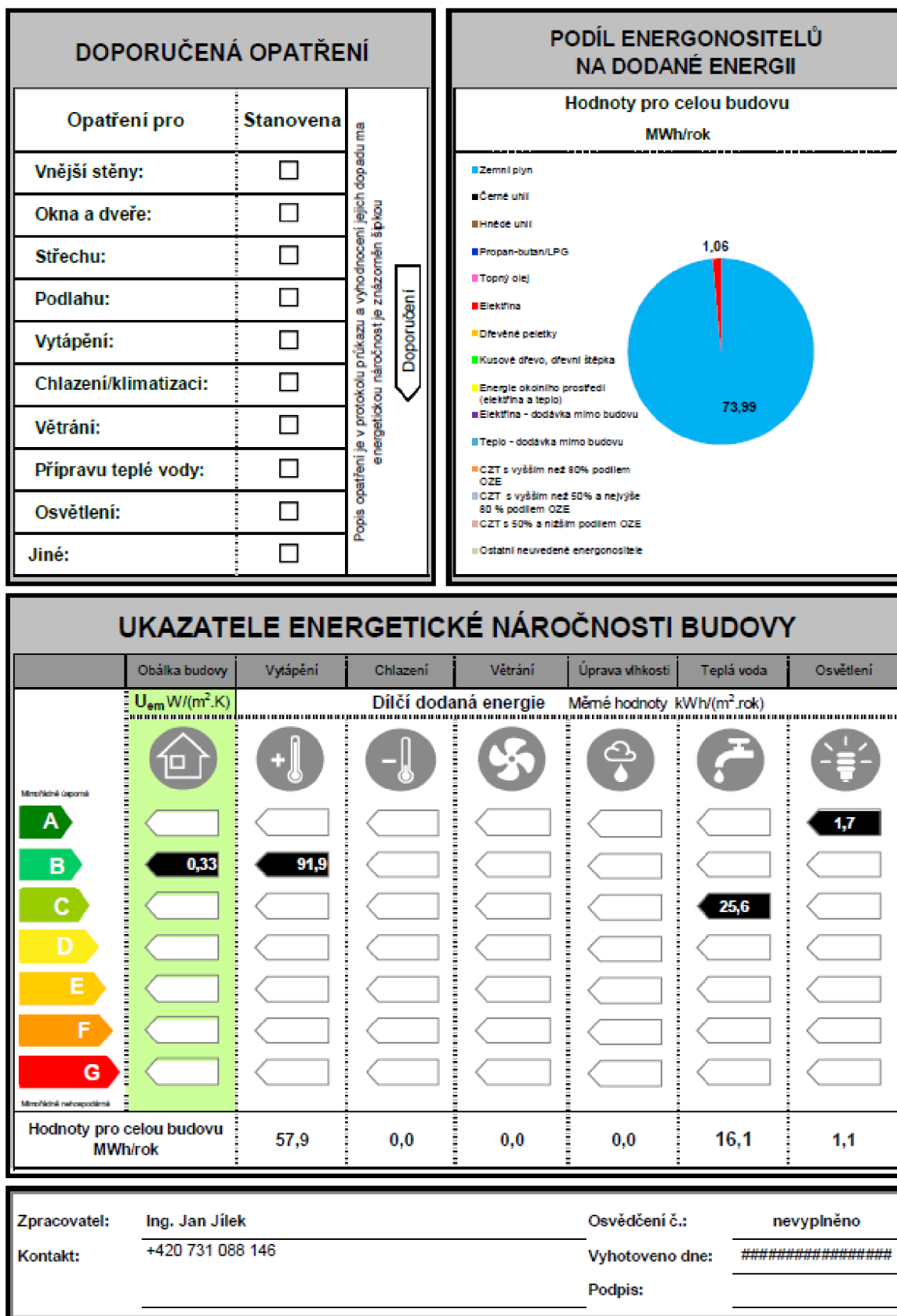


## ENERGETICKÁ NÁROČNOST BUDOVY

Celková dodaná energie (Energie na vstupu do budovy)	Neobnovitelná primární energie (Vliv provozu budovy na životní prostředí)																																																																																				
Měrné hodnoty kWh/(m <sup>2</sup> .rok)																																																																																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="background-color: #008000; color: white; text-align: center;"><b>A</b></td><td style="text-align: center;">←</td><td style="text-align: center;">102,8</td><td style="text-align: center;">←</td><td style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px;"></td><td style="text-align: center;">A</td></tr> <tr><td style="background-color: #00b050; color: white; text-align: center;"><b>B</b></td><td style="text-align: center;">←</td><td style="text-align: center;">154,3</td><td style="text-align: center;">←</td><td style="background-color: black; color: white; text-align: center;"><b>119,1</b></td><td style="text-align: center;">B</td></tr> <tr><td style="background-color: #90ee90; color: white; text-align: center;"><b>C</b></td><td style="text-align: center;">←</td><td style="text-align: center;">205,7</td><td style="text-align: center;">←</td><td style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px;"></td><td style="text-align: center;">C</td></tr> <tr><td style="background-color: #ffff00; color: white; text-align: center;"><b>D</b></td><td style="text-align: center;">←</td><td style="text-align: center;">308,5</td><td style="text-align: center;">←</td><td style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px;"></td><td style="text-align: center;">D</td></tr> <tr><td style="background-color: #ffa500; color: white; text-align: center;"><b>E</b></td><td style="text-align: center;">←</td><td style="text-align: center;">411,3</td><td style="text-align: center;">←</td><td style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px;"></td><td style="text-align: center;">E</td></tr> <tr><td style="background-color: #ff8c00; color: white; text-align: center;"><b>F</b></td><td style="text-align: center;">←</td><td style="text-align: center;">514,2</td><td style="text-align: center;">←</td><td style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px;"></td><td style="text-align: center;">F</td></tr> <tr><td style="background-color: #ff0000; color: white; text-align: center;"><b>G</b></td><td style="text-align: center;">←</td><td style="text-align: center;">514,2</td><td style="text-align: center;">←</td><td style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px;"></td><td style="text-align: center;">G</td></tr> </table>	<b>A</b>	←	102,8	←		A	<b>B</b>	←	154,3	←	<b>119,1</b>	B	<b>C</b>	←	205,7	←		C	<b>D</b>	←	308,5	←		D	<b>E</b>	←	411,3	←		E	<b>F</b>	←	514,2	←		F	<b>G</b>	←	514,2	←		G	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="background-color: #add8e6; width: 100px; height: 20px;"></td><td style="text-align: center;">←</td><td style="text-align: center;">122,1</td><td style="text-align: center;">←</td><td style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px;"></td><td style="text-align: center;">A</td></tr> <tr><td style="background-color: #00b0f0; width: 100px; height: 20px;"></td><td style="text-align: center;">←</td><td style="text-align: center;">183,1</td><td style="text-align: center;">←</td><td style="background-color: black; color: white; text-align: center;"><b>134,2</b></td><td style="text-align: center;">B</td></tr> <tr><td style="background-color: #008080; width: 100px; height: 20px;"></td><td style="text-align: center;">←</td><td style="text-align: center;">244,1</td><td style="text-align: center;">←</td><td style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px;"></td><td style="text-align: center;">C</td></tr> <tr><td style="background-color: #006464; width: 100px; height: 20px;"></td><td style="text-align: center;">←</td><td style="text-align: center;">366,2</td><td style="text-align: center;">←</td><td style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px;"></td><td style="text-align: center;">D</td></tr> <tr><td style="background-color: #004d4d; width: 100px; height: 20px;"></td><td style="text-align: center;">←</td><td style="text-align: center;">488,3</td><td style="text-align: center;">←</td><td style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px;"></td><td style="text-align: center;">E</td></tr> <tr><td style="background-color: #003366; width: 100px; height: 20px;"></td><td style="text-align: center;">←</td><td style="text-align: center;">610,3</td><td style="text-align: center;">←</td><td style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px;"></td><td style="text-align: center;">F</td></tr> <tr><td style="background-color: #001d4d; width: 100px; height: 20px;"></td><td style="text-align: center;">←</td><td style="text-align: center;">610,3</td><td style="text-align: center;">←</td><td style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px;"></td><td style="text-align: center;">G</td></tr> </table>		←	122,1	←		A		←	183,1	←	<b>134,2</b>	B		←	244,1	←		C		←	366,2	←		D		←	488,3	←		E		←	610,3	←		F		←	610,3	←		G
<b>A</b>	←	102,8	←		A																																																																																
<b>B</b>	←	154,3	←	<b>119,1</b>	B																																																																																
<b>C</b>	←	205,7	←		C																																																																																
<b>D</b>	←	308,5	←		D																																																																																
<b>E</b>	←	411,3	←		E																																																																																
<b>F</b>	←	514,2	←		F																																																																																
<b>G</b>	←	514,2	←		G																																																																																
	←	122,1	←		A																																																																																
	←	183,1	←	<b>134,2</b>	B																																																																																
	←	244,1	←		C																																																																																
	←	366,2	←		D																																																																																
	←	488,3	←		E																																																																																
	←	610,3	←		F																																																																																
	←	610,3	←		G																																																																																
Hodnoty pro celou budovu MWh/rok	<b>75,05</b>	<b>84,57</b>																																																																																			

Obr. 38 - Varianta C - 1. strana PENB [zdroje: vlastní]





Obr. 39 - Varianta C - 2. strana PENB [zdroje: vlastní]

Příloha NKN - doplnění PENB												
Hodnocení energetické náročnosti budov - analýza energetických potřeb												
Evidenční číslo PENB:		není vyplněno										
Budova:		Bytový dům Záběh										
Adresa:		Záběh, Sokolská 27b, 780 01										
Stavebník/Vlastník:		Ing. Jan Jilek										
Základní geometrické údaje:												
Energeticky vztáhná plocha		630,0 m <sup>2</sup>										
Celkový vnitřní objem budovy		2 087,8 m <sup>3</sup>										
Ochlazovaná plocha obálky budovy		1 183,6 m <sup>2</sup>										
Objemový faktor tvaru budovy AV		0,67 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>										
A. Hodnocení ukazatelů energetické náročnosti podle vyhlášky 78/2013 Sb.												
Budova je hodnocena jako:		Nová budova										
Typ budovy:		Bytový dům										
A.1. Průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy												
	Zóna	Zóna 1	Zóna 2	Zóna 3	Zóna 4	Zóna 5	Zóna 6	Zóna 7	Zóna 8	Zóna 9	Zóna 10	Budova
Hodnocená budova	U <sub>obj</sub>	(W/m <sup>2</sup> .K)	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33
Referenční budova	U <sub>obj,R</sub>	(W/m <sup>2</sup> .K)	0,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,42
Ref. budova - klasifikace	U <sub>obj,R,klas</sub>	(W/m <sup>2</sup> .K)	0,42	U <sub>obj</sub> porovnání:								
Klasifikační ukazatel ER pro U <sub>obj</sub> :		0,77										
Splnění požadavku ukazatele EN:		Ano, požadavek splněn										
Třída energetické náročnosti ukazatele EN:		B - Velmi šetrná										
pozn. požadavek pro hranice třídy EN se stanovují v souladu s §9 vyhlášky 78/2013 Sb.												
A.2. Celková dodaná energie do budovy												
		kWh/rok	kWh/m <sup>2</sup> rok									
Hodnocená budova	Q <sub>dod</sub>	75047,7	119,1									
Referenční budova	Q <sub>dod,R</sub>	129670,2	205,7									
Ref. budova - klasifikace	Q <sub>dod,R,klas</sub>	129670,2										
Klasifikační ukazatel ER pro U <sub>obj</sub> :		0,58										
Splnění požadavku ukazatele EN:		Ano, požadavek splněn										
Třída energetické náročnosti ukazatele EN:		B - Velmi šetrná										
pozn. požadavek pro hranice třídy EN se stanovují v souladu s §9 vyhlášky 78/2013 Sb.												
A.3. Neobnovitelná primární energie												
		kWh/rok	kWh/m <sup>2</sup> rok									
Hodnocená budova	EnP	84566,6	134,2									
Referenční budova	EnP <sub>R</sub>	153806,4	244,1									
Ref. budova - klasifikace	EnP <sub>R,klas</sub>	153806,4										
Klasifikační ukazatel ER pro U <sub>obj</sub> :		0,55										
Splnění požadavku ukazatele EN:		Ano, požadavek splněn										
Třída energetické náročnosti ukazatele EN:		B - Velmi šetrná										
pozn. požadavek pro hranice třídy EN se stanovují v souladu s §9 vyhlášky 78/2013 Sb.												
B. Hodnocení doplňujících ukazatelů												
B.1. Dílčí dodaná energie na vytápění												
		kWh/rok	kWh/m <sup>2</sup> rok									
Hodnocená budova	E <sub>h</sub>	57877,5	91,9									
Referenční budova	E <sub>h,R</sub>	102907,5	163,3									
Ref. budova - klasifikace	E <sub>h,R,klas</sub>	102907,5										
Klasifikační ukazatel ER pro U <sub>obj</sub> :		0,56										
Třída energetické náročnosti:		B - Velmi šetrná										
B.2. Dílčí dodaná energie na chlazení												
		kWh/rok	kWh/m <sup>2</sup> rok									
Hodnocená budova	E <sub>c</sub>	0,0	0,0									
Referenční budova	E <sub>c,R</sub>	0,0	0,0									
Ref. budova - klasifikace	E <sub>c,R,klas</sub>	0,0										
Klasifikační ukazatel ER pro U <sub>obj</sub> :		-										
Třída energetické náročnosti:		Nehodnoceno										
B.3. Dílčí dodaná energie na větrání												
		kWh/rok	kWh/m <sup>2</sup> rok									
Hodnocená budova	E <sub>v</sub>	0,0	0,0									
Referenční budova	E <sub>v,R</sub>	0,0	0,0									
Ref. budova - klasifikace	E <sub>v,R,klas</sub>	0,0										
Klasifikační ukazatel ER pro U <sub>obj</sub> :		-										
Třída energetické náročnosti:		Nehodnoceno										
B.4. Dílčí dodaná energie na přípravu teplé vody												
		kWh/rok	kWh/m <sup>2</sup> rok									
Hodnocená budova	E <sub>hw</sub>	16110,2	25,6									
Referenční budova	E <sub>hw,R</sub>	20726,3	0,0									
Ref. budova - klasifikace	E <sub>hw,R,klas</sub>	20726,3										
Klasifikační ukazatel ER pro U <sub>obj</sub> :		0,78										
Třída energetické náročnosti:		C - šetrná										
B.5. Dílčí dodaná energie na osvětlení												
		kWh/rok	kWh/m <sup>2</sup> rok									
Hodnocená budova	E <sub>l</sub>	1060,1	1,7									
Referenční budova	E <sub>l,R</sub>	5936,4	9,4									
Ref. budova - klasifikace	E <sub>l,R,klas</sub>	5936,4										
Klasifikační ukazatel ER pro U <sub>obj</sub> :		0,18										
Třída energetické náročnosti:		A - Mimořádně šetrná										
Hodnocená budova												
Rozdělení celkové dodané energie:												
Referenční budova												
Rozdělení celkové dodané energie:												

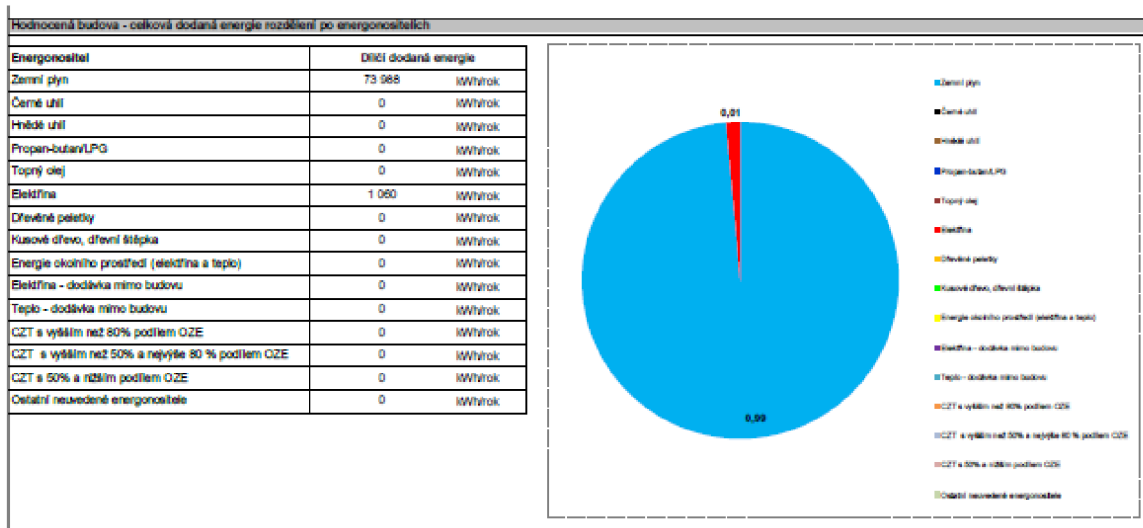
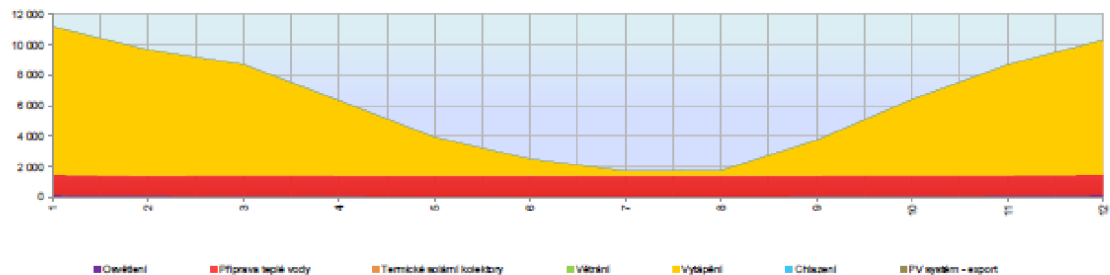
Obr. 40 - Varianta C - 1. strana dokumentu potřeby energie [zdroje: vlastní]

C. Přehled potřeby energie a dodané energie do budovy														
C.1. Energetická bilance na úrovni budovy podle ČSN EN 13790														
	Parametr	Jednotky	Hodnocená budova	Referenční budova										
<b>režim vytápění</b>														
potřeba energie na vytápění	$Q_{t,ext}$	kWh/rok	48 263	55 982										
solární tepelné zisky	$Q_{s,ext}$	kWh/rok	0	0										
vnitřní tepelné zisky	$Q_{p,nt}$	kWh/rok	8 382	12 786										
celkové tepelné zisky	$Q_{t,nt}$	kWh/rok	8 382	12 786										
celkové množství přeneseného tepla větráním	$Q_{t,v}$	kWh/rok	17 554	17 554										
celkové množství přeneseného tepla proslupem	$Q_{t,p}$	kWh/rok	38 841	50 659										
<b>režim chlazení</b>														
potřeba energie na chlazení	$Q_{c,ext}$	kWh/rok	0	0										
solární tepelné zisky	$Q_{s,ext}$	kWh/rok	0	0										
vnitřní tepelné zisky	$Q_{p,nt}$	kWh/rok	8 382	12 786										
celkové tepelné zisky	$Q_{t,nt}$	kWh/rok	8 382	12 786										
celkové množství přeneseného tepla větráním	$Q_{c,v}$	kWh/rok	20 603	20 603										
celkové množství přeneseného tepla proslupem	$Q_{c,p}$	kWh/rok	45 587	59 456										
<b>díleč parametry</b>														
průměrný součinitel prostupu tepla	$U_{sm}$	W/m <sup>2</sup> .K	0,33	0,42										
<b>Tepelná ztráta budovy</b>														
	$Q_{z}$	kW	19,6											
Graf: Potřeba energie na vytápění a chlazení podle ČSN EN ISO 13790														
		leden	únor	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	říjen	listopad	prosinec	CELKEM
Vytápění	kWh	8 105	6 890	6 055	4 115	2 104	930	259	268	1 543	4 153	6 054	7 356	48 263
Chlazení	kWh	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<p><b>Poznámka:</b> Roční potřeba tepla na vytápění zahrnuje potřebu energie na vytápění bez vlivu energetických systémů budovy (např. systému vytápění, apod.), v případě nuceného větrání je uvažován pouze systém mechanického větrání. Vliv ostatních energetických systémů není v hodnotě výsledku potřeby tepla na vytápění zohledněn - jako je tomu u hodnocení energetické náročnosti budov podle vyhlášky MPO č. 78/2013 Sb. Výpočet probíhá na základě okrajových podmínek daných zvolenou klimatickou oblastí a okrajových podmínek uvedených v profilu standardizovaného úhřívání pro danou zónu. Výpočet nelze považovat ve shodě s okrajovými podmínkami uvedenými v TNI 73 0329 a TNI 73 0330. Výpočet je založen na okrajových podmínkách TNI 730331.</p>														
C.2. Energetická bilance na úrovni systémů podle požadavků vyhlášky 78/2013 Sb.														
	Parametr	Jednotky	Hodnocená budova	Referenční budova										
<b>Obecné - ukazatele energetické náročnosti</b>														
Celková dodaná energie	$Q_{del}$	kWh/rok	75 048	129 570										
Neobnovitelná primární energie	$EP_{p}$	kWh/rok	84 567	153 906										
Celková primární energie	$EP$	kWh/rok	84 775	-										
<b>Díleč dodaná energie, neobnovitelná primární energie</b>														
Díleč dodaná energie na vytápění	$E_{t,ext}$	kWh/rok	57 877	102 908										
Neobnovitelná primární energie na vytápění	$EP_{t,ext}$	kWh/rok	63 685	113 198										
Díleč dodaná energie na chlazení	$E_{c,ext}$	kWh/rok	0	0										
Neobnovitelná primární energie na chlazení	$EP_{c,ext}$	kWh/rok	0	0										
Díleč dodaná energie na větrání	$E_{v,ext}$	kWh/rok	0	0										
Neobnovitelná primární energie na větrání	$EP_{v,ext}$	kWh/rok	0	0										
Díleč dodaná energie na přípravu teple vody	$E_{w,ext}$	kWh/rok	16 110	20 726										
Neobnovitelná primární energie na přípravu TV	$EP_{w,ext}$	kWh/rok	17 721	22 799										
Díleč dodaná energie na osvětlení	$E_{l,ext}$	kWh/rok	1 080	5 936										
Neobnovitelná primární energie na osvětlení	$EP_{l,ext}$	kWh/rok	3 180	17 809										
<b>Produkce energie</b>														
Produkce energie solárními systémy	$E_{sol}$	kWh/rok	0	0										
Produkce energie PV systémy	$E_{pv}$	kWh/rok	0	0										
<b>Vypočtená spotřeba energie</b>														
Vypočtená spotřeba energie na vytápění	$Q_{t,v}$	kWh/rok	57 877	102 908										
Vypočtená spotřeba energie na chlazení	$Q_{c,v}$	kWh/rok	0	0										
Vypočtená spotřeba energie na větrání	$Q_{v,v}$	kWh/rok	0	0										
Vypočtená spotřeba energie na přípravu TV	$Q_{w,v}$	kWh/rok	16 110	20 726										
Vypočtená spotřeba energie na osvětlení	$E_{l,v}$	kWh/rok	1 080	5 936										
<b>Pomocná energie</b>														
Pomocná energie pro vytápění	$W_{t,ext}$	kWh/rok	0	0										
Pomocná energie pro chlazení	$W_{c,ext}$	kWh/rok	0	0										
Pomocná energie pro větrání	$W_{v,ext}$	kWh/rok	0	0										
Pomocná energie pro přípravu TV	$W_{w,ext}$	kWh/rok	0	0										
Graf: Díleč dodaná energie, neobnovitelná primární energie pro hodnocenou budovu														

Obr. 41 - Varianta C - 2. strana dokumentu potřeby energie [zdroje: vlastní]

C.3 Hodnocená budova - Dílčí dodaná energie													
Dílčí dodaná energie													
	leden	únor	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	říjen	listopad	prosincec	Celkem
Vytápění	9 720	8 262	7 273	4 933	2 523	1 116	311	348	2 330	4 980	7 261	8 524	57 877
Chlazení	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Větrání	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Příprava teplé vody	1 354	1 294	1 354	1 334	1 354	1 334	1 354	1 354	1 334	1 354	1 334	1 354	16 110
Čerštění	134	110	92	75	62	57	57	62	77	91	110	133	1 060
<b>Celkem</b>	<b>11 208</b>	<b>9 667</b>	<b>8 719</b>	<b>6 342</b>	<b>3 939</b>	<b>2 507</b>	<b>1 723</b>	<b>1 762</b>	<b>3 741</b>	<b>6 425</b>	<b>8 704</b>	<b>10 311</b>	<b>75 048</b>
Započítatelná produkce energie:													
PV systém - export	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Termické solární kolektory	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Graf: Dílčí dodaná energie podle požadavků vyhlášky 78/2013 Sb.



Obr. 42 - Varianta C - 3. strana dokumentu potřeby energie [zdroje: vlastní]

Hodnoty pro variantu A jsou stejné jako pro variantu 1 a jsou uvedeny v kapitole 5.6.4 a také v přílohách tohoto dokumentu.

### 5.10.4 Stanovení nákladů na ohřev teplé vody a na vytápění

Tab. 44 - Stanovení nákladů na ohřev teplé vody a na vytápění [zdroj: vlastní]

Varianta	Energie potřebná na vytápění a ohřev TV (kWh/rok)	Typ energie	JC zemního plynu (Kč/kWh)	Náklady celkem (Kč/rok)
Varianta A - kačírek	74 742	Zemní plyn	1,26	94 175
Varianta B - extenzivní ZS	74 131	Zemní plyn	1,26	93 405
Varianta C - intenzivní ZS	73 988	Zemní plyn	1,26	93 225

## 5.10.5 Stanovení nákladů na realizaci

Tab. 45 - Stanovení nákladů na realizaci [zdroj: vlastní]

Varianta	Cena za realizaci (Kč)
Varianta A - kačírek	655 346 Kč
Varianta B - extenzivní ZS	711 960 Kč
Varianta C - intenzivní ZS	798 540 Kč

## 5.10.6 Výpočet úspory na nákladech za vytápění a ohřev TV

Výpočet úspory na nákladech za vytápění oproti variantě s práným říčním kamenivem proběhne tak, že se úspora za energie přičte k variantě se zateplením variantou 1 a rozdíl nákladů spojených s realizací se přičte k nákladu za realizaci investice s variantou 1.

Tab. 46 - Výpočet úspory na nákladech za vytápění a ohřev TV [zdroj: vlastní]

Varianta	Potřeba energie na vytápění (kWh/rok)	Úspora energie (kWh/rok)	Úspora plynu proti nezateplené variantě (kWh/rok)	Náklady potřebné na vytápění a ohřev TV (Kč/rok)	Úspora nákladů na vytápění a ohřev TV (Kč/rok)
Varianta A - kačírek	74 742	-	15 622	94 175	-
Varianta B - extenzivní ZS	74 131	611	16 233	93 405	770
Varianta C - intenzivní ZS	73 988	754	16 376	93 225	950

Výše uvedenou tabulku můžeme popsat tak, že oproti variantě 1 s polystyrenem EPS 70 F a střechou varianty A s práným říčním kamenivem ušetříme při variantě B - extenzivní zelená střecha - 611 kWh/rok - tj. 770 Kč/rok a při variantě C - intenzivní zelená střecha - 754 kWh/rok - tj. 950 Kč/rok.

Tab. 47 - Úspora proti nezateplené variantě

Varianta	Úspora nákladů proti nezateplené variantě (Kč/rok)
Varianta A - kačírek	19 684 Kč
Varianta B - extenzivní ZS	20 454 Kč
Varianta C - intenzivní ZS	20 634 Kč

Celkově tedy pokud zateplenou budovu variantou 1 - EPS 70F tl. 150 mm opatříme plochou střechou s práným říčním kamenivem, ušetříme 19 684 Kč, pokud extenzivní zelenou střechou, úspora bude činit 20 454 Kč, a pokud intenzivní zelenou střechou, jedná se o úsporu 20 634 Kč oproti variantě nezateplené budovy s variantou A. Všechny varianty jsou porovnávány s nezateplenou variantou objektu s kačírkem.

Tab. 48 - Zhodnocení variant střech

Varianta	Cena za realizaci (Kč)	Rozdíl cen realizace (Kč)	Cena varianty 1 s danou střechou (Kč)
Varianta A - kačírek	655 346 Kč	-	878 169 Kč
Varianta B - extenzivní ZS	711 960 Kč	54 614 Kč	932 783 Kč
Varianta C - intenzivní ZS	798 540 Kč	143 194 Kč	1 021 363 Kč

Tato tabulka nám říká, že celkový náklad na variantu zateplení 1 - EPS 70F tl. 150 mm s praným říčním kamenivem je 878 169 Kč (z původního návrhu u variant zateplení). Celkový náklad varianty se zelenou extenzivní střechou je 932 783 Kč a u alternativy s intenzivní střechou činí náklad 1 021 36 Kč.

### 5.10.7 Výpočet prosté doby návratnosti

Tab. 49 - Výpočet prosté doby návratnosti [zdroj: vlastní]

Varianta	Doba návratnosti investice (rok)
Varianta A - kačírek	45 let
Varianta B - extenzivní ZS	46 let
Varianta C - intenzivní ZS	50 let

Doba prosté návratnosti u varianty A zůstává stejná jako v kapitolách o návrhu zateplení: 45 let. V případě realizace extenzivní střechy se nám prostá doba návratnosti posune na 46 let. U intenzivní zelené střechy se doba návratnosti posune až na 50 let.

### 5.10.8 Výpočet reálné doby návratnosti

Tab. 50 - Výpočet reálné doby návratnosti [zdroj: vlastní]

Varianta	Doba návratnosti investice (rok)
Varianta A - kačírek	38 let
Varianta B - extenzivní ZS	38 let
Varianta C - intenzivní ZS	41 let

Doba reálné návratnosti u varianty A zůstává stejná: 38 let. Zde, v případě realizace extenzivní střechy, se nám reálná doba návratnosti nezmění a u intenzivní zelené střechy se návratnost posune na 41 let oproti původním 38 roků.

## 5.10.9 Čistá současná hodnota investice

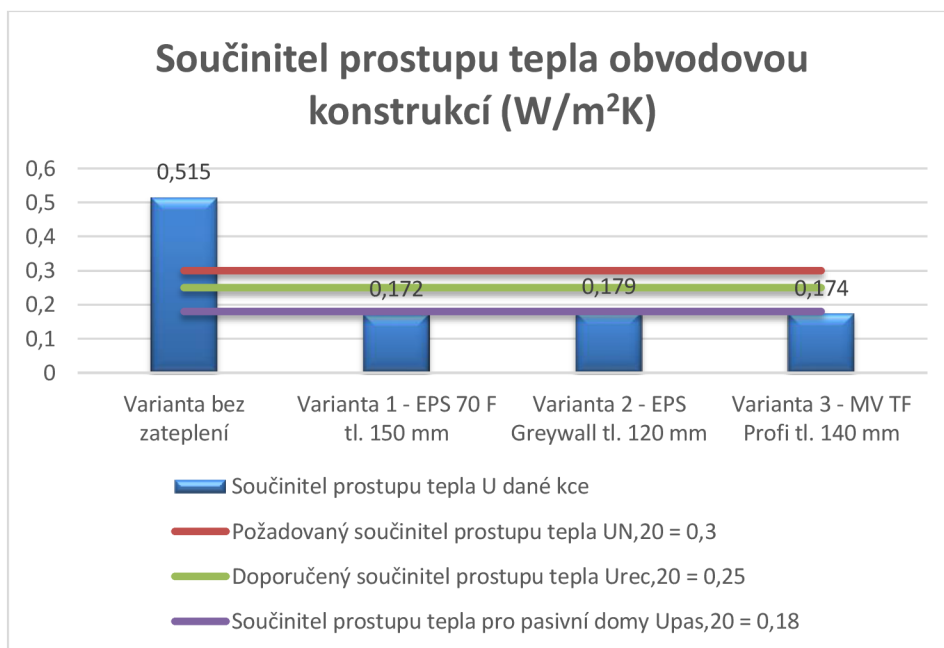
Tab. 51 - Čistá současná hodnota investice [zdroj: vlastní]

Varianta	Čistá současná hodnota (Kč)	Vyhodnocení
Varianta A - kačírek	- 418 175 Kč	Neefektivní
Varianta B - extenzivní ZS	- 454 798 Kč	Neefektivní
Varianta C - intenzivní ZS	- 539 168 Kč	Neefektivní

Dle vyhodnocení čisté současné hodnoty investice musíme varianty všech typů střech považovat za neefektivní, neboť ani jedna z nich nemá kladnou výstupní hodnotu.

## 6 ANALÝZA VÝSLEDKŮ ŘEŠENÍ

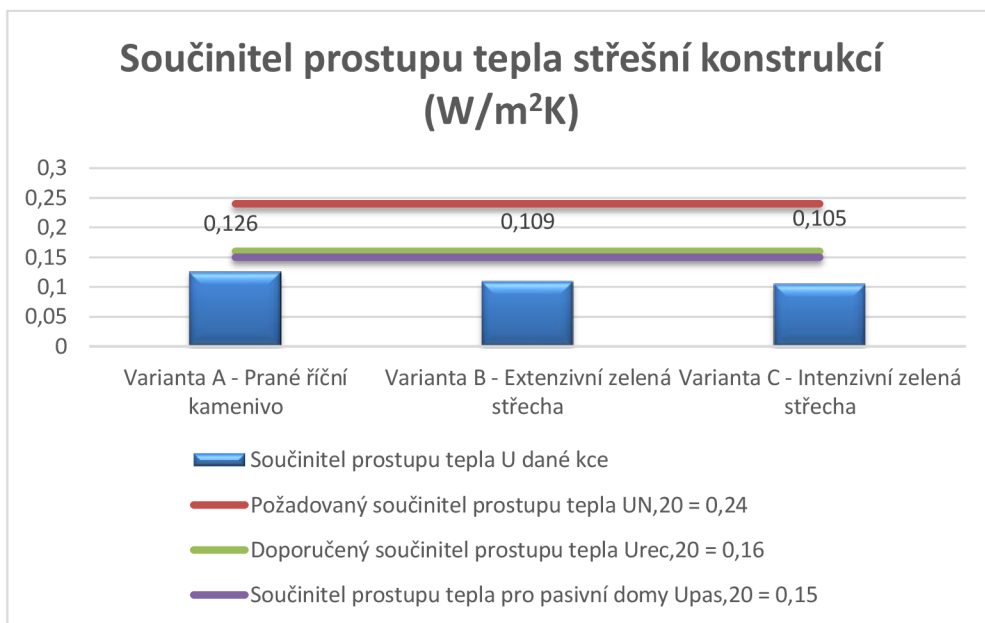
Po vyhodnocení všech faktorů konstrukce a zhodnocení investice si pojdme shrnout zjištěná data. Navržené skladby zateplení byly vybrány tak, aby splnily základní požadavek a tím je součinitel prostupu tepla, který pak přímo ovlivňuje náklad za vytápění a návratnost investice.



Graf 4 - Součinitele prostupu tepla svislých konstrukcí [zdroj: vlastní]

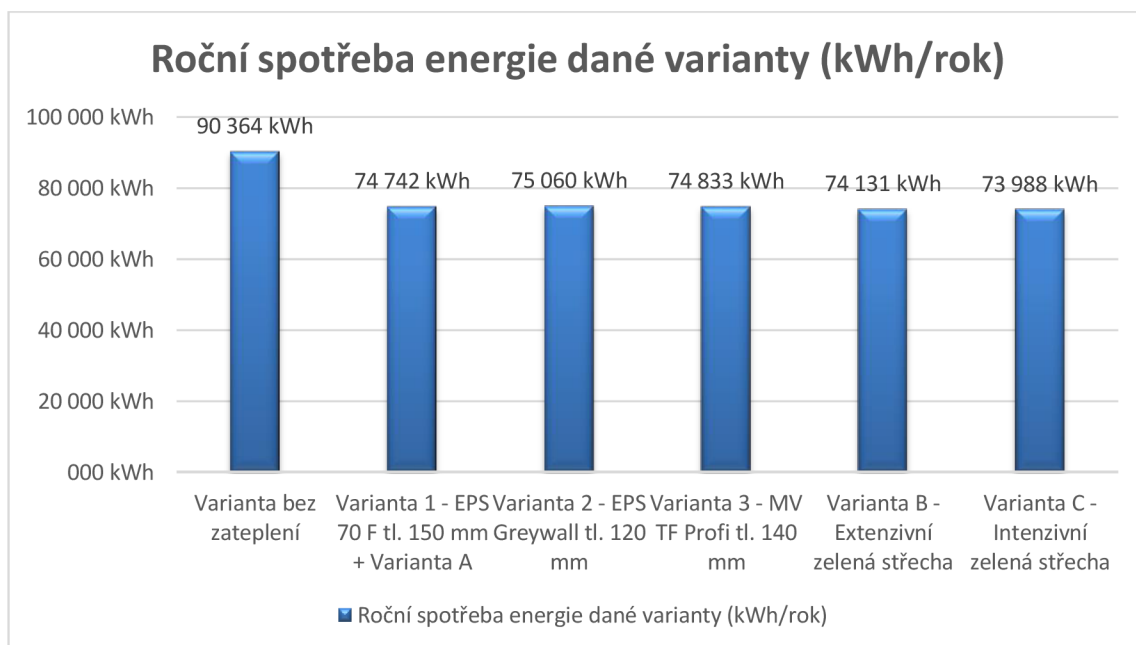
Stejně tak byl navržen i plochý střešní plášť, který byl vyhotoven ve třech variantách. Varianta s práným říčním kamenivem, extenzivní zelená střecha a intenzivní zelená střecha s vyšší tloušťkou substrátové vrstvy.





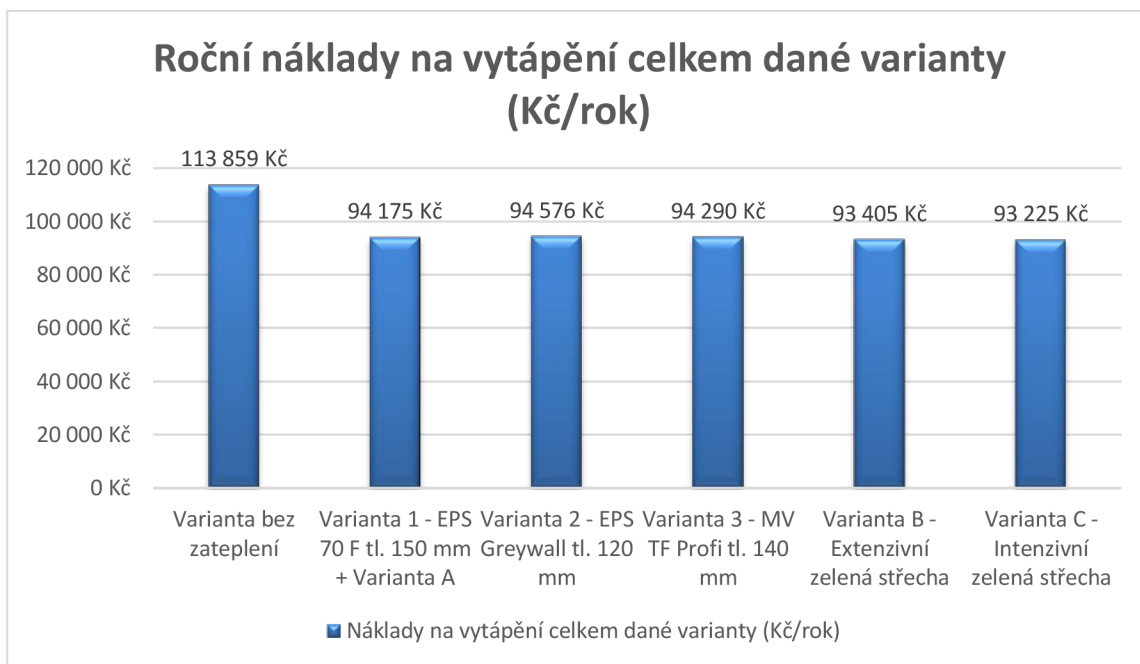
Graf 5 - Součinitele prostupu tepla střešních konstrukcí [zdroj: vlastní]

Roční spotřeba energie byla stanovena dle programu - Národní kalkulační nástroj II. Zde je vidět, že zateplení objektu v samém počátku užívání je nutností. Vzhledem ke změně zákona v roce 2020 je nyní potřeba splňovat požadavky pro nízkoenergetické domy, nejlépe pak domy pasivní nebo s téměř nulovou potřebou energie. Na níže uvedených grafech jsou všechna variantní řešení. Varianta A zde není separátně uvedena, neboť náklady na její realizaci jsou rovny variantě 1.



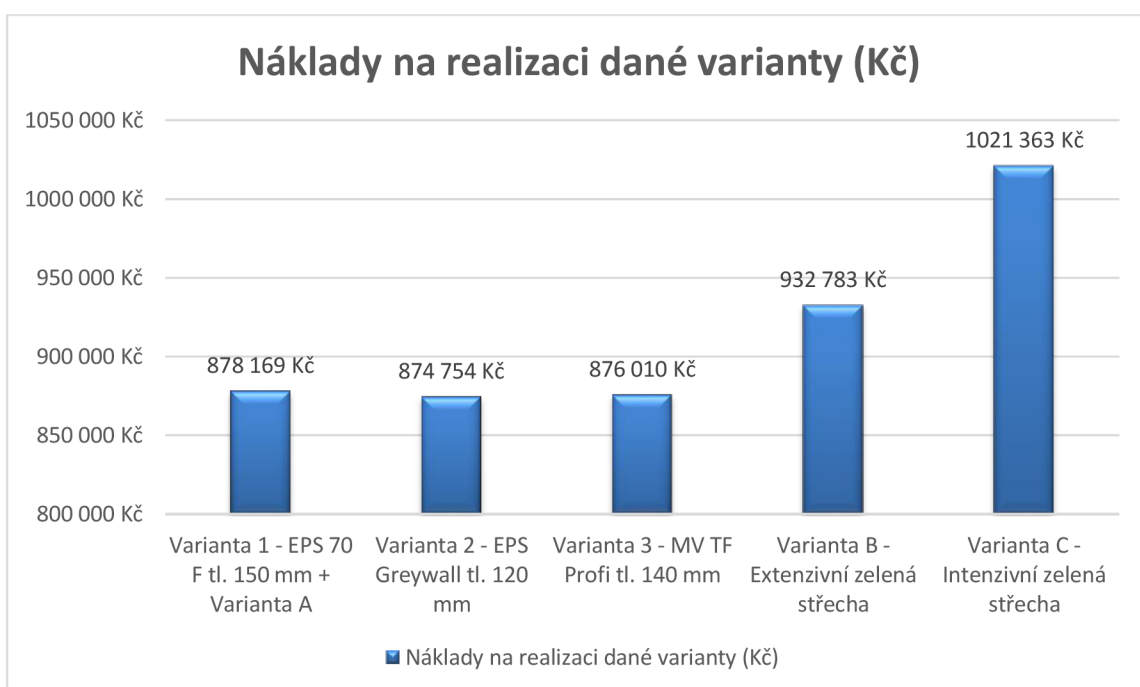
Graf 6 - Roční spotřeba energie všech variant [zdroj: vlastní]

Dle níže uvedeného grafu můžeme říct, že zateplit budovu znamená zhruba úsporu 20 000 Kč ročně za náklady spojené s vytápěním.



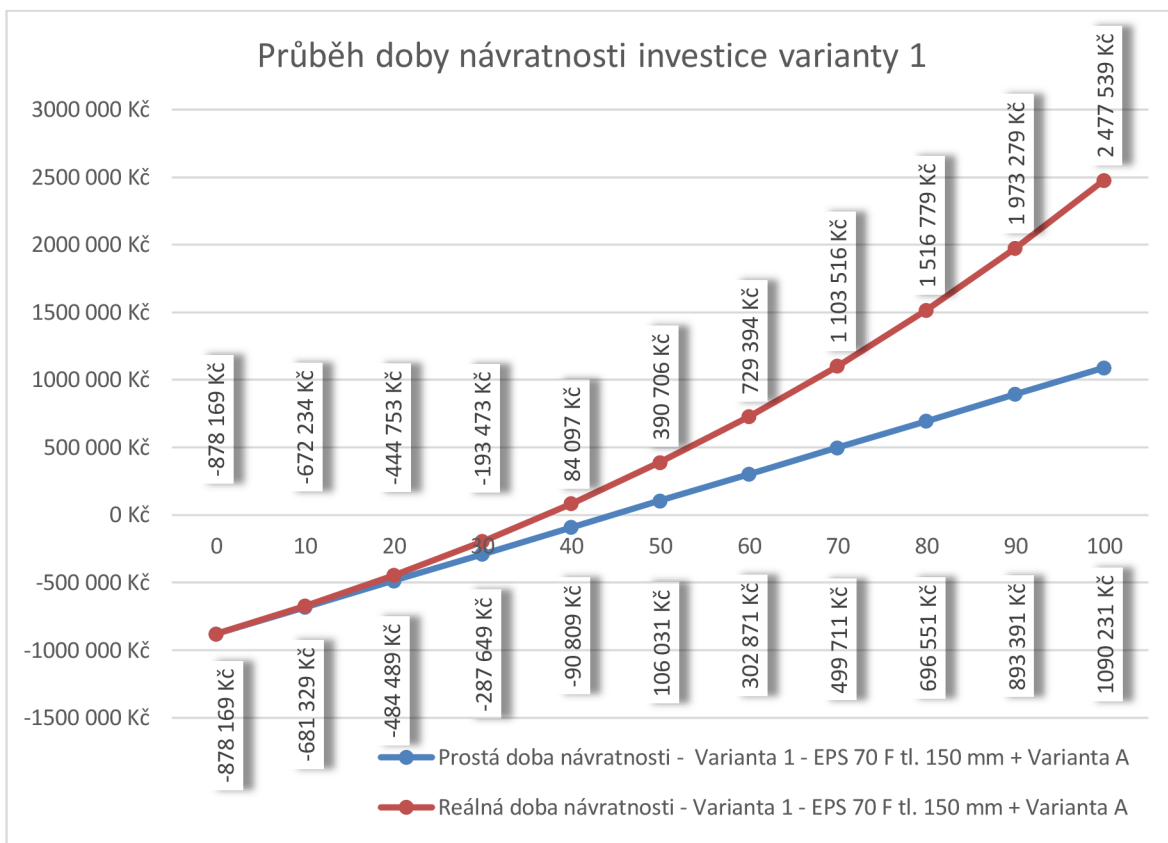
Graf 7 - Roční náklady na vytápění všech variant [zdroj: vlastní]

Náklady na konstrukce střech byly výrazně navýšeny realizací zelené střechy.

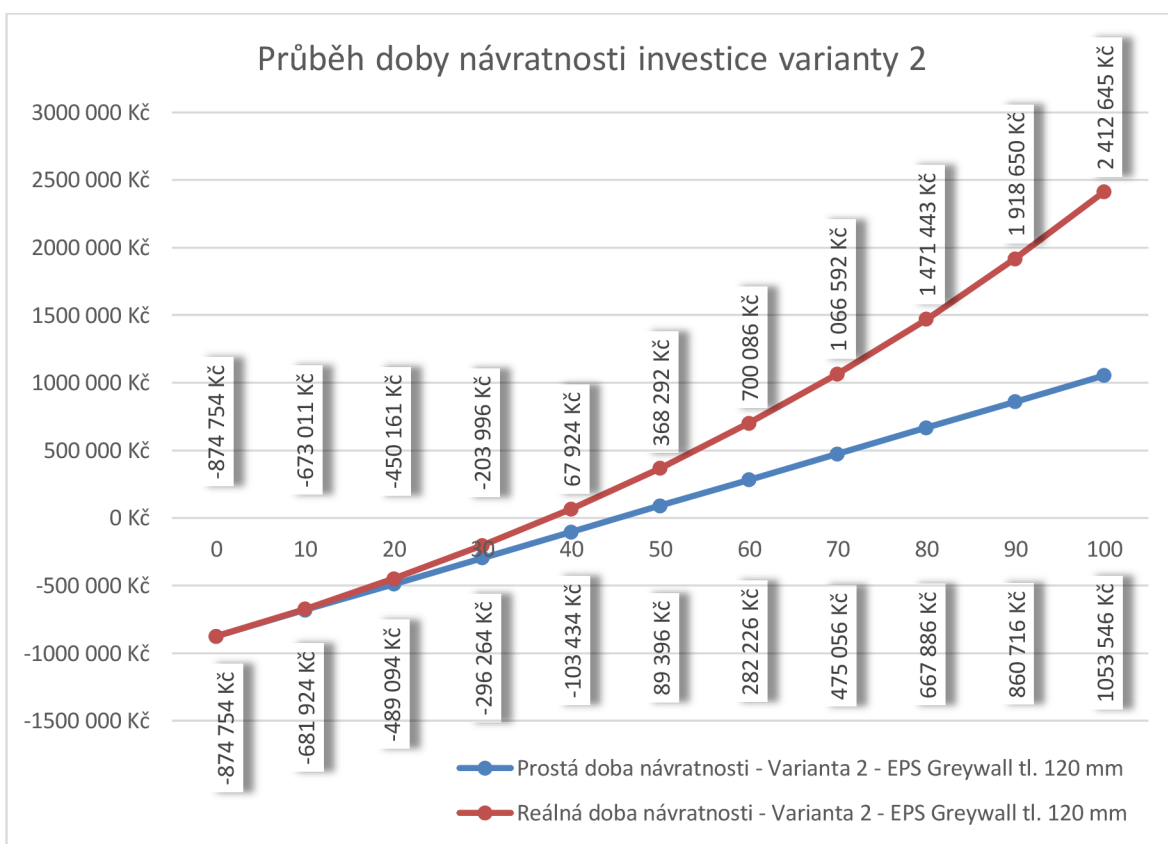


Graf 8 - Náklady na realizaci jednotlivých variant [zdroj: vlastní]

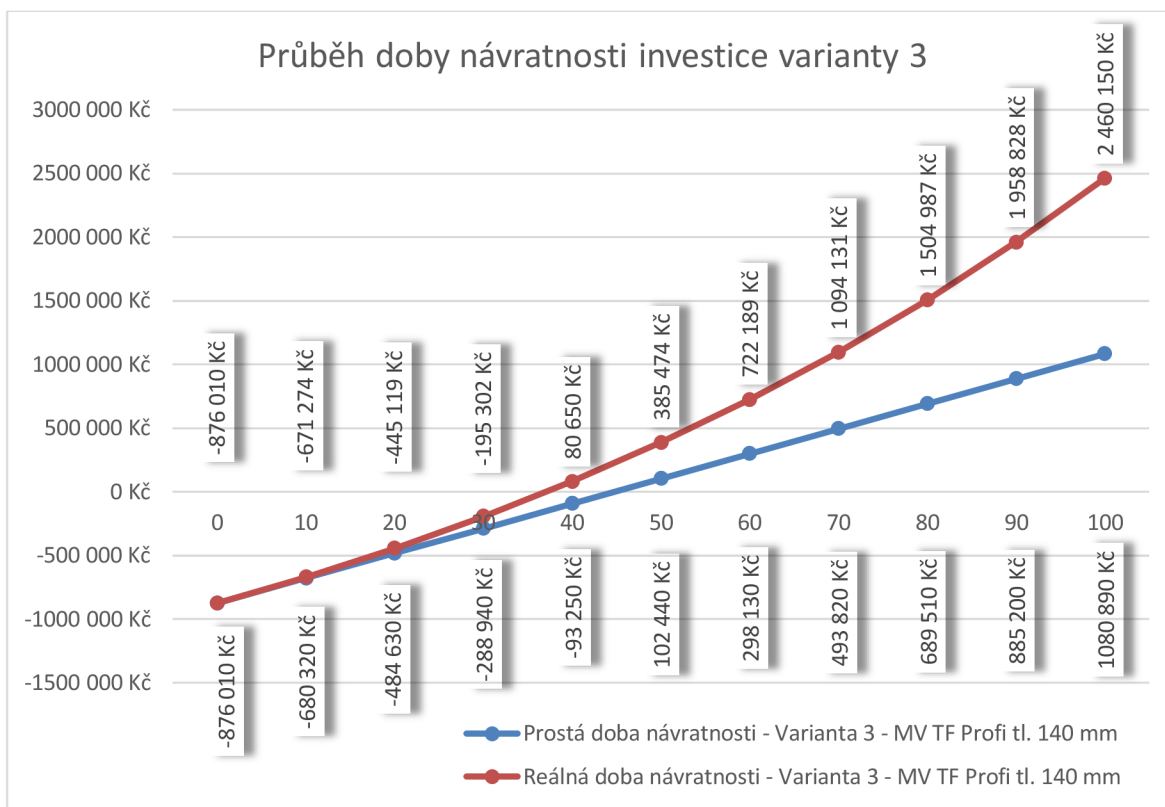
V níže uvedených grafech můžeme posoudit prosté a reálné doby návratnosti jednotlivých investic. Grafy jsou zpracovány tak, abychom byli schopni odečíst hodnotu investice po 10 letech.



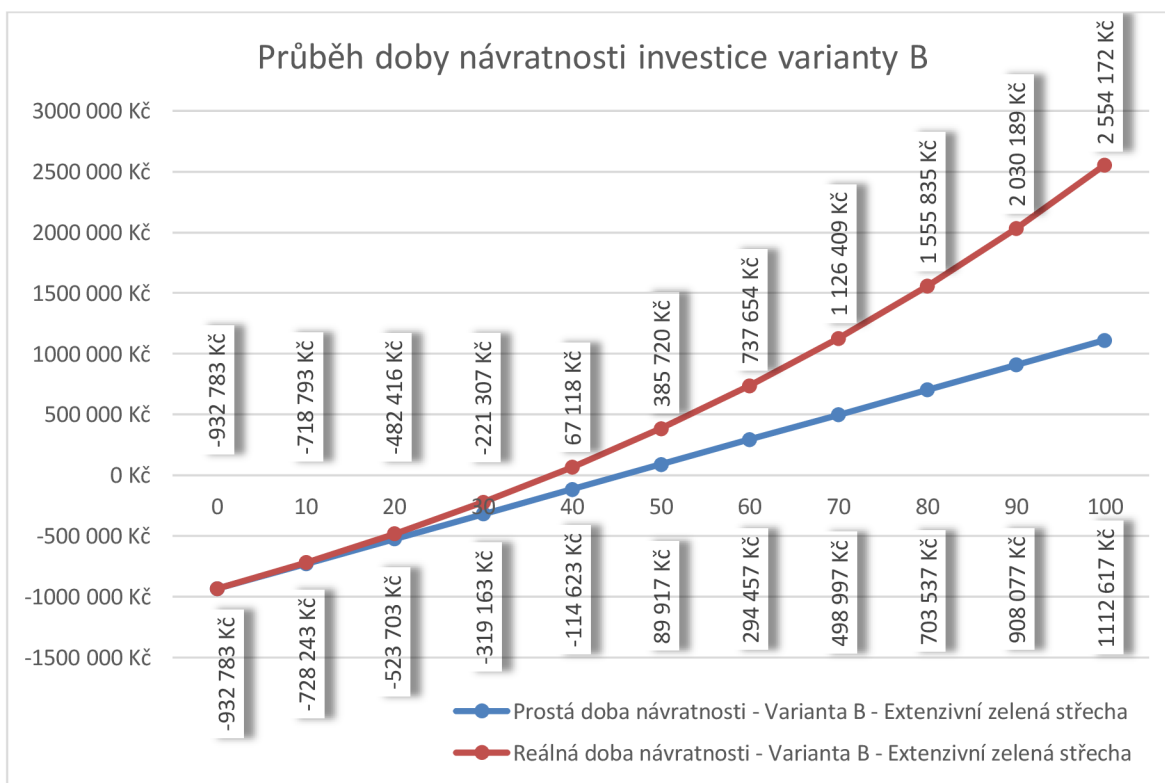
Graf 9 - Průběh doby návratnosti investice varianty 1 [zdroj: vlastní]



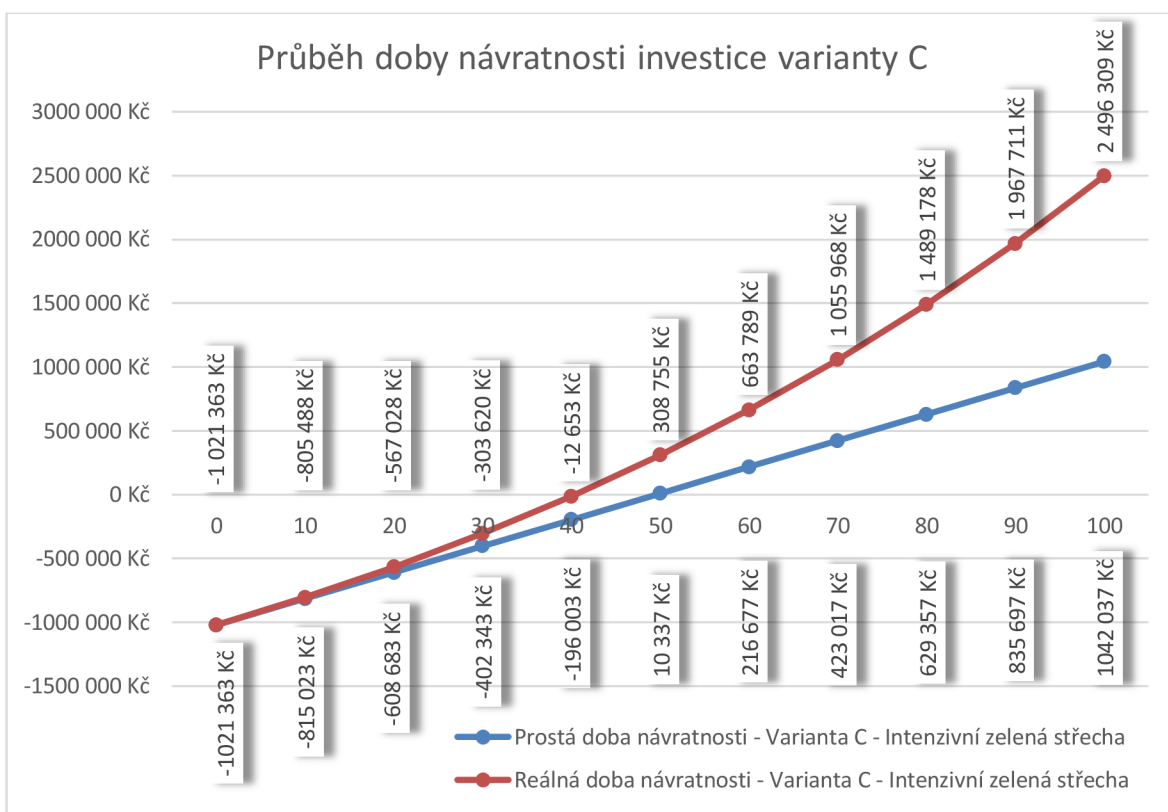
Graf 10 - Průběh doby návratnosti investice varianty 2 [zdroj: vlastní]



Graf 11 - Průběh doby návratnosti investice varianty 3 [zdroj: vlastní]

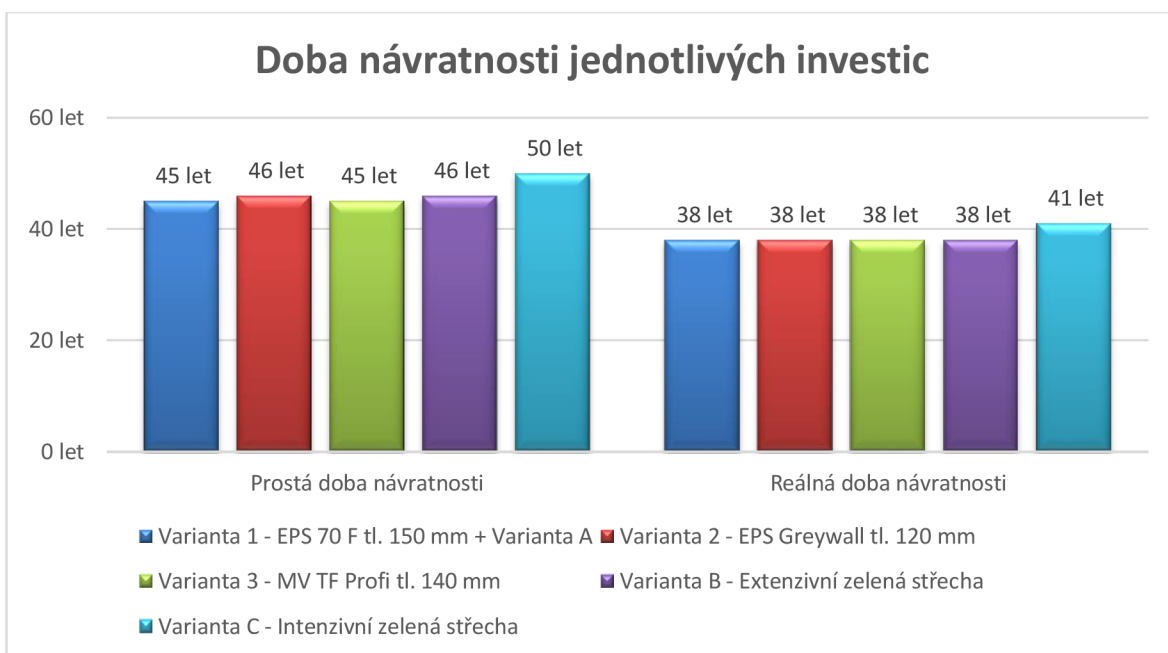


Graf 12 - Průběh doby návratnosti investice varianty B [zdroj: vlastní]



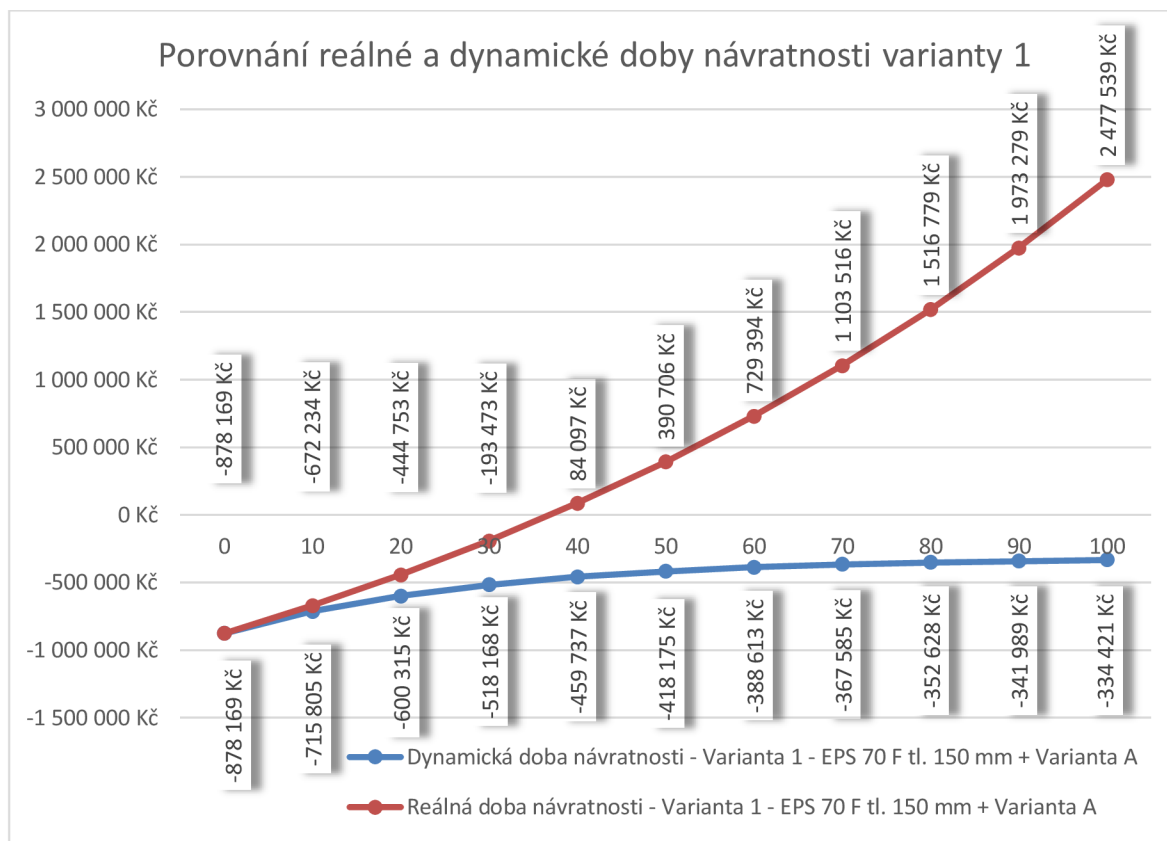
Graf 13 - Průběh doby návratnosti investice varianty C [zdroj: vlastní]

V tomto grafu je uvedena návratnost investice v letech. Nutno říci, že životnost zateplení konstrukce je závislá na správném návrhu a zejména na kvalitě provedení, ale uvádí se zhruba 30 - 50 let při pravidelné údržbě.



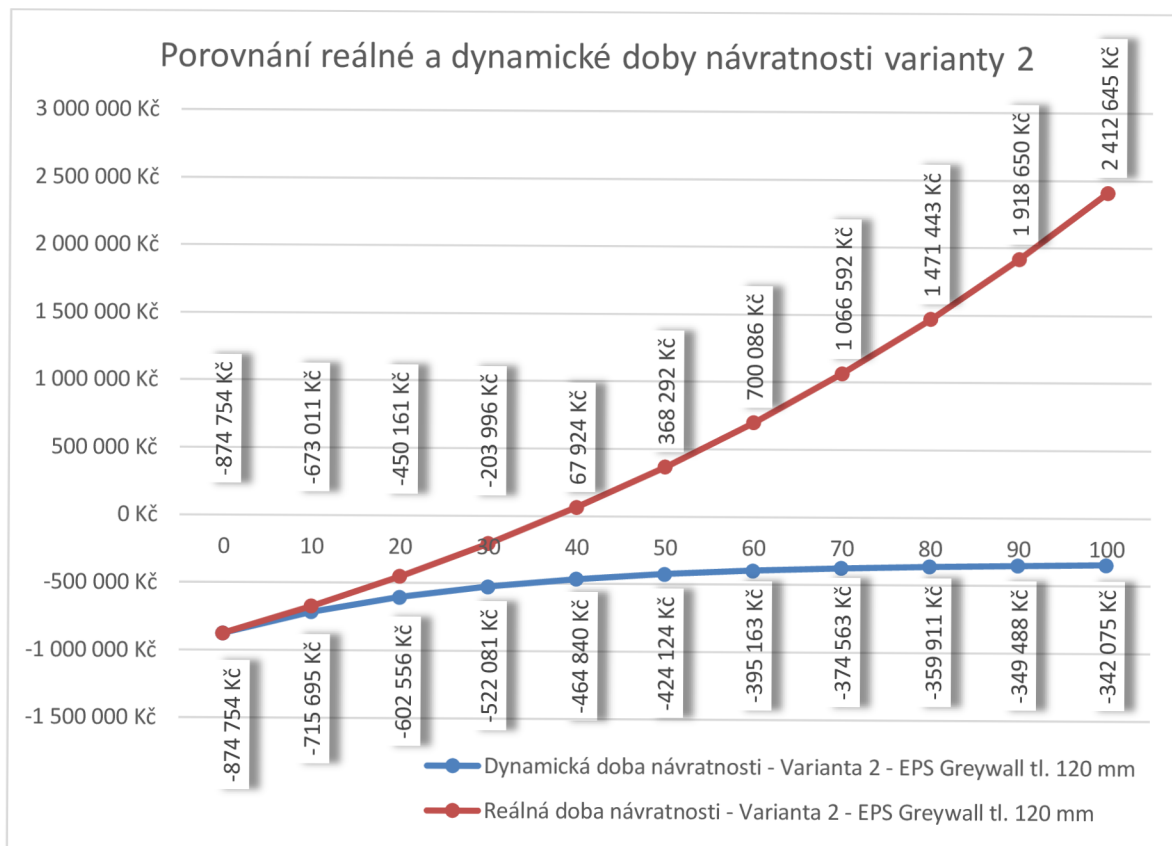
Graf 14 - Doba návratnosti investic [zdroj: vlastní]

V poslední sérii grafů můžeme vidět srovnání reálných dob návratnosti a dynamických dob návratnosti. V těchto grafech vychází najevo, že čistá současná hodnota investice bude vždy v záporných číslech. Předpokládáme tedy, že investice se nevrátí ani po delší době. Při výpočtech bylo do grafů zobrazeno období 100 let. Reálně se však životnost stanovuje na zhruba 30-40 let.



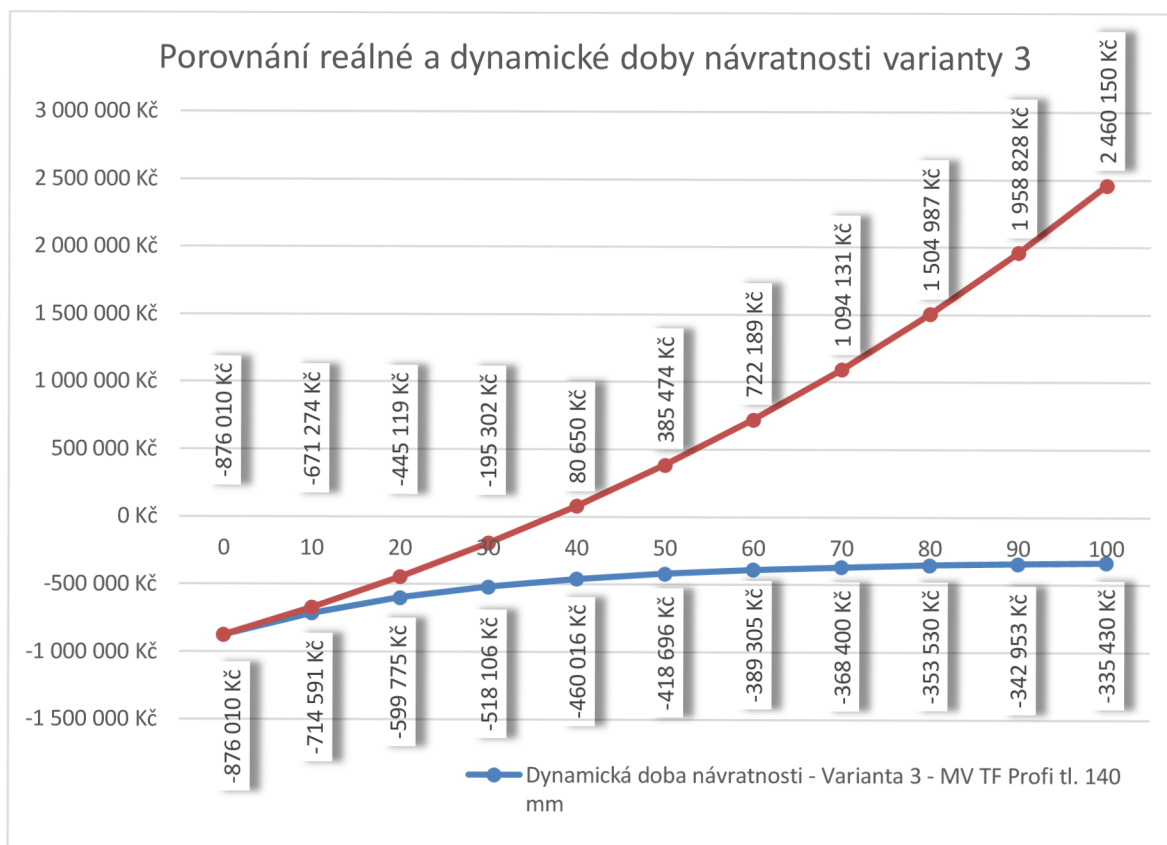
Graf 15 - Porovnání reálné a dynamické doby návratnosti varianty 1 [zdroj: vlastní]

Dle grafu dynamické návratnosti můžeme vyčíst, že investice do varianty 1 má po 50 letech čistou současnou hodnotu - 418 175 Kč. Záporná hodnota je způsobena zejména diskontováním vývoje ceny v čase.



Graf 16 - Porovnání reálné a dynamické doby návratnosti varianty 2 [zdroj: vlastní]

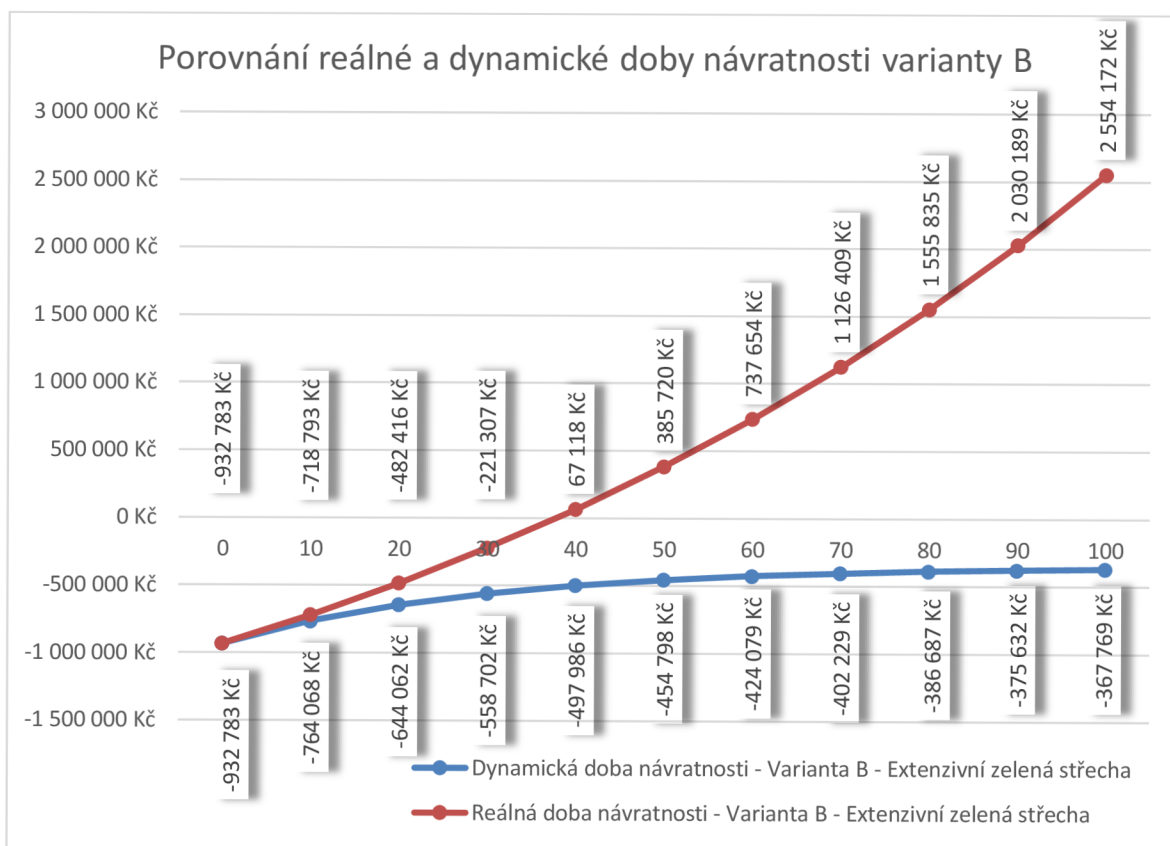
V případě varianty 2 nám NPV po 50 letech vyšla - 424 124 Kč. Hodnota je opět ovlivněna stejnými vlivy jako u předchozí varianty 1.



Graf 17 - Porovnání reálné a dynamické doby návratnosti varianty 3 [zdroj: vlastní]

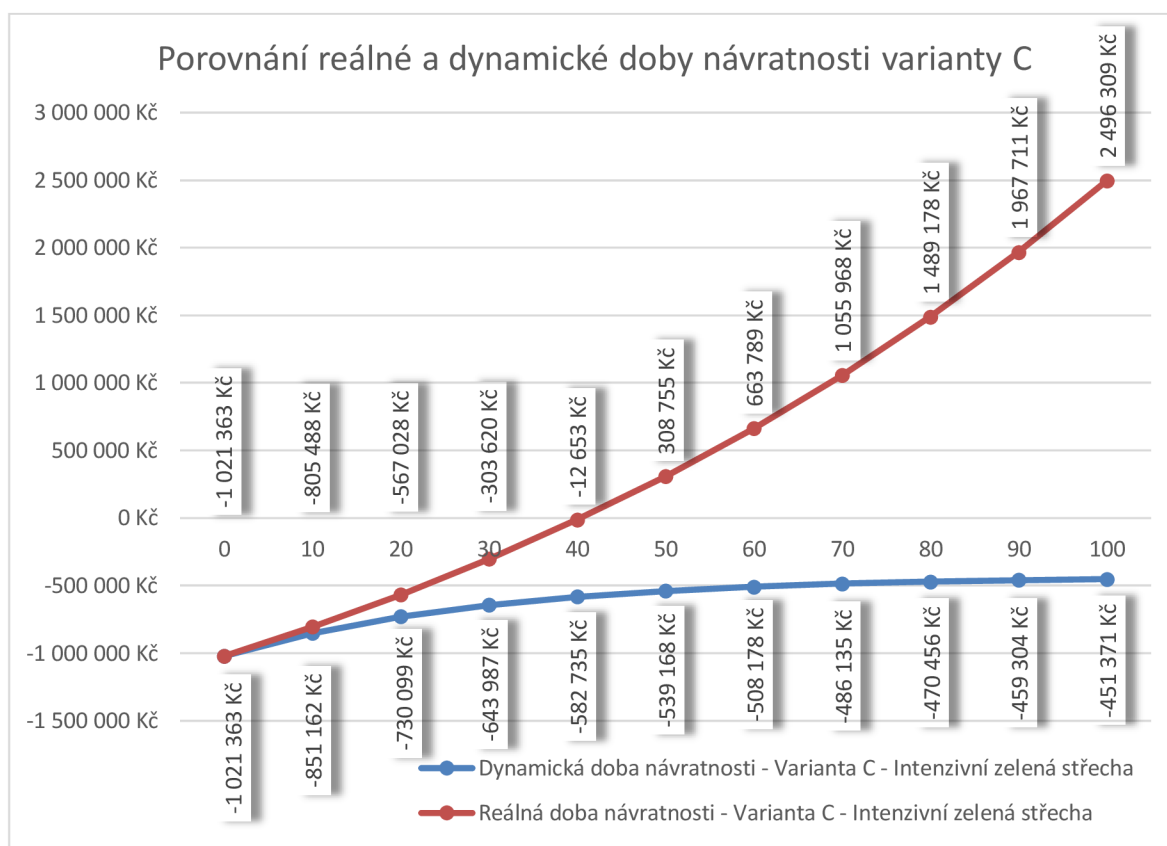
Varianta 3 v 50. roce disponuje čistou současnou hodnotou - 418 696 Kč. Ani tato varianta by v dlouhodobém hledisku nepřinesla zisk.





Graf 18 - Porovnání reálné a dynamické doby návratnosti varianty B [zdroj: vlastní]

Varianta B s extenzivní zelenou střechou by po padesáti letech končila s čistou současnou hodnotou ve výši - 454 798 Kč.



Graf 19 - Porovnání reálné a dynamické doby návratnosti varianty C [zdroj: vlastní]

Se zdaleka nejhorší čistou současnou hodnotu by skončila varianta C s intenzivní zelenou střechou - její hodnota je - 539 168 Kč.

Opět i v tomto případě bylo potvrzeno, že pokud bychom chtěli dosáhnout lepších hodnot, bylo by třeba optimalizovat návrhy zateplení, případně zvolit jiné technologie, které by snížily cenu realizací a investice by se nám rychleji a efektivněji vrátila. Jak bylo ale řečeno v předchozích kapitolách, v případech nově realizovaných budov bychom se díky normám nízkoenergetických budov stejně bez vhodného zateplení neobešli.

## 7 ZÁVĚR

Diplomová práce se zabývala vlivem zateplení budovy bytového domu v Zábřehu s plochou střechou na náklady spojené s provozem domu. Na začátku práce byly navrženy 3 varianty zateplení budovy. V první variantě byl zvolen jako tepelný izolant expandovaný polystyren Isover EPS 70F v tloušťce 150 mm. Druhá varianta byla zvolena taktéž s polystyrenem expandovaným, ale nyní s příměsí grafitu - EPS Greywall. Tento izolant měl výrazně lepší hodnotu součinitele tepelné vodivosti než standartní bílý polystyren, proto k zateplení stačil materiál v tloušťce 120 mm. Jako třetí varianta byl zvolen izolant z minerální vlny Isover TF Profi v tloušťce 140 mm. Jednotlivé izolanty byly navrženy tak, aby výsledný součinitel prostupu tepla byl téměř shodný a aby bylo možné porovnat jednotlivé varianty mezi sebou na základě nákladů na jejich realizaci. Zde se náklady nelišily o velkou částku, protože cena materiálů byla téměř stejná. Ještě před navržením jednotlivých variant zateplení byly posuzované hodnoty vypočteny u nezateplené konstrukce. Následně bylo provedeno posouzení jednotlivých variant mezi sebou. Jelikož byly jednotlivé hodnotící faktory velice podobné, bylo přistoupeno k podrobnému vyseparování nejvhodnější varianty dle hodnotících kritérií, kterými byly: prostá a reálná doba návratnosti, cena za realizaci varianty, úspory a jednoduchost provedení. Z tohoto hodnocení vyšla jako nejlepší varianta Varianta 1 s polystyrenem EPS 70F. Zřejmě i proto je stále jedním z nejčastěji používaných materiálů na zateplování budov.

U všech variant zateplení byla stanovena doba návratnosti dle nákladů spojených se zhotovením jednotlivých navržených variant. U všech variant se doba návratnosti pohybovala okolo 45 let, což je vzhledem k nízké životnosti zateplení relativně dlouhá doba.

Po vybrání nejlepší varianty z posuzovaných variant zateplení svislých konstrukcí bylo přistoupeno k posouzení jednotlivých návrhů střešních pláštů. Jako první varianta byla zvolena plochá střecha přitížená práným říčním kamenivem. Druhým alternativním řešením byla zelená extenzivní střecha s drobnou vegetací. Třetí varianta byla zvolena jako intenzivní zelená střecha. Na rozdíl od předchozích navržených variant zateplení svislých konstrukcí, se zde nekladl důraz na to, aby střecha měla stejnou hodnotu součinitele prostupu tepla. Následně byl proveden propočet potřeby energie na vytápění objektu s plochou střechou s kamenivem, následně se zelenou extenzivní střechou a nakonec s intenzivní zelenou střechou.

I u těchto variant byl proveden výpočet doby návratnosti vzhledem k vloženým finančním prostředkům. Zde se doba návratnosti nijak razantně nesnížila, neboť náklady na realizaci střechy byly úměrně vysoké k úsporám energie. Pokud bychom srovnali ceny jednotlivých variant, tak

realizace varianty základní se zateplením EPS 70F a plochou střechou s praným říčním kamenivem by stála investora 878 169 Kč. Stejná varianta zateplení s extenzivní zelenou střechou by investora stála 932 783 Kč (o 54 614 Kč více než varianta s kamenivem) a varianta s intenzivní zelenou střechou by přišla na 1 021 363 Kč (o 143 194 Kč více než varianta s kamenivem).

Financování investic bylo zvoleno z vlastních prostředků investora a nebylo tedy potřeba použít úvěrové řešení.

Závěrem tedy můžeme říct, že ze zjištěných výsledků by z hlediska ekonomické výhodnosti vyšla nejlépe varianta budovy se zateplením pomocí EPS 70F s plochou střechou přitíženou kamenivem, ale ani ta by za dobu životnosti konstrukce nezaručila návrat finančních prostředků vložených do investice.

Dle mého názoru by bylo nejvhodnější zvolit variantu se zelenou extenzivní střechou, neboť má kladný vliv na životní prostředí, může být místem úkrytu drobného živočišstva a v neposlední řadě má kladný vliv na psychiku lidí, kteří budou dům obývat. Rozdíl mezi střechou s kamenivem je vzhledem k nákladům na realizaci zanedbatelný. Negativem mohou být častější revize a udržování střechy, ale v případě extenzivní zelené střechy se revize a údržba neprovádí tak často jako u intenzivní zelené střechy, neboť rostlinstvo na zvolené střeše je schopno fungovat nezávisle.

## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- (1) Česká spořitelna, *Evropská energetika: Jaký je aktuální stav a kam směřuje?* [online], Praha 2020. [cit. 2021-02-17] Dostupné z: <https://www.csas.cz/cs/firmy/articles/evropska-energetika-jaky-je-aktualni-stav-a-kam-smeruje>
- (2) Úspory energie [online]. *INTOSAI WGEA, 2016* [cit. 2021-02-17]. Dostupné z: <https://www.nku.cz/assets/publikace-a-dokumenty/ostatni-publikace/uspory-energii-intosai-wgea-2017.pdf>
- (3) VEVERKOVÁ, Jana. *Pozice obnovitelných zdrojů energie v energetické bilanci České republiky (1). TZB-info [online]*. Topinfo, c2001-2020 [cit. 2021-02-17]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/19358-pozice-obnovitelnych-zdroju-energie-v-energeticke-bilanci-ceske-republiky-1>
- (4) VEVERKOVÁ, Jana. *Pozice obnovitelných zdrojů energie v energetické bilanci České republiky (2). TZB-info [online]*. Topinfo, c2001-2020 [cit. 2021-02-17]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/19383-pozice-obnovitelnych-zdroju-energie-v-energeticke-bilanci-ceske-republiky-2>
- (5) Vyhláška č. 264/2020 Sb., o energetické náročnosti budov
- (6) POJAR, Petr. *Novostavby, dotace a legislativa* [online]. Českéstavby.cz, 2020, [cit. 2021-02-20]. Dostupné z: <https://www.ceskestavby.cz/clanky/novostavby-dotace-a-legislativa-2020-27411.html>
- (7) KRAUS, Michal. *Nízkoenergetické a pasivní stavby: Energetická bilance. Michal Kraus [online]*. Freelance Construction Consultant, 2018 [cit. 2021-02-20]. Dostupné z: <https://krausmichal.cz/nizkoenergeticke-a-pasivni-stavby-energeticka-bilance/>
- (8) Green Point Home, Praha, 2020 [cit. 2021-02-20] Dostupné z: <http://www.greenpointhome.cz/doplňkove-sluzby/energeticke-kategorie-a-stitky>
- (9) MURTINGER, Karel, *Zateplení domu - Jaký izolační materiál použít*, nazeleno.cz, 2018, [cit. 2021-02-20] Dostupné z: <https://www.nazeleno.cz/stavba/izolace/zatepleni-domu-jaky-izolacni-material-pouzit.aspx>
- (10) IZOLACE, info. *Katalog tepelných izolací*, 2020. [cit. 2021-03-09]. Dostupné z: <https://www.izolace-info.cz/katalog/>
- (11) ColemanSI, *Střechy, fasády, izolace*. 2019. *Typy plochých střech a jejich rozdělení*. [cit. 2021-03-09]. Dostupné z: <http://www.coleman.cz/typy-plochych-strech/>
- (12) JÍLEK, Jan. *Bytový dům v Zábřehu*. Brno, 2018. *Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav pozemního stavitelství. Vedoucí práce Danuše Čuprová*
- (13) OSTRÝ, Milan a Roman BRZOŇ. *Stavební fyzika: Tepelná technika v teorii a praxi*. První vydání. Brno: oktaedr, 2014. ISBN 978-80-214-4879-7.
- (14) MARKOVÁ, Leona. *Ceny ve stavebnictví: Průvodce studiem předmětu [online]*. V Brně: Vysoké učení technické, Fakulta stavební. [cit. 2021-03-10]
- (15) CUPAL, Martin. *Ekonomická efektivnost investic: Ekonomické metody hodnocení efektivnosti investic*. Brno: Ústav soudního inženýrství, Vysoké učení technické.
- (16) Úvod. *NÁRODNÍ KALKULAČNÍ NÁSTROJ – NKN II [online]*. Praha: Katedra technických zařízení budov, Fakulta stavební, ČVUT, 2014 [cit. 2021-03-28]. Dostupné z: <http://nkn.fsv.cvut.cz>

- (17) ČSN 73 0540-1. *Tepelná ochrana budov - Část 1: Terminologie*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2005.
- (18) ČSN 73 0540-2. *Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.
- (19) ČSN 73 0540-3. *Tepelná ochrana budov - Část 3: Návrhové hodnoty veličin*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2005.
- (20) ČSN 73 0540-4. *Tepelná ochrana budov - Část 4: Výpočtové metody*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2005.
- (21) ČSN 73 0331-1. Energetická náročnost budov - Typické hodnoty pro výpočet - Část 1: Obecná část a měsíční výpočtová data. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2020.
- (22) KOŠULIČ, Jiří. Cenová soustava RTS DATA, STAVEBNICTVÍ3000, 2016, [cit. 2021-03-29] Dostupné z: <https://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/cenova-soustava-rts-data>
- (23) REINBERK, Zdeněk. *Ceny zemního plynu 2021. TZB-info [online]*. Topinfo, c2001-2020 [cit. 2021-03-29]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energii/13-prehled-cen-zemniho-plynu>
- (24) Vyhláška č. 441/2013 Sb., o oceňování majetku

## SEZNAM TABULEK

Tab. 1 - Požadované hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla [17].....	24
Tab. 2 - Požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla [18].....	25
Tab. 3 - Kritický teplotní faktor vnitřního povrchu $f_{Rsi,cr}$ [18].....	27
Tab. 4 - Teplota odpovídající kritickému teplotnímu faktoru vnitřního povrchu $f_{Rsi,cr}$ [18] .....	27
Tab. 5 - Součinitelé tepelné vodivosti TI [zdroj: vlastní] .....	44
Tab. 6 - Skladba stěny bez zateplení [zdroj: vlastní] .....	58
Tab. 7 - Skladba varianty 1 [zdroj: vlastní] .....	59
Tab. 8 - Skladba varianty 2 [zdroj: vlastní] .....	60
Tab. 9 - Skladba varianty 3 [zdroj: vlastní] .....	61
Tab. 10 - Skladba střechy varianty A [zdroj: vlastní] .....	62
Tab. 11 - Skladba střechy varianty B [zdroj: vlastní].....	63
Tab. 12 - Skladba střechy varianty C [zdroj: vlastní] .....	64
Tab. 13 - Splnění požadavků U svislých konstrukcí [zdroj: vlastní] .....	65
Tab. 14 - Splnění požadavku teplotního faktoru v ploše [zdroj: vlastní] .....	66
Tab. 15 - Splnění požadavku teplotního faktoru v koutě [zdroj: vlastní].....	66
Tab. 16 - Splnění požadavku U výplní otvorů [zdroj: vlastní].....	66
Tab. 17 - Splnění požadavku na množství kondenzace v obvodové konstrukci [zdroj: vlastní].....	67
Tab. 18 - Vstupní hodnoty konstrukcí do NKN II [zdroj: vlastní] .....	69
Tab. 19 - Vstupní údaje o vytápěné zóně do NKN II [zdroj: vlastní].....	69
Tab. 20 - Sezónní účinnost výroby tepla zdrojem tepla [21].....	70
Tab. 21 - Účinnost sdílení tepla systémem vytápění [21] .....	70
Tab. 22 - Účinnost rozvodů tepla na vytápění [21] .....	71
Tab. 23 - Denní ztráta zásobníku teplé vody [21].....	71
Tab. 24 - Denní ztráta tepla způsobena rozvody teplé vody [21] .....	72
Tab. 25 - Potřeba teplé vody pro danou budovu [21] .....	72
Tab. 26 - Stanovení potřeby teplé vody [zdroj: vlastní].....	72
Tab. 27 - Krycí list rozpočtu varianty 1 [zdroj: vlastní] .....	85
Tab. 28 - Rekapitulace dílů rozpočtu varianty 1 [zdroj: vlastní].....	85
Tab. 29 - Krycí list rozpočtu varianty 2 [zdroj: vlastní] .....	86
Tab. 30 - Rekapitulace dílů rozpočtu varianty 2 [zdroj: vlastní].....	86
Tab. 31 - Krycí list rozpočtu varianty 3 [zdroj: vlastní] .....	87
Tab. 32 - Rekapitulace dílů rozpočtu varianty 3 [zdroj: vlastní].....	87
Tab. 33 - Ceník plynu v roce 2021 [23].....	88
Tab. 34 - Náklady na vytápění a ohřev TV [zdroj: vlastní] .....	88

Tab. 35 - Stanovení nákladů na realizaci zateplení [zdroj: vlastní].....	89
Tab. 36 - Výpočet úspory na nákladech za vytápění a ohřev TV [zdroj: vlastní] .....	89
Tab. 37 - Výpočet prosté doby návratnosti [zdroj: vlastní] .....	89
Tab. 38 - Výpočet reálné doby návratnosti [zdroj: vlastní] .....	90
Tab. 39 - Čistá současná hodnota investice [zdroj: vlastní].....	90
Tab. 40 - Hodnotící tabulka zateplených konstrukcí 1 .....	91
Tab. 41 - Hodnotící tabulka zateplených konstrukcí 2 .....	91
Tab. 42 - Splnění požadavků U střešních konstrukcí [zdroj: vlastní] .....	92
Tab. 43 - Splnění požadavku na množství kondenzace se střešní konstrukcí [zdroj: vlastní] .....	92
Tab. 44 - Stanovení nákladů na ohřev teplé vody a na vytápění [zdroj: vlastní].....	102
Tab. 45 - Stanovení nákladů na realizaci [zdroj: vlastní] .....	103
Tab. 46 - Výpočet úspory na nákladech za vytápění a ohřev TV [zdroj: vlastní] .....	103
Tab. 47 - Úspora proti nezateplené variantě.....	103
Tab. 48 - Zhodnocení variant střech.....	104
Tab. 49 - Výpočet prosté doby návratnosti [zdroj: vlastní] .....	104
Tab. 50 - Výpočet reálné doby návratnosti [zdroj: vlastní] .....	104
Tab. 51 - Čistá současná hodnota investice [zdroj: vlastní] .....	105

## SEZNAM GRAFŮ

Graf 1 - Energetická produkce v EU [1].....	17
Graf 2 - Primární zdroje energie v ČR [3].....	19
Graf 3 - Obnovitelné zdroje energie v ČR [3].....	20
Graf 4 - Součinitele prostupu tepla svislých konstrukcí [zdroj: vlastní].....	106
Graf 5 - Součinitele prostupu tepla střešních konstrukcí [zdroj: vlastní].....	107
Graf 6 - Roční spotřeba energie všech variant [zdroj: vlastní].....	107
Graf 7 - Roční náklady na vytápění všech variant [zdroj: vlastní] .....	108
Graf 8 - Náklady na realizaci jednotlivých variant [zdroj: vlastní].....	108
Graf 9 - Průběh doby návratnosti investice varianty 1 [zdroj: vlastní].....	109
Graf 10 - Průběh doby návratnosti investice varianty 2 [zdroj: vlastní] .....	109
Graf 11 - Průběh doby návratnosti investice varianty 3 [zdroj: vlastní] .....	110
Graf 12 - Průběh doby návratnosti investice varianty B [zdroj: vlastní] .....	110
Graf 13 - Průběh doby návratnosti investice varianty C [zdroj: vlastní].....	111
Graf 14 - Doba návratnosti investic [zdroj: vlastní] .....	111
Graf 15 - Porovnání reálné a dynamické doby návratnosti varianty 1 [zdroj: vlastní].....	112



Graf 16 - Porovnání reálné a dynamické doby návratnosti varianty 2 [zdroj: vlastní].....	113
Graf 17 - Porovnání reálné a dynamické doby návratnosti varianty 3 [zdroj: vlastní].....	114
Graf 18 - Porovnání reálné a dynamické doby návratnosti varianty B [zdroj: vlastní].....	115
Graf 19 - Porovnání reálné a dynamické doby návratnosti varianty C [zdroj: vlastní] .....	116

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 - Poptávka po primárních zdrojích energie v roce 2035 [2] .....	18
Obr. 2 - Minerální skelná vata [10].....	30
Obr. 3 - Minerální čedičová vata [10].....	31
Obr. 4 - Dřevovláknitá izolace [10] .....	32
Obr. 5 - Dřevocementová izolace [10].....	33
Obr. 6 - Expandovaný polystyren EPS [10] .....	34
Obr. 7 - Extrudovaný polystyren XPS [10].....	34
Obr. 8 - Spádový střešní polystyren [10].....	35
Obr. 9 Polyuretan PUR [10].....	35
Obr. 10 - Polyisokyanurát PIR [10].....	36
Obr. 11 - Polyetylén PE [10].....	37
Obr. 12 - Pěnové sklo [10].....	37
Obr. 13 - Materiál na bázi papíru a celulózy [10].....	39
Obr. 14 - Foukaná izolace na bázi kamenné vlny [10] .....	39
Obr. 15 - Minerální granulát [10].....	40
Obr. 16 - Sendvičové desky [10].....	40
Obr. 17 - Izolace z ovčí vlny [10].....	41
Obr. 18 - Izolace z konopí [10] .....	42
Obr. 19 - Izolace z džínoviny [10].....	42
Obr. 20 - Technická izolace [10].....	43
Obr. 21 - Fenolické desky [10].....	43
Obr. 22 - Vizualizace řešeného domu (zdroj: vlastní).....	53
Obr. 23 - Varianta bez zateplení - 1. strana PENB [zdroj: vlastní].....	74
Obr. 24 - Varianta bez zateplení - 2. strana PENB [zdroj: vlastní].....	75
Obr. 25 - Varianta bez zateplení - 1. strana dokumentu potřeby energie [zdroj: vlastní] .....	76
Obr. 26 - Varianta bez zateplení - 2. strana dokumentu potřeby energie [zdroj: vlastní] .....	77
Obr. 27 - Varianta bez zateplení - 3. strana dokumentu potřeby energie [zdroj: vlastní] .....	78
Obr. 28 - Varianta 1 - 1. strana PENB [zdroj: vlastní].....	79

Obr. 29 - Varianta 1 - 2. strana PENB [zdroj: vlastní].....	80
Obr. 30 - Varianta 1 - 1. strana dokumentu potřeby energie [zdroj: vlastní] .....	81
Obr. 31 - Varianta 1 - 2. strana dokumentu potřeby energie [zdroj: vlastní] .....	82
Obr. 32 - Varianta 1 - 3. strana dokumentu potřeby energie [zdroj: vlastní] .....	83
Obr. 36 - Varianta B - 1. strana PENB [zdroje: vlastní] .....	93
Obr. 37 - Varianta B - 2. strana PENB [zdroje: vlastní] .....	94
Obr. 38 - Varianta B - 1. strana dokumentu potřeby energie [zdroje: vlastní].....	95
Obr. 39 - Varianta B - 2. strana dokumentu potřeby energie [zdroje: vlastní].....	96
Obr. 40 - Varianta B - 3. strana dokumentu potřeby energie [zdroje: vlastní].....	97
Obr. 41 - Varianta C - 1. strana PENB [zdroje: vlastní].....	98
Obr. 42 - Varianta C - 2. strana PENB [zdroje: vlastní].....	99
Obr. 43 - Varianta C - 1. strana dokumentu potřeby energie [zdroje: vlastní].....	100
Obr. 44 - Varianta C - 2. strana dokumentu potřeby energie [zdroje: vlastní].....	101
Obr. 45 - Varianta C - 3. strana dokumentu potřeby energie [zdroje: vlastní].....	102

## SEZNAM ZKRATEK

CF - peněžní tok

ČSN - česká technická norma

ČSÚ - český statistický úřad

EB - energetická bilance

EN - energetická náročnost

EPS - expandovaný polystyren

ERÚ - energetický regulační úřad

EU - evropská unie

FV - budoucí hodnota

IN - investiční náklady

KK - kuchyňský kout

MPO - ministerstvo průmyslu a obchodu

MV - minerální vata

NKN - národní kalkulační nástroj

NP - nadzemní podlaží

NPV - čistá současná hodnota

OZE - obnovitelné zdroje energie

PD - projektová dokumentace

PEZ - primární energetické zdroje

PI - index ziskovosti

PIR - polyisokyanurát

PUR - polyuretan

TI - tepelná izolace

TUV - teplá užitková voda

XPS - extrudovaný polystyren

## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1 - Skladby svislých konstrukcí

Příloha č. 2 - Výpočet součinitele prostupu tepla U u svislých konstrukcí

Příloha č. 3 - Výpočet nejnižší povrchové teploty u svislých konstrukcí v ploše

Příloha č. 4 - Skladby střešních konstrukcí

Příloha č. 5 - Výpočet součinitele prostupu tepla U u střešních konstrukcí

Příloha č. 6 - Výpočet nejnižší povrchové teploty u svislých konstrukcí v koutě

Příloha č. 7 - Výpočet součinitele prostupu tepla U u výplní otvorů

Příloha č. 8 - Výpočet kondenzace ve skladbách u budovy s variantními řešeními

Příloha č. 9 - Protokoly PENB a potřeby energií u budovy s variantními řešeními

Příloha č. 10 - Položkové rozpočty všech variant

Příloha č. 11 - Výpočet prosté doby návratnosti investic

Příloha č. 12 - Výpočet reálné doby návratnosti investic

Příloha č. 13 - Výpočet dynamické doby návratnosti

Příloha č. 14 - Podklady ke grafům