



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 PANELOVÉHO DOMU V OSTRAVĚ NA VÝDAJE SPOJENÉ S JEHO PROVOZEM

THE INFLUENCE OF THERMAL INSULATION OF A CONCRETE PANEL BLOCK OF FLATS IN OSTRAVA ON
THE EXPENSES RELATED TO ITS OPERATION

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Ing. Tomáš Pospíšil

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Josef Čech, Ph.D.

BRNO 2019

Zadání diplomové práce

Student:	Ing. Tomáš Pospíšil
Studijní program:	Soudní inženýrství
Studijní obor:	Realitní inženýrství
Vedoucí práce:	Ing. Josef Čech, Ph.D.
Akademický rok:	2018/19
Ústav:	Odbor znalectví ve stavebnictví a oceňování nemovitostí

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

Vliv provedení zateplení panelového domu v Ostravě na výdaje spojené s jeho provozem

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Úkolem práce je provést návrh na zateplení panelového domu v Ostravě v několika variantách. Na základě jednotlivých návrhů pak vyhodnotit rozdíly nákladů na provozování (vytápění) panelového domu před a po provedení zateplení. V závěru práce pak zhodnotit ekonomickou návratnost investice spojenou s realizací jednotlivých navržených variant včetně dalších možných aspektů.

Cíle diplomové práce:

Cílem práce je zhodnocení ekonomické návratnosti navrženého zateplení panelového domu u jednotlivých navržených variant včetně diskuse.

Seznam doporučené literatury:

BRADÁČ, A. a kol. Teorie a praxe oceňování nemovitých věcí, 1. vydání, Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2016 Brno, ISBN 978-80-7204-930-1.

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

Zákon č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií + prováděcí vyhlášky v posledním platném znění.

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

V Brně, dne

L. S.

Ing. Milada Komosná, Ph.D.
vedoucí odboru

doc. Ing. Aleš Vémola, Ph.D.
ředitel

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá posouzením vlivu zateplení panelového domu v Ostravě na výdaje spojené s jeho provozem. První část je zaměřena na metody snižování energií v budovách a popisuje metody hodnocení investic.

V druhé části je řešeno zateplení bytového domu v Ostravě. Nejprve je důkladně analyzován současný stav domu, jak z hlediska energetického, tak stavebního. Poté jsou navržena jednotlivá opatření ke snížení energetické náročnosti budovy. Následně jsou vytvořena optimální kombinace opatření. Tato opatření jsou posouzena z hlediska dotačních titulů a možností financování. Na závěr je uvedeno vyhodnocení kombinací a zvolení nejlepší kombinace opatření ke snížení nákladů na provozování budovy.

Klíčová slova

Bytový dům, tepelné izolace, zateplovací systém energetická úspora, ekonomická návratnost investic

Abstract

The master's thesis focuses with the assessment of the effect of thermal insulation of a panel house in Ostrava on the costs associated with its operation. The first part is focused on methods of energy reduction in buildings and describes methods of investment evaluation.

The second part deals with thermal insulation of the apartment building in Ostrava. First, the current state of the house is thoroughly analyzed, both in terms of energy and construction. Thereafter, individual measures are proposed to reduce the energy performance of the building. Subsequently, optimal combinations of measures are created. These measures are assessed in terms of subsidies and funding options. Finally, the evaluation of the combinations and the selection of the best combination of measures to reduce building operating costs are presented.

Keywords

Residential building, thermal insulation, thermal insulation system energy saving, economic return on investment

Bibliografická citace

POSPÍŠIL, Tomáš. *Vliv provedení zateplení panelového domu v Ostravě na výdaje spojené s jeho provozem* [online]. 104s Brno, 2019 [cit. 2019-05-2]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/116278>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, Odbor znaleství ve stavebnictví a oceňování nemovitostí. Vedoucí práce Ing. Josef Čech, Ph.D.

Prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma „Název práce“ jsem vypracoval/a 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/a autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl/a nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a/nebo majetkových a jsem si plně vědom/a 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 23.5.2019

.....

Podpis autora

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat panu Ing. Josefu Čechovi, Ph.D. za veškerou jeho snahu předávat mi cenné zkušenosti, za jeho ochotu a trpělivost. Děkuji také svojí rodině, která mě při studiu neustále podporovala a přítelkyni Kamilce.

OBSAH

OBSAH.....	11
1 ÚVOD	14
2 ZPŮSOBY SNIŽOVÁNÍ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI NA VYTÁPĚNÍ	15
2.1 Význam energie pro život a civilizaci	15
2.1.1 Rozložení spotřeby energie v budově.....	16
2.1.2 Možnosti snížení energie na vytápění.....	17
2.1.3 Zhodnocení stavu spotřeby energie	18
2.1.4 Průkaz energetické náročnosti budovy (PENB)	18
2.1.5 Jak PENB vypadá a z čeho se skládá	19
2.1.6 Kdy je potřeba průkaz energetické náročnosti budovy	22
2.2 Metody hodnocení energetické náročnosti.....	23
2.2.1 Tepelné ztráty a potřeba tepla.....	23
2.2.2 Tepelná ztráta prostupem.....	23
2.2.3 Roční potřeba tepla na vytápění	26
2.2.4 Náklady na vytápění	28
2.3 Opatření pro snížení spotřeby energie na vytápění.....	29
2.3.1 Okna.....	29
2.3.2 Praktická opatření pro snížení úniků tepla okny [19]	32
2.3.3 Vstupní dveře	35
2.3.4 Stropy.....	35
2.3.5 Podlaha (strop sklepa).....	36
2.3.6 Obvodové stěny	37
2.3.7 Polystyren	39
2.3.8 Vláknité izolace	42
2.3.9 Přírodní materiály	44
2.3.10 Srovnání izolantů	46
2.3.11 Požadavky na požární bezpečnosti na zateplení	47
2.3.12 Specifických detaily[43].....	48
2.4 Ekonomika zateplování	50
2.4.1 Prostá doba návratnosti investice.....	51
2.4.2 Reálná doba návratnosti investice	51
2.4.3 Čistá současná hodnota	51
2.4.4 Cash Flow	52

3	ZATEPLENÍ BYTOVÉHO DOMU V OSTRAVĚ	53
3.1	Popis původního stavu objektu.....	54
3.1.1	<i>Identifikace bytového domu dle katastru nemovitostí</i>	54
3.1.2	<i>Popis obce / města</i>	55
3.1.3	<i>Popis městské části</i>	55
3.1.4	<i>Popis lokality</i>	55
3.2	popis výchozího stavu stavby	56
3.2.1	<i>Základní technický popis budovy</i>	57
3.2.2	<i>Stavebně technické řešení budov, tepelně technické vlastnosti konstrukcí</i>	58
3.2.3	<i>Charakteristika využití budovy</i>	59
3.2.4	<i>Popis míry zanedbané údržby</i>	59
3.2.5	<i>Tepelně technické vlastnosti konstrukcí</i>	60
3.2.6	<i>Údaje o energetických vstupech a výstupech</i>	61
3.2.7	<i>Soupis základních údajů o energetických vstupech a výstupech</i>	62
3.2.8	<i>Základní údaje o vlastních energetických zdrojích</i>	66
3.2.9	<i>Analýza stavu budov</i>	67
3.2.10	<i>Spotřeba tepla na vytápění</i>	69
3.2.11	<i>Posouzení tepelně-technických vlastností konstrukcí budovy</i>	71
4	NÁVRHY OPATŘENÍ KE SNÍŽENÍ SPOTŘEBY ENERGIE.....	73
4.1	Možnosti snížení spotřeby energie	73
4.1.2	<i>Nutná a vhodná opatření zjištěná hodnocením výchozího stavu předmětu</i>	73
4.2	Opatření ke snížení spotřeby energie objektu	74
4.2.1	<i>Varianta A - Tepelná izolace vnějších obvodových stěn budovy</i>	74
4.2.2	<i>Varianta A1 - Zateplení pomocí Isover EPS 70 tl. 120 mm</i>	76
4.2.3	<i>Varianta A2 - Zateplení pomocí MW vlákna kolmo tl. 120 mm</i>	77
4.2.4	<i>Varianta A3 - Pomocí zateplení pomocí Isover Greywall tl. 100 mm</i>	78
4.2.5	<i>Varianta A4 - Zateplení pomocí desek PIR Kooltherm tl. 80 mm</i>	79
4.2.6	<i>Varianta A5 - Zateplení pomocí konopných desek tl. 120 mm</i>	80
4.2.7	<i>Varianta B – Výměna oken a dveří</i>	81
4.2.8	<i>Varianta C - Zateplení stropu suterénu</i>	82
4.3	Vyhodnocení Variant A1 – A5 - Tepelná izolace vnějších obvodových stěn budovy	83
4.4	Kombinace navržených variant.....	85
5	EKONOMICKÉ HODNOCENÍ.....	87
5.1	Vstupní údaje	87
5.2	Stanovení poskytnutí dotace NZÚ	88

5.2.1	<i>Kombinace K1</i>	89
5.2.2	<i>Kombinace K2</i>	89
5.2.3	<i>Kombinace K3</i>	90
5.3	Výsledky finanční analýzy	91
5.3.1	<i>Kombinace K1</i>	91
5.3.2	<i>Kombinace K2</i>	92
5.3.3	<i>Kombinace K3</i>	93
6	ANALÝZA VÝSLEDKU	94
7	ZÁVĚR.....	96
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	98
	SEZNAM OBRÁZKŮ	102
	SEZNAM PŘÍLOH	104
	SEZNAM TABULEK	104
	SEZNAM ZKRATEK.....	104

1 ÚVOD

V současnosti je velmi velký důraz kladen na snižování energetické náročnosti z důvodu globálního oteplování, úspor a zvyšování tepelné pohody. Energetické úspory a zvyšování účinnosti využití energie jsou našim nejlevnějším „zdrojem“ energie. Spotřebováváme velké množství energie na činnosti, které by šly pokrýt s podstatně menšími energetickými nároky. Zvláště velký potenciál má snižování spotřeby energie na vytápění domů, především u starých domů je lze výrazně snížit. Investice do energeticky efektivní výstavby i rekonstrukce se časem vrátí a následně začneme výrazně spořit.

V České republice v minulosti vznikaly bytové panelové domy. Jejich hlavním úkolem bylo je za co nejrychlejší dobu vystavět a zvýšit kvalitu bydlení v zemi. Při této výstavbě se nedbalo na tepelně technické řešení jako v dnešní době, protože cena energií byla nízká. Plánovaná životnost těchto staveb byla 50 let a nyní je potřeba tyto stavby zrekonstruovat a snížit jejich energetickou náročnost.

Jedním ze způsobů, jak docílit této myšlenky, je zvýšení tepelného odporu stávajících konstrukcí. Zvýšení tepelného odporu dosáhneme vhodně zvolenou vrstvou izolačního systému. Správným návrhem a kombinací různých opatření lze docílit až o polovinu menší energetické náročnosti.

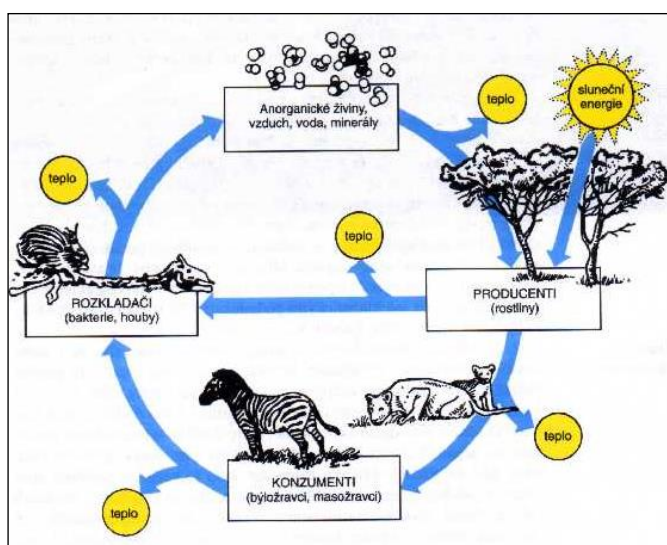
Cílem této diplomové práce je navrhnout a vyhodnotit různé kombinace těchto variant a stanovit jejich výši úspor a ekonomickou návratnost na panelovém domě v Ostravě.

2 ZPŮSOBY SNIŽOVÁNÍ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI NA VYTÁPĚNÍ

2.1 VÝZNAM ENERGIE PRO ŽIVOT A CIVILIZACI

Energie je dnes často používaný pojem. Dalo by se říci, že je to nejpoblárnější fyzikální veličina. Když tohle slovo napíšeme do vyhledávače, vyhledá téměř 400 milionů odkazů jen v češtině. Dostatek energie je totiž jednou ze základních podmínek pro život i pro rozvoj civilizace. Živé organismy již stovky milionů let získávají potřebnou energii převážně ze slunečního záření. Energie je zachycována rostlinami a ukládána ve formě chemické energie do různých organických sloučenin. Z těch pak čerpají energii živočichové a uvolněný oxid uhličitý je pak opět k dispozici rostlinám. Celá biosféra existuje ve stavu dynamické rovnováhy a vytváří dlouhodobě poměrně stabilní systém. [2] [25]

Také člověk, po větší část svého vývoje, byl součástí tohoto systému a jejich energetická spotřeba byla pokrývána ze stejných zdrojů. Rozvoj civilizace, ale tuto rovnováhu změnila těžba uhlí, ropy, plynu s tím spojený rozvoj průmyslu pomohli tomu, že potřeba energie stále více roste a většina je jí čerpána z neobnovitelných zdrojů. Tento trend nemůže pokračovat příliš dlouho. Uvolňováním oxidu uhličitého z fosilních paliv měníme složení atmosféry, tím i tepelnou bilanci planety (skleníkový efekt). Neobnovitelné zdroje se brzo vyčerpají, respektive jejich cena stoupne natolik, že se je nevyplatí používat. [3]

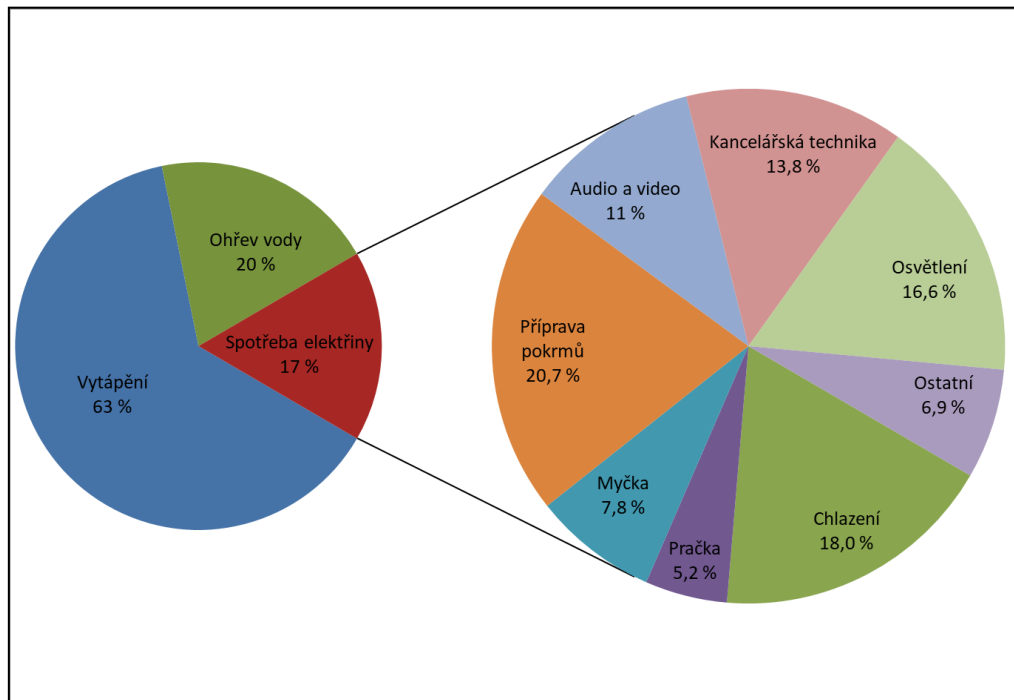


Obr.1 Toky látek a energií v ekosystému [1]

Dokud se nám nepodaří najít nějaký nový, dlouhodobě udržitelný a využitelný zdroj energie, který nepoškozuje životní prostředí, tak máme jen v zásadě dvě možnosti, jak zajistit to, čemuž se říká udržitelný rozvoj a to je snížit spotřebu energie a začít používat obnovitelné zdroje energie. Paradoxem je že, v současné době energetické úspory a zvyšování účinnosti využití energie jsou našim nejlevnějším a „zdrojem“ energie. Spotřebováváme velké množství energie na činnosti, které by šly pokrýt s podstatně menšími energetickými nároky. Zvláště velký potenciál má snižování spotřeby energie na vytápění domů. Zvláště u starých domu je lze výrazně snížit. [30]

2.1.1 Rozložení spotřeby energie v budově

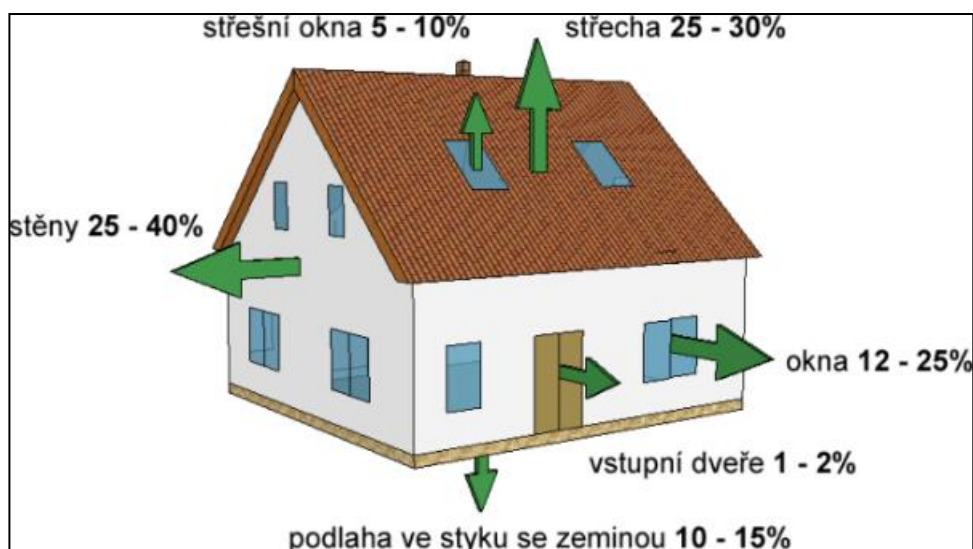
V běžné domácnosti se spotřebuje nejvíce energie na vytápění, na druhém místě na ohřev vody a teprve pak následují další položky, jako je vaření a provoz domácích spotřebičů. Uvedená čísla jsou pouze orientační. Obecně platí, že v nových nebo rekonstruovaných domech je spotřeba energie na vytápění nižší a do popředí se dostává spotřeba energie na ohřev vody a provoz spotřebičů. Zároveň záleží na životním stylu obyvatele. [41] Snižování spotřeby na ohřev vody, vaření či provoz domácích spotřebičů má v podstatě menší vliv než snižování spotřeby na vytápění. Spotřeba elektřiny na provoz domácích spotřebičů dokonce v poslední době stagnuje nebo jen mírně stoupá. Spotřebiče jsou sice úspornější, ale jejich počet v domácnostech stoupá. [25]



Obr.2 Graf rozložení spotřeby energie v domácnostech [4]

2.1.2 Možnosti snížení energie na vytápění

Proč vlastně v obytných domech musíme topit? Tato otázka se naskytá při zamyšlení nad vnitřními zdroji tepla. V každém zdroji přeci máme spoustu zdrojů tepla. Domácí spotřebiče produkují odpadní teplo, obyvatelé domu produkují metabolické teplo. Okny vniká sluneční záření. Odpověď je triviální, v obyčejných domech prostě toto teplo nestačí, protože mnohem více tepla uniká okny ven, stěnami, stropy, podlahou a pro dosažení optimálního vnitřního mikroklimatu se musí pravidelně větrat. [42] Všem těmto únikům lze někdy snadno někdy obtížněji zabránit a při tom je možné také zlepšit využití zmíněných tepelných zisků, hlavně zisků ze slunečního záření, které na dům dopadají. Technicky je teda možné udělat dům, který má jen nepatrnou spotřebu energie na vytápění – takzvaný pasivní dům nebo dokonce nulový dům. [5] [31]



Obr.3 Graf rozložení spotřeby energie v domácnostech [7]

Potíž je ale v tom, že dům může mít průměrnou roční spotřebu energie nulovou, nicméně dosahuje toho jen pomocí využití sluneční energie, která na dům dopadá (produkce tepla solárními a elektřiny pomocí fotovoltaických panelů). Ve skutečnosti to vypadá ale tak že dům má ve skutečnosti v letních obdobích přebytek tepla (které nelze rozumně využít) a přebytek elektřiny, která se dodává do rozvodné sítě. V zimním období dům naopak potřebuje dodávku elektřiny a určitého množství tepla na ohřev vody a vytápění. Pokud bychom chtěli postavit energeticky nezávislý dům který by byl po celý rok nezávislý na dodávce energie zvenku, museli bychom v něm mít velké akumulátory elektřiny. To je v současné době sice technicky možné, nicméně ekonomicky zcela neúnosné. Musíme se smířit s tím, že domy prostě nějakou dodávku energie potřebují a je třeba jasněji na přijatelnou hodnotu, která nebude příliš zatěžovat naši peněženku ani životní prostředí. [2]

2.1.3 Zhodnocení stavu spotřeby energie

Než začneme realizovat opatření zabraňující únikům tepla z domu, je dobré si ujasnit, kudy a jakým způsobem se teplo z domu ztrácí, kolik jej uniká jednotlivými konstrukcemi a kde jsou místa největších uniků, na něž bychom se měli při rekonstrukci zaměřit. Na základě toho pak můžeme plánovat jednotlivá opatření k nápravě, navrhnout jejich posloupnost a také začít zjišťovat, kolik nás to všechno bude stát financí a za jak dlouho se nám investované prostředky vrátí ve formě nižších plateb za vytápění. Přesnou odpověď na tyto otázky nám může dát tzv. energetický audit nebo průkaz energetické náročnosti budovy. [6] Audit je náročnější a kromě popisu stávajícího stavu navrhuje i optimální řešení pro snížení celkové dodané energie budovy. [31] [53]

2.1.4 Průkaz energetické náročnosti budovy (PENB)

Průkaz energetické náročnosti budovy (dále jen PENB) poskytuje informaci o tom, jak je budova energeticky náročná nebo úsporná. Účelem i grafickým zpracováním svých výstupů připomíná tento průkaz již dlouho známý štítek na elektrospotřebičích. PENB je komplexním dokumentem zahrnující veškeré energie, které lze ovlivnit architektonickým a stavebním návrhem domu. (vytápění, přípravu teplé vody, chlazení, větrání, úpravu vlhkosti, osvětlení). Nezahrnuje ale, kolik elektrických spotřebičů má kdo v domácnosti a ani energii spotřebovanou mimo budovu (např. ohřev venkovního bazénu). [2] [42]

K čemu je PENB dobrý ?

Průkaz energetické náročnosti budovy plní několik základních funkcí [6]

- Je to základní podklad pro zjištění, kolik energie v domě za rok spotřebujeme a tedy kolik nás to bude stát peněz
- Doložení souladu s legislativou, PENB dokládá, že budova splňuje minimální standardy energetické náročnosti. Stát tak dohlíží na kvalitu stavby a efektivné využívání energie z neobnovitelných zdrojů, jak při výstavbě nových budov tak i při rekonstrukcích budov stávajících. Průkaz ohlídá nejen osobní zájem investora, ale i zájem státu.
- Zajištění informovanosti spotřebitele při prodeji a pronájmu – informace o energetické třídě a měrné spotřebě, se stávají postupně běžnou součástí realitního trhu a do kupní ceny nemovitosti se promítá i energetická třída domu.
- Z výstupů PENB je i stupnice míry vlivu na životní prostředí, která zohledňuje nejen spotřebu tepla přímo v době, ale i celkovou spotřebu primární energie, v níž je teplo

vyráběno. Nejnižší negativní ekologický dopad je vyhádněn opět třídou A, nejvyšší negativní dopad pak třídou G. [53]

2.1.5 Jak PENB vypadá a z čeho se skládá

Průkaz energetické náročnosti se skládá z protokolu průkazu a jeho grafické znázornění viz obr. 4. Protokol obsahuje účel zpracování (nová budova, prodej budovy nebo její části, větší změnu dokončené budovy, pronájem budovy). Základní informace (adresa, katastrální území, identifikační údaje vlastníka), typ budovy (rodinný dům, výtový dům), geometrické charakteristiky a druhy energie užívané v budově. Dále jsou zde uvedeny informace o stavebních prvcích konstrukcích a technických systémech budovy (tzn. jak je řešeno vytápění, chlazení, větrání, či příprava teplé vody). Další část je věnována energetické náročnosti hodnocené budovy, analýze technické, ekonomické a ekologické proveditelnosti alternativních systémů. [31]

Popis průkazu energetické náročnosti [2] viz. obr.č. 4

1 – Průkaz je zpracován podle zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií a vyhlášky č. 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov ze dne 22. března 2013.

2 – Objemový faktor tvaru tato hodnota říká, jak budova kompaktní. Čím nižší hodnota, tím má méně ploch, kterými uniká teplo. U stávajících budov již není možné tento faktor změnit. Ovlivnit jej lze při projektování nové budovy ve stádiu architektonického návrhu. Hodnota faktoru se běžně pohybuje zhruba mezi 0,2 (velmi kompaktní budova) a 1,2 (nekompatní budova).

3 – Hlavní hodnota energetické náročnosti budovy. Vyděruje množství energie dodané do budovy (elektřina, plyn, dálkové vytápění, energie z pevných paliv, ale také energii dopadající na sluneční kolektory či fotovoltaické panely a energii prostředí kterou může využívat tepelné čerpadlo).

4 – Všechny měrné hodnoty vztažené na jeden metr čtvereční energetické plochy. Ta je uvedena v záhlaví průkazu.

5 – Tato černá šipka s bílým číslem ukazuje zařazení budovy do třídy energetické náročnosti. Třída energetické náročnosti A -G s hodnotou vepsanou v černé šipce se pak uvádí např. v inzrátech při prodeji nebo pronájmu domu. U novostaveb a rekonstrukcí je to hodnota, kterou bude mít nová nebo zrekonstruovaná budova.

PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

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

Ulice, číslo: _____
 PSČ, místo: _____
 Typ budovy: _____
 Plocha obálky budovy: _____ m²
 Objemový faktor tvaru A/V: _____ m³/m²
 Energetická vztažná plocha: _____ m²

ENERGETICKÁ NÁROČNOST BUDOVY

Celková dodaná energie (Energie na vstupu do budovy)		Neobnovitelná primární energie (Vliv provozu budovy na životní prostředí)	
Měrné hodnoty kWh/(m ² ·rok)			
Mimořádně úsporná A	← XXX	← XXX	← XXX
Velmi úsporná B	← XXX	← XXX	← XXX
Úsporná C	← XXX	← XXX	← XXX
Neúsporná D	← XXX	← XXX	← XXX
Neúsporná E	← XXX	← XXX	← XXX
Velmi neúsporná F	← XXX	← XXX	← XXX
Mimořádně neúsporná G	← XXX	← XXX	← XXX
Hodnoty pro celou budovu MWh/rok		XX	

DOPORUČENÁ OPATŘENÍ

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

Pro každé opatření je v průběhu průkazu a přílohy k němu doplněn na energetickou náročnost a zohledněno opatření.

PODÍL ENERGOZDROJŮ NA DODANÉ ENERGIÍ

Hodnoty pro celou budovu MWh/rok

- Slunce a energie prostředí
- Biomasa
- Zemní plyn
- Uhlí
- Topné oleje
- Dálkové teplo
- Elektrifina ze sítě
- Jiné

XX

UKAZATELE ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

U _{ext} (W/m ² ·K)	Vytápění	Chlazení	Větrání	Úprava vlhkosti	Teplá voda	Osvětlení
A	← XXX	← XXX	← XXX	← XXX	← XXX	← XXX
B	← XXX	← XXX	← XXX	← XXX	← XXX	← XXX
C	← XXX	← XXX	← XXX	← XXX	← XXX	← XXX
D	← XXX	← XXX	← XXX	← XXX	← XXX	← XXX
E	← XXX	← XXX	← XXX	← XXX	← XXX	← XXX
F	← XXX	← XXX	← XXX	← XXX	← XXX	← XXX
G	← XXX	← XXX	← XXX	← XXX	← XXX	← XXX
Hodnoty pro celou budovu MWh/rok	XX	XX	XX	XX	XX	XX

Zpracovatel: _____
 Kontakt: _____
 Osvědčení č.: _____
 Vytvořeno dne: _____
 Podpis: _____

Obr.4 Průkaz energetické náročnosti budovy [8]

6 – Pokud jsou v průkazu stanovena doporučená opatření, která sníží energetickou náročnost budovy, pak bílá šipka ukazuje výslednou hodnotu energetické náročnosti po provedení těchto kroků.

7 – V této části průkazu je celková energie rozdělena jednotlivé části obálky a technické systémy budovy. Lze z nich vyčíst, zda více energie spotřebuje dům na vytápění nebo například na osvětlení. Podle toho může majitel podniknout příslušné kroky k větším úsporám.

8 – Plocha obálky budovy je součet ploch vnějších stěn, oken, střechy a podlahy. Je to součet ploch, kterými uniká teplo z budovy ven.

9 – Energeticky vztažná plocha je součet ploch jednotlivých podlaží vytápěné zony objektu, měřená vždy k vnějším okrajům obvodových stěn. Je proto větší, než běžně uváděná užitná plocha. Její přesný výpočet stanovuje vyhláška. Na energeticky vztažnou plochu se vážou všechny měrné hodnoty uvedené v průkazu. Měrnou hodnotu daného ukazatele energetické náročnosti lze získat vydělením hodnoty pro celou budovu právě energeticky vztažnou plochou.

10 – Neobnovitelná primární energie zjednodušeně říká, jaký je vliv budovy na životní prostředí. Tedy kolik neobnovitelné energie dodáme.

11 – Vynásobením měrných hodnot energeticky vztažnou plochou získáme výsledné hodnoty pro celou budovu. Ty odpovídají jejímu typizovanému užívání. Pokud budem přetápět nebo přijde tuhá zima, pak skutečná spotřeba uvedené hodnoty převyšší.

12 – Doporučená opatření – zde jsou vidět zda zpracovatel stanovil doporučené opatření vedoucí ke snížení energetické náročnosti budovy. Ze zákona má tuto povinnost pouze u větší renovace, nicméně vlastník budovy si tuto službu může objednat i v jiných případech. Podrobný popis opatření je obvykle popsán v několikastránkovém protokolu, který vždy doprovází grafickou podobu průkazu.

13 – Grafické znázornění, jak se jednotlivé složky podílí na celkové dodané energii do budovy. Podle těchto hodnot je možné stanovit roční náklady na energie v domě při jejich typizovaném užívání. Výsledná hodnota se získá vynásobením aktuální hodnotou ceny za 1 kWh u jednotlivých energonositelů.

14 – Číslo osvědčení je uvedeno na stránkách Ministerstva průmyslu a obchodu, které vydává osvědčení pro zpracovatele štítku. Podle tohoto čísla je možné na stránkách ministerstva údaje ověřit. Zpracovatel průkazu musí mít příslušné vzdělání zkušenosti a projít úspěšně zkouškou. Při chybně zpracovaném průkazu mu hrozí odebrání autorizace a pokuta.

2.1.6 Kdy je potřeba průkaz energetické náročnosti budovy

Zákon 406/2000 Sb. v platném znění stanovuje celou řadu povinností. Mimo jiné také říká, kdy je potřeba zpracovat průkaz energetické náročnosti budovy. [31]

Průkaz musí být zpracován pro:

- novou budovu
- větší změnu dokončené budovy (tzn. změna na více než 25% celkové plochy obálky budovy)
- prodej nemovitosti nebo její části
- pronájem nemovitosti nebo její části
- budovu s celkovou energeticky vztažnou plochou větší než 250 m², pokud je tato budova užívána orgánem veřejné moci

Výjimky jsou uvedeny v zákoně č. 406/2000 Sb. v platném znění v §7 odst. 5: [9]

- u budov s celkovou energeticky vztažnou plochou menší než 50 m²
- u budov, které jsou kulturní památkou, anebo nejsou kulturní památkou, ale nacházejí se v památkové rezervaci nebo památkové zóně, pokud by s ohledem na zájmy státní památkové péče splnění některých požadavků na energetickou náročnost těchto budov výrazně změnilo jejich charakter nebo vzhled; tuto skutečnost stavebník, vlastník budovy nebo společenství vlastníků jednotek doloží závazným stanoviskem orgánu státní památkové péče
- u budov navrhovaných a obvykle užívaných jako místa bohoslužeb a pro náboženské účely
- u staveb pro rodinnou rekreaci, které jsou užívány jen část roku a jejichž odhadovaná spotřeba energie je nižší než 25 % spotřeby energie, k níž by došlo při celoročním užívání
- u průmyslových a výrobních provozů, dílenských provozoven a zemědělských budov se spotřebou energie do 700 GJ za rok
- při větší změně dokončené budovy v případě, že stavebník, vlastník budovy nebo společenství vlastníků jednotek prokáže energetickým auditem, že to není technicky nebo ekonomicky vhodné s ohledem na životnost budovy a její provozní účely
- u budov zpravodajských služeb
- u budov důležitých pro obranu státu, které jsou určeny ke speciálnímu využití

- u budov, které jsou stanoveny objektem nebo ve kterých je stanoven objekt sloužící k ochraně utajovaných informací stupně utajení Přísně tajné nebo Tajné
- u vybraných budov k zajištění bezpečnosti státu, určených vedoucím organizační složky státu, která je s nimi příslušná hospodařit nebo je užívá

2.2 METODY HODNOCENÍ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI

2.2.1 Tepelné ztráty a potřeba tepla

V našem klimatickém pásmu musíme po značnou část roku topit. Jak moc topíme a kolik energie na to spotřebujeme, závisí na řadě faktorech, například na teplotě uvnitř a venku, velikosti domu a z čeho je postaven. Základní veličinou, která nás v souvislosti s únikem tepla z domu zajímá, je tepelná ztráta. Je to množství tepla, které projde danou obvodovou konstrukcí domu při daném tepelném rozdílu mezi vnitřkem a vnějškem domu za jednotku času. [31]

2.2.2 Tepelná ztráta prostupem

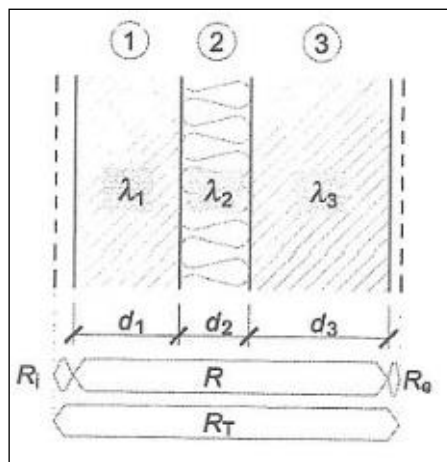
Pro každou stavební konstrukci lze z tepelně technického hlediska stanovit součinitel prostupu tepla U [$W/(m^2K)$]. Ten udává množství tepla, které projde plochou $1 m^2$ při rozdílu teplot před a za konstrukcí $1K$. Vypočítá se dle ČSN 7300540-2 pomocí tepelného odporu konstrukce :

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

R – tepelný odpor konstrukce [m^2K/W]

d – tloušťka vrstvy konstrukce [m]

λ - součinitel tepelné vodivosti [W/mK]



Obr.5 Tepelný odpor konstrukce R [9]

Součinitel prostupu tepla se pak vypočítá:

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

Kde,

U – součinitel prostupu tepla [W/(m²K)]

R – tepelný odpor konstrukce [m²K/W]

R_{si} – tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřním povrchu [m²K/W]

R_{se} – tepelný odpor při přestupu tepla na vnějším povrchu [m²K/W]

V následujícím obrázku č. 5 jsou uvedeny normové hodnoty součinitele prostupu tepla U_N, 20 jednotlivých konstrukcí dle ČSN 73 0540-2:2011 Tepelná ochrana budov - Část 2:Požadavky pro návrhovou vnitřní teplotou θ_{im} v intervalu 18 °C až 22 °C včetně. Tyto hodnoty musí nová nebo rekonstruovaná konstrukce splňovat.

Obecný výpočet ztráta prostupem je pak dána součinitelem plochy konstrukce, součinitele prostupu tepla a rozdílu teplot před a za konstrukcí při výpočtových parametrech. Základní tepelná ztráta prostupem jedné konstrukce o stejné hodnotě U je dána vztahem:

$$Q_{ti} = U \cdot A \cdot (t_i - t_e)$$

Kde,

U – součinitel prostupu tepla [W/(m²K)]

A – plocha konstrukce [m²]

t_i – výpočtová vnitřní teplota [°C]

t_e – výpočtová na vnější straně konstrukce [°C]

Podrobný výpočet tepelných ztrát pak zohledňuje ztrátu prostupem do exteriéru, ztrátu do nevytápěných a vytápěných místností na jinou teplotu, ztrátu prostupem zeminou a ztrátu větráním. Podrobné výpočty jsou uvedeny v normě

Popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla [W/(m ² ·K)]		
	Požadované hodnoty U _{N,20}	Doporučené hodnoty U _{rec,20}	Doporučené hodnoty pro pasivní budovy U _{pas,20}
Stěna vnější	0,30 ¹⁾	těžká: 0,25 lehká: 0,20	0,18 až 0,12
Střecha strmá se sklonem nad 45°	0,30	0,20	0,18 až 0,12
Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně	0,24	0,16	0,15 až 0,10
Strop s podlahou nad venkovním prostorem	0,24	0,16	0,15 až 0,10
Strop pod nevytápěnou půdou (se střechou bez tepelné izolace)	0,30	0,20	0,15 až 0,10
Stěna k nevytápěné půdě (se střechou bez tepelné izolace)	0,30 ¹⁾	těžká: 0,25 lehká: 0,20	0,18 až 0,12
Podlaha a stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině ^{4), 6)}	0,45	0,30	0,22 až 0,15
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k nevytápěnému prostoru	0,60	0,40	0,30 až 0,20
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k temperovanému prostoru	0,75	0,50	0,38 až 0,25
Strop a stěna vnější z temperovaného prostoru k venkovnímu prostředí	0,75	0,50	0,38 až 0,25
Podlaha a stěna temperovaného prostoru přilehlá k zemině ⁶⁾	0,85	0,60	0,45 až 0,30
Stěna mezi sousedními budovami ³⁾	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 ²⁾	1,2	0,8 až 0,6
Šikmá výplň otvoru se sklonem do 45°, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí	1,4 ⁷⁾	1,1	0,9
Dveřní výplň otvoru z vytápěného prostoru do venkovního prostředí (včetně rámu)	1,7	1,2	0,9
Výplň otvoru vedoucí z vytápěného do temperovaného prostoru	3,5	2,3	1,7
Výplň otvoru vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí	3,5	2,3	1,7
Šikmá výplň otvoru se sklonem do 45° vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí	2,6	1,7	1,4
Lehký obvodový plášť (LOP), hodnocený jako smontovaná sestava včetně nosných prvků, s poměrou plochou průsvitné výplně otvoru $f_w = A_w / A$, v m ² /m ² , kde A je celková plocha lehkého obvodového pláště (LOP), v m ² ; A _w plocha průsvitné výplně otvoru sloužící převážně k osvětlení interiéru včetně příslušných částí rámu v LOP, v m ² .	$f_w \leq 0,5$	0,3 + 1,4·f _w	0,2 + f _w
	$f_w > 0,5$	0,7 + 0,6·f _w	0,15 + 0,85·f _w
Kovový rám výplně otvoru	-	1,8	1,0
Nekovový rám výplně otvoru ⁵⁾	-	1,3	0,9-0,7
Rám lehkého obvodového pláště	-	1,8	1,2

Obr.6 Normové hodnoty součinitele prostupu tepla U_{N,20} jednotlivých konstrukcí dle ČSN 73 0540-2:2011 Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky pro návrhovou vnitřní teplotou θ_{im} v intervalu 18 °C až 22 °C včetně [10]

2.2.3 Roční potřeba tepla na vytápění

Tato hodnota je pro vyjádření topných nákladů podstatně více zajímavá, než výpočtová tepelná ztráta. Pro dům je to stejně analogický údaj jako kombinovaná spotřeba paliva u auta, má totiž přímý vztah k tomu, kolik za provoz domu zaplatíme peněz. [31]

Z hodnoty výpočtové tepelné ztráty, lze získat údaj o roční spotřebě tepla na vytápění.

Roční potřeba tepla na vytápění se vypočte: [12]

$$Q_{vyt, t} = \frac{24 Q_c \cdot e \cdot D}{t_{is} - t_e} \quad [\text{Wh/rok}]$$

Kde,

Q_c – tepelná ztráta objektu dle ČSN EN 12 831 [W]

D – počet denostupňů [K/d]

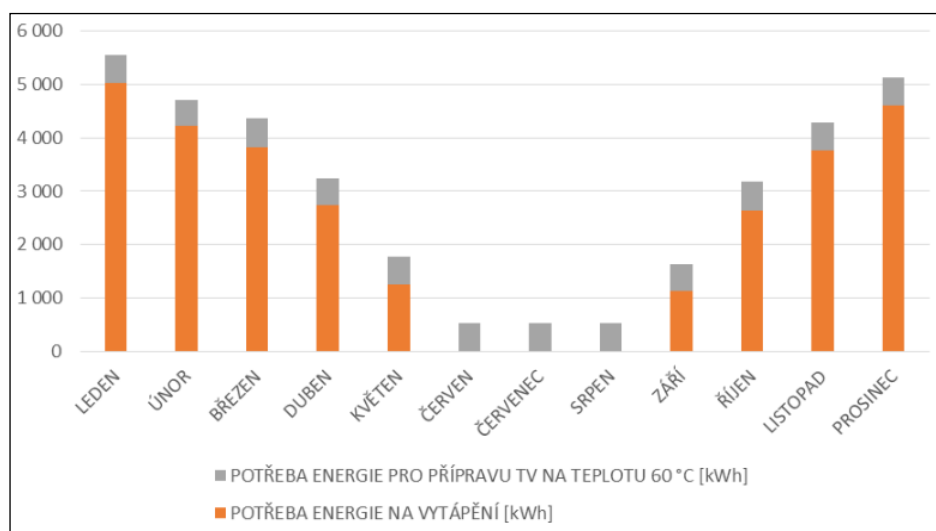
ε – opravný součinitel na snížení teploty, zkrácení doby [-]

vytápění, nesoučastnosti tepelné ztráty infiltrací

t_{is} – průměrná výpočtová vnitřní teplota [°C]

- Pohybuje se v rozmezí 14-21,5 °C
- Lze ji stanovit odborným odhadem
- Pro obytné budovy uvžijeme 18,2-19,1 °C

t_e – výpočtová teplota na vnější straně konstrukce [°C]



Obr.č.7 Potřeba energie na přípravu TV a na vytápění [10]

Opravný součinitel ε

$$\varepsilon = \frac{e_i \cdot e_t \cdot e_d}{\eta_o \cdot \eta_r}$$

Kde,

ε – opravný součinitel [-]

e_i - nesoučinnost tepelné ztráty infiltrací a tepelné ztráty prostupem. Protože tepelná ztráta infiltrací v běžných případech tvoří 10-20 % celkové tepelné ztráty, volí se součinitel $e_i=0,8-0,9$

e_t - snížení teploty v místnosti během dne resp. noci. V některých objektech je vlivem vhodné regulace možno snížit teplotu po určitou část dne. Součinitel e_t se volí v rozmezí 0,8 například pro školy s polodenním vyučováním až po 1,0 pro nemocnice, kde vyžadujeme 100 % výkon otopné soustavy po celých 24 hodin.

e_d - zkrácení doby vytápění u objektu s přestávkami v provozu e_d . Podle využití budov v průběhu týdne se volí součinitel e_d v rozmezí od 1,0 pro budovy se sedmidenním provozem, přes 0,9 pro budovy se šestidenním a 0,8 pro budovy s pětidenním provozem.

η_o - účinnost rozvodu - volí se v rozmezí 0,95-0,98 podle provedení.

η_r - účinnost obsluhy resp. možnosti regulace soustavy - volí se v rozmezí 0,9 pro kotelnu na pevná paliva bez rozdělení kotelny na sekce až po 1,0 pro plynovou kotelnu s otopnou soustavou rozdělenou do sekcí např. podle světových stran s automatickou regulací.

Počet denostupňů

$$D = (t_{is} - t_{es}) \cdot d$$

Kde,

D – počet denostupňů [K/d]

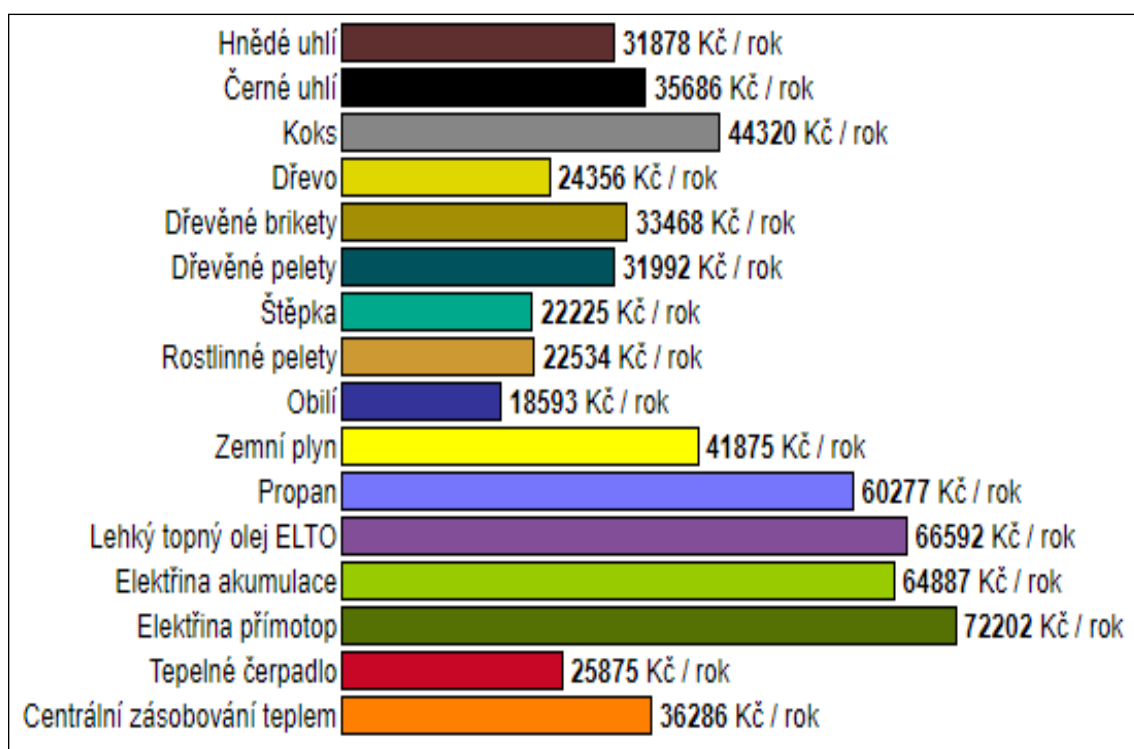
d – počet dnu otopného období v roce [-]

t_{is} – průměrná výpočtová vnitřní teplota v budově [°C]

t_{es} – průměrná venkovní teplota v otopném období [°C]

2.2.4 Náklady na vytápění

Když zjistíme, kolik energie za rok spotřebujeme, pak nás zajímá, kolik za ni zaplatíme. Situaci nám zde trochu komplikuje to, že topný systém nemá 100% účinnost, u některých zdrojů energie platíme stálý měsíční poplatek, existují také různé tarify a tak podobně. Naštěstí na internetu najdeme porovnání nákladů na vytápění podle druhu paliva. Na obrázku č. 6 je pro ilustraci vygenerovaný graf cen jednotlivých paliv pro rodinný dům v Ostravě o tepelné ztrátě 12kW. Je uvažováno pouze s náklady na vytápění. [2]



Obr.č.8 Srovnání cen energií [13]

2.3 OPATŘENÍ PRO SNÍŽENÍ SPOTŘEBY ENERGIE NA VYTÁPĚNÍ

Pokud již máme představu, kolik tepla náš dům ztrácí a které konstrukce z tepelně – izolačního hlediska nevyhovují, můžeme začít plánovat technická opatření umožňující snížit spotřebu energie. Na tomto místě je dobré si říci, že snaha snížit spotřebu energie není tou jediným důvodem proč izolovat stěny, měnit okna či instalovat rekuperační větrání. Zateplovat se může také z důvodu, že se v místech tepelných mostů vytváří plíseň, může se stát, že vytápění v domě je poddimenzované apod.

2.3.1 Okna

Pokud chceme snížit energetickou spotřebu domu, zpravidla se jako první mění okna. To je zcela v pořádku, protože výměna oken za nová, může výrazně snížit energetickou spotřebu domu. Okna jsou z energetického hlediska klíčovým prvkem v obálce domu. Jde o poměrně komplikovanou součást stavby a kvalitní okna jsou i dost drahá. Je tedy dobré pečlivě zvažovat, zda je jejich výměna nutná a zda po výměně oken za velmi těsná, nedojde k zabránění větrání infiltrací a tím spojených problémů s výměnou vzduchu v místnosti, zvýšením vlhkosti a následnému nárůstu plísní v domě. [14]

Unik tepla okny

Na okna jsou kladeny velmi protichůdné požadavky

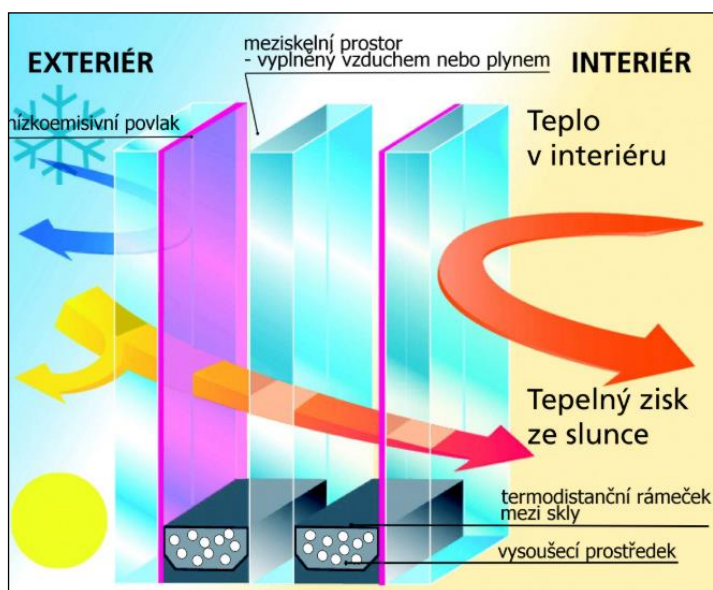
- Musí se otvírat, ale v zavřené pozici musí být těsná
- Musí propouštět světlo a sluneční teplo dovnitř, ale současně zamezit uniku tepla ven
- Nesmí dovnitř propouštět hluk, ale přitom musí být rozumně lehká a tenká

K úniku tepla okny a jejich okolím dochází v zásadě pěti způsoby: [15]

1. Infiltrace – Je to pronikání netěsnostmi mezi okenním křídlem a ostěním (pevným rámem zasazeným do stěny), případně i mezi ostěním a stěnou. Za studeného a větrného počasí nebo u nekvalitních či špatně osazených oken může infiltrace představovat největší podíl z celkové tepelné ztráty okna. Infiltrace je nežádoucí z hlediska energetického, ale jistá malá míra je infiltrace zajistí nutnou výměnu vzduchu v budově a může zabránit hromadění vlhkosti v domě. Některá moderní okna dnes nabízejí určitou kontrolovatelnou infiltraci (mikro-ventilaci), tím že v jedné poloze kliky uvolní okno a vytvoří malou mezeru, kterou může proudit vzduch. Existují i složitější systémy, takzvané větrací klapky, které dokážou omezit přístup vzduchu skrz profil okna při silnějším větru, takto větrání regulovat. [22]

2. Konvekce – Jde o pohyb vzduchu okolo skel. To, co tepelně izoluje, není sklo, ale (nepohybující se) vzduch okolo skel. V důsledku rozdílu teplot ale vzduch okolo skla začne proudit a tím přenáší teplo. Konvekcí se přenáší nejvíc tepla mezi skly okna a nejvýrazněji se projeví tam, kde jsou skla dál od sebe. Udává se, že optimální vzdálenost mezi skly pro minimální tepelné ztráty je přibližně 16 mm. Proto staré kastlové okna nejsou z tepelného hlediska ideální a je doporučeno používat tzv. dvojskla až čtyř skla. Při použití argonu a kryptonu (plyny které mají menší tepelnou vodivost než vzduch) může se tato vzdálenost ještě zmenšit. [24]

3. Vedení – Vzduch a plyn obecně jsou naštěstí, na rozdíl od pevných látek, poměrně špatné vodiče tepla. Platí, že čím je plyn těžší, tím nižší je jeho tepelná vodivost. Tepelná vodivost vzduchu při 20 °C a tlaku 1 bar je jen 0,026 W/mK. Pro srovnání pěnový polystyren má zhruba 0,035 Wm/K. Přenos tepla vedením se znatelně projevuje hlavně tam, kde jsou skla blízko u sebe. Pro vícenásobná zasklení by tedy bylo ideální plnicí plyn xenon (vedení 0,0055 W/mK), který by výrazně umožnil snížit celkovou tloušťku zasklení, bohužel xenon je cenově velmi drahý a jeho instalace do oken by nebyla ekonomická.



Obr.č.9 Průběh energií oknem [16]

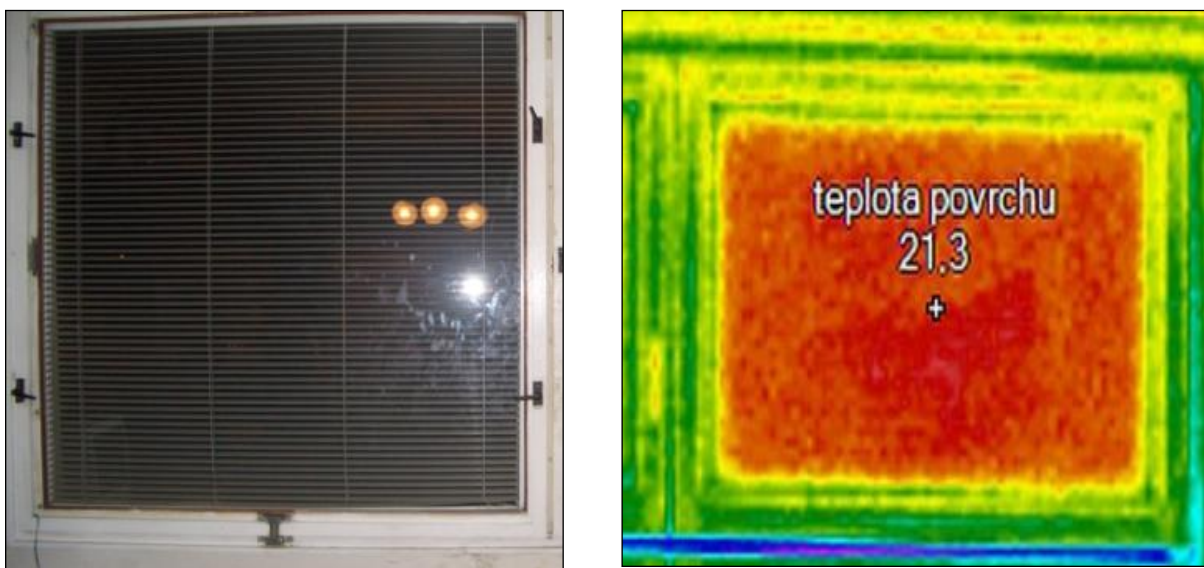
4. Radiace – Každé zahřáté těleso vyzařuje teplo ve formě dlouhovlnného infračerveného záření (tepelného záření). Podíl radiace na tepelných ztrátách roste s teplotou. Radiace je hned za konvekcí druhý nejvýznamnější způsob přenosu tepla. Množství tepla přeneseného radiací závisí kromě teploty i na emisivitě povrchu, který teplo vyzařuje. Emisivita je definována jako poměr intenzity vyzařovaného reálného tělesa k intenzitě vyzařovaného absolutně černého tělesa se

stejnou teplotou. Je to bezrozměrná veličina, která určuje schopnost tělesa vyzařovat a pohlcovat teplo. Emisivita většiny těles je přibližně jedna. Pouze lesklé kovové povrchy a některé speciální povrchy mají emisivitu výrazně nižší a teplo tedy jen málo vyzařují a málo pohlcují, neboli tepelné záření dobře odráží.

5. Tepelné mosty - Na oknech a v jejich bezprostředním okolí bývá obvykle celá řada tepelných mostů, které zhoršují jejich tepelné vlastnosti a zvyšují úniky tepla. Tepelné mosty jsou místa konstrukce, kterými uniká zvýšené množství tepla z interiéru do okolního prostředí. Tím dochází jednak k tepelným ztrátám, ale i zpravidla také k poklesu vnitřní povrchové teploty pod teplotu rosného bodu, což má za následek kondenzaci vodní páry a vznik plísní. [23]

Tepelné mosty ostění – okno je prakticky vždycky tenčí než stěna a v okolí okna proto má teplo unikající skrz zeď kratší cestu je zde znatelně snížený tepelný odpor konstrukce R.

Tepelný most u skel – izolační dvojskla nebo trojskla mají na okraji kovový nebo plastový dilatační rámeček a vrstvu tmelu, která těsní vnitřní prostor mezi skly, Tyto materiály mají pochopitelně větší tepelnou vodivost než vzduch či argon mezi skly. Okraj skla proto tvoří tepelný most.



Obr.č.10 Termovizní snímek starého okna [18]

2.3.2 Praktická opatření pro snížení úniků tepla okny [19]

Infiltrace – Malou infiltraci zajistí těsná okna. Moderní okna jsou již poměrně velmi těsná. Největší riziko úniku tepla je ve spáře, kde se setkává okenní rám s okenním křídlem. U kvalitních oken se porot používají trojitě těsnění [17]. U starších oken je možné těsnost výrazně zvýšit instalací vhodných těsnění. Dobře se uplatňují například silikonové těsnění do frézované drážky.

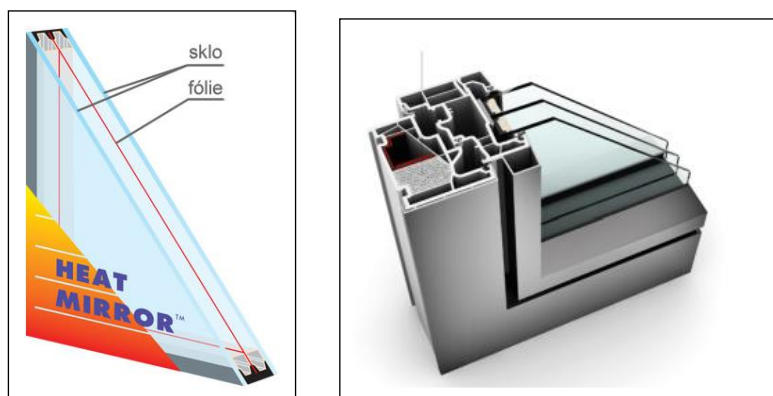


Obr.č.11 Těsnění oken [19]

Konvekce - Přenos tepla konvekcí můžeme ovlivnit zvětšením počtu skel. Nevýhodou tohoto řešení je zvýšená hmotnost okna a snížení množství světla, které okno do místnosti propouští (každé sklo část světla odrazí a část pohltí). Jen výjimečně se proto používá více skel než tři. Hmotnost lze snížit tím, že se místo středního skla použije tenká folie. Podobný účinek jako sklo má i jakákoli další přidaná (relativně těsná) vrstva jako je například roleta, žaluzie nebo okenice. [23]

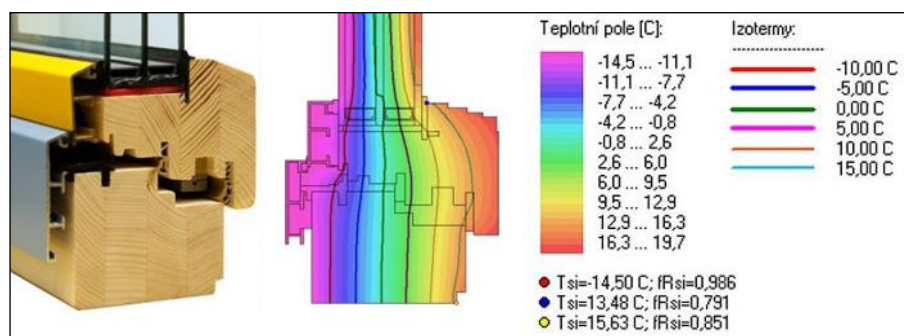
Vedení – Vzduch je naštěstí jen špatný vodič tepla a snížení tepelné ztráty vedením má proto největší význam především tam, kde jsou skla blízko u sebe, tj. například u trojskel. Je proto vhodné plnit prostor mezi skly nějakým těžkým plynem, který má nižší tepelnou vodivost než vzduch. Nejlepší je xenon, jehož cena je ale příliš vysoká. Lepší poměr užitné hodnoty k ceně má krypton, ale nejčastěji se používá argon.

Radiace – Velmi významně se dá snížit tepelná ztráta radiací. Přenos tepla radiací se dá potlačit použitím selektivní nízkoemisní vrstvy nanesené na povrchu skla. Tyto vrstvy se v angličtině nazývají Heat Mirror (tepelné zrcadlo). Vrstva propouští viditelné světlo a do jisté míry i blízké infračervené záření. Dlouhovlnné infračervené záření (tepelné sálání) ale odráží, respektive nevyzařuje, chová se v tomto smyslu jako lesklá kovová folie. Používání těchto nízkoemisních vrstev přineslo významné zlepšení vlastnosti oken a dnes již téměř nenajdeme nové okno, kde by nebyla tato vrstva použita. Selektivita takových vrstev ale není dokonalá a snižuje i průchod viditelného světla a zisky tepla ze slunečního záření. [22]



Obr.12 Technologie heat mirror (řez rámu okna) [20]

Tepelné mosty – Tepelné mosty v ostění se dají snížit použitím vhodného izolačního materiálu do špalet okna. Pokud například vyměníme špaletová okna za moderní okna s dvojsklem, která mají ostění jen asi 8 cm široké, je vhodné nalepit do špalety okna zvenku alespoň několik cm pěnového polystyrénu opatřeného perlínkou a tenkovrstvou omítkou stejně jako při zateplování fasády. U menších oken je relativně významná tepelná ztráta vedením skrz dilatační rámeček (tepelný most). Zde se dosud používá převážně hliník, který má výhodné vlastnosti, ale příliš velkou tepelnou vodivost. Lepší je proto používat nerezovou ocel ta zase trpí na horší zpracovatelnost a cenu. V poslední době jsou rámečky proto vyráběny z plastu. [22]



Obr. 13 Tepelné působení na okno vytvořeno v programu Area 2017 [21]

Pří rekonstrukci máme v zásadě dvě možnosti

Kompletní výměna oken

Stará okna vybouráme a osadíme okna nová. To je řešení sice dokonalé, ale dosti drahé, tudíž má toto opatření dlouhou dobu návratnosti. Také pro obyvatele domu jsou práce s tím spojené poněkud nepříjemné. Hlavním problémem je značná prašnost a zpravidla i nutnost zednický začistit stěnu kolem oken, což sebou zpravidla nese i potřebu vymalovat.

Výměna zasklení za kvalitnější

V mnoha případech, zvláště u dobře zachovalých špaletových oken, lze jen vyměnit sklo ve vnějším křídle za kvalitní izolační dvojsklo a vnitřní křídlo zatěsnit. Získáme tak poměrně kvalitní okno za znatelně nižší cenu a bez nepříjemného bourání. Stará špaletová okna, která mají přibližně hodnotu součinitele prostupu tepla $U = 2,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, se mohou po výměně vnějšího skla za dvojsklo dostat přibližně na hodnotu $U = 1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, což je významné zlepšení [23]. Pokud současně kvalitně zatěsníme vnitřní i vnější sklo, můžeme dosáhnout snížení tepelné ztráty takových oken na méně než 30 % původní hodnoty. [3]

Další možnosti snížení tepelných ztrát okny jsou

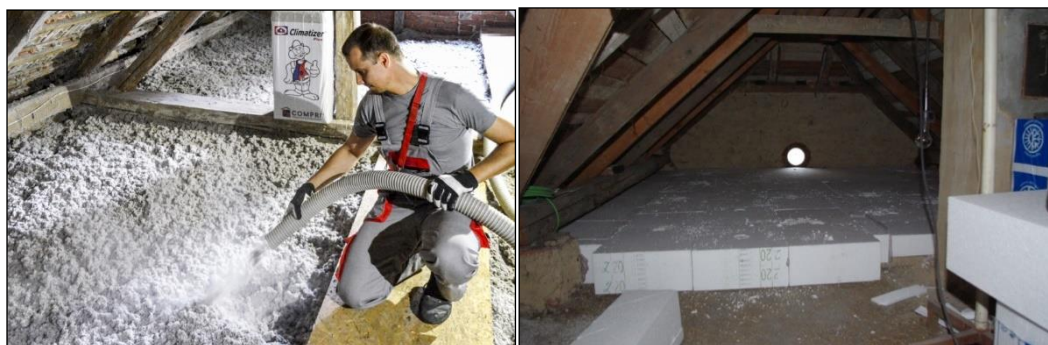
Každá vrstva, kterou okno zakryje, trochu sníží tepelné ztráty konvekci, pokud je to navíc materiál, který odráží tepelné záření tak je její efekt výraznější, protože dojde i ke snížení radiací. Pomocí reflexních vnitřních žaluzií nebo pomocí okenic. Pokud jsou okenice těsně uzavíratelné a opatřené tepelně izolující vložkou (nejlépe pěnovým polystyrénem nebo polyuretanem), pak jde o nejlepší prostředek pro snížení noční tepelné ztráty okna. Bohužel u nás se venkovní okenice používají spíše na chatách a bez tepelné izolace. Poslední alternativou ke snížení tepelné ztráty okny je použití venkovních rolet. V poslední době jsou velmi oblíbené, i když často slouží spíše pro zvýšení ochrany domu před nežádoucím vniknutím osob než jako prostředek snižování tepelných ztrát. Některé typy však používají hliníkové lamely s výplní polyuretanové pěny a jsou po stažení těsné, takže mohou znatelně omezit citelnou ztrátu okna. Navíc slouží také v letním období, kdy zamezují slunečnímu svitu a značně snižují tepelné zisky. Optimální materiál jsou opět hliníkové lamely. Nevýhodou je zamezení průniku světla, což v zimním období, kdy se setmí již v odpoledních hodinách, příliš nevádí. Okno totiž nemusí být celých 24 hodin průhledné. V nočních hodinách je to dokonce nežádoucí. [24] [2]

2.3.3 Vstupní dveře

Dveře představují podobný problém jako okna. U dveří je tedy třeba řešit tepelné ztráty infiltrací a prostupem podobně jako u oken. Jedinou výhodou je, že nemusí nutně být průhledné, tudíž je možné na ně použít tepelnou izolaci.

2.3.4 Stropy

Ve většině starých domů jsou stropy, které mají mezi trámy prázdný prostor. Ten se dá s výhodou izolovat zafoukáním izolace z celulozových [26] nebo minerálních vláken. Není totiž nutné odstraňovat podlahu, stačí jen udělat v každém trámovém poli několik otvorů, kterými lze provést zafoukání. Bohužel, v mnoha případech není výška trámu (15 až 20 cm) dostatečná pro dosažení potřebného tepelného odporu izolační vrstvy. Samotné trámy, které tvoří přibližně 15 % plochy konstrukce stropu, představují tepelné mosty (mají několikanásobně větší tepelnou vodivost než používané izolace). Tepelné mosty představují také horní strany vnitřních stěn, proto



Obr. 14 Zafoukávání celulozových vláken nebo zateplení pomocí polystyrenu [27]

se pokládá ještě jedna vrstva tepelné izolace na podlahu půdy. Pokud se půda nebude využívat, je možné opět použít foukanou izolaci nebo na půdu položit nebo role skleněné nebo minerální vaty. Jestliže se použijí desky minerální vaty s větší tuhostí, je možné dát desky a vytvořit tak únosnou podlahu. Alternativou zafoukané izolace shora je otevřít konstrukci podlahy a vložit do prostoru mezi trámy nebo na železobetonovou konstrukci v případě bytového domu dodatečnou izolaci v podobě minerální vaty nebo polystyrenu. [2] Při izolaci stropu musíme dbát na to, aby na vnitřní straně konstrukce byl větší difuzní odpor pro vodní páru než na straně vnější, jinak hrozí riziko kondenzace vlhkosti v konstrukci, což může mít pro dřevěný trám vážné důsledky (napadení dřevokaznými houbami) Pro ostatní konstrukce je to pak vznik plísní. Strop je místo, kde se dá s nepříliš velkou námahou dosáhnout dramatického snížení úniků tepla. Položením nebo zafoukáním 35 cm kvalitní tepelné izolace se tepelná ztráta dá snížit na 1/10 původní hodnoty, Mohlo by se zdát, že 35 cm je neobvykle velká vrstva, nicméně ve většině případů se da bez

problému instalovat. Nejlepší je ale navrhnout optimální tloušťku izolace vzhledem k návratnosti investice zateplení stropu. Tato návratnost vychází zpravidla velmi příznivě

2.3.5 Podlaha (strop sklepa)

Podlahou (ať již jde na terénu nebo jde o strop sklepa) neuniká tolik tepla jako stropy nebo stěnami, protože je zde menší teplotní rozdíl. Kvalitní tepelná izolace je ale žádoucí nejen kvůli snížení úniků tepla, ale také pro zvýšení povrchové teploty podlahy. Studená podlaha je krajně nepříjemná. Bohužel zrovna tohle místo se často dá jen obtížně izolovat. Pokud je dům podsklepený, pak je nejsnazší dát tepelnou izolaci na strop sklepa nebo suterénu (bytové domy). Lze nalepit polystyrenové desky a opatřit je vhodnou povrchovou úpravou. Pokud desky vzeprěme proti stropu vhodnými podporami a použijeme rychletvrdnoucí polyuretanové lepidlo, pak je možné se eventuálně obejít i bez kotvení pomocí hmoždinek. Musíme mít ale na paměti, že polyuretan je nesnáší dlouhodobé působení světla a je vysoce hořlavý. Tam kde je hořlavost na závadu (garáž, místo, kde je umístěn kotel) je lepší použít minerální vatu. Je možné taky vytvořit závěsný podhled ze sádkokartonu s vloženou izolací. Nevýhodou je, že takováto izolace má větší tloušťku a je třeba vrtat více otvorů pro hmoždinky. Často ovšem narazíme na problém s malou výškou sklepní místnosti, která neumožní použít potřebnou tloušťku tepelné izolace. Pak je nutné použít dražší desky PUR nebo PIR. Nejlepší, ale také nejdražší, jsou desky z fenolické pěny. Předností těchto desek je vysoká odolnost vůči ohni. Jsou prakticky nehořlavé a při vystavení vyšší teplotě nehrozí odkapávání roztaveného materiálu. Pevnost a odolnost je přitom srovnatelná se zateplením z extrudovaného pěnového polystyrenu. [28] [2]



Obr. 15 Ukázka izolace stropu suterénu pomocí polystyrenu [32]

2.3.6 Obvodové stěny

Stěny mají největší plochu z celé obálky domu, proto jsou ztráty stěnami významné a bez jejich zateplení nelze dosáhnout opravdu výrazného snížení tepelné ztráty domu. Bohužel, tepelná izolace stěn patří zpravidla mezi ta nákladnější opatření. Velikost tepelné ztráty stěnami je dána především vlastnostmi materiálu, z něhož jsou stěny postaveny. Z hlediska tepelné izolace je nejhorší kámen nebo plná cihla. Zdánlivým paradoxem, je, že právě takové stěny se nejlépe zateplují. Moderní duté cihly nebo pórobetonové tvárnice izolují už výrazně lépe, ale pokud chceme ještě dále snížit jejich tepelné ztráty, můžeme narazit na problém s kondenzací vlhkostí ve stěně a často zjistíme, že dodatečné zateplené by mělo příliš dlouhou návratnost, případně by se vůbec nevyplatila. [41]

Snížení tepelné ztráty stěnami

Unikajícímu teplu je třeba postavit do cesty vhodnou izolační vrstvu. Tu lze přidat na vnější nebo vnitřní stranu stěny a lze to provést různými způsoby a s použitím různých materiálů.

Historie tepelných izolací

Za nejstarší tepelně izolační materiály bychom mohli považovat např. seno, lišejníky, slámu, hlínu atd. V polovině 60. let 20. století se začaly objevovat ve větší míře plasty. Plastové materiály patří i dnes mezi nejčastěji používané materiály pro tepelné izolace. Skelná vata a IPA - doba normalizace. Další používanou izolací byl heraklit a mirelon.

Materiály vhodné pro zateplení

Hlavním úkolem tepelných izolací je zabránit úniku tepla obalovými konstrukcemi objektu. Tepelné izolace brání také přehřívání interiéru v letním období. Obecně mají tepelné izolace nízký stupeň tepelné vodivosti, někdy mohou fungovat i jako izolace akustické. [3]

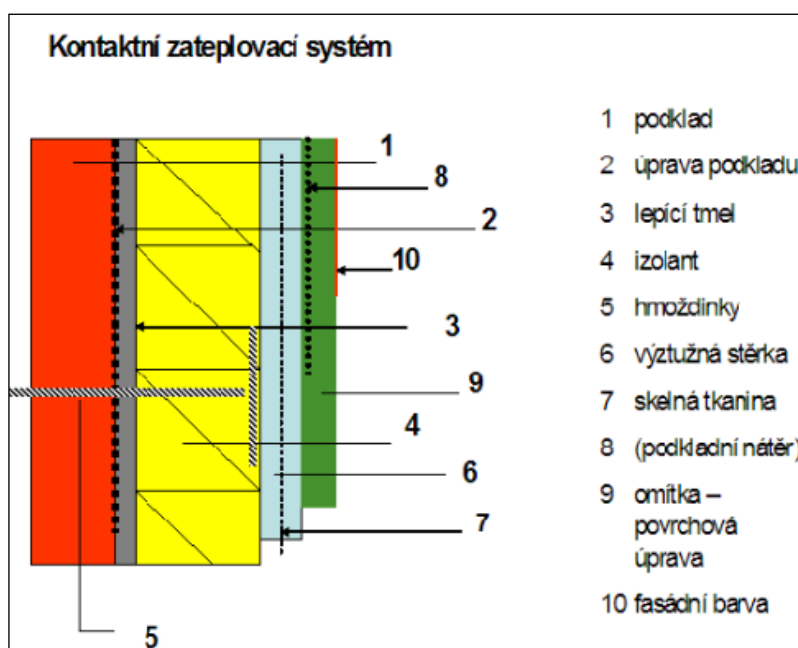
Tepelně izolační materiály lze rozdělit podle podstaty jejich výroby a podle druhu materiálu na pěnové (polymerní pěny), minerální vláknité (nerostné) a přírodní materiály.

Mezi pěnové materiály patří polystyreny – hlavně (pěnový) polystyren (EPS) a extrudovaný polystyren (XPS). Další pěnové materiály jsou polyuretan (PUR), polyvinylchlorid (PVC), polyethylen (PE), kaučuk, pěnové sklo či epoxydovaná pryskyřice. Minerální vláknité materiály zahrnují kamennou (čedičovou) a skelnou (křemennou) vlnu.

Přírodní materiály by se daly rozdělit na materiály rostlinného a živočišného původu. Mezi rostlinné lze zařadit technické konopí, celulózu, slámu, dřevovláknité desky atd. A mezi živočišné patří např. ovčí vlna.

Kontaktní tepelná izolace na vnější straně stěny

Pro tento druh tepelné izolace se používají zkratky ETICS tj. (external thermal insulation composite systems). V dnešní době je to nejobvyklejší řešení a lze jej použít ve většině případů. Tloušťka izolační vrstvy může být poměrně velká, v praxi bývá limitována přesahem střechy nebo prostorovými (ubírá šířku chodníku) či estetická důvody (původní okna jsou příliš utopená). Pokud se rekonstruuje i střecha, je možné přesah zvětšit, aby se na stěnu dala přidat větší vrstva izolace. Při zateplení zvenku nezasahujeme příliš do života obyvatel domu a vyřešíme současně renovaci fasády. Dojde přitom zpravidla také k výraznému využitelné kapacity domu (zvláště pokud je stěna z kamene nebo z cihel či železobetonu). Další výhodou je taky menší přehřívání místností v období letních veder. Tepelná izolace se připevní lepením a hmoždinkami na stávající fasádu domu, zvenku se opatří vrstvou stěrkového tmelu s výztužnou síťovinou. Na tu se pak nanese tenkovrstvá omítka. Výsledná fasáda je pak prakticky k nerozeznání od neizolované stěny. [2]



Obr. 16 Kontaktní zateplovací systém [33]

2.3.7 Polystyren

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

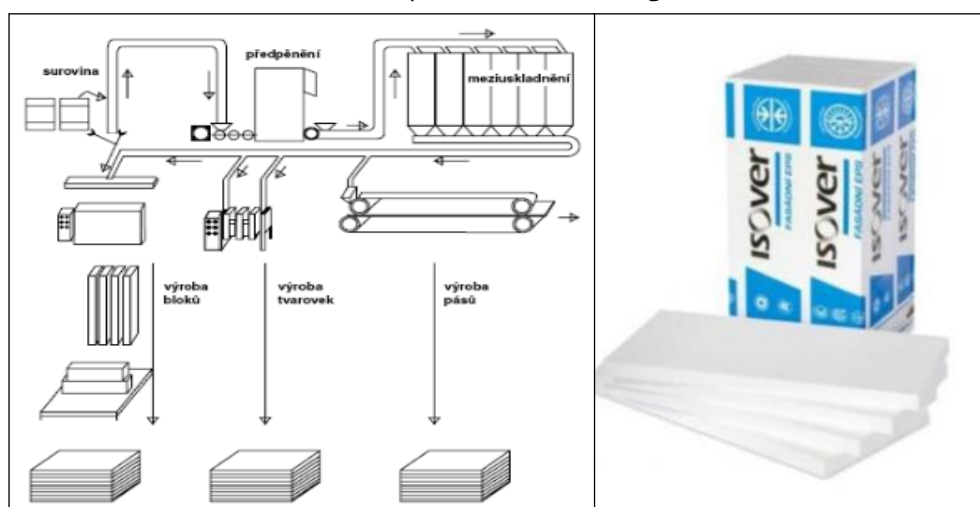
Polystyrenové dílce se rozdělují dle způsobu výroby na expandované a extrudované. Používanější jsou polystyreny expandované, a to z důvodu širokého uplatnění při zateplení budov. Jejich nevýhodou je nasákavost. Naopak polystyreny extrudované požadavek na nenasákavost splňují, proto jsou hojně využívány např. při zateplování spodní části stavby

Označení expandovaných polystyrenů je EPS. Polystyreny na fasády se označují jako EPS F, na střechy EPS S, zemní polystyreny jako EPS Z. Označení extrudovaných polystyrenů je XPS. Další rozdělení mají výrobci individuální. [33]

Pěnový polystyren, EPS

Jde o produkt polymerace styrenu, který je následně zpěňován a nařezán do bloků. Nezbytné je přidání retardérů hoření pro zajištění samozhasivosti materiálu. Součinitel tepelné vodivosti expandovaného polystyrenu se pro typ EPS 100 pohybuje od $\lambda = 0,037 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$. Číslo "100" reprezentuje pevnost v tlaku v kPa. EPS se vyrábí v hodnotách 50 až 250 kPa. Při aplikaci se desky EPS kotví lepením v kombinaci s kotvením hmoždinkami. Polystyren je možné použít i jako kročejovou izolaci, nelze ho však dlouhodobě vystavit vlhku. Mezi výhody patří nízká cena.

velmi dobré tepelně-izolační vlastnosti, výborné mechanické vlastnosti, minimální hmotnost, jednoduchá zpracovatelnost, ekonomická výhodnost, dlouhá životnost, ekologická a zdravotní nezávadnost, trvalá odolnost proti vlhkosti, biologická neutralita [33]



Obr. 17 Postup výroby pěnového polystyrenu Isover EPS – F [34] [35]

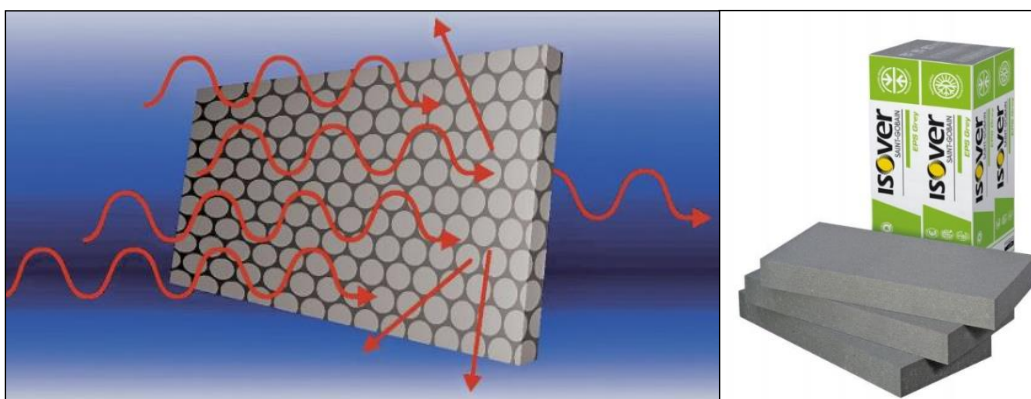
Pěnový polystyren, GreyWall, „šedý“

V roce 2000 začal koncern BASF s hledáním řešení, vedoucím ke snížení tepelné náročnosti a zdokonalením pěnového bílého polystyrenu. Jako nejvhodnější materiál pro vylepšení se ukázal grafit, jemně rozemletý až na nanometrové částice, kterým je rovnoměrně vyplněna pevná fáze EPS. Vzniknul tak šedý polystyren. [33]

Grafitové částice zde účinkují jako mikroskopické absorbéry a zároveň reflektory. Nanotechnologie, která dokáže „namlet“ velmi jemné částice, umožňuje, aby vzdálenost mezi částicemi grafitu byla pod 10 mikronů a zároveň aby se částice nedotýkaly. Tím se stane membrána polystyrénové vypěněné buňky obtížně prostupná pro dlouhovlnné tepelné záření (podobně jako je kovová síťka u průhledných dvířek mikrovlnné trouby s milimetrovými oky neprostupná pro mikrovlnu délky 12,5 cm). Zároveň s tím se zvýší odrazivost prostředí z 0 na cca 20 % (grafit v podstatě vytváří z membrán polystyrénových kuliček tepelná zrcadla). Tím, že se částice nedotýkají, nezvýší se výrazně tepelná vodivost materiálu. S běžně rozemletým grafitem by odrazivou a přitom nevodivou mříž nebylo možné realizovat. [41]

Výsledkem přidání grafitu do bílého polystyrenu je šedý expandovaný polystyrén, který při objemové hmotnosti pouhých 15 kg/m³ dosahuje součinitele celkové propustnosti tepla $\lambda = 0,032$ W/(m.K). Stejnou hodnotu celkového součinitele tepelné vodivosti má běžný EPS s více než dvojnásobnou hustotou 35 kg/m³.

Použití „těžších“ polystyrenů ve výstavbě je však například u zateplené fasády neekonomické vzhledem k více než dvojnásobné ceně za materiál, nehledě na ochranu životního prostředí a surovinových zdrojů. Hlavním benefitem šedého polystyrenu je tak snížení tepelné vodivosti při zachování tloušťky izolantu. [35]



Obr. 18 Grafit v šedém polystyrenu zabraňuje prostupu dlouhovlnnému tepelnému záření, čímž snižuje tepelnou vodivost respektive zpešňuje izolační schopnost [34] [35]

Extrudovaný polystyren XPS

Tento druh polystyrenu, značený také XPS, je dodáván nejčastěji ve formě desek s polodrážkou nebo hranou, využíván je zejména pro izolaci soklu, dále při izolování základových desek nebo ve skladbě střech s obráceným pořadím vrstev. Nejznámější obchodní názvy tohoto materiálu jsou Styrodur, Styrofoam nebo Fibran ECO aj. Materiál má uzavřené póry, je proto nenasákavý a lze ho použít ve vlhkém prostředí, kde působí jako tepelná izolace, a také jako účinná součást hydroizolace. Je velmi pevný, na druhé straně je nutné ho chránit před UV zářením. Důležitou součástí jsou i v tomto případě zpomalovače hoření.



Obr. 19 Extrudovaný polystyren [35]

Pěnový polyuretan PUR a polyizokyanurát PIR

Nejznámější je takzvaný molitan, ale ve stavebnictví se používá spíše tvrdá polyuretanová pěna s názvem PUR, nověji také polyizokyanurátová pěna PIR. Jedná se o vysoce účinnou tepelnou izolaci s velmi nízkým součinitelem tepelné vodivosti, který dosahuje hodnoty až $\lambda = 0,023 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$. Jde o vynikající hodnotu, za níž stojí podstatné omezení sálavé, tedy infračervené složky šíření tepla pěnou, velmi jemná struktura pórů a vysoká hustota přestupových rozhraní mezi tuhou fází PUR/PIR a vzduchem, přes které se děje difúzní (tzn. nesálavý) prostup tepla.



Obr. 20 PIR zateplovací deska [37]

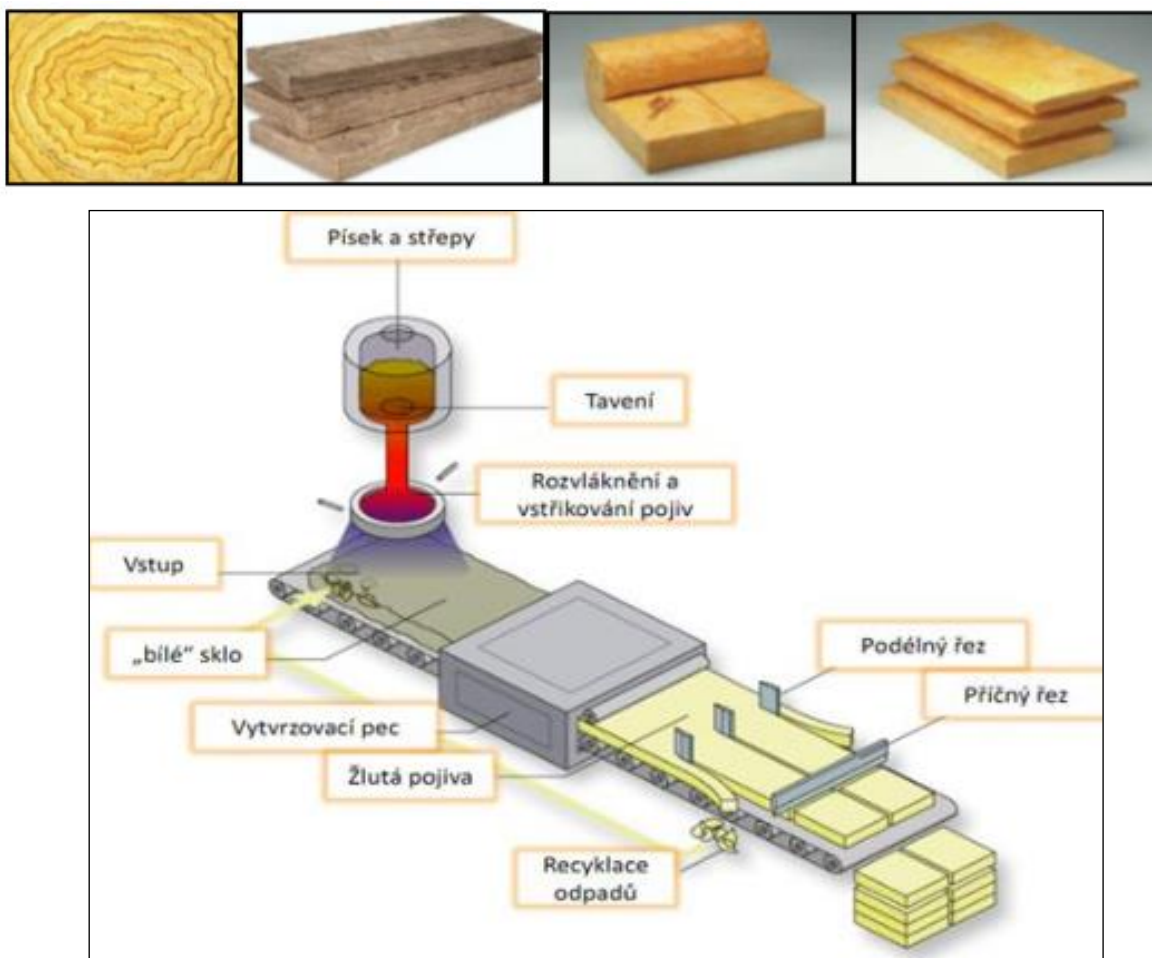
2.3.8 Vlákňité izolace

Mezi vlákňité izolace patří minerální a skelná vata. Propouští vodní páry, jsou nehořlavé a odolné proti škůdcům, Vlákňité izolace jsou nabízeny v podobě izolačních rohoží mezi střešní krokve, na stropy, potrubí anebo ve formě desek pro izolaci fasád a mezistěnných ploch. [33]

Skelná vata

Skelná vata je jedna z nejpoužívanějších vlákňitých izolací. Její výroba spočívá v roztavení křemičitého písku, sody, vápence a starého skla a následným rozpojováním na vlákna spojená pryskyřicí. [41]

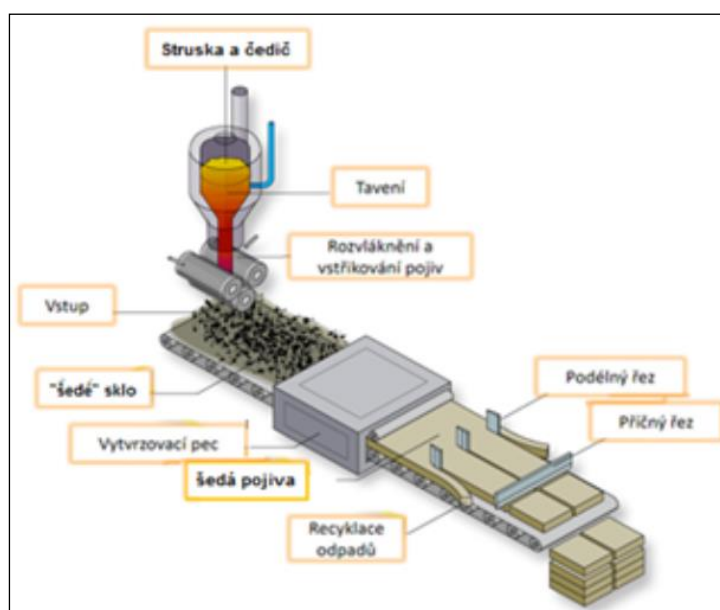
Výsledný produkt je nehořlavý, difúzně otevřený, odolný vůči houbám a škůdcům s vynikající tepelnou vodivostí. Naproti tomu je pro výrobu potřeba velké množství energie a při užívání vzniká prach, takže je doporučeno používat respirátory a ochranné pomůcky.



Obr. 21 Typy výrobků, výroba a izolační skelné vaty [34]

Minerální vata

Poměr ceny, vlastností a výsledného efektu řadí minerální vlnu mezi nejpoužívanější tepelné izolace. Vyrábí se tavením hornin, nejčastěji jde o čedič nebo křemen, podle výchozích surovin se pak jedná o kamennou či skelnou vlnu. Kamenná vlna vzniká tavením čediče, do jemných vláken jsou vstřikovávána pojiva, hydrofobizační oleje, protiplísňové přísady a podobně. Po tepelném vytvrzení a ochlazení je materiál nařezán na potřebné rozměry, dodává se v rolích nebo deskách. Díky čediči má kamenná vlna vysoký bod tání, odolává proto ohni. Neměla by však být dlouhodobě vystavována vlhku. Podobně je vyráběna i skelná vlna, díky příbuznosti výchozího materiálu má také podobné vlastnosti, jako vlna kamenná. Významnou předností minerálních tepelných izolací je i nízký difúzní odpor, a tím vysoká paropropustnost, dům může dýchat, což konkrétně znamená, že se zejména případná zkondenzovaná vlhkost v obvodové zdi může odpařovat ven. Díky této vlastnosti se minerální vlna často úspěšně používá v difúzně otevřených konstrukcích nebo u dvouplášťových střech. Součinitel tepelné vodivosti tohoto materiálu je od $\lambda = 0,035 \text{ W/(m.K)}$. [34] Mezi výhody patří rozměr desky 1000 x 333 umožňuje až o 40% rychlejší aplikaci než u běžné lamely, použití bez nutnosti následné povrchové úpravy, možnost aplikace bez nutnosti kotvení, kratší doba realizace oproti standardním zateplovacím systémům, schopnost skrýt drobné nerovnosti podkladu, vytvoření prostorového efektu bosáže, vysoká pevnost v tahu (možnost lepit na stropy), velmi dobré tepelně izolační schopnosti, vysoká protipožární odolnost, výborné akustické vlastnosti z hlediska zvukové pohltivosti, nízký difúzní odpor - snadná propustnost pro vodní páru, snadná opracovatelnost - materiál lze brousit, řezat, vrtat, lepit atd., ekologická a hygienická nezávadnost. [33]



Obr. 22 Výroba a izolační výrobky ze minerální vaty [37]

2.3.9 Přírodní materiály

Konopí

Konopí patří mezi velmi využívané technické rostliny. Jeho největší předností je rychlá obnovitelnost – roste mnohem rychleji než dřevo, navíc nevyžaduje žádnou velkou péči ani ošetřování chemickými látkami. Při růstu odbourává CO₂, půda je po sklizni kvalitní. Z vláken této rostliny jsou vyráběny konstrukční desky i tepelně–izolační materiály ve formě desek či rouna. Pro izolaci těžce přístupných nebo nepravidelných míst je používána konopná foukaná sypká izolace. Díky srovnatelným vlastnostem ($\lambda \approx 0,04 \text{ W/(m.K)}$), mohou konopné materiály nahradit minerální vlnu. Uchovávají si dlouhodobě své vlastnosti, jsou pevné, odolné proti vlhkosti, nehrozí ani napadení škůdci či hnilobou. Zaručují zdravé mikroklima, a tedy příjemné bydlení. Obdobné vlastnosti, ale zatím menší rozšíření, mají izolační materiály z dřevitých vláken a technického lnu. Všechny tyto výrobky lze považovat za čistě ekologické, neboť při jejich výrobě nejsou používána žádná lepidla. Mají vysokou tepelnou kapacitu ($c = 2100 \text{ J/(kg.K)}$), díky níž se v horkých letních měsících nepřehřívají, účinkují současně jako tepelně–akumulační materiál, jsou paropropustné, v konstrukci navíc fungují jako savý papír – vlhkost pohltí a rozšíří, aniž by byly mokré. [29] [40]



Obr. 23 Druhy izolace z konopí [40]

Sláma

Sláma je jeden z nejobvyklejších stavebních i tepelně–izolačních materiálů našich předků a její obliba v současnosti opět roste. A ke slovu přichází zase ve všech oblastech – jako součást zdících materiálů – nepálených cihel, případně hliněných omítek, jako střešní krytina, tepelná izolace, případně i součást nábytku.

V konkrétní stavbě může být sláma použita jako nosný konstrukční materiál nebo jako doplnění nosného systému. Překvapivě má slaměná izolace ve spojení s hliněnou omítkou vysokou

požární odolnost, může to být až 90 minut, vyhovuje proto všem typům konstrukcí. Podstatnou nevýhodou je ovšem nízká odolnost proti vlhkosti, slaměnou izolaci je proto nutné před ní dobře chránit, například omítkou či obkladem. Součinitel tepelné vodivosti slaměných izolací je přibližně $\lambda = 0,1 \text{ W/(m.K)}$ [29] [40]



Obr. 24 Izolační desky z lisované slámy [29]

Celulóznové izolace

Celulóznové tepelně-izolační materiály se vyrábějí z recyklovaného novinového papíru, základní surovinou je tedy v prvopočátku dřevo. Roztrhaný novinový papír je smíchán s přísadami, zpravidla boritany, které zajišťují jeho odolnost proti škůdcům, plísním, hnilobám a ohni. Poté je směs rozemleta. V prodejní síti je nabízena pod obchodními názvy Climatizer či Isocell, v zahraničí častěji jako Isofloc nebo Thermofloc, Součinitel tepelné vodivosti celulóznové izolace je přibližně $\lambda = 0,04 \text{ W/(m. K)}$.



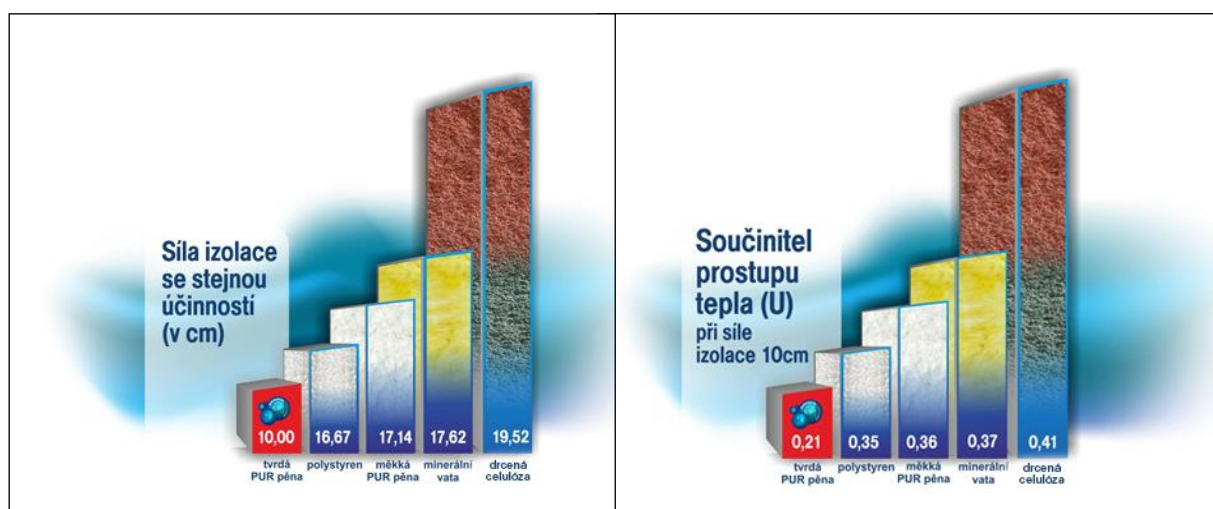
Obr. 25 Celulóznové izolační desky [29]

2.3.10 Srovnání izolantů

Materiál	Součinitel tepelná vodivosti λ [(W/m.K)]	Faktor difuzního odporu μ [-]	Objemová hmotnost [(kg/m ³)]	Měrná tepelná kapacita c [(J/Kg.K)]
Extrudovaný polystyren XPS	0,032 - 0,035	100 - 200	25 - 30	2060
Pěnový polystyren EPS	0,039 - 0,043	40 - 67	25 - 30	1270
Pěnový polyuretan PUR	0,024 - 0,032	150 - 200	30	1500
Minerální vlna lisovaná	0,054 - 0,095	200	150 - 350	1150
Skleněná vata	0,046 - 0,050	2,5	15 - 35	940
Konopné desky	0,040 - 0,041	1,5	40	1600
Slaměné desky	0,050 - 0,080	1,1 - 3	50	1500
Celuzové lisované desky	0,040 - 0,041	3	65	1200

Tab.1 Srovnání popsaných izolantů

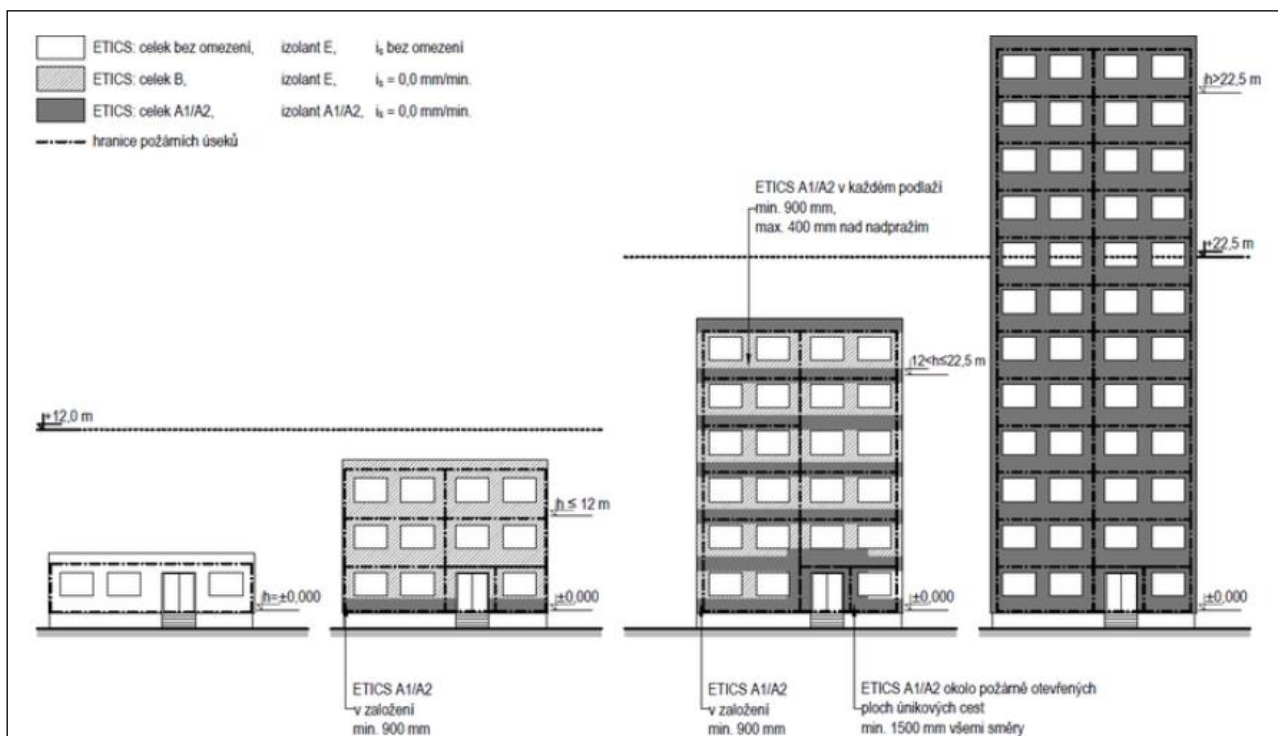
Jako tepelněizolační materiál se používá nejčastěji pěnový polystyrén, dnes zpravidla šedý typ s přidavkem grafitu (obr. 18) který má téměř o 20% lepší tepelně izolační vlastnosti než bílý polystyrén. Další možnosti je minerální vata. Existují i speciální desky z minerální vaty s orientací vláken kolmo na fasádu, které mají znatelně lepší mechanické vlastnosti. Jednou z výhod minerální vaty je její difuzní otevřenost (propustnost pro vodní páru). V kontaktních zateplovacích systémech se neprojeví tak jak má, protože jsou použity lepicí tmely a stěrky které jsou podstatně méně propustné. V dnešní době se stále více prosazují tepelně izolační materiály z přírodních zdrojů jako je konopí, celulóza nebo sláma.



Obr. 26 Srovnání vybraných izolantů [29]

2.3.11 Požadavky na požární bezpečnosti na zateplení

Požadavky na požární bezpečnost staveb určuje vyhláška č. 23/2008 Sb., o technických podmínkách požární ochrany staveb ve znění vyhlášky č. 23/2011 Sb. Požadavky na vnější zateplení obvodových konstrukcí se stanovují dle revidované normy ČSN 73 0810, o požární bezpečnosti z roku 2016. Požadavky se stanovují podle požární výšky objektu. Požární výška představuje vzdálenost mezi úrovní podlahy v prvním nadzemním podlaží a úrovní podlahy posledního užitného nadzemního podlaží, respektive po poslední podzemní užitné podlaží. [43] [45]



Obr. 27 Čtyři výškové kategorie a jejich základní požadavky na zateplení ETICS [45]

Řadový objekt, popřípadě objekt v proluce, je potřeba na styku se sousedním objektem opatřit po celé výšce objektu požárním pruhem (tepelný izolant třídy reakce na oheň nejhůře A2) v šíři alespoň 0,9 m.

Objekty s požární výškou $12,0 < h \leq 22,5$ m

Stejně jako u nižších objektů i zde je potřeba instalovat certifikovaný ETICS s danými požadavky (kontaktně spojený, izolant nejhůře E, systém nejhůře B, index šíření plamene po povrchu $i_s = 0,0$ mm/min), k tomu se ovšem přidávají další opatření, která mají za úkol snížit nebo eliminovat riziko rozšíření požáru po fasádě:

- **oddělení jednotlivých podlaží požárním pruhem** (s tepelným izolantem třídy reakce na oheň A1 nebo A2) výšky alespoň **0,9 m**, který nebude začínat výše než

0,4 m nad nadpražím otvorů daného podlaží.

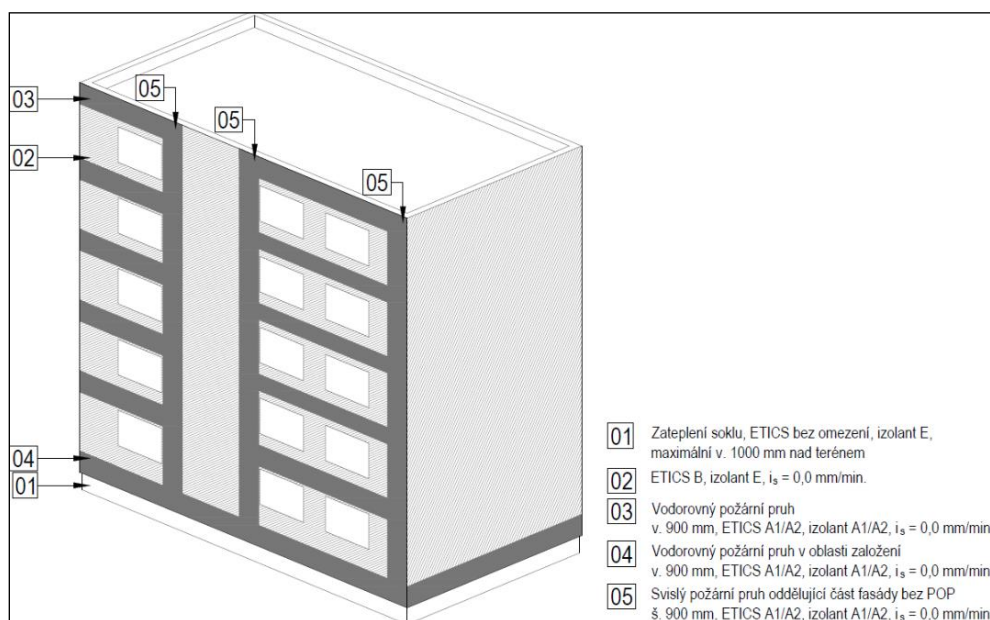
Požární pruh je nutno instalovat po celém obvodě objektu na rozhraní všech podlaží bez ohledu na to, zda jde o užitná podlaží, bez ohledu na podlažnost požárních úseků a bez ohledu na to, zda se na fasádě nacházejí požárně otevřené plochy. Požární pruh se tedy objeví i nad posledním podlažím (u atiky), na střešních objektech strojoven nebo mezi jednotlivými podlažími vícepodlažního požárního úseku (např. mezonetu).

- **použití nehořlavého tepelného izolantu ve specifických detailech.** Specifické detaily jsou rozebrány v kapitole 2.3.12

2.3.12 Specifických detailů^[43]

Zateplení fasády bez požárně otevřených ploch

Na části fasády bez požárně otevřených ploch (bez oken, dveří, vyústek technologického zařízení) lze vynechat všechny kombinace materiálů, včetně základních požárních pruhů a lze použít pouze hořlavý tepelný izolant, pokud bude od ostatních částí fasády oddělen svislým požárním pruhem v šíři alespoň 0,9 m. Toto řešení je míněno zejména na celky štítových fasád, v konečném důsledku lze ale takto vyřešit i menší fasádní celky a záleží pouze na posouzení technologické a ekonomické výhodnosti.



Obr. 28 Požární pruh 0,9 m oddělující část fasády bez POP od ostatních částí obálky budovy [45]

Zateplení podhledových částí horizontálních konstrukcí

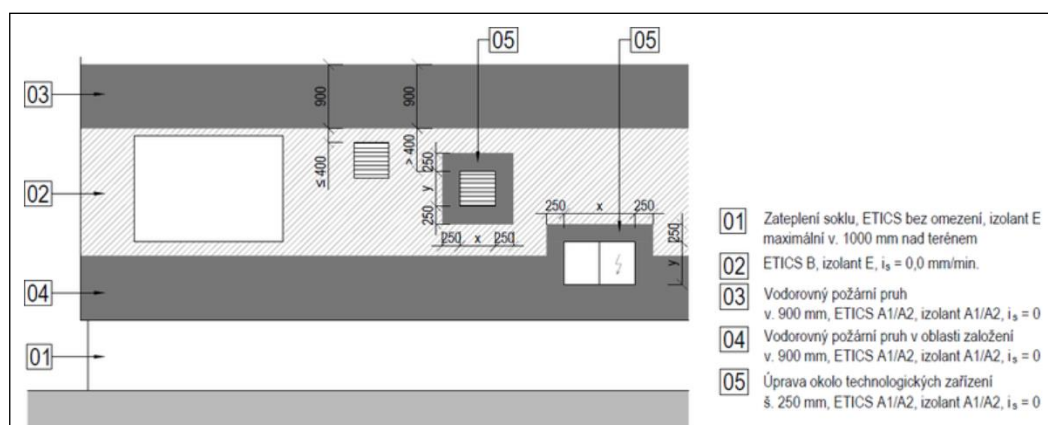
Podhledové části horizontálních konstrukcí (římsy, balkony, lodžie, konzoly apod.) musí být zatepleny tepelným izolantem třídy reakce na oheň nejhůře A2, pokud plocha těchto konstrukcí je větší než 1,0 m² nebo širší než 0,3 m.

Pokud římsa zakrývá prostor dřevěného krovu, pak bez ohledu na její rozměr (délku jejího vyložení) je nutné použít nehořlavý tepelný izolant v tloušťce alespoň 25 mm.

Zateplení okolo vyústění technologických zařízení

Vyústění technologického zařízení na fasádě nesmí být slabým místem, kterým by hrozilo prošlehnutí plamene do ETICS. Tepelný izolant v blízkosti elektrických skříní, vzduchotechnických zařízení (bez možnosti uzavření požární klapkou) apod. musí být třídy reakce na oheň nejhůře A2 a to do vzdálenosti alespoň 0,25 m na všechny strany.

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



Obr. 29 Úpravy ETICS okolo technologických zařízení na fasádě [45]

Zateplení chráněných únikových cest

Vnější úprava fasády nesmí umožnit větší tvorbu (toxických) zplodin hoření, které by mohly ohrozit evakuaci osob. Kolem oken, dveří nebo vzduchotechnických vyústek vedoucích do prostoru vertikálních únikových cest (u objektů s požární výškou 12,0–22,5 m jde zejména o schodišťový prostor chráněných únikových cest) musí být použit tepelný izolant třídy reakce na oheň nejhůře A2 v šířce alespoň 1,5 m na všechny strany.

2.4 EKONOMIKA ZATEPLOVÁNÍ

Nejdůležitějším kritériem pro rozhodnutí, zda provést zateplení domu, je ekonomická stránka. Většinu lidí zajímá nejvíce, co za dodávku tepla zaplatí. Zateplení domu se nejčastěji dělá proto, abychom snížili platby za spotřebované teplo. Očekáváme tedy, že investice vložená do zateplení se nám po určité době vrátí a v průběhu času na tom ještě něco vyděláme. Pokud by tomu tak nebylo, pak by bylo výhodnější peníze investovat jinak (třeba do stavebního spoření nebo do akcií) a z výnosů si pak platit náklady za teplo. [46]

Za jak dlouho se nám investice vrátí, záleží především na tom, kolik do zateplené musíme vložit peněz (počáteční investice) a na tom, kolik peněz každoročně ušetříme na platbách za energie (výnosy z investice).

Kolik musíme investovat, se dá nejsnáze zjistit, když si necháme na plánované zateplení udělat nabídku od firmy (nejlépe alespoň dvou firem). Například kontaktní zateplení fasády stojí okolo 1000 až 1500 Kč/m², takže zateplení fasády u běžného rodinného domu se pohybuje někde mezi 200 až 300 tisíci korun. Kolik za rok zateplením můžeme ušetřit, zjistíme, když v rozdíl v roční potřebě tepla před zateplením a po zateplení přepočteme na peníze. Pokud je například rozdíl (úspora tepla) 10 000 kWh a topíme elektřinou v přímotopné sazbě, kde za 1 kWh zaplatíme 2,50 Kč, pak za rok ušetříme 25 000 Kč. Způsobu, jak vyhodnotit návratnost investice je více, záleží na tom, co všechno do výpočtu chceme zahrnout (např. růst cen energie, úroky z hypotéky, míru inflace apod.)



Obr. 30 Ekonomika zateplování [5]

2.4.1 Prostá doba návratnosti investice

Nejjednodušší používaný způsob hodnocení je takzvaná prostá doba návratnosti. Je to vlastně investice vydělená roční úsporou. Pokud například investujeme 100 tisíc a díky tomu pak ušetříme každá rok 10 tisíc, tak bude prostá doba návratnosti 10 let. V tomto případě nepočítáme s cenou peněz (kolik by nám mohly vynést, kdybychom je investovali jinak), mírou inflace a ani s růstem cen energie. Prostá doba návratnosti je užitečná, když srovnáme několik různých možností, kde se mění jen některé technické parametry (například tloušťka nebo druh použité izolace) a potřebujeme zvolit, co nejlepší. Pokud se ale rozhodujeme, zda je lepší zateplit dům nebo investovat do penzijního připojištění, pak s prostou návratností nevystačíme. [46]

$$T_s = \frac{IN}{CF}$$

kde: IN Investiční výdaje projektu
CF Roční přínosy projektu (cash-flow, změna peněžních toků po realizaci projektu).

2.4.2 Reálná doba návratnosti investice

Při uvažování současné hodnoty toků hotovosti lze určit dobu, ve které v daném projektu nastane rovnováha mezi příjmy a výdaji. Tato doba se označuje jako diskontovaná doba návratnosti prostředků a lze ji považovat za kritérium se srovnatelnou vypovídací schopností jako NPV. Obecně lze diskontovanou dobu návratnosti stanovit z podmínky $NPV = 0$.

Reálná doba návratnosti (RDN)

$$\sum_{t=1}^{T_{sd}} CF_t \cdot (1+r)^{-t} - IN = 0$$

Kde: T_{sd} je zmíněná reálná doba návratnosti.
r diskont
t hodnocené období (1 až n let)

2.4.3 Čistá současná hodnota

Základem pro určení čisté současné hodnoty je určení toků hotovosti. Toky hotovosti (Cash Flow) jsou rozdílem příjmů a výdajů spojených s projektem v jednotlivých letech. Toky hotovosti v sobě zahrnují veškeré hodnotové změny během života projektu. Pro hodnocení toků hotovosti se tyto upravují převodem z budoucích hodnot do současnosti. Hodnoty jsou zpravidla

převedeny do období, kdy dochází k vynaložení největších investic. Takto převedená hodnota se nazývá současná hodnota.

Průběžné pokrytí investic a dalších výdajů příjmy vyjadřuje kumulovaný tok hotovosti, kdy se jednotlivé roční hodnoty průběžně sčítají (kumulují) a představují skutečný hodnotový stav u realizovaného opatření v příslušném roce. Pokud je hodnota kumulovaného toku hotovosti v daném roce záporná, nedošlo v tomto období k pokrytí výdajů projektu jeho příjmy.

Hodnota diskontovaného kumulovaného toku hotovosti v posledním roce se označuje zkratkou NPV (Net Present Value) a slouží jako důležité kritérium pro posuzování a porovnávání projektů. [46]

Vhodnost použití čisté současné hodnoty je dána především tím, že zohledňuje vliv času po celou dobu hodnocení, zahrnuje změnu hodnotových vstupů i výstupů realizace opatření a může zohledňovat způsob financování. Čím vyšší je hodnota NPV, tím je opatření ekonomicky výhodnější. Pokud je hodnota NPV záporná, opatření nelze za daných podmínek realizovat.

$$NPV = \sum_{t=1}^{Tz} CF_t \cdot (1+r)^{-t} - IN$$

2.4.4 Cash Flow

Tok hotovosti (Cash Flow) v daném roce se pro opatření navržená a hodnocená v rámci energetického auditu stanovuje takto:

$$\text{Cash Flow (CF)} = \text{Úspory (U)} - \text{Investiční náklady (IN)}$$

Úspory (U) – reprezentují změnu provozních nákladů vyvolaných realizací opatření a stanoví se jako rozdíl provozních nákladů před realizací a po realizaci opatření

Investiční náklady (IN) – náklady spojené s pořízením energetických zařízení a stavebních konstrukcí.

3 ZATEPLENÍ BYTOVÉHO DOMU V OSTRAVĚ

V této části diplomové práce je vybrán pro provedení analýzy nezateplený bytový dům v Ostravě – Hrabůvce. Stavební dokumentace bytového domu byla poskytnuta pro účely této diplomové práce od stavebního odboru Městského obvodu Ostrava-Jih. Stavební dokumentace se skládala z půdorysů jednotlivých podlaží, pohledů, a řezu bytovým domem. Po konzultaci se správcem domu a místním šetření, byly zjištěny informace o zdrojích vytápění a ohřevu teplé vody a byli poskytnuty informace o platbách za energie v uplynulých letech. Panelový dům byl postaven v 80. letech minulého století a některé konstrukce jsou na prahu životnosti a vyžadují rekonstrukci. Dále dům nesplňuje současné tepelně technické normy. Problémem jsou také zvyšující se platby za energie.

Proto bude provedena kompletní analýza stavu současných energií, návrh opatření ke snížení energetické náročnosti budovy, kombinace navržených variant a finanční posouzení návratnosti investice.

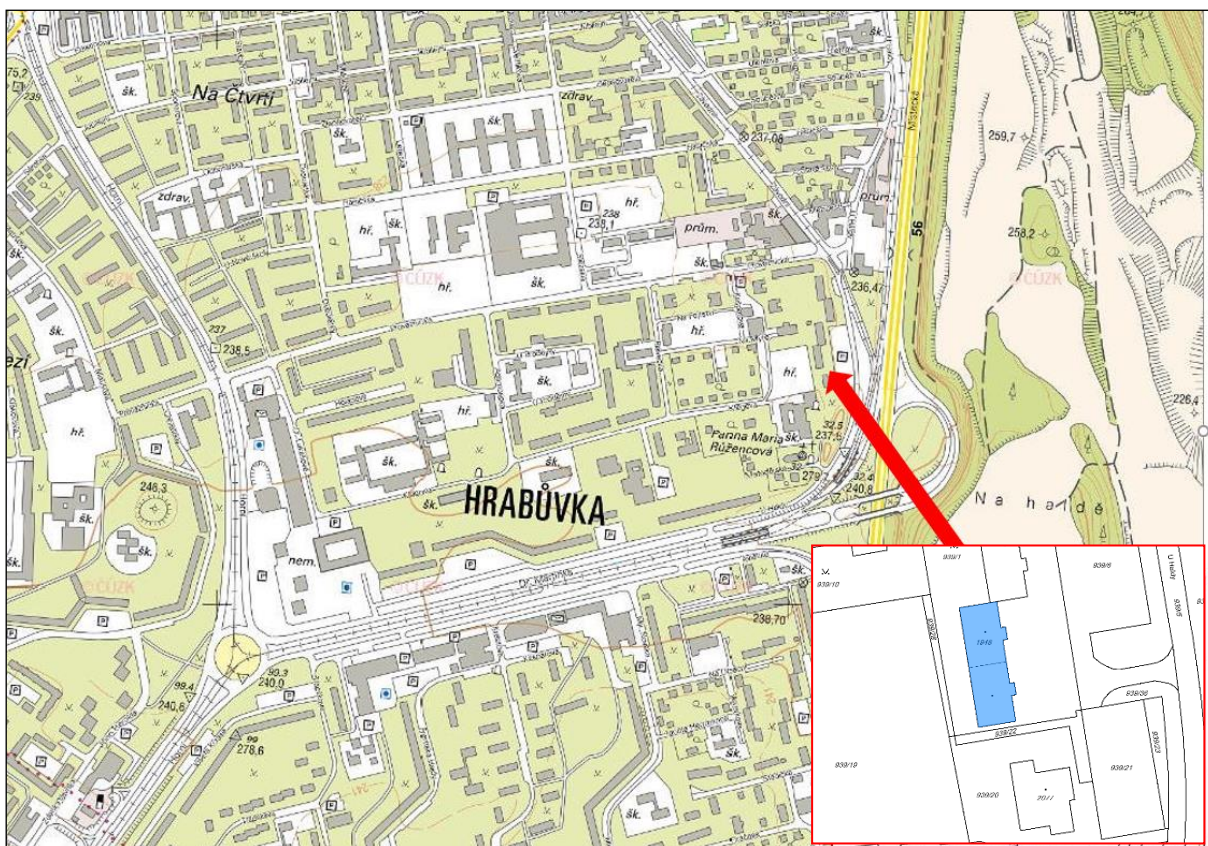


Obr. č. 31 – Původní stav bytového domu již po realizaci výměny oken

3.1 POPIS PŮVODNÍHO STAVU OBJEKTU

3.1.1 Identifikace bytového domu dle katastru nemovitostí

Jedná se o objekt pro bydlení, bytové zástavby. Bytový dům se nachází v Moravskoslezském kraji v okrese Ostrava – město ve městě Ostrava, v městské části Ostrava – Jih – Hrabůvka Budova má přiděleno číslo popisné 1543 a 1544 a v katastru nemovitostí je evidována se způsobem využitím bytový dům. Pozemek parcelní číslo st. 1948 katastrální území Hrabůvka [714585] o výměře 499 m² je v katastru nemovitostí evidován v druhu pozemku zastavěná plocha a nádvoří a k datu analýzy je v celém rozsahu zastavěný výše uvedenou budovou. Bytový dům je ve vlastnictví Statutárního města Ostrava. Bytový dům se nachází na jihovýchodě Ostravy, v okolí se nachází veškerá občanská vybavenost.



Obr. č. 32 – Umístění stavby v místní části Hrabůvka

3.1.2 Popis obce / města

Název obce:	Ostrava – Jih (Hrabůvka)
Druh obce:	Městská část
Počet obyvatel dle MLO 2017:	290 923
Územní plán:	Ano vydán 19. 9. 2018 (Je k dispozici v elektronické podobě)

3.1.3 Popis městské části

Název městské části:	Hrabůvka
Obchody:	5x (50-500 m)
Školy:	2x ZŠ, 1x MŠ, 1x Gymnázium, 3x SŠ, 1xZUŠ (50-700 m)
Poštovní úřad:	1x (250 m)
Obecní úřad:	1x (760 m)
Stavební úřad:	1x (650 m)
Kulturní zařízení:	Moravskoslezské národní divadlo, Janáčkova filharmonie
Sportovní zařízení:	Plavecký bazén, 1x venkovní posilovna, fitness, 2x park
Životní prostředí:	Horší, Polanenský park
Inženýrské sítě:	Vodovod, kanalizace, ČOV, plynofikace

3.1.4 Popis lokality

Poloha k centru:	2 200 m
Vzdálenost k nádraží ČD:	1,4 km
Vzdálenost k autobusovému nádraží:	1,3 km
Vzdálenost k zastávce MHD:	150 m

Dopravní podmínky:	Výborné
Konfigurace terénu:	Rovinatý
Převládající zástavba:	Převládající bytová zástavba
Přístup a příjezd:	Silnice
Parkovací možnosti:	Parkovací stání možno na veřejném prostranství.
Obyvatelstvo v okolí:	Mírně rizikové
Inženýrské sítě v obci s možností napojení oceňované nemovité věci:	Možnost napojení na všechny inženýrské sítě.

3.2 POPIS VÝCHOZÍHO STAVU STAVBY

Objekt se nachází v katastrálním území Ostrava – Jih – Hrabůvka Budova v sídlišti postaveném v 80. letech minulého století v jižní části města. Na pozemku parcelní číslo st. 1948 se nachází bytový dům číslo popisné 1543 a 1544. Na jižní straně jsou umístěny oba hlavní vstupy do budovy. Celý pozemek je rovinatý, zatravněný, v okolí se nachází vysoká zeleň.

Samostatně stojící bytový dům má jedno podzemní a sedm nadzemních podlaží. Střeška je plochá, pokryta asfaltovými hydroizolačními pásy. Stavba je na pozemku orientována svojí podélnou osou kolmo na ulici U Haldy.

Stavební řešení odpovídá typické výstavbě z osmdesátých let 20. století. Obvodové stěny nadzemních podlaží jsou vystavěny z železobetonových panelů. Okna jsou dřevěná zdvojená. Vstupní dveře do budovy jsou ocelové prosklené. V obvodových zdech přilehlých k bytovým jádrům se nachází speciální tří-průduchová betonová tvárnice, do které by údajně měly být zaústěny vždy dva průduchy pro větrání spížních skříní a jeden průduch pro větrání WC a koupelny (dutinou ve stropním panelu).

Vytápění a ohřev teplé vody v domě je centrální – dálkovým teplovodem ze sídlištní kotelny. V domě jsou dále provedeny rozvody elektrické energie.

Celkový vytápěný objem objektu: 7 850,9 m³

Celková vytápěná plocha objektu: 2 829,9 m²

3.2.1 Základní technický popis budovy

Počet bytů:	42
Průměrný počet nájemníků	98
Provozní režim	nepřetržitý
Popis činnosti	nájemní bytový dům
Rekonstrukce objektu	nebyla provedena
Technické zařízení	není výrobní objekt
Zdroj tepla pro ÚT	centrální zásobování tepla
Zdroj tepla pro TV	centrální zásobování tepla
Zdroj elektrické energie	zdrojem el. energie je síť ČEZ napojení z trafostanice poblíž budovy
Zdroj zemního plynu	není využíván
Rozvody tepelné energie	původní dvoutrubkové. Hlavní rozvody ÚT a TV jsou taženy pod stropem 1. PP. Otopná tělesa jsou desková i článková, regulační armatury otopných těles jsou osazeny termostatickými regulačními hlavicemi.
Rozvody elektrické energie	původní
Rozvody zemního plynu	nejsou instalovány
Osvětlení	různé
Chlazení a vzduchotechnika	není instalováno
Měření spotřeb	fakturační měření
	- elektrická energie – společné prostory a pro každý byt
	- teplo – na patě objektu – rozúčtování dle plochy bytů
	- teplá voda – na patě objektu – rozúčtování probíhá dle instalovaných vodoměrů v každé bytové jednotce
Prodej energií	prodej energií není realizován
Dokumentace	- částečná stavební dokumentace
	- fotografická dokumentace
	- účetní doklady (faktury)
	- normy, vyhlášky, zákony, předpisy
	- informace od provozovatele objektu

3.2.2 Stavebně technické řešení budov, tepelně technické vlastnosti konstrukcí

Stávající bytový dům byl postaven v panelové soustavě T06 B a je krytý rovnou střechou. Svislý obvodový plášť je železobetonový vrstvený (skladba keramzitbeton tl. 240 mm. Stropy jsou provedeny ze železobetonových dutinových panelů tl. 120 mm, podlahy v nadzemních podlažích jsou provedeny v tl. 40 mm. Okna v nadzemních podlažích jsou dřevěná zdvojená, v suterénu dřevěná jednoduchá. Vstupní dveře do budovy jsou ocelové prosklené. Stávající střecha má stávající skladbu: železobetonový dutinový stropní panel tl. 120 mm, Rotaflex 75 mm, větraná vzduchová mezera, prkenné bednění, asfaltová hydroizolace s posypem.

Obvodový plášť je proveden z keramzitbetonu tl. 240 mm. Zdivo suterénu je z keramzitbetonových bloků tl. 240 mm.

Vodorovné konstrukce – podlahy jsou tvořeny železobetonovým panelem tl. 120 mm, betonovou mazaninou a svrchní vrstvou – PVC.

Složení konstrukce stropu a střechy stropy jsou rovněž železobetonové (dutinový panel, betonová mazanina), střecha zateplena Rotaflexem tl. 75 mm, střecha rovná, střešní krytinu tvoří asfaltová hydroizolace s posypem.

Vnitřní povrchy konstrukcí jsou vápenné štukové s malbou kličovou. V prostorech sociálních zařízení je proveden obklad glasovanými obkladačkami.

Výplňové konstrukce tvořené původními dřevěnými zdvojenými okny, které jsou v horším stavu. Vstupní dveře jsou ocelové prosklené s jednoduchým zasklením.



Obr. 33 Konstrukční systém panelového domu [47]

3.2.3 Charakteristika využití budovy

Bytový dům je stavba určena k bydlení nachází se zde 42 nájemních bytů. Mimo byty jsou situovány společné chodby, schodiště, společné prostory v suterénu (sklepní kóje). Všechny prostory v budově jsou využívány jen k uvedeným účelům. Vytápěna jsou všechna nadzemní podlaží mimo prostor schodišť a půdy a suterénu.

V jednotlivých částech objektu jsou umístěny tyto prostory:

- suterén – sklepní kóje, ostatní sklepní prostory
- přízemí – vestibul,
- schodiště, nájemní byty
- 2 – 6. patro – nájemní byty, schodiště

3.2.4 Popis míry zanedbané údržby

Dle informací provozovatele je objekt vytápěn rovnoměrně, bez problémů. Dle vlastního průzkumu objektu lze konstatovat, že údržba objektu a zařízení je prováděna pravidelně. Budova však nese znaky opotřebení a stáří konstrukcí. Vnější omítky jsou v dobrém technickém stavu. Horší situace je však u okenních a dveřních konstrukcí. Zde je velmi patrné časté rozklížení a nedoléhání oken a dveří. Okna jsou ve stavu odpovídajícím stáří konstrukcí. Původní tepelné izolace rozvodů ústředního vytápění i teplé vody v nevytápěných prostorech jsou v nevyhovujícím stavu. Statutární město Ostrava majitel objektu, připravuje komplexní rekonstrukci objektu spočívající v rekonstrukci fasád, výměně oken a zateplení stropu a podlahy suterénu.



Obr. 34 Detail poškození oken před výměnou

3.2.5 Tepelně technické vlastnosti konstrukcí

Výpočet tepelného výkonu a výpočet potřeby tepla na vytápění jsou uvedeny v příloze č. 1 jako výstup programu Stavební fyzika [21]. Dle těchto výpočtů lze říci, že všechny obalové konstrukce svými tepelně-izolačními vlastnostmi neodpovídají stávajícím požadavkům normy ČSN 73 0540 -2.

Shrnutí údajů

Objekt	Bytový dům U Haldy 1543, 1544
Část budovy	Celá budova
Rok výstavby	80. léta 20 st.
Rekonstrukce	Neznámé
Podlahová plocha budov – celý komplex	2 829,9 m ²
Obestavěný objem budov – celý komplex	10 116,40 m ³
Počet nadzemních podlaží	6
Počet podzemních podlaží	1 (nevytápěný suterén)
Konstrukční výška (m) (světla výška (m))	2,8 m (2,62 m)
A/V	0,34
Průměrná vnitřní teplota	20 °C
Plocha plné části fasád	1 883,80 m ²
Plocha otvorů	542,1 m ²
Plocha stropních konstrukcí	439,29 m ²
Plocha podlah	439,29 m ²
Konstrukce svislého obvodového pláště	Svislý obvodový plášť je z keramzitbetonu tl. 24 cm, bez tepelné izolace – součinitel prostupu tepla $U \approx 1,774 \text{ W/m}^2\text{K}$, Tepelně technické vlastnosti původních nezateplených zděných konstrukcí jsou z hlediska platné ČSN730540-2:2011 nevyhovující
Střešní a stropní konstrukce	Střecha plochá z
(stávající stav)	ŽB panelů tl. 120 mm, zateplena Rotalexem tl. 75 mm, pokrytá asfaltovou hydroizolací. Součinitel prostupu tepla střešní konstrukce je $U \approx 0,532$

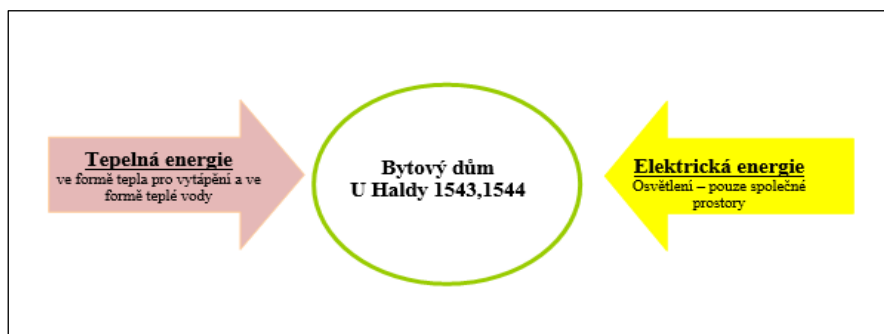
	W/m ² K. Tepelně technické vlastnosti střešních a stropních konstrukcí jsou z hlediska platné ČSN 73 0540-2:2011 nevyhovující .
Vnitřní konstrukce	Podlahové konstrukce nad suterénem, jsou provedeny bez zateplení ŽB panel U ≈ 2,745 W/m ² K.
Stávající stav	Tepelně technické vlastnosti uvedených konstrukcí jsou z hlediska platné ČSN730540-2:2011 nevyhovující .
Otvorové výplně	Původní zdvojená okna v dřevěném rámu U ≈ 2,4 W/m ² K se součinitel spárové průvzdušnosti $i_{LV} \approx 1,0 \text{ m}^3 / (\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Pa}^{-67})$. Vstupní dveře jednoduché ocelové U ≈ 2,7 W/m ² K se součinitel spárové průvzdušnosti $i_{LV} \approx 1,0 (\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Pa}^{-67})$. Tepelně technické vlastnosti uvedených původních konstrukcí jsou z hlediska platné ČSN 73 0540-2:2011 nevyhovující .

3.2.6 Údaje o energetických vstupech a výstupech

V následujících tabulkách je přehled energetických vstupů a to ve formě nakupovaných a dodávaných energií. Od provozovatele objektu byly poskytnuty údaje o spotřebě dodaného tepla pro vytápění, dodaného tepla na přípravu TV a údaje o elektrické energie společných prostor. Spotřeby elektrické energie jednotlivých bytů nejsou k dispozici – individuální záležitost nájemníků. Budova je pomocí kabelu NN napojena na distribuční síť dodavatele el. energie. Centrální zásobování teplem je z kotelny Sever, která se nachází v blízkosti objektu.

Vstupní energie, které jsou fakturačně sledovány:

- Teplo pro vytápění
- Teplá voda
- Elektrická energie společných prostor, nájemníci mají uzavřeny smluvní vztahy s dodavatelem individuálně

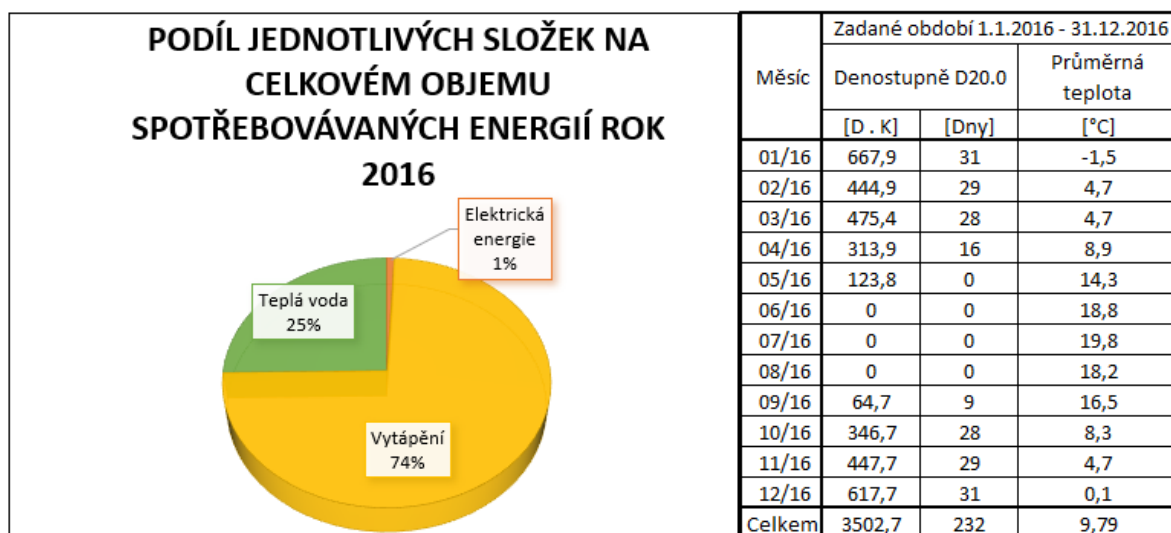


Obr. 35 Informativní tok energií v objektu

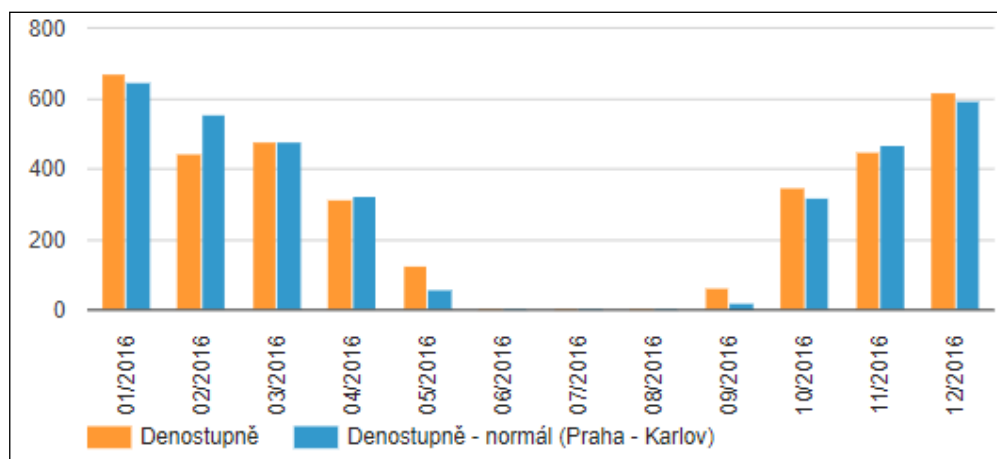
3.2.7 Soupis základních údajů o energetických vstupech a výstupech

Rok 2016

Vstupy paliv a energie	Jednotka	Množství	Výhřevnost GJ/jednotku	Přepočtena na GJ	Cena/GJ	Roční náklady v Kč
Nákup el. Energie	MWh	5,36	3,6	19,296	1524	29 407
Nákup tepla (ÚT)	GJ	1806,65	1	1806,65	461	832 866
Nákup tepla (TV)	GJ	616,65	1	616,65	461	284 276
Celkem spotřeba paliv a energie				1825,95	-	1 146 548



Obr. 36 Podíl jednotlivých složek na celkovém objemu spotřebovávaných energií rok 2016



Obr. 37 Počet denostupňů pro rok od 1.1.2016 – 31.1.2016[48]

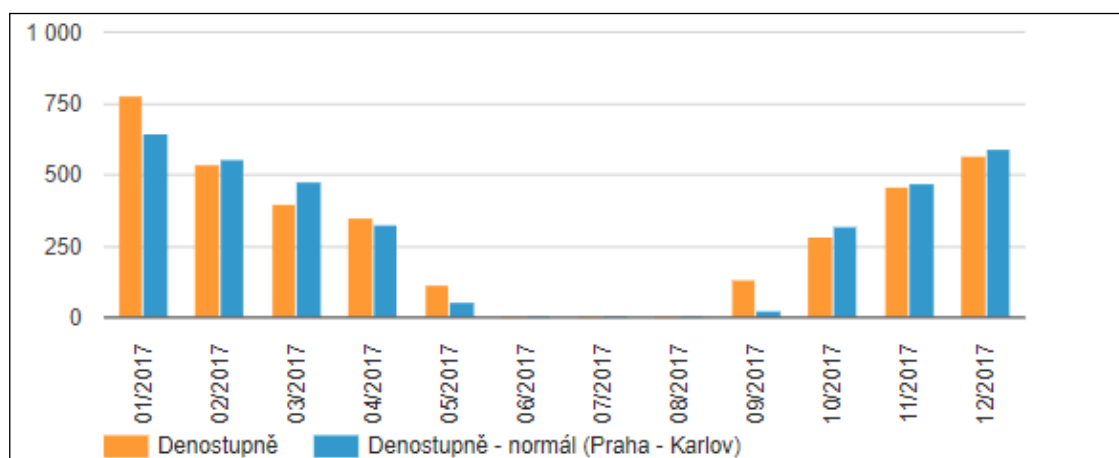
Poznámka: v tabulce je zahrnuta pouze spotřeba elektřiny společných prostor. Spotřeba elektřiny jednotlivých bytů není známa – jednotliví nájemníci mají uzavřeny s dodavatelem elektřiny individuální smlouvy. Nájemník nemá povinnost archivovat účetní doklady o spotřebě energií

Rok 2017

Vstupy paliv a energie	Jednotka	Množství	Výhřevnost GJ/jednotku	Přepočet na GJ	Cena/GJ	Roční náklady v Kč
Nákup el. Energie	MWh	5,76	3,6	20,736	1615	33 489
Nákup tepla (ÚT)	GJ	1835,26	1	1835,26	553	1 014 899
Nákup tepla (TV)	GJ	632,22	1	632,22	553	349 618
Celkem spotřeba paliv a energie				1855,996	-	1 398 005



Obr. 38 Podíl jednotlivých složek na celkovém objemu spotřebovávaných energií rok 2017



Obr. 39 Počet denostupňů pro rok od 1.1.2017 – 31.1.2017[48]

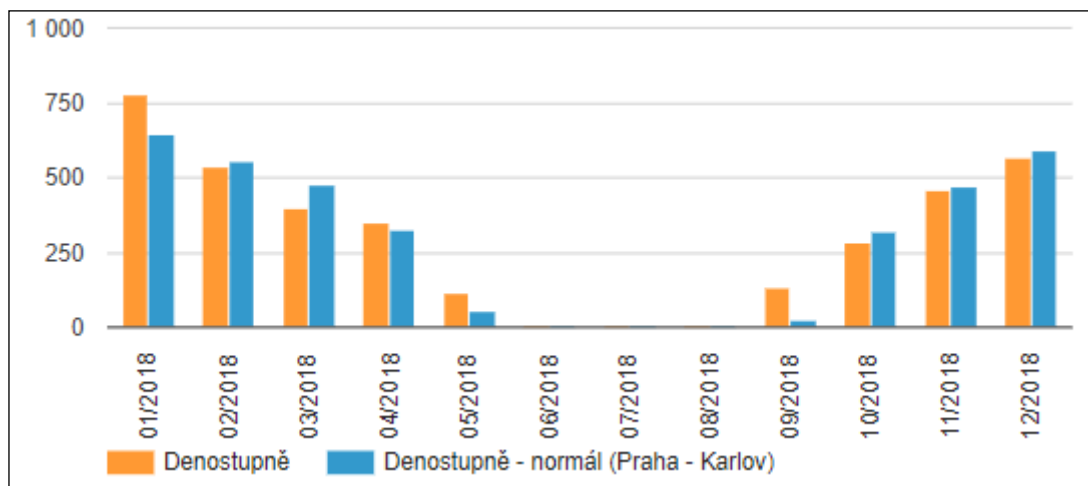
Poznámka: v tabulce je zahrnuta pouze spotřeba elektřiny společných prostor. Spotřeba elektřiny jednotlivých bytů není známa – jednotliví nájemníci mají uzavřeny s dodavatelem elektřiny individuální smlouvy. Nájemník nemá povinnost archivovat účetní doklady o spotřebě energií

Rok 2018

Vstupy paliv a energie	Jednotka	Množství	Výhřevnost GJ/jednotku	Přepočet na GJ	Cena/GJ	Roční náklady v Kč
Nákup el. Energie	MWh	6,53	3,6	23,508	1754	41 233
Nákup tepla (ÚT)	GJ	1997,47	1	1997,47	564	1 126 573
Nákup tepla (TV)	GJ	688,68	1	688,68	564	388 416
Celkem spotřeba paliv a energie				2020,98	-	1 556 222



Obr. 40 Podíl jednotlivých složek na celkovém objemu spotřebovávaných energií rok 2018

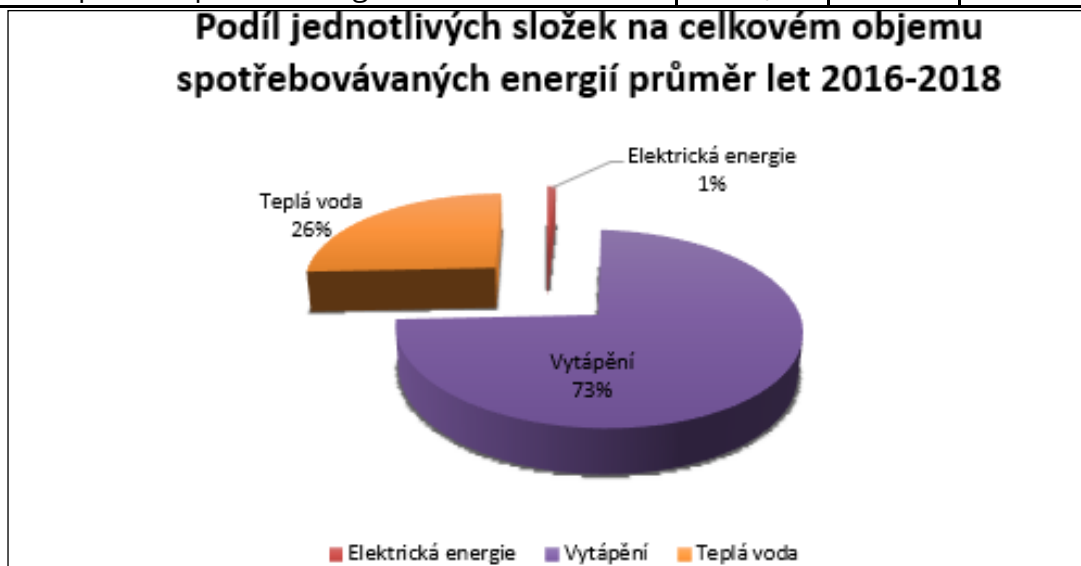


Obr. 41 Počet denostupňů pro rok od 1.1.2018 – 31.12.2018[48]

Poznámka: v tabulce je zahrnuta pouze spotřeba elektřiny společných prostor. Spotřeba elektřiny jednotlivých bytů není známa – jednotliví nájemníci mají uzavřeny s dodavatelem elektřiny individuální smlouvy. Nájemník nemá povinnost archivovat účetní doklady o spotřebě energií

Průměr dodané energie za rok 2016 – 2018

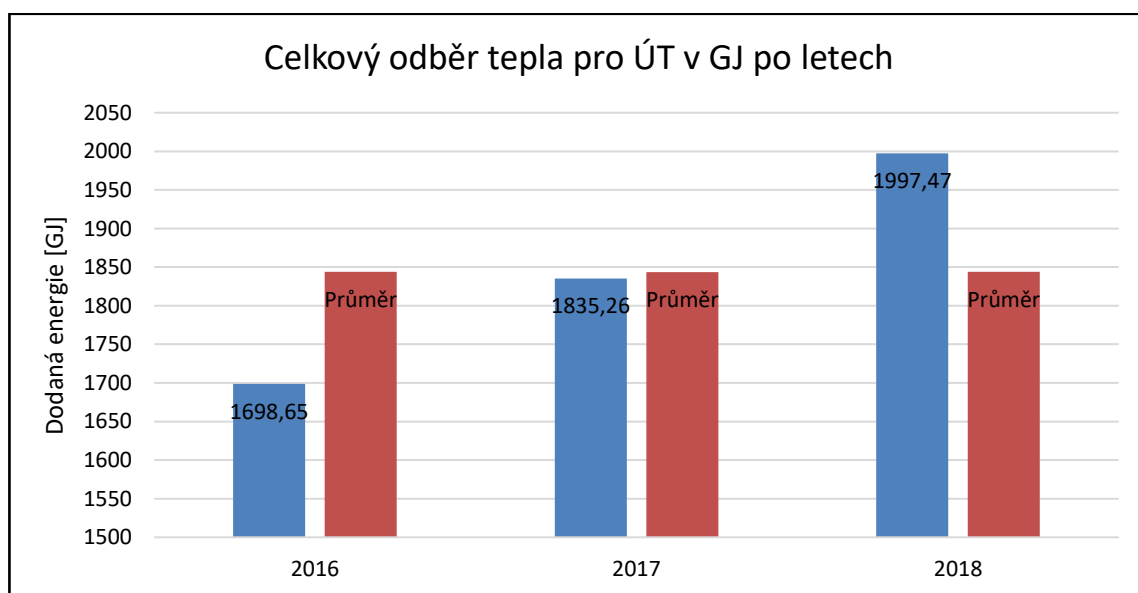
Nákup el. Energie	MWh	5,88	3,6	21,18	1631	34 545
Nákup tepla (ÚT)	GJ	1843,79	1	1843,79	526	969 835
Nákup tepla (TV)	GJ	645,85	1	645,85	526	339 717
Celkem spotřeba paliv a energie				1864,97	-	1 344 097



Obr. 42 Podíl jednotlivých složek na celkovém objemu spotřebovávaných energií

Spotřeba tepelné energie na vytápění a přípravu TV

Teplota ÚT	2016	2017	2018	Průměr
Celkem GJ	1698,65	1835,26	1997,47	1843,79



Obr. 43 Celkový odběr tepla pro TV v GJ pro roky 2016, 2017 a 2018

Rozdělení skutečně dodané tepelné energie na tepelnou energii pro ÚT a TV

Spotřeba tepla na přípravu TV je samostatně měřena. Spotřebu tepla na přípravu teplé vody a na vytápění uvádí následující tabulka

rok	Nákup tepla	Rozdělení	
		pro ÚT	pro TV
	[GJ]	[GJ]	[GJ]
2016	1997	1698,65	616,65
2017	2033,7	1835,26	632,22
2018	2291,74	1997,4	688,68
průměr	2107,48	1843,79	645,85

Obr. 44 Rozdělení spotřeby tepelné energie na vytápění a na přípravu TV

Poměr dodaného tepla pro ÚT představuje cca 69,4 %, poměr dodaného tepla pro přípravu TV je cca 30,6 %.

- **Současná cena tepla vč. DPH:** 590 Kč /GJ
- Druh topného média: teplá voda
- Parametry topného média: max. 90/70°C
- Sjednaná sazba: sazba nesjednána – náklady rozpočítány
- Způsob měření: fakturační měřidlo tepla pro ÚT a TV
- Způsob dokladování: roční vyúčtování - faktura

Náklady na tepelnou energii dodanou z kotelny Sever do jednotlivých dalších objektů jsou rozpočítávány dle tzv. započitatelné podlahové plochy bytového domu. Jednotlivým nájemníkům je účtováno teplo dle podlahové plochy bytu.

3.2.8 Základní údaje o vlastních energetických zdrojích

Technologie	Tlakově závislá předávací stanice
Typ	-
Rok instalace	1980
Palivo, teplonosná látka	Teplá voda max. 90/70 PN 6
Parametry primární strany	90/70°C
Příprava TV	Teplá voda je dodávána přímo z centrální kotelny
Projektovaná dodávka tepla	1800 GJ
Příkon oběhových čerpadel	3 kW

3.2.9 Analýza stavu budov

Celková tepelná ztráta objektu je vyjádřena jako součet tepelných ztrát prostupem Φ_{Tm} a tepelné ztráty větráním Φ_{Vm} , a dále odečtením tepelných zisků Q_z .

$$Q_{cm} = \Phi_{HLm} + Q_z$$

$$\Phi_{HLm} = \Phi_{Tm} + \Phi_{Vm} + \Phi_{RHm}$$

Výpočet **tepelných ztrát prostupem** Φ_{Tm} je součet tepelných toků prostupem tepla jednotlivých konstrukcí (stěny, stropy, podlahy, výplňové konstrukce) v ustáleném tepelném stavu jednotlivými konstrukcemi ohraničujícími vytápěné místnosti do venkovního prostředí nebo do sousedních místností. Je ovlivněna především plochou ochlazované konstrukce a velikostí součinitele prostupu tepla U této konstrukce (vliv materiálu ochlazované konstrukce).

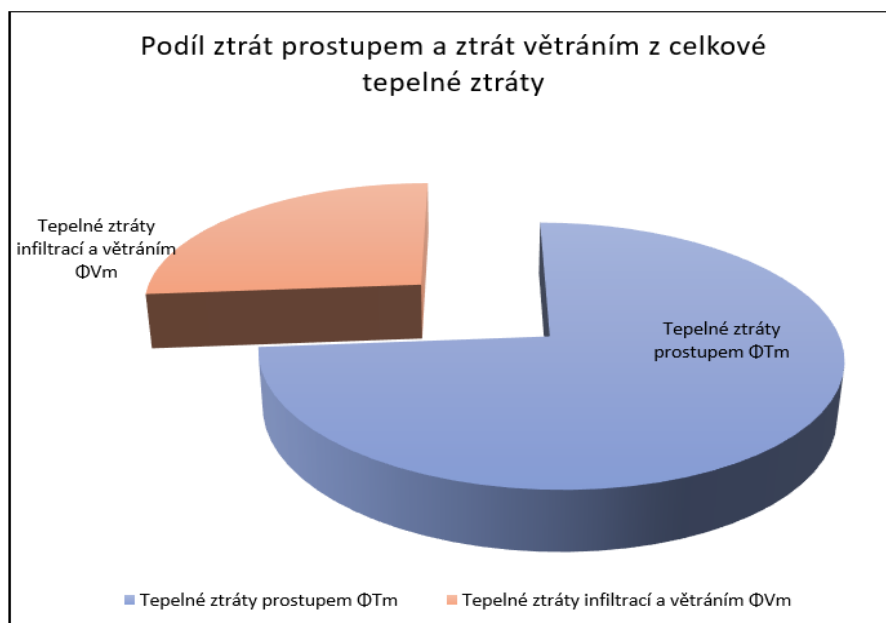
Tepelná ztráta větráním Φ_{Vm} vychází z objemového toku větracího vzduchu a rozdílem vnitřní a vnější výpočtové teploty, tj. 20 °C a - 15 °C. Objemový tok větracího vzduchu pak vychází z intenzity výměny vzduchu dle hygienických norem. Je nejvíce ovlivněna intenzitou větrání budovy, způsobem větrání budovy (přirozené větrání či mechanické větrání) a infiltrací obvodovým pláštěm budovy.

Tepelné zisky Q_z z vnitřních zdrojů tepla a ze slunečního záření za otopné období se stanoví pro občanské a obytné budovy za podmínky, že je instalována dynamická regulace otopného systému. Je ovlivněna počtem osob v objektu, činností osob v objektu, instalovanými technologiemi, orientací objektu na světovou stranu, stíněním objektu, druhy oken a typem zasklení (odrazivost).

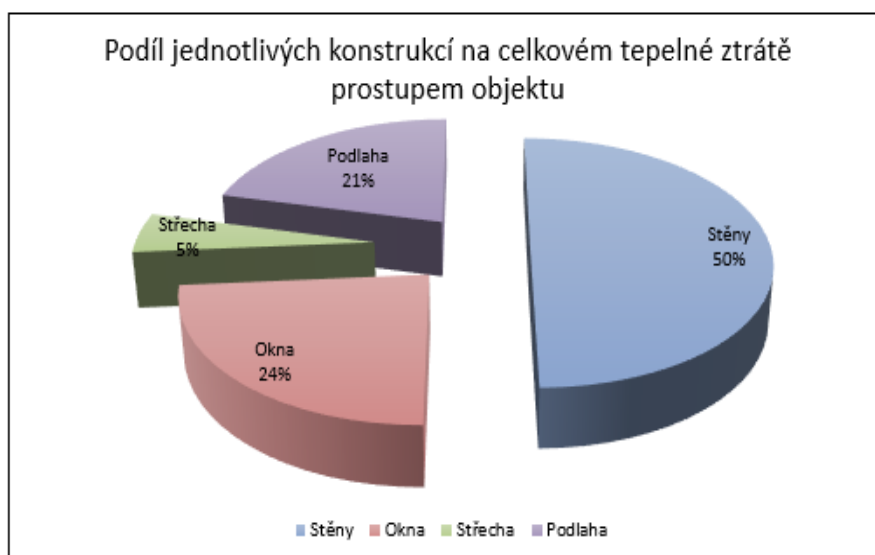
Bilance potřebných výkonů zdrojů je následující:

Tepelné ztráty prostupem Φ_{Tm}				
Část			Plocha (m ²)	Celkem (W)
Vnější konstrukce	Obvodový plášť	Neprůsvitný	1 281,80	79 589
		Průsvitný, otvorové výplně	440,86	37 973
	Střecha		437,9	8 154
Vnitřní konstrukce	Podlaha		439,3	33 765
Celkem (W)			2 599,00	160 711
Tepelné ztráty infiltrací a větráním Φ_{Vm}				
Tepelná ztráta větráním (W)				57 296
Tepelná ztráta celkem Q_{cm} (W)				217 707

Tab. 2 rozdělení spotřeby tepelné energie na vytápění a na přípravu TV



Obr. 45 Podíl ztrát prostupem a ztrát větráním z celkové tepelné ztráty



Obr. 46 Podíl jednotlivých konstrukcí na celkovém tepelné ztrátě prostupem objektu

Tepelné ztráty byly vypočítány pomocí programu Ztráty 2018. Návrhová teplota externího vzduchu pro oblast Ostrava je $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$, vnitřní návrhová teplota je $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ztráty jsou spočítány obálkovou metodou. Obálka budovy je tvořena obvodovými konstrukcemi (stěnami, okny, vchodové dveře a střecha). Spodní konstrukce stavby je spočtena s podlahou 1.NP, protože suterén bytového domu je nevytápěný tudíž zde nebude dodávána energie na vytápění. Tepelná ztráta větráním je vypočtena pro minimální půlnásobnou výměnu vzduchu za hodinu. Tepelná ztráta střechou tvoří pouze 5% ztrát, proto zde nejsou uvažovány opatření. Realizace tohoto opatření by vyžadovalo odkrytí krytiny vložení izolace a znovu poležení krytiny střechy. Zateplení střechy bude provedeno s celkovou rekonstrukcí střechy, se kterou je v budoucnu uvažováno.

3.2.10 Spotřeba tepla na vytápění

Pro základní určení energetického potenciálu ve spotřebě tepelné energie na vytápění se vychází ze vzorce pro výpočet spotřeby tepla v GJ/rok na vytápění ve tvaru:

$$E_{vyt} = 24 \cdot Q_c \cdot \varepsilon \cdot d \cdot \frac{(t_{is} - t_{es})}{(t_{is} - t_e)} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3}$$

kde: E_{vyt} roční spotřeba tepla na vytápění – tepelná ztráta (GJ/rok)

Q_c celková tepelná ztráta objektu (kW)

ε celkový opravný součinitel

$$\varepsilon = \varepsilon_i \cdot \varepsilon_t \cdot \varepsilon_d / (\eta_o \cdot \eta_r)$$

ε_i koeficient vyjadřující vliv nesoučasnosti výpočtových hodnot uvažovaných při výpočtu celkové tepelné ztráty objektu

ε_t koeficient vlivu režimu vytápění během dne resp. noci

ε_d zkrácení doby vytápění podle využití budovy během týdne

η_o účinnost rozvodu

η_r možnost regulace systému vytápění

d počet dnů otopného období

t_{is} průměrná vnitřní teplota v objektu (20 °C)

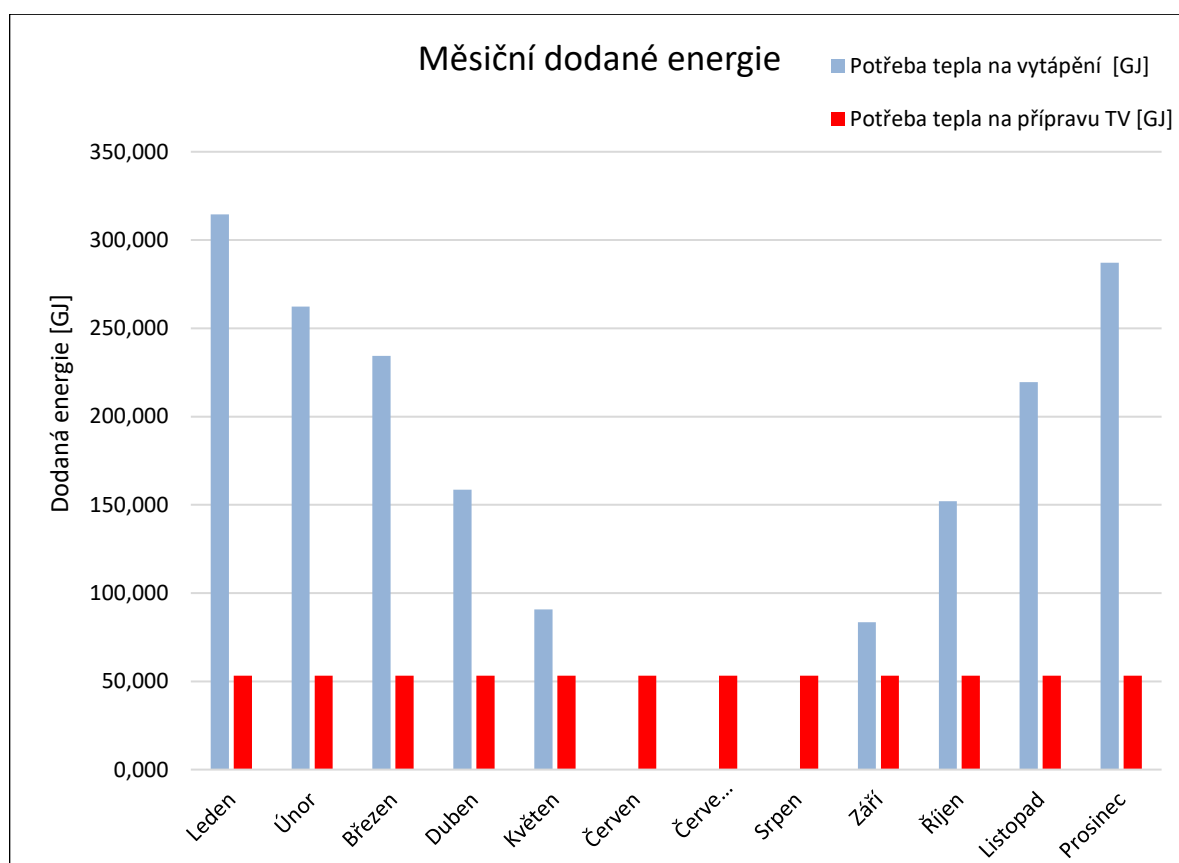
t_{es} průměrná venkovní teplota otopného období

t_e nejnižší výpočtová venkovní teplota (v tomto případě -15 °C)

Stanovení opravných součinitelů		
Celkový opravný součinitel	ε	0,843399
Vliv nesoučasnosti ztráty prostupem a infiltrací	ε_i	0,9
Vliv režimu vytápění (celotýdenní provoz)	ε_t	0,9
Zkrácení doby vytápění	ε_d	1
Účinnost rozvodů	η_o	0,90
Možnost regulace systému vytápění	η_r	0,90
Celková tepelná ztráta	Q_c	234,4
Počet dnu otopného období	d	229
Průměrná vnitřní teplota v objektu (20 °C)	t_{is}	20
Průměrná venkovní teplota otopného období	t_{es}	4
Venkovní teplota	t_e	-15
Roční spotřeba tepla na vytápění – tepelná ztráta (GJ/rok)	E_{vyt}	1788,099

Pro podrobnější výpočet spotřeby tepla na vytápění byl použit program Energie 2017, který umožňuje výpočet po měsících, a se započítám vnitřních a venkovních solárních zisků. Zobrazuje taky potřebu tepla na přípravu teplé vody. Podrobné výsledky jsou uvedeny v příloze č. 4. Rozdíl mezi základním výpočtem a výsledkem z programu 14 GJ. V dalších výpočtech se uvažuje s výchozí hodnotou 1802,495 GJ za rok. Při porovnání s průměrnou dodanou energií za roky 2016 – 2018 je hodnota odpovídající vyúčtování za dodané teplo.

Měsíc	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec	Celkem [GJ]
Potřeba tepla na vytápění [GJ]	314,524	262,264	234,316	158,578	90,746	0,000	0,000	0,000	83,446	152,069	219,470	287,082	1802,495
Potřeba tepla na přípravu TV [GJ]	53,2	53,2	53,2	53,2	53,2	53,2	53,2	53,2	53,2	53,2	53,2	53,2	638,400



Obr. 47 Měsíční potřeba energie na vytápění a přípravu teplé vody

Skutečná potřeba tepla – pouze ÚT (z účetních dokladů, přepočtená na teplotně průměrný rok))	Vypočtená spotřeba tepla (z modelu energetické potřeby obálkový výpočet) po odečtení tepelných zisků	Rozdíl (účetní doklady x model)
GJ/rok	GJ/rok	%
1843,79	1802,495	2,23

Tab. 3 Porovnání fakturované a modelové potřeby tepla v objektech

3.2.11 Posouzení tepelně-technických vlastností konstrukcí budovy

Typ konstrukce	Popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla $U_{N,20}$ [W.m ⁻² .K ⁻¹]			Vyhovuje ČSN 73 0540 -2 (Ano/Ne)
		skutečný	požadovaný	doporučený	
SO1	Zdivo z železobetonových panelů a betonu	1,774	0,30	0,20	Ne
SCH	Střešní konstrukce	0,508	0,24	0,16	Ne
PDL	Podlaha do nevyt. suterénu	1,206	0,60	0,40	Ne
VO	okna zdvojená dřev. dveře ocelové proskl.	2,4	1,5	1,2	Ne
		2,7	1,7	1,2	Ne

SO: stěna ochlazovaná, SCH: střechy, PDL: podlahy, VO: výplňové konstrukce otvorů

Požad (p): požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla dle ČSN 73 0540-2:2011

Dopor. (d): doporučená hodnota součinitele prostupu tepla dle ČSN 73 0540-2:2011

Z důvodu snížení energetické náročnosti obálky budovy a neřešení kompletního stavu budovy (energií na osvětlení, přípravu teplé vody, chlazení a vlhčení), postačuje pouze vypracování energetického štítku a nemusí být vyhotoven průkaz energetické náročnosti budovy. Ze štítku energetické budovy viz. příloha č. 3 vychází, že průměrný součinitel tepla objektu je nad vymezenou hranici, objekt byl vyhodnocen a zařazen do klasifikačního stupně **F** tj. **velmi nevhodný**. – **hodnocení dle ČSN 730540 - 2:2011**

ENERGETICKÝ ŠTÍTEK OBÁLKY BUDOVY						
Bytový dům U Haldy, 70030 Ostrava Hrabůvka				Hodnocení obálky budovy		
Celková podlahová plocha $A_c = 2\,829,0\text{ m}^2$				stávající	doporučení	
<p>CI Velmi úsporná</p> <p>0,5 0,75 1,0 1,5 2,0 2,5</p> <p>Mimořádně neekonomická</p>					1,00	3,08
KLASIFIKACE						
Průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy U_{em} ve $W/(m^2 \cdot K)$ $U_{em} = H_T / A$				1,60	0,51	
Požadovaná hodnota průměrného součinitele prostupu tepla obálky budovy podle ČSN 73 0540-2 $U_{em,N}$ ve $W/(m^2 \cdot K)$				0,52	0,52	
Klasifikační ukazatele CI a jim odpovídající hodnoty U_{em}						
CI	0,50	0,75	1,00	1,50	2,00	2,50
U_{em}	0,26	0,39	0,52	0,78	1,04	1,30
Platnost štítku do:				Datum vystavení štítku: 19.05.2019		
Štítek vypracoval(a):		Ing. Tomáš Pospíšil (Kvalifikace)				

Obr. 49 Štítek energetické náročnosti původní budovy

4 NÁVRHY OPATŘENÍ KE SNÍŽENÍ SPOTŘEBY ENERGIE

Dle ČSN 73 0540 - 2 je obálka budovy vyhovující, je-li průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy roven alespoň doporučené hodnotě průměrného součinitele prostupu tepla stanoveného dle této normy (úroveň C).

4.1 MOŽNOSTI SNÍŽENÍ SPOTŘEBY ENERGIE

Návrh opatření vychází ze stávajícího stavu technologií a budov, způsobu vytápění a ze znalostí v oblasti stavebnictví, výroby a distribuce tepla a elektrické energie.

Faktory ovlivňující spotřebu tepelné energie :

- Zvolený systém zateplení a tloušťka použitého izolantu
- Prostup tepla otvorovými výplněmi - kvalita oken a ochlazovaných dveří
- Infiltrace spárami výplní - těsnění spár
- Poměr otvorových výplní a zdiva
- Způsob vytápění a ohřevu teplé vody - volba zdroje tepla a topného média
- Regulace vytápění
- Existence zádveří
- Orientace otvorových výplní ke světovým stranám
- Využití vnitřních a vnějších zdrojů tepla – tepelné zisky
- Energetické chování uživatelů objektu

4.1.2 Nutná a vhodná opatření zjištěná hodnocením výchozího stavu předmětu

V kapitole 3 byly zjištěny tyto hlavní závady:

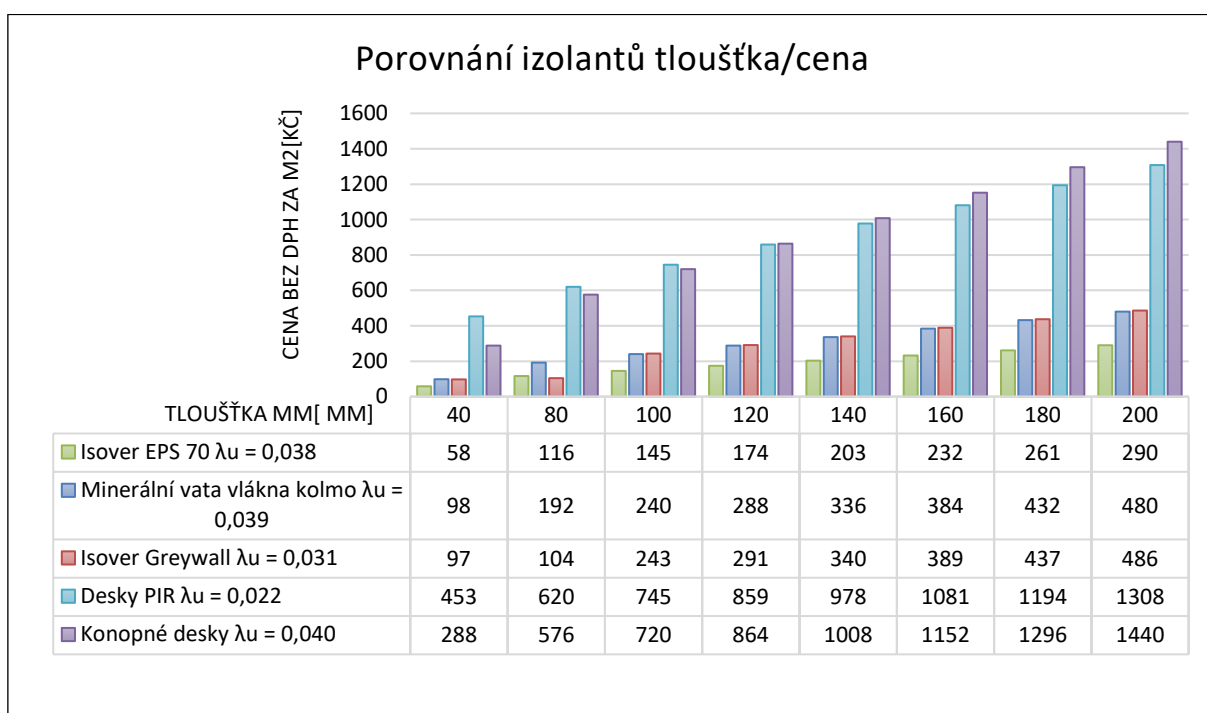
- Všechny obalové konstrukce neodpovídají požadavkům kladeným na stavební konstrukce po stránce tepelného odporu dle ČSN 73 0540 – 2:2011

Nutná opatření:

- zvýšit tepelnou ochranu budovy dodatečným zateplením stavebních konstrukcí tvořících obálku budovy (investičně náročná opatření)

4.2 OPATŘENÍ KE SNÍŽENÍ SPOTŘEBY ENERGIE OBJEKTU

Opatření jsou navrhována tak aby všechny obvodové konstrukce splňovaly normu ČSN 73 0540 – 2:2011 a aby součinitel prostupu tepla obálkou budovy byl nejhůře v kategorii C, která je ze zákona nutná. Pro optimální volbu tloušťky zateplení byl vypracován graf porovnání cen ku tloušťce zateplení. Data byla získána z programu BUILDPowerS [52] pro cenovou hladinu druhého období roku 2018. Ceny byly přepočítány pro 1 m² a jsou bez DPH.



4.2.1 Varianta A - Tepelná izolace vnějších obvodových stěn budovy

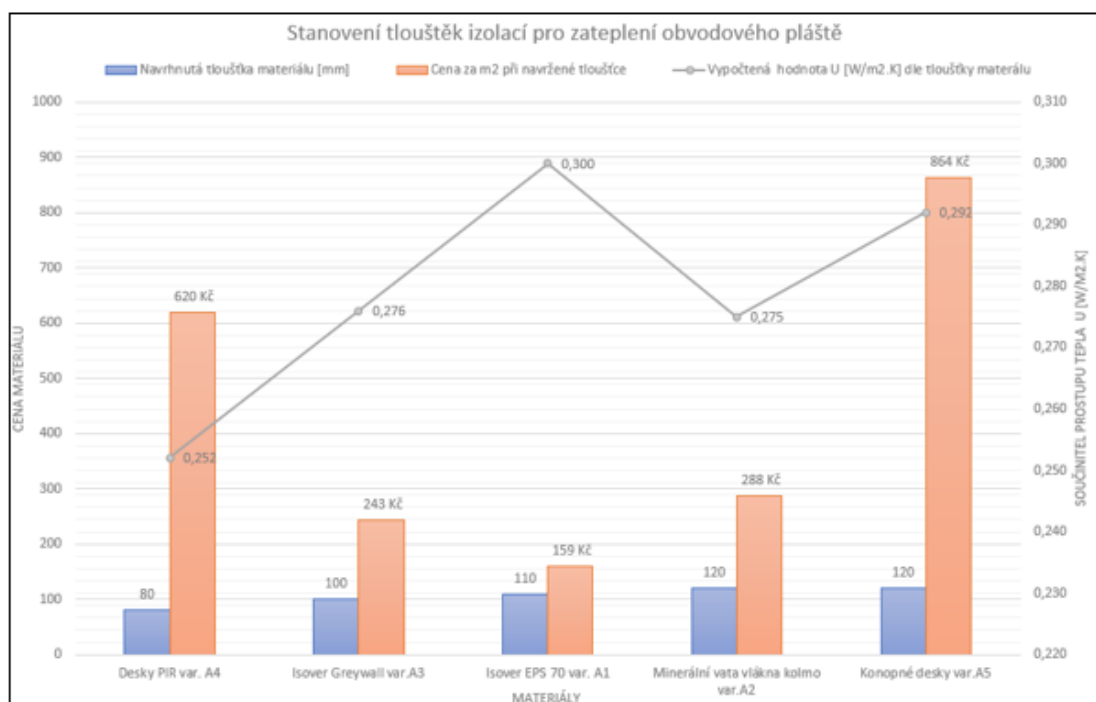
Tepelná izolace vnějších obvodových je navrhována v pěti variantách s různými druhy zateplovacích systému. Pro objektivní porovnání různých zateplovacích systému je zvolena různá tloušťka materiálů, protože každý materiál má jiné tepelné vlastnosti. Jako srovnávací veličina je použit součinitel prostupu tepla. Šířka materiálu na zateplení je navrhována na hodnotu $U_{pož}$ tedy 0,3 W/m²K. Jelikož jsou materiály vyráběny v různých řadách tlouštěk, je vždy vybrána nejbližší řada tloušťky pro daný materiál viz obr. 39. Z důvodu velké požární výšky budova spadá do kategorie, kde je nutné uvažovat při návrhu s požárně bezpečnostními opatřeními, které jsem popsal v kapitole 2.3.1. Tyto opatření nařizují tzv. požární pruhy z materiálu třídy reakce na oheň A1. Na našem trhu se vyskytují pouze dva tepelněizolační materiály, které splňují tyto požadavky a jsou

ekonomicky optimální. Je to minerální vata a skelná vata. Pro všechny varianty jsem uvažoval s požárními pruhy z minerální vaty, protože je ekonomicky výhodnější při lepších tepelných vlastnostech. Vyznačení požárních pruhů na fasádě budovy je uvedeno v příloze č.6. Pro každou variantu je zpracován rozpočet, kde je uvažováno i se zateplením soklové části domu se ztratným 10 % při montáži. Pro každou variantu stejnou metodou a se shodnými investičními náklady.

Stanovení tloušťek izolací pro zateplení obvodového pláště

Varianta	Materiál	Součinitel tepelná vodivosti λ [W/m.K]	Požadovaná hodnota U [W/m ² .K] dle ČSN 73 0540	Navrhnutá tloušťka materiálu [mm]	Vypočtená hodnota U [W/m ² .K] dle tloušťky materiálu	Cena za m ² při navržené tloušťce
A4	Desky PIR	0,220	0,3	80	0,252	620 Kč
A3	Isover Greywall	0,031	0,3	100	0,276	243 Kč
A1	Isover EPS 70	0,038	0,3	120	0,300	159 Kč
A2	Minerální vata vlákna kolmo	0,039	0,3	120	0,275	288 Kč
A5	Konopné desky	0,040	0,3	120	0,292	864 Kč

Tab. 4 Posouzení konstrukcí



Obr. 50 Stanovení a vyhodnocení navrhovaných tloušťek materiálu

4.2.2 Varianta A1 - Zateplení pomocí Isover EPS 70 tl. 120 mm

Tepelná izolace bude na fasádě provedena v tl. 120 mm – polystyren EPS 70 F s deklarovaným součinitel tepelné vodivosti max. $0,038 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$. Kompletní popis skladby je v příloze č.5. Ostění, nadpraží a parapety oken budou zatepleny příložkami v tl. 30 mm (tak, aby překryly styčnou spáru mezi rámem otvorové výplně a stávajícím zdivem), spodní plochy lodžii v tl. 60 mm a svislé lodžiové panely příložkami v tl. 60 mm. Aplikovaný systém ETICS musí být certifikovaný, veškeré detaily a podrobná řešení budou obsaženy v realizační dokumentaci zhotovitele, případně budou součástí prováděcí projektové dokumentace, pokud ji stavebník objedná. Podrobný výpočet potřeby energie na vytápění je vypočítán v příloze č.7. Položkový rozpočet je uveden v příloze č.9

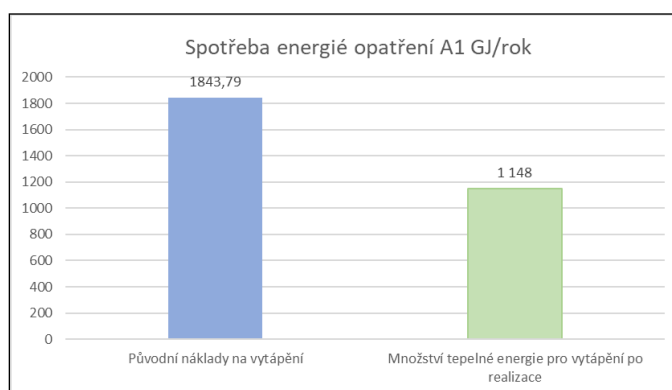
Varianta	Materiál	Součinitel tepelná vodivosti λ [W/m.K]	Požadovaná hodnota U [W/m ² .K] dle ČSN 73 0540	Navrhnutá tloušťka materiálu [mm]	Vypočtená hodnota U [W/m ² .K] dle tloušťky materiálu
A1	Isover EPS 70	0,038	0,3	120	0,300

Stanovení investičních nákladů na opatření:

Celková zateplovaná plocha	[m ²]	1 281,00
Měrná cena zateplované konstrukce vč. DPH	[Kč/m ²]	4 442
Investiční náklady na opatření vč. DPH	[Kč]	5 690 701

Energeticko - ekonomické přínosy opatření

	GJ/rok	Kč/rok
Původní náklady na vytápění	1843,79	1 087 836 Kč
Množství tepelné energie pro vytápění po realizace	1 148	677 320 Kč
Úspora tepelné energie	695,79	410 516 Kč



Obr. 51 Přehled návrhu varianty A1

4.2.3 Varianta A2 - Zateplení pomocí MW vlákna kolmo tl. 120 mm

Tepelná izolace bude na fasádě provedena v tl. 120 mm – minerální vatu s deklarovaným součinitel tepelné vodivosti max. $0,039 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$. Kompletní popis skladby je v příloze č.5. Ostění, nadpraží a parapety oken budou zatepleny přílozkami v tl. 30 mm (tak, aby překryly styčnou spáru mezi rámem otvorové výplně a stávajícím zdivem), spodní plochy lodžii v tl. 60 mm a svislé lodžiové panely přílozkami v tl. 60 mm. Aplikovaný systém ETICS musí být certifikovaný, veškeré detaily a podrobná řešení budou obsaženy v realizační dokumentaci zhotovitele, případně budou součástí prováděcí projektové dokumentace, pokud ji stavebník objedná. Podrobný výpočet potřeby energie na vytápění je vypočítán v příloze č.15. Položkový rozpočet je uveden v příloze č.8

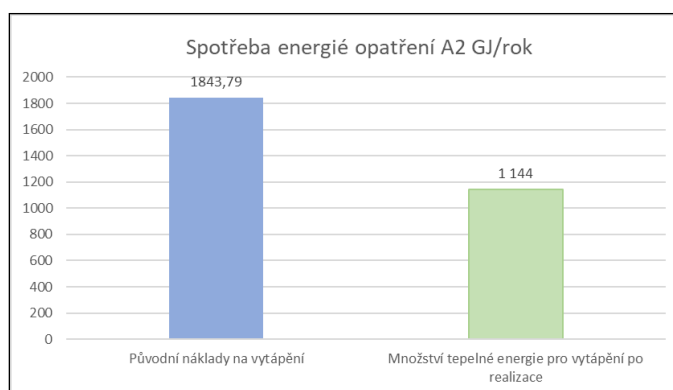
Varianta	Materiál	Součinitel tepelná vodivosti λ_u [W/m.K]	Požadovaná hodnota U [W/m ² .K] dle ČSN 73 0540	Navrhnutá tloušťka materiálu [mm]	Vypočtená hodnota U [W/m ² .K] dle tloušťky materiálu
A2	Minerální vata vlákna kolmo	0,039	0,3	120	0,275

Stanovení investičních nákladů na opatření:

Celková zatepovaná plocha	[m ²]	1 281,00
Měrná cena zatepované konstrukce vč. DPH	[Kč/m ²]	4 999
Investiční náklady na opatření vč. DPH	[Kč]	6 403 331

Energeticko - ekonomické přínosy opatření

	GJ/rok	Kč/rok
Původní náklady na vytápění	1843,79	1 087 836 Kč
Množství tepelné energie pro vytápění po realizace	1 144	674 958 Kč
Úspora tepelné energie	699,79	412 878 Kč



Obr. 52 Přehled návrhu varianty A2

4.2.4 Varianta A3 - Pomocí zateplení pomocí Isover Greywall tl. 100 mm

Tepelná izolace bude na fasádě provedena v tl. 100 mm – Isover Greywall s deklarovaným součinitelem tepelné vodivosti max. $0,031 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$. Kompletní popis skladby je v příloze č. 5. Ostění, nadpraží a parapety oken budou zatepleny přílozkami v tl. 30 mm (tak, aby překryly styčnou spáru mezi rámem otvorové výplně a stávajícím zdivem), spodní plochy lodžii v tl. 60 mm a svislé lodžiové panely přílozkami v tl. 60 mm. Aplikovaný systém ETICS musí být certifikovaný, veškeré detaily a podrobná řešení budou obsaženy v realizační dokumentaci zhotovitele, případně budou součástí prováděcí projektové dokumentace, pokud ji stavebník objedná. Podrobný výpočet potřeby energie na vytápění je vypočítán v příloze č. 16. Položkový rozpočet je uveden v příloze č. 9

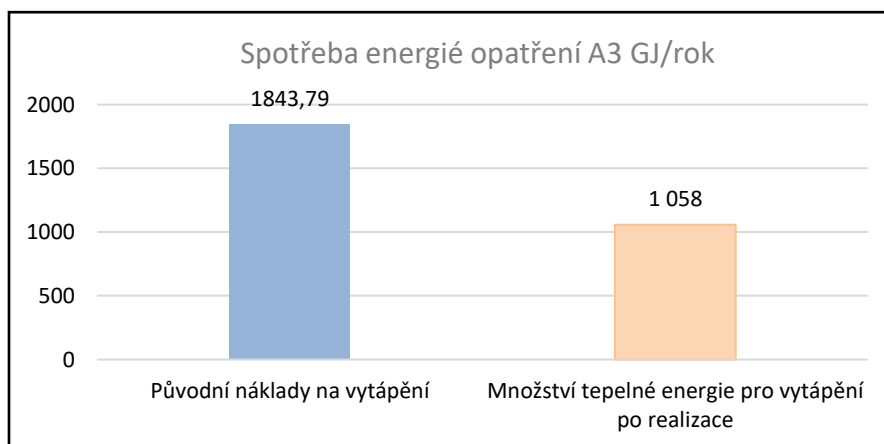
Varianta	Materiál	Součinitel tepelná vodivosti λ [W/m.K]	Požadovaná hodnota U [W/m ² .K] dle ČSN 73 0540	Navrhnutá tloušťka materiálu [mm]	Vypočtená hodnota U [W/m ² .K] dle tloušťky materiálu
A3	Isover Greywall	0,031	0,3	100	0,276

Stanovení investičních nákladů na opatření:

Celková zatepovaná plocha	[m ²]	1 281,00
Měrná cena zatepované konstrukce vč. DPH	[Kč/m ²]	4 440
Investiční náklady na opatření vč. DPH	[Kč]	5 687 386

Energeticko - ekonomické přínosy opatření

	GJ/rok	Kč/rok
Původní náklady na vytápění	1843,79	1 087 836 Kč
Množství tepelné energie pro vytápění po realizace	1 058,58	624 220 Kč
Úspora tepelné energie	785,79	463 616 Kč



Obr. 53 Přehled návrhu varianty A3

4.2.5 Varianta A4 - Zateplení pomocí desek PIR Kooltherm tl. 80 mm

Tepelná izolace bude na fasádě provedena v tl. 80 mm – pomocí desek PIR Kooltherm s deklarovaným součinitel tepelné vodivosti max. $0,022 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$. Kompletní popis skladby je v příloze č.5. Ostění, nadpraží a parapety oken budou zatepleny příložkami v tl. 30 mm (tak, aby překryly styčnou spáru mezi rámem otvorové výplně a stávajícím zdivem), spodní plochy lodžii v tl. 60 mm a svislé lodžiové panely příložkami v tl. 60 mm. Aplikovaný systém ETICS musí být certifikovaný, veškeré detaily a podrobná řešení budou obsaženy v realizační dokumentaci zhotovitele, případně budou součástí prováděcí projektové dokumentace, pokud ji stavebník objedná. Podrobný výpočet potřeby energie na vytápění je vypočítán v příloze č.17. Položkový rozpočet je uveden v příloze č.10

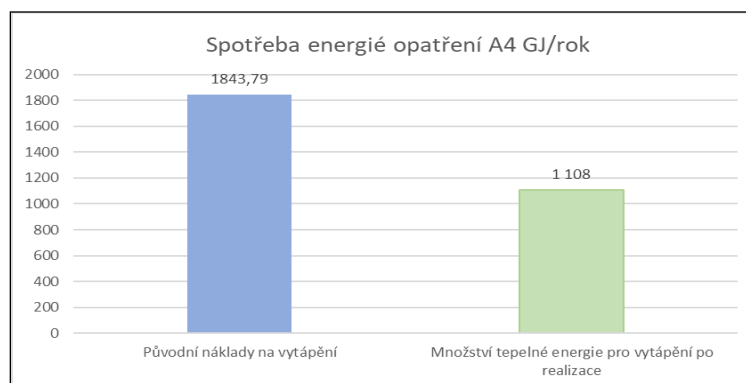
Varianta	Materiál	Součinitel tepelná vodivosti λ [W/m.K]	Požadovaná hodnota U [W/m ² .K] dle ČSN 73 0540	Navrhnutá tloušťka materiálu [mm]	Vypočtená hodnota U [W/m ² .K] dle tloušťky materiálu
A4	Desky PIR	0,220	0,3	80	0,252

Stanovení investičních nákladů na opatření:

Celková zateplovaná plocha	[m ²]	1 281,00
Měrná cena zateplované konstrukce vč. DPH	[Kč/m ²]	5 403
Investiční náklady na opatření vč. DPH	[Kč]	6 921 406

Energeticko - ekonomické přínosy opatření

	GJ/rok	Kč/rok
Původní náklady na vytápění	1843,79	1 087 836 Kč
Množství tepelné energie pro vytápění po realizace	1 108,98	653 632 Kč
Úspora tepelné energie	735,94	434 205 Kč



Obr. 54 Přehled návrhu varianty A4

4.2.6 Varianta A5 - Zateplení pomocí konopných desek tl. 120 mm

Tepelná izolace bude na fasádě provedena v tl. 120 mm – pomocí konopných desek s deklarovaným součinitel tepelné vodivosti max. 0,040 W.m⁻¹.K⁻¹. Kompletní popis skladby je v příloze č. 5. Ostění, nadpraží a parapety oken budou zatepleny příložkami v tl. 30 mm (tak, aby překryly styčnou spáru mezi rámem otvorové výplně a stávajícím zdivem), spodní plochy lodžii v tl. 60 mm a svislé lodžiové panely příložkami v tl. 60 mm. Aplikovaný systém ETICS musí být certifikovaný, veškeré detaily a podrobná řešení budou obsaženy v realizační dokumentaci zhotovitele, případně budou součástí prováděcí projektové dokumentace, pokud ji stavebník objedná. Podrobný výpočet potřeby energie na vytápění je vypočítán v příloze č. 18. Položkový rozpočet je uveden v příloze č. 11

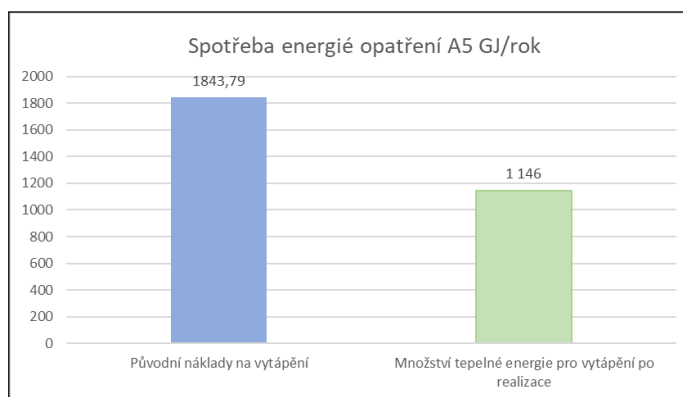
Varianta	Materiál	Součinitel tepelná vodivosti λ_u [W/m.K]	Požadovaná hodnota U [W/m ² .K] dle ČSN 73 0540	Navrhnutá tloušťka materiálu [mm]	Vypočtená hodnota U [W/m ² .K] dle tloušťky materiálu
A5	Konopné desky	0,040	0,3	120	0,292

Stanovení investičních nákladů na opatření:

Celková zateplovaná plocha	[m ²]	1 281,00
Měrná cena zateplované konstrukce vč. DPH	[Kč/m ²]	5 180
Investiční náklady na opatření vč. DPH	[Kč]	6 636 095

Energeticko - ekonomické přínosy opatření

	GJ/rok	Kč/rok
Původní náklady na vytápění	1843,79	1 087 836 Kč
Množství tepelné energie pro vytápění po realizace	1146	676 306 Kč
Úspora tepelné energie	697,751	411 530 Kč



Obr. 55 Přehled návrhu varianty A5

4.2.7 Varianta B – Výměna oken a dveří

Nově osazovaná okna a balkónové dveře budou plastové s izolačním dvojsklem s hodnotou součinitele prostupu tepla U_w max. $1,2 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$. Nové vnější dveře budou také plastové prosklené – jejich celkový součinitel prostupu tepla U_D musí dosahovat hodnoty max. $1,2 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$. Podrobný výpočet potřeby energie na vytápění je vypočítán v příloze č. 19. Položkový rozpočet je uveden v příloze č. 12

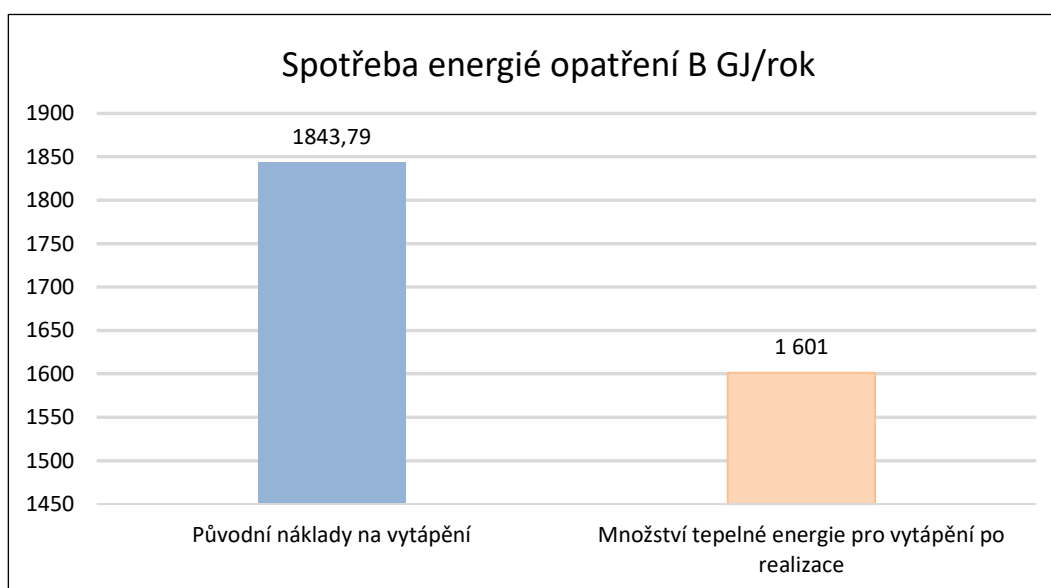
Varianta	Materiál	Požadovaná hodnota U [W/m ² .K] dle ČSN 73 0540	Vypočtená hodnota U [W/m ² .K] dle tloušťky materiálu
B	Plastové okna a dveře	1,2	1,2

Stanovení investičních nákladů na opatření:

Celková plocha realizovaných průsvitných konstrukcí	[m ²]	440,86
Měrná cena zateplování konstrukce vč. DPH	[Kč/m ²]	4 508
Investiční náklady na opatření vč. DPH	[Kč]	1 987 211

Energeticko - ekonomické přínosy opatření

	GJ/rok	Kč/rok
Původní náklady na vytápění	1843,79	1 087 836 Kč
Množství tepelné energie pro vytápění po realizaci	1601,017	944 690 Kč
Úspora tepelné energie	242,62	143 146 Kč



Obr. 56 Přehled návrhu varianty B

4.2.8 Varianta C - Zateplení stropu suterénu

Tepelná izolace bude na stropě v suterénu provedena v tl. 100 mm – polystyren EPS 70 F s deklarovaným součinitel tepelné vodivosti max. $0,038 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$. Kompletní popis skladby je v příloze č. 5. Aplikovaný systém ETICS musí být certifikovaný, veškeré detaily a podrobná řešení budou obsaženy v realizační dokumentaci zhotovitele, případně budou součástí prováděcí projektové dokumentace, pokud ji stavebník objedná. Podrobný výpočet potřeby energie na vytápění je vypočítán v příloze č. 12. Položkový rozpočet je uveden v příloze č. 19

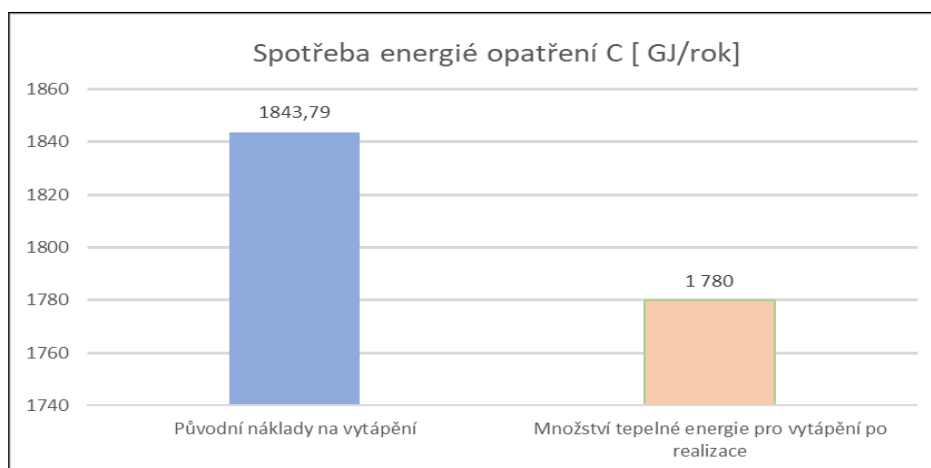
Varianta	Materiál	Součinitel tepelná vodivosti λ [W/m.K]	Požadovaná hodnota U [W/m ² .K] dle ČSN 73 0540	Navrhnutá tloušťka materiálu [mm]	Vypočtená hodnota U [W/m ² .K] dle tloušťky materiálu
C	Polystyren EPS 70 F	0,038	0,6	100	0,335

Stanovení investičních nákladů na opatření:

Celková zateplovaná plocha	[m ²]	379,6
Měrná cena zateplované konstrukce vč. DPH	[Kč/m ²]	1 871
Investiční náklady na opatření vč. DPH	[Kč]	710 099

Energeticko - ekonomické přínosy opatření

	GJ/rok	Kč/rok
Původní náklady na vytápění	1843,79	1 087 836 Kč
Množství tepelné energie pro vytápění po realizace	1 780	1 050 097 Kč
Úspora tepelné energie	63,96	37 739 Kč



Obr. 57 Přehled návrhu varianty C

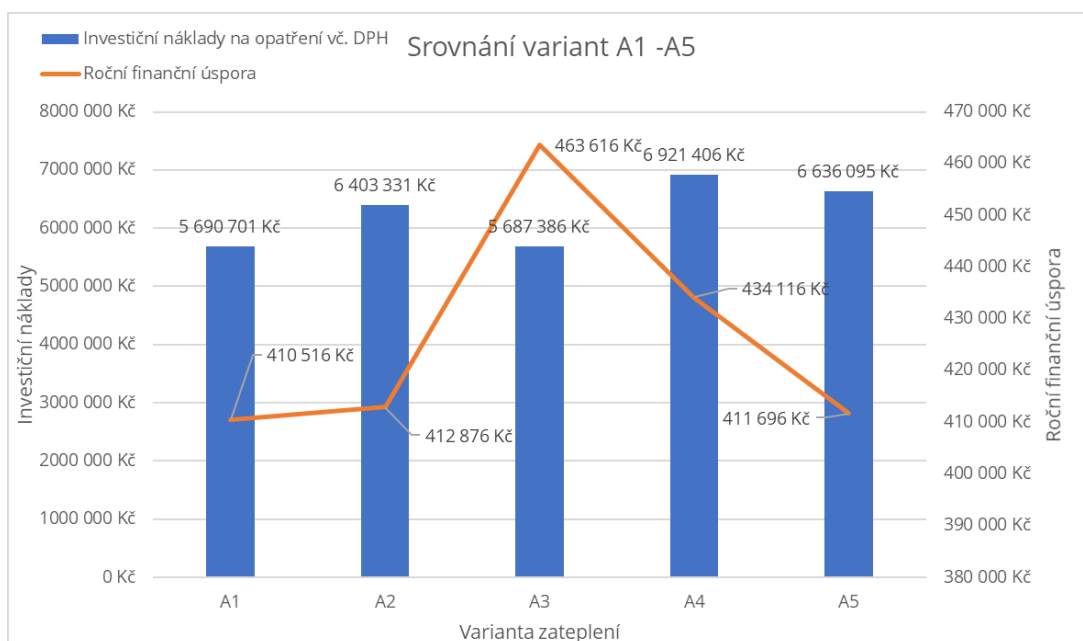
4.3 VYHODNOCENÍ VARIANT A1 – A5 - TEPELNÁ IZOLACE VNĚJŠÍCH OBVODOVÝCH STĚN BUDOVY

Všechny varianty tepelných izolací vnějších obvodových stěn budovy jsem zpracoval do tabulky viz. níže. Porovnával jsem dvě základní kritéria, investiční náklady (zde jsou zahrnuty i náklady na sanaci a rekonstrukci zdiva, protože jsou nutné pro instalaci zateplovacího systému) a dosažená tepelná, respektive finanční úspora.

Varianta	A1	A2	A3	A4	A5
Materiál	Isover EPS 70	Minerální vata vlákna kolmo	Isover Greywall	Desky PIR	Konopné desky
Součinitel tepelná vodivosti λ_u [W/m.K]	0,038	0,039	0,031	0,022	0,04
Navrhnutá tloušťka materiálu [mm]	120	120	100	80	120
Vypočtená hodnota U [W/m ² .K] dle tloušťky materiálu	0,3	0,275	0,276	0,252	0,292
Investiční náklady na opatření vč. DPH	5 690 701 Kč	6 403 331 Kč	5 687 386 Kč	6 921 406 Kč	6 636 095 Kč
Procentuální porovnání investičních nákladů	5,83 %	12,59 %	0,00 %	21,70 %	16,68 %
Původní náklady na vytápění [GJ/rok]	1843,79	1843,79	1843,79	1843,79	1843,79
Množství tepelné energie pro vytápění po realizace	1148	1144	1058	1108	1146
Úspora tepelné energie [GJ/rok]	695,79	699,79	785,79	735,79	697,79
Roční finanční úspora	410 516 Kč	412 876 Kč	463 616 Kč	434 116 Kč	411 696 Kč
Procentuální porovnání úspor	-11,45 %	-10,94 %	0,00 %	-6,36 %	-11,20 %

Při vyhodnocení opatření A1 – A5 jsem dospěl k závěru, že nejlepší variantou pro zateplení obvodových stěn je varianta A3 pomocí tzv. šedého polystyrenu. Varianta A3 splňuje obě kritéria je nejlevnější a zároveň poskytuje největší úsporu energie. Druhá varianta, která přináší největší úspory je varianta A4, kde jsou uvažovány desky s fenolytické pěny. Tato varianta umožňuje nízkou tloušťku zateplení. Fenolytická pěna má sice nejmenší hodnotu součinitele tepelné vodivosti λ_u , ale

z důvodu použití požárních pruhů z minerální vaty o stejné tloušťce zateplovacího systému je tato tepelná vlastnost oslabena. Varianta A4 je navíc investičně nejnáročnější. Je 21,7% dražší než varianta A3 a přitom poskytuje nižší úsporu energie.



Obr. 58 Graf porovnání investičních nákladů a dosažených úspor

Třetí nejlepší variantou pro zateplení obvodového pláště při srovnávacím kritériu investice/úspora je varianta A1 pomocí polystyrenových desek tl.120 mm. Tato varianta přináší jen o 11,45% menší úsporu energie než nejlepší varianta A3. Z finančního hlediska je téměř srovnatelná s navrhovanou variantou A3. Podobnou úsporu energie, ale s výrazně větší finanční investice (o 12,59 %) nabízí varianta A2 zateplení minerální vatou o tloušťce 120 mm. Nejhorší variantou je varianta A5 zateplení pomocí desek z konopných vláken. Tato varianta přináší jedny z nejmenších úspor a je finančně velmi náročná. Tato varianta je tvořena přírodním materiálem a z tohoto důvodu je již pořizovací cena velmi vysoká. Navíc tento materiál je na trhu poměrně krátce, proto není tak moc poptáván a tedy vyráběn, což tlačí cenu nahoru. Výhodou této varianty je kompletní ekologičnost a recyklovatelnost.

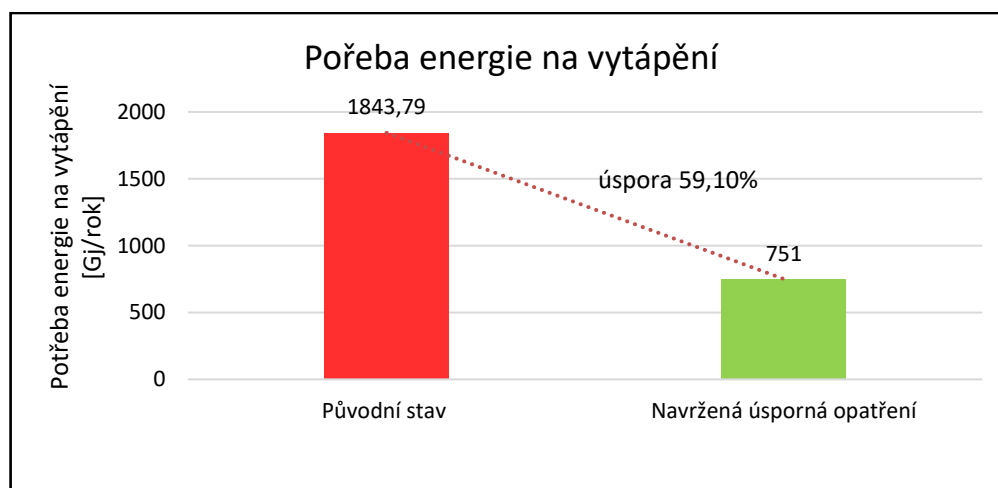
Jako nejlepší variantu jsem tedy vyhodnotil variantu A3, která přináší největší úspory, při nejnižších investičních nákladech. Proto dále ve výpočtech uvažuji pouze s variantou A3.

4.4 KOMBINACE NAVRŽENÝCH VARIANT

Pro stanovení nejlepších úspor jsem se rozhodl vytvořit kombinace navržených variant zateplení a stanovit jejich investiční náklady a dosažené úspory. Vytvořil jsem proto 3 kombinace variant. První je realizace zateplení obvodového pláště (A3), zateplení stropu suterénu a výměna oken. Druhá kombinace je zateplení obvodového pláště a výměna oken. Třetí kombinace je zateplení obvodového pláště a stropu suterénu. Každou kombinace jsem zpracoval do tabulek.

Kombinace K1

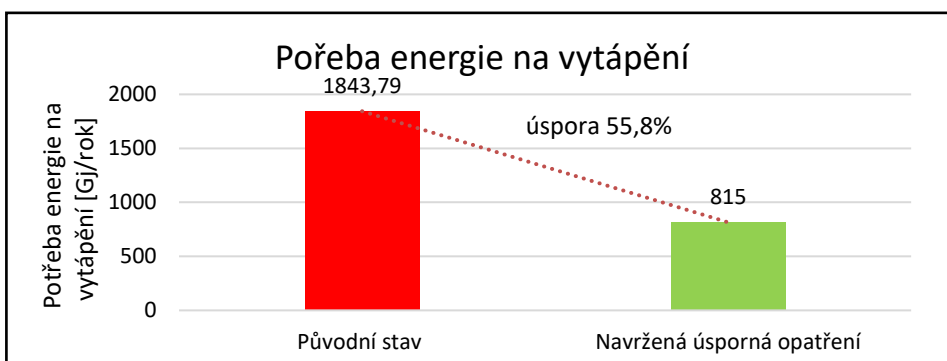
Navržená úsporná opatření			Varianta:	K1	
Opatření		Investiční náklady na realizaci	Roční úspory		Úspora celkem
č.	Název opatření		Úspora energie	Úspora celkem	
		Kč	GJ/r	Kč/r	Kč/r
A3	Zateplení vnějších obvodových stěn budovy	5 687 386	785,89	463 675	644 557
B	Výměna oken a dveří	1 987 211	242,62	143 146	
C	Zateplení stropu v suterénu	710 099	63,96	37 736	
Varianta celkem		8 384 696 Kč	1 092	644 557 Kč	



Obr. 59 Potřeba energie na vytápění kombinace K1

Kombinace K2

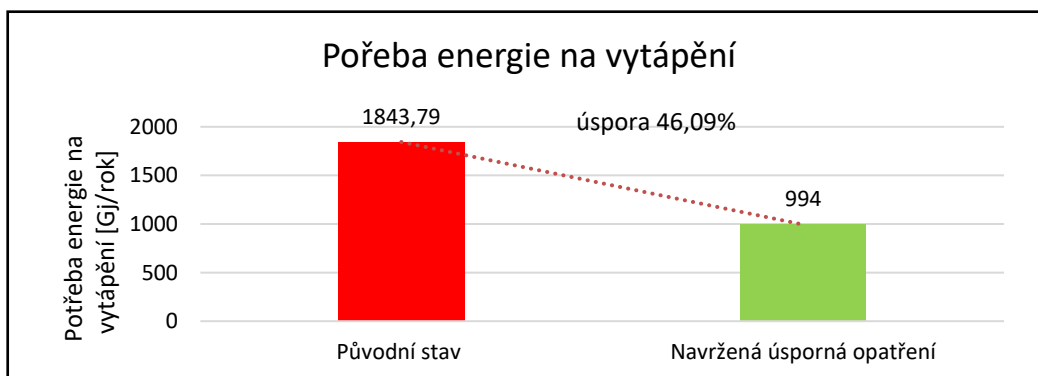
Navržená úsporná opatření			Varianta:	K2	
Opatření		Pořizovací náklady	Roční úspory		Úspora celkem
č.	Název opatření		Úspora energie		
		Kč	GJ/r	Kč/r	Kč/r
A3	Zateplení vnějších obvodových stěn budovy	5 687 386	785,89	463 675	606 821
B	Výměna oken a dveří	1 987 211	242,62	143 146	
Varianta celkem		7 674 597 Kč	1 029	606 821 Kč	



Obr. 60 Potřeba energie na vytápění kombinace K2

Kombinace K3

Navržená úsporná opatření			Varianta:	K3	
Opatření		Pořizovací náklady	Roční úspory		Úspora celkem
č.	Název opatření		Úspora energie		
		Kč	GJ/r	Kč/r	Kč/r
A3	Zateplení vnějších obvodových stěn budovy	5 687 386	785,89	463 675	501 412
C	Zateplení stropu v suterénu	710 099	63,96	37 736	
Varianta celkem		6 397 485 Kč	850	501 412 Kč	



Obr. 61 Potřeba energie na vytápění kombinace K3

5 EKONOMICKÉ HODNOCENÍ

Ekonomická analýza se zabývá vyhodnocením energetických, stavebních a organizačních opatření na úsporu energie. Cílem ekonomické analýzy je zjistit vhodnost realizace jednotlivých opatření z ekonomického hlediska.

Ekonomická analýza byla provedena pomocí dvou metod. Prosté doby návratnosti investice a čisté současné hodnotě NPV metody jsou popsány v kapitole 2.4 této práce.

Jsou vyhotoveny 4 varianty financování a to pomocí

1. Vlastního kapitálu bez půjčky
2. Vlastního kapitálu s poskytnutou dotací
3. Cizím kapitálem (půjčkou) bez dotace
4. Cizím kapitálem (půjčkou) s dotací

5.1 VSTUPNÍ ÚDAJE

Hlavními vstupními údaji do ekonomické analýzy jsou investiční náklady, popř. náklady provozního charakteru, proti kterým stojí příjmové položky. V případě provozování objektu EA nelze hovořit o příjmech chápaných v obecném slova smyslu, ale o příjmech, které vzniknou nižšími výdaji za příslušné energie oproti původnímu stavu.

Při zpracování ekonomické analýzy je nutné stanovit další doplňkové vstupní údaje.

- **Doba porovnání** – se obvykle stanovuje na základě očekávané životnosti zařízení. Jednotlivá opatření mají různou dobu životnosti, a to od 30 let až po 50 let dle vyhl.č.441/2013Sb. Zda je opatření výhodné, či nikoliv je možné posuzovat podle diskontované doby návratnosti, která by měla být co nejkratší.
- **Diskontní míra** – Pro ocenění hodnoty prostředků vydaných nebo přijatých v budoucnu se často pracuje s jejich převodem na současnou hodnotu. Diskontní míra je prostředek, který tento převod umožňuje. Jde o určitou formu vyjádření meziroční hodnotové změny úrokové míry a dalších faktorů. Vzhledem k současné výši úrokových měr, jejich předpokládanému vývoji je z důvodu nízkého rizika zvolena alternativní investice do státních dluhopisů „Republika“, kde je garantovaná roční výnosnost 2,07 %.[49]
- **Cenový vývoj** – Během doby provozování zařízení se může významně měnit inflace a tím i ceny. V obvyklém případě pak především změny cen energie významně

ovlivňují ekonomické výsledky energeticky zaměřených projektů. Ve výpočtu je zahrnut vzrůst ceny paliv každoročně o 2 %. Dle průměrné roční inflace, která je dle makroekonomické predikce uvedena na stránkách Ministerstva financí. [49]

- **Cizí kapitál** – jako cizí kapitál je uvažována bankovní půjčka v plné výši investice se splatností 10 let při roční úrokové míře 3 % fixované na 10 let.

5.2 STANOVENÍ POSKYTNUTÍ DOTACE NZÚ

V současné době běží výzva k dotaci Nová zelená úsporám, která poskytuje dotaci na snížení energetické náročnosti budovy až do maximální výše 30 %. Tato investice musí být realizována do 18 měsíců od akceptování žádosti. Z důvodu velmi orientačního zadání konstrukcí v online kalkulačce na stránkách novazelenausporam.cz jsem se rozhodl vypracovat pro každou kombinaci podrobnou tabulku hodnocení dle přesných požadavků výzvy na dotaci.

Podoblasti A.0, A.1, A.2 a A.3 - požadované parametry					
Sledovaný parametr	Označení [Jednotky]	A.0	A.1	A.2	A.3
Měrná roční potřeba tepla na vytápění po realizaci nebo Průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy	E_A [kWh.m ⁻² .rok ⁻¹] U_{em} [W.m ⁻² .K ⁻¹]	bez požadavku	≤ 90	≤ 55	≤ 35
			nebo		
			≤ 0,95 $U_{em,R}$	≤ 0,85 $U_{em,R}$	≤ 0,75 $U_{em,R}$
Měněné stavební prvky obálky budovy	U [W.m ⁻² .K ⁻¹]	$U \leq 0,9 \cdot U_{rec}$	dle požadavku ČSN 73 0540-2 a vyhl. č. 78/2013 Sb.		
Procentní snížení vypočtené měrné roční potřeby tepla na vytápění E_A oproti stavu před realizací opatření	[%]	≥ 20 % ≥ 10 % ²⁾	≥ 40 %	≥ 50 %	≥ 60 %
Povinná instalace systému nuceného větrání se zpětným získáváním tepla splňující podmínky pro podoblast C.4 ¹⁾	[-]	Ne	Ne	Ne	Ano

¹⁾ Na realizaci tohoto opatření je možné čerpat současně podporu z podoblasti C.4.

Obr. 62 Podrobné podmínky pro splnění programu NZU [50]

Typ konstrukce	A.0 a A.1 (Kč/m ²)	A.2 (Kč/m ²)	A.3 (Kč/m ²)
Obvodové stěny a podlahy nad exteriérem	500	600	800
Střechy	500	600	800
Výplně otvorů	2 100	2 750	3 800
Podlahy na terénu	700	900	1 200
Stropy a ostatní konstrukce	330	400	550

Obr. 63 Maximální výše dotace dle podoblastí [50]

5.2.1 Kombinace K1

K1	Označení jednotky		A.0	A.1	A.2	A.3
Průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy	EA [kWh/m ² .rok]	Požadavek	Bez požadavku	<0,95 U _{em,R}	<0,85 U _{em,R}	0,75 U _{em,R}
		U _{em,R} = 0,52		0,494	0,442	0,39
		Výsledek		0,46	0,46	0,46
		Splnění		ANO	NE	NE
Měněné stavební prvky obálky budovy	U [W/m ² .K]	Požadavek	U < 0,9 U _{rec}	0,3	0,3	0,3
			0,27	dle ČSN 730540-2 => U=0,3		
		Výsledek	0,276	0,276	0,276	0,276
		Splnění	NE	ANO	ANO	ANO
Procentní snížení vypočtené měrné roční potřeby tepla	[%]	Požadavek	>20 %	>40 %	>50 %	>60 %
		Výsledek	59,10%	59,10%	59,10%	59,10%
		Splnění	ANO	ANO	ANO	NE
Povinná instalace systému nuceného větrání se zpětným získáním tepla splňující podmínky	[-]	Požadavek	NE	NE	NE	ANO
		Výsledek	ANO	ANO	ANO	NE
Výše dotace podoblast A1			Plocha [m ²]	Výše dotace [Kč/m ²]	Výše dotace	
Obvodové stěny a podlahy nad exteriérem			379,3+1281,8=1662	430 Kč	714 273 Kč	
Okna			440,86	1 250 Kč	551 075 Kč	
Celková poskytnutá dotace					1 265 348 Kč	

Kombinace K1 tzn. zateplení obvodového pláště stropu suterénu a výměna oken splňuje dotaci pouze v podoblasti A. Celková výše dotace na zateplení je 1 265 348 Kč.

5.2.2 Kombinace K2

K2	Označení jednotky		A.0	A.1	A.2	A.3
Průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy	EA [kWh/m ² .rok]	Požadavek	Bez požadavku	<0,95 U _{em,R}	<0,85 U _{em,R}	0,75 U _{em,R}
		U _{em,R} = 0,52		0,494	0,442	0,39
		Výsledek		0,62	0,62	0,62
		Splnění		NE	NE	NE
Měněné stavební prvky obálky budovy	U [W/m ² .K]	Požadavek	U < 0,9 U _{rec}	0,3	0,3	0,3
			0,27	dle ČSN 730540-2 => U=0,3		
		Výsledek	0,276	0,276	0,276	0,276
		Splnění	NE	ANO	ANO	ANO
Procentní snížení vypočtené měrné roční potřeby tepla	[%]	Požadavek	>20 %	>40 %	>50 %	>60 %
		Výsledek	55,80%	55,80%	55,80%	55,80%
		Splnění	ANO	ANO	ANO	NE
Povinná instalace systému nuceného	[-]	Požadavek	NE	NE	NE	ANO
		Výsledek	ANO	ANO	ANO	NE
Tato kombinace nesplňuje nároky na poskytnutí dotace						

Kombinace K2 nesplňuje nároky na poskytnutí dotace nová zelená úsporám.

5.2.3 Kombinace K3

K3	Označení jednotky		A.0	A.1	A.2	A.3
Průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy	EA [kWh/m ² .rok]	Požadavek	Bez požadavku	<0,95 U _{em,R}	<0,85 U _{em,R}	0,75 U _{em,R}
		U _{em,R} = 0,52		0,494	0,442	0,39
		Výsledek		0,77	0,77	0,77
		Splnění		NE	NE	NE
Měněné stavební prvky obálky budovy	U [W/m ² .K]	Požadavek	U < 0,9 U _{rec}	0,3	0,3	0,3
			0,27	dle ČSN 730540-2 => U=0,3		
		Výsledek	0,276	0,276	0,276	0,276
		Splnění	NE	ANO	ANO	ANO
Procentní snížení vypočtené měrné roční potřeby tepla	[%]	Požadavek	>20 %	>40 %	>50 %	>60 %
		Výsledek	46,09%	46,09%	46,09%	46,09%
		Splnění	ANO	ANO	NE	NE
Povinná instalace systému nuceného	[-]	Požadavek	NE	NE	NE	ANO
		Výsledek	ANO	ANO	ANO	NE
Tato kombinace nesplňuje nároky na poskytnutí dotace						

Kombinace K3 nesplňuje nároky na poskytnutí dotace nová zelená úsporám.

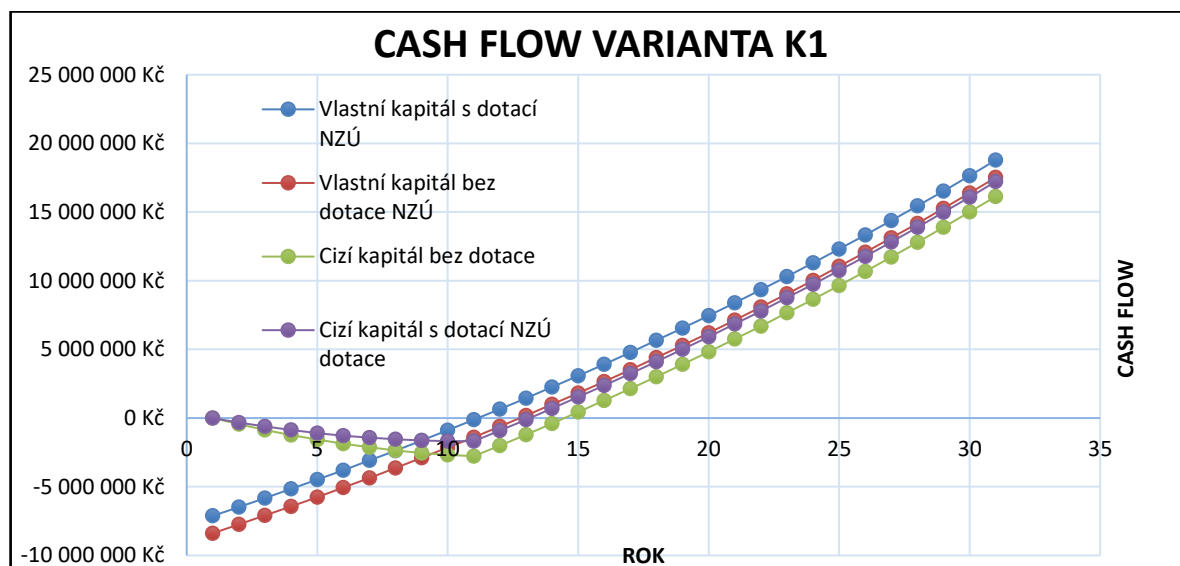
5.3 VÝSLEDKY FINANČNÍ ANALÝZY

5.3.1 Kombinace K1

Podrobná tabulka s výsledky finanční analýzy se nachází v příloze č.22. Při sestavování podrobné finanční analýzy byli uvažovány vstupní údaje, které jsou uvedeny v kapitole 5.1.

Varianta	Investiční náklady	Dotace NZÚ	Roční uvažovaná úspora	Prostá doba návratnosti bez dotace	Prostá doba návratnosti s dotací	Podrobná finanční analýza návratnost			
						Vlastní kapitál bez dotace NZÚ	Vlastní kapitál s dotací NZÚ	Cizí kapitál bez dotace	Cizí kapitál s dotací NZÚ dotace
K1	8 384 969 Kč	1 265 348 Kč	644 557 Kč	13 let	11 let	11,8 let	10,3 let	13,8 let	12,9 let
Ušetřené finance dle způsobu financování za 30 let životnosti						17 513 421 Kč	18 778 769 Kč	16 129 903 Kč	17 224 428 Kč

Pro přehlednost byla sestavena tabulka výsledků doby návratnosti dle jednotlivých způsobů financování. Celkové investiční náklady



Obr. 64 Cashflow varianty K1

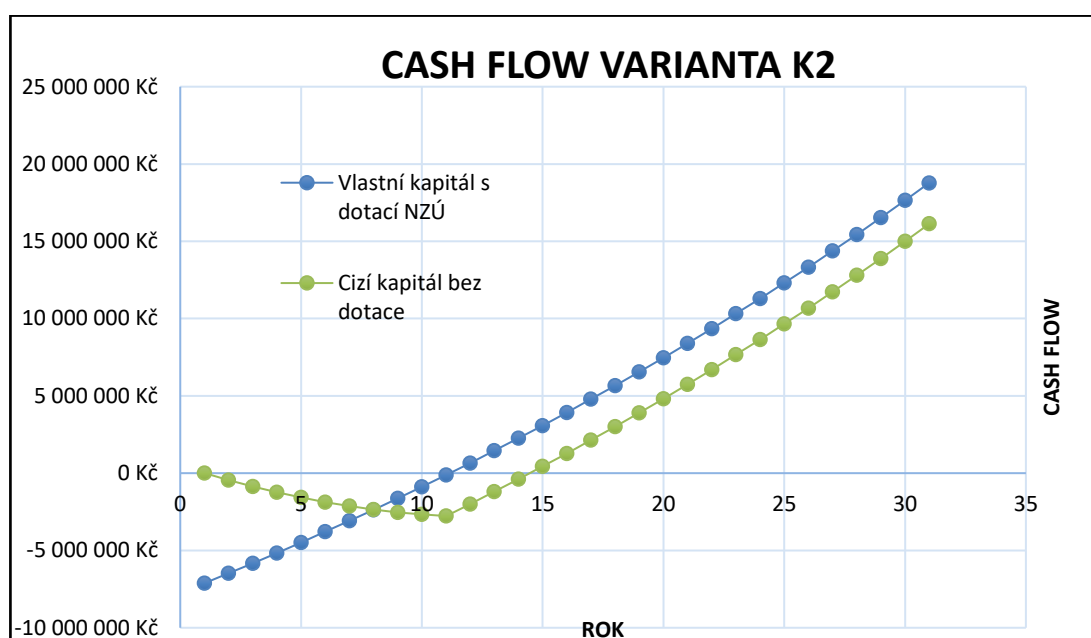
Z hodnocení vyplývá, že nejlepší volbou financování je pomocí vlastního kapitálu a dotace. Investice do zateplení přinese na úsporách 18 778 768 Kč za 30 let což je plánovaná životnost opatření. Návrh investice je vypočítána za 10,3 let, při uvažovaném 2 % meziročním zdražení energií. Investice s vlastním kapitálem bez využití dotace je méně výhodná z důvodu vyšší počáteční investice, která se vrátí po cca 12 letech. Alternativou financování z vlastního kapitálu je cizí kapitál ve formě půjčky, zde je uvažováno s půjčkou v plné výši investice a 3 % p.a. Lépe vychází varianta s poskytnutou dotací, která po splacení půjčky ušetří za 30 let 17 224 428 %. Financování půjčkou bez dotace je nejméně výhodné a doba návratnosti investice je vypočítána na 13,8 let. Tato investice ušetří za 30 let při shodných vstupních údajích cizího kapitálu 16 129 903 Kč. Všechny 4 varianty NPV vycházejí kladné. Investice do kombinace K1 jsou výhodné.

5.3.2 Kombinace K2

Podrobná tabulka s výsledky finanční analýzy se nachází v příloze č. 22. Při sestavování podrobné finanční analýzy byly uvažovány vstupní údaje, které jsou uvedeny v kapitole 5.1.

Varianta	Investiční náklady	Dotace NZÚ	Roční uvažovaná úspora	Prostá doba návratnosti bez dotace	Podrobná finanční analýza	
					Vlastní kapitál bez dotace NZÚ	Cizí kapitál bez dotace
K2	7 674 597 Kč	Neudělena	644 557 Kč	11,9 let	11,5 let	13,9 let
Ušetřené finance dle způsobu financování za 30 let životnosti					16 707 562 Kč	15 441 253 Kč

Pro přehlednost byla sestavena tabulka výsledků doby návratnosti dle jednotlivých způsobů financování. Celkové investiční náklady



Obr.65 Cashflow varianty K2

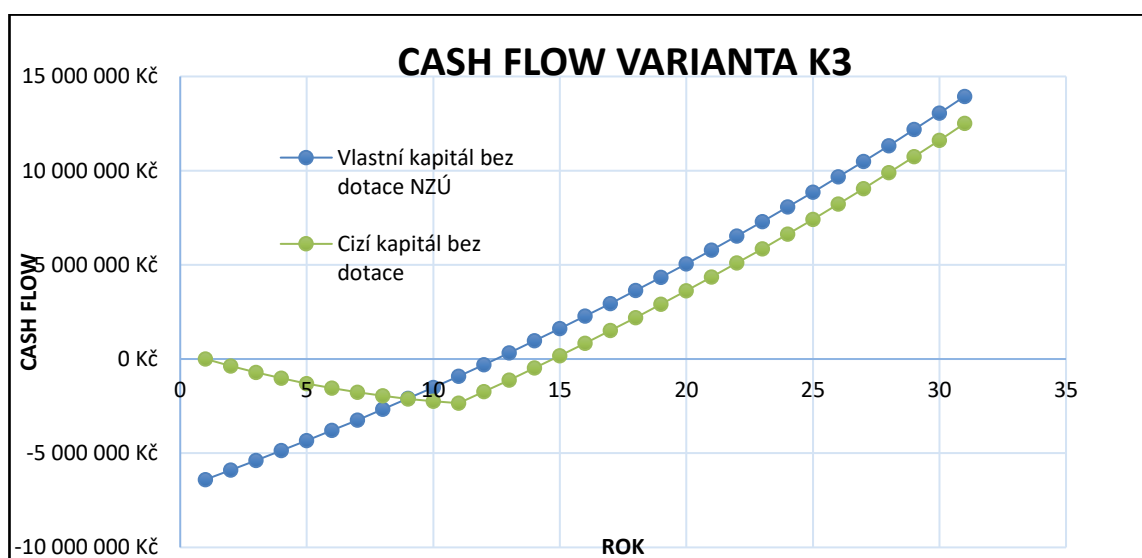
Varianta K2 zateplení obálky budovy a výměna oken nespĺňuje dotační titul, proto jsou uvažovány pouze varianty financování s vlastním kapitálem a cizím kapitálem. Je předpokládán meziroční růst energií o 2 %. Financování cizím kapitálem je řešeno půjčkou s fixní úrokovou mírou na 10 let 3 %p.a. Lépe při porovnání vychází varianta s vlastním kapitálem, jelikož tato varianta nemusí splácet úrok z půjčky, o což je levnější, tím má menší návratnost. Investice přinese na úsporách za 30 let 16 707 562 Kč. Doba návratnosti je vypočtena na 11,5. Při financování cizím kapitálem je výše úspora za životnost investice vypočtena 15 441 253 Kč při návratnosti investice 13,9 let. Obě varianty NPV vycházejí kladné. Investice do varianty K2 se vyplatí.

5.3.3 Kombinace K3

Podrobná tabulka s výsledky finanční analýzy se nachází v příloze č. 22. Při sestavování podrobné finanční analýzy byly uvažovány vstupní údaje, které jsou uvedeny v kapitole 5.1.

Varianta	Investiční náklady	Dotace NZÚ	Roční uvažovaná úspora	Prostá doba návratnosti bez dotace	Podrobná finanční analýza	
					Vlastní kapitál bez dotace NZÚ	Cizí kapitál bez dotace NZÚ
K3	6 397 785 Kč	Neudělena	644 557 Kč	9,9 let	11,2 let	13,2let
Ušetřené finance dle způsobu financování za 30 let životnosti					13 947 107 Kč	12 508 429 Kč

Pro přehlednost byla sestavena tabulka výsledků doby návratnosti dle jednotlivých způsobů financování. Celkové investiční náklady



Obr.66 Cashflow varianty K3

Kombinace K3 uvažuje se zateplením obvodového pláště a zateplením stropu nevytápěného suterénu. Tato kombinace nesplňuje podmínky udělení dotace NZÚ, proto je opět uvažováno s financováním pomocí vlastního kapitálu a cizího. U investice se předpokládá meziroční růst energií o 2 %. Financování cizím kapitálem je řešeno pomocí půjčky na 10 let s fixovaným ročním úrokem 3 % p.a na 10 let. Z grafu lze vyvodit, že výhodnější financování je pomocí vlastního kapitálu než cizího. U cizího je tato investice navýšena o úrok z poskytnuté půjčky tedy menší úsporu a delší dobu návratnosti investice. Při financování vlastním kapitálem je výše úspor za životnost investice spočtena na 13 947 107 Kč při době návratnosti 11,2 let. U financování pomocí půjčky je výše úspor pouze 12 508 429 Kč při 13,2 leté návratnosti. Obě varianty NPV vycházejí kladně. Investice do varianty K2 se vyplatí.

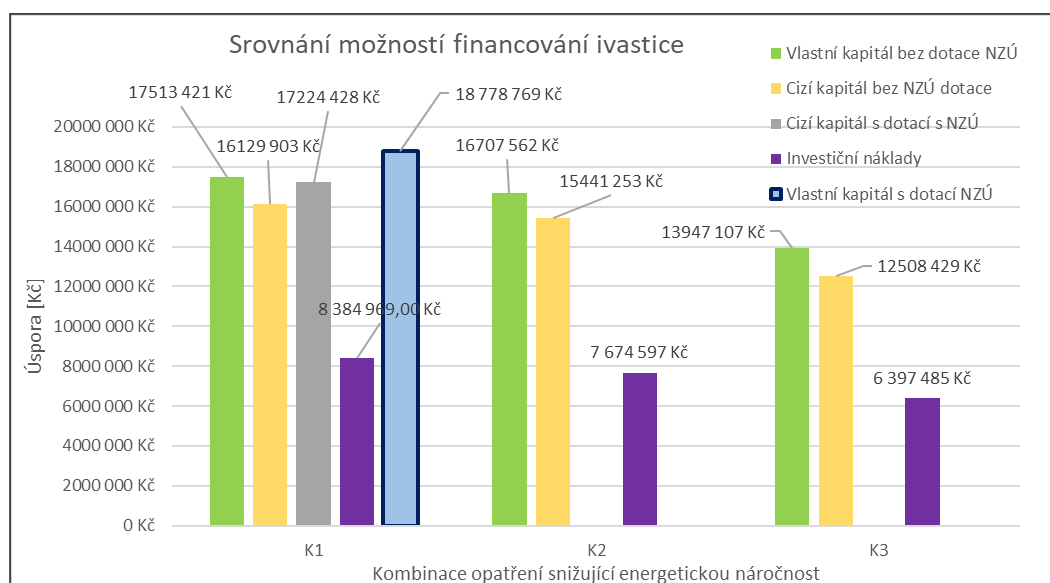
6 ANALÝZA VÝSLEDKU

Pro vyhotovení výsledné analýzy byla vytvořena přehledná tabulka všech navržených kombinací. V tabulce jsou zahrnuty energetické a investiční výsledky.

Varianta	Jednotka	K1	K2	K3	
Popis varianty		Zateplení obvodových stěn - Výměna oken, - Zateplení stropu suterénu	Zateplení obvodových stěn - Výměna oken,	Zateplení obvodových stěn - Zateplení stropu suterénu	
Původní dodávka za	[Gj/rok]	1843,79	1843,79	1843,79	
Dodávka energie po	[Gj/rok]	751	815	994	
Ušetřená energie	[Gj/rok]	1092,79	1028,79	849,79	
Ušetřené peníze	[Kč]	644 746 Kč	606 986 Kč	501 376 Kč	
Investiční náklady	[Kč]	8 384 969 Kč	7 674 597 Kč	6 397 485 Kč	
Dotace NZÚ	[Kč]	1 265 348 Kč	Bez dotace	Bez dotace	
Prostá doba návratnosti bez dotace	[rok]	13	11,9	9,9	
Prostá doba návratnosti s dotací	[rok]	11	-	-	
Doba návratnosti	Vlastní kapitál bez dotace	[rok]	11,8	11,5	11,2
	Ušetřené finance dle způsobu financování za 30let životnosti	[Kč]	17 513 421 Kč	16 707 562 Kč	13 947 107 Kč
	Vlastní kapitál s dotací	[rok]	10,3	-	-
	Ušetřené finance dle způsobu financování za 30let životnosti	[Kč]	18 778 769 Kč	-	-
	Cizí kapitál bez NZÚ dotace	[rok]	13,8	13,9	13,2
	Ušetřené finance dle způsobu financování za 30let životnosti	[Kč]	16 129 903 Kč	15 441 253 Kč	12 508 429 Kč
	Cizí kapitál s dotací s NZÚ	[rok]	12,9	-	-
	Ušetřené finance dle způsobu financování za 30let životnosti	[Kč]	17 224 428 Kč	-	-

Z hlediska dosažené úspory a doby návratnosti, je nejlepší varianta (K1) se zateplením obvodového pláště, výměny oken a zateplení stropu suterénu, která je financována pomocí vlastního kapitálu s poskytnutím dotace. U varianty K1 dosáhneme navrženými opatřeními úspory energie o 59,6 % oproti původnímu stavu. Záleží tedy na vlastníkovy, zda má momentálně k dispozici tolik finančních prostředků. Majitel bytového domu je Statutární město Ostrava, které schválilo v rozpočtu investice do rekonstrukce bytových domů a tato varianta je pro něj za těchto podmínek nejvýhodnější. Pokud by majitel neměl dostatek finančních prostředků, doporučuji financovat investici pomocí půjčky a dotace, kde je celková úspora jen o 9 % menší než financování vlastním kapitálem s dotací. Celkově kombinace opatření u varianty dosahuje ve srovnání s ostatními kombinacemi opatření nejlepších poměrů investice, úspory, doby návratnosti.

Jako druhá nejlepší varianta kombinací opatření snižující energetickou náročnost, je kombinace K2, kde je navrženo zateplení obálky budovy a výměnění všech průsvitných konstrukcí. Tato kombinace přináší menší úspory než kombinace K1. Kombinace K2 nespĺňuje požadavky na dotaci viz. kapitola 5.2.2 z důvodu nedodržení průměrného součinitele tepla U_{em} . Pokud by bylo, v kombinace K2 navržena větší tloušťka izolantu, tak by byl tento požadavek splněn. Při poskytnutí dotace by návratnost vycházela lépe. Z důvodu objektivního srovnání materiálu na zateplení, bylo v této diplomové práci uvažováno se stejnými materiálně technickými vlastnostmi různých izolantů. Těchto shodných vlastností bylo možné dosáhnout jen při různé tloušťce každého navrženého izolantu. U druhé kombinace vychází lépe financování pomocí vlastního kapitálu než cizího, protože při cizím financování je dosažená úspora menší o úrok z poskytnuté půjčky. Realizace kombinace opatření se vyplatí při jakémkoliv financování.



Obr.67 Srovnání financování a dosažených úspor navrhovaných kombinací

Třetí kombinace, která se skládá ze zateplení obvodového pláště a izolace stropu sklepa vychází dle vypočtených variant nejhůře. Je investičně nejméně náročná, ale dosahuje nejmenších úspor při poměru investice/úspora. Tato kombinace také nespĺňuje požadavky na dotace viz. kapitola 5.2.3. U této kombinace není uvažováno s výměnou oken. Tato výměna významně snižuje poskytnutí dotace. Dle mého názoru je nutno tyto okna vyměnit, protože již jsou na hraně své životnosti a výměna přinese výraznou ekonomickou investici. Proto variantu K3 nedoporučuji. Varianta K2 je alternativou varianty K1, pokud by majitel neměl dostatečné finanční prostředky a nechtěl si brát vysokou půjčku na investici.

Z dlouhodobého hlediska se vyplatí investovat do varianty K1, protože i přes vyšší počáteční investici přináší největší úspory. Při realizace kombinace K1 se také výrazně zvýší hodnota domu, než při realizaci předchozích kombinací opatření K2 a K3.

7 ZÁVĚR

Cílem mé diplomové práce bylo navrhnout a vyhodnotit vliv provedení zateplení na panelový dům v Ostravě.

V první části mé práce se věnuji významu energií v budově jejich rozdělení, protože při postupu snižování energetické náročnosti je potřeba nejprve budovu analyzovat a zhodnotit. Pak jsou popsány možné příčiny úniku energií a jejich řešení. Dále jsou popsány materiály vhodné pro izolace, které je možno využít při realizaci zateplení. Na závěr jsou uvedeny metody vyhodnocení finanční investice, kterými se popisuje přínosnost investice.

V druhé části je řešeno zateplení bytového domu v Ostravě. Nejprve je důkladně analyzován současný stav domu v kapitole 3.2, jak z hlediska energetického, tak stavebního. Je zjištěno, že dům nesplňuje tepelně technické standardy současných normových požadavků. V kapitole 4, jsou navrženy opatření, ke snížení energetické náročnosti. Dále jsou srovnány, na základě stejného požadovaného součinitele tepla, izolanty na zateplení obvodového pláště z polystyrenu, minerální vaty, „šedého“ polystyrenu, desky z fenolytické pěny a konopné desky. Ze srovnání (kapitola 4.3) je jako nejlepší izolant vyhodnocen „šedý polystyren“, protože při nejmenší tloušťce a ceně dosahuje největších úspor. Z důvodu komplexnosti opatření je navržena také možnost výměny oken a zateplení sklepu suterénu. Pro dosažení nejlepších úspor jsou zkombinovány tyto opatření ve třech kombinacích. První je realizace zateplení obvodového pláště s výměnou oken a zateplením stropu suterénu (K1). Druhá kombinace je zateplení obvodového pláště a výměna oken (K2) a třetí kombinace je zateplení obvodového pláště a zateplení stropu suterénu (K3). Všechny kombinace a vyhodnocení jsou popsány v kapitole 4.4. Pro všechny kombinace byli vyhotoveny položkové rozpočty. V kapitole 5, jsou kombinace posouzeny na dotační tituly a navrženy čtyři možnosti financování. Při vyhodnocení návratnosti je uvažováno s meziročním růstem cen. Jsou posouzeny varianty s vlastním kapitálem s dotací a bez dotace, varianta s cizím kapitálem s dotací a bez dotace. Nárok na dotaci má pouze první kombinace (zateplení obvodového pláště a stropu suterénu s výměnou oken). Tato varianta má také nejlepší dobu návratnosti a to je 10,3 let. Za třicet let, na kterou je plánována životnost investice je vypočteno, že na provozních nákladech za vytápění se ušetří 18 778 769 Kč. Ostatní kombinace variant zateplení jsou také výhodné a jsou popsány v kapitole 6.

Dle mého názoru se investice do zateplení bytového domu v navrhované kombinace K1 velmi vyplatí a je velmi výhodná při poskytnutí dotace. Proto je nutno tuto investici neodkládat a realizovat co nejdříve, protože vyřízení projektové dokumentace a vyhledání firmy, která bude tuto zakázku realizovat a samotná realizace, může trvat velmi dlouho z důvodu nedostatečných

aktuálních stavebních kapacit. Dotační výzva končí k 31.12.2021. Jiný druh financování, již je méně výhodný ale i přesto se vyplatí. Realizací všech navrhnutých kombinací opatření se sníží platby za energie o cca. 50 % oproti původním platbám, dále se zvýší vnitřní tepelná pohoda místností a tepelný komfort obyvatel.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

Knižní zdroje

- [2] MURTINGER, Karel. *Úsporný rodinný dům*. Praha: Grada, 2013. Profi. ISBN 978-80-247-4559-6.
- [3] FELDHAUS, Maria a Heinz LADENER. Jak pořídit ze staré stavby nízkoenergetický dům: energetická a technická sanace budov v praxi. Ostrava: HEL, 2001. ISBN 80-86167-16-X.
- [9] TYWONIAK, Jan. Pozemní stavitelství VI: pro SPŠ stavební : stavební fyzika, zdravotní nezávadnost a požární bezpečnost staveb. Praha: Grada, 2014. Studium (Grada). ISBN 978-80-247-5102-3.
- [11] POČINKOVÁ, Marcela, Danuše ČUPROVÁ a Olga RUBINOVÁ. *Úsporný dům*. Brno: CPress, 2012. Stavíme. ISBN 978-80-264-0014-1.
- [17] BAYER, Günther. Drobné opravy v bytě a domě: s odbornými radami opravujeme snadno a rychle : izolace, střecha, stropy, fasáda, okna, podlahy, zahrada, domácí technika, nábytek, schodiště, dveře, stěny, náradí. 1. Bratislava: Nezávislost, 2010. ISBN 80-85217-42-2.
- [22] BARTÁK, Kamil. Okna. Praha: Grada, 2003, 102 s. : il. ; 21 cm. ISBN 80-247-0454-4.
- [24] LUBINOVÁ, Štěpánka. Stínění oken: žaluzie, rolety, markýzy a slunolamy. Praha: Grada, 2013. Profi & hobby. ISBN 978-80-247-4579-4.
- [25] HALL, Matthew R., Rick LINDSAY a Meror KRAYENHOFF. *Modern Earth Buildings: Materials, Engineering, Constructions and Applications*. Cambridge: Elsevier
- [30] LITTLEWOOD, John, Catalina SPATARU, Robert J. HOWLETT a Lakhmi C JAIN. *Smart Energy Control Systems for Sustainable Buildings*. Cham: Springer, 2017. DOI: 10.1007/978-3-319-52076-6. ISBN 9783319520742.
- [28] STRNADLOVÁ, Barbora. Vliv tloušťky tepelné izolace spodní stavby panelových bytových domů na tepelné a vlhkostní vlastnosti dílčích obvodových konstrukcí: The influence of the thickness of the thermal insulation of prefab's bottom part on the thermal and moisture characteristics of the sub peripheral structures : autoreferát k disertační práci. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2016. ISBN 978-80-248-3964-6.
- [29] MÁRTON, Jan. Stavby ze slaměných balíků: slaměné izolace v nízkoenergetických a pasivních domech, návrh staveb šetrných k životnímu prostředí, hliněné omítky, ozeleněné střechy. 2., dopl. a aktualiz. vyd. Liberec: J. Márton, 2014. ISBN 978-80-260-5713-0.
- [31] DRÁPALOVÁ, Jana. Regenerace panelových domů: krok za krokem. 1. Brno: ERA, c2006. 21. století. ISBN 80-7366-0547.
- [33] MACHATKA, Milan a Pavel SVOBODA. Navrhování kontaktních systémů - ETICS: TP 1.8.9. Praha: pro Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě vydává Informační centrum ČKAIT, 2017. Metodické a technické pomůcky k činnosti autorizovaných osob. ISBN 978-80-87438-99-2.
- [39] HELA, Rudolf. *Technologie stavebních dílců*. 2001. Brno: CERM, 2001. Učební texty vysokých škol. ISBN 80-214-1991-1.
- [40] CHYBÍK, Josef. Přírodní stavební materiály. Praha: Grada, 2009. Stavitel. ISBN 978-80-247-2532-1.
- [41] ŠÍPKOVÁ, Veronika, Šárka KORBELOVÁ a Jiří LABUDEK. *Stavební tepelné izolace pro svislé konstrukce*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2014. ISBN 978-80-248-3661-4.

[42] DAHLSVEEN, Trond a Dušan PETRÁŠ. Energetický audit budov. Bratislava: Jaga, . ISBN 80-967095-9-3.

[43] BENEŠ, Petr, Markéta SEDLÁKOVÁ, Marie RUSINOVÁ, Romana BENEŠOVÁ a Táňa ŠVECOVÁ. Požární bezpečnost staveb: modul M01 : požární bezpečnost staveb. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2016. Studijní opory pro studijní programy s kombinovanou formou studia. ISBN 978-80-7204-943-1.

[44] ČSN 73 0810 Požární bezpečnost staveb: společná ustanovení. 2016. [Praha: s.n.], 2016.

[46] KUDA, František, Václav BERAN, Petr DLASK a Eva WERNEROVÁ. *Management ekonomiky správy majetku*. Průhonice: Professional Publishing, 2018. ISBN 9788088260035.

[47] JANOUSHKOVÁ, Šárka, ed. *Informační příručka pro vlastníky, správce a uživatele panelových bytových domů*. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2002. Technická podpora programu PANEL. ISBN 8086364941.

[53] RIES, Charles, Joseph JENKINS a Oliver WISE. Improving the energy performance of buildings: learning from the European Union and Australia. Santa Monica, CA: RAND, 2018. Technical report (Rand Corporation), TR-728-RER. ISBN 0833047876.

Odborné články

[14] NOVÁ, Kateřina. Výměna oken: Co vás čeká a jak získat dotace. *Domov: kultura bydlení, architektura a užité umění*. Praha: Časopisy pro volný čas, 2010, 51(8), 62-71. ISSN 0012-5369.

[15] Výměna oken bez bourání. Truhlářské listy: měsíčník pro zpracovatele dřeva v průmyslu, řemeslech, pilařství a stavebnictví ČR a jejich partnery. *Truhlářské listy*: Praha, 2003, 11(3), 28-29. ISSN 1210-6224.

[23] NOVÁ, Kateřina. Výměna oken: Co vás čeká a jak získat dotace. *Domov: kultura bydlení, architektura a užité umění*. Praha: Časopisy pro volný čas, 2010, 51(8), 62-71. ISSN 0012-5369.

[26] LOPEZ HURTADO, Pablo, Antoine ROUILLY, Virginie VANDENBOSSCHE a Christine RAYNAUD. A review on the properties of cellulose fibre insulation. *Building and Environment* [online]. Elsevier, 2016, 96(01), 170-177 [cit. 2019-05-03]. DOI: 10.1016/j.buildenv.2015.09.031. ISSN 0360-1323. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132315301311?via%3Dihub>

[31] Ceny regenerace panelového domu. Praha: ÚRS Praha, 2008, 1(2). Vím za kolik--.

[38] LEBER, Ing. Pavel Leber, Ing. Ivana Chromková CHROMKOVÁ a doc. Ing. Dr. Luboš Podolka PODOLKA. Využití odpadních materiálů z výroby minerální vlny do stavebních hmot. *Topenářství a instalace* [online]. 2017, 2017(2), 20-26 [cit. 2019-05-09]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/tepelne-izolace/8482-vlastnosti-expandovaneho-penoveho-polystyrenu-eps>

Internetové zdroje

- [1] Důležité procesy v ekosystémech,. [Http://users.fs.cvut.cz](http://users.fs.cvut.cz) [online]. Praha: cvut.cz, 2018 [cit. 2019-04-26]. Dostupné z: <http://users.fs.cvut.cz/pavel.hoffman/PREDMETY/COVP/covp.htm>
- [4] Rozložení spotřeby energie v modelové domácnosti [online]. Praha: pre.cz, 2018 [cit. 2019-04-26]. Dostupné z: http://www.vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=spotreba_energie_v_domacnostech&site=energie
- [5] CO JE PASIVNÍ DŮM? [online]. Brno: centrum pasivních domů, 2017 [cit. 2019-04-26]. Dostupné z: <https://www.pasivnidomy.cz/co-je-pasivni-dum/t2>
- [6] PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY (PENB) [online]. online: ekowatt.cz, 2017 [cit. 2019-04-26]. Dostupné z: <http://ekowatt.cz/cz/sluzby/prukaz-energeticke-narocnosti-budovy-PENB>
- [7] Typické rozložení úniků tepla z rodinného domu [online]. estav.cz: Petr Vacek, 2018 [cit. 2019-04-26]. Dostupné z: <https://www.estav.cz/cz/5655.umisteni-tepelne-izolace-a-parozabrany-ve-strese/gallery?photo=18>
- [8] Průkaz energetické náročnosti budov [online]. MPO: odbor 32100 MPO, 2014 [cit. 2019-04-26]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/cz/energetika/energeticka-ucinnost/prukaz-energeticke-narocnosti-budov/prukaz-energeticke-narocnosti-budov--119528/>
- [9] Kdy nepotřebuji průkaz energetické náročnosti budovy [online]. -: Jan Richter, 2016 [cit. 2019-04-26]. Dostupné z: <http://www.prukazkybudov.cz/kdy-nepotrebuji-prukaz-energeticke-narocnosti-budovy/>
- [10] Normové hodnoty součinitele prostupu tepla UN,20 jednotlivých konstrukcí dle ČSN 73 0540-2:2011 Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky [online]. tzb-info.cz: tzb-info.cz, 2011 [cit. 2019-04-27]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/136-normove-hodnoty-soucinitele-prostupu-tepla-un-20-jednotlivych-konstrukci-dle-csn-73-0540-2-2011-tepelna-ochrana-budov-cast-2-pozadavky>
- [12] Projekční podklady a pomůcky - Tepelná bilance objektu - denostupňová metoda [online]. [cit. 2019-04-27]. Dostupné z: http://tzb.fsv.cvut.cz/?mod=podklady&id=1#pocet_denostupnu
- [13] Srovnání cen energií [online]. tzb-info.cz: tzb-info.cz, 2019 [cit. 2019-04-27]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/139-porovnani-nakladu-na-vytapani-podle-druhu-paliva>
- [16] Izolační sklo [online]. eurodeck.cz: eurodeck.cz, 2018 [cit. 2019-04-27]. Dostupné z: <http://www.eurodeck.cz/91-reference.html>
- [18] Termovize staveb [online]. <http://www.infrakamera.cz/>: <http://www.infrakamera.cz/>, 2018 [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <http://www.infrakamera.cz/cs/galerie-mereni.html>
- [19] Proč je kvalitní a nenarušené těsnění u oken tak důležité [online]. <https://www.oknoplastik.cz>: <https://www.oknoplastik.cz>, 2016 [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <https://www.oknoplastik.cz/poradna/proc-je-kvalitni-a-nenarusene-tesneni-u-oken-tak-dulezite-27.html>
- [20] I-tec izolace [online]. inovaokna.cz: inovaokna.cz, 2017 [cit. 2019-03-04]. Dostupné z: <https://www.inovaokna.cz/inovace/i-tec-izolace/>
- [27] <http://www.ciur.cz/>
- [32] Izolujeme sklep [online]. <https://www.obi.cz/>: <https://www.obi.cz/>, 2016 [cit. 2019-05-04]. Dostupné z: <https://www.obi.cz/navody/building/walls-and-floors/insulate-a-cellar-ceiling/>
- [34] www.isover.cz

[35] Vlastnosti expandovaného pěnového polystyrenu (EPS) [online]. Sdružení EPS ČR: Sdružení EPS ČR, 2012 [cit. 2019-05-09]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/tepelne-izolace/8482-vlastnosti-expandovaneho-penoveho-polystyrenu-eps>

[36] Šedý polystyren. Tepelná izolace nové generace [online]. www.stavebnictvi3000.cz: RNDr. Jiří Hejhálek, 2019 [cit. 2019-05-09]. Dostupné z: <https://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/sedy-polystyren-tepelna-izolace-nove-generace>

[37] www.kingspan.cz

[45] Požární hledisko kontaktních zateplovacích systémů dle ČSN 73 0810:2016 [online]. <https://stavba.tzb-info.cz>: <https://stavba.tzb-info.cz>, 2016 [cit. 2019-05-09]. Dostupné z: [https://stavba.tzb-info.cz/zateplovaci-systemy/14515-pozarni-hledisko-kontaktich-systemu-dle-csn-73-0810-2016](https://stavba.tzb-info.cz/zateplovaci-systemy/14515-pozarni-hledisko-kontaktich-zateplovacich-systemu-dle-csn-73-0810-2016)

[48] Výpočet denostupňů [online]. tzb-info.cz/: tzb-info.cz/, 2018 [cit. 2019-05-14]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/103-vypocet-denostupnu>

[49] Šetření prognóz makroekonomického vývoje ČR (2019–2022) [online]. www.mfcr.cz: www.mfcr.cz, 2019 [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: <https://www.mfcr.cz/cs/verejny-sektor/makroekonomika/makroekonomicka-predikce/2019/47-kolokvium--setreni-prognoz-makroekono-35203>

[50] Bytové-domy-zatepleni [online]. www.novazelenausporam.cz: www.novazelenausporam.cz, 2019 [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: <https://www.novazelenausporam.cz/nabidka-dotaci/bytove-domy-zatepleni-zdroje/>

Softwarové zdroje

[21] Stavební fyzika od společnosti K- cad

[51] Autocad 2019 od společnosti Autodesk

[52] Build Power od společnosti RTS

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Toky látek a energií v ekosystému	17
Obr. 2 Graf rozložení spotřeby energie v domácnostech	18
Obr. 3 Graf rozložení spotřeby energie v domácnostech	19
Obr. 4 Průkaz energetické náročnosti budovy	22
Obr. 5 Tepelný odpor konstrukce R	25
Obr. 6 Normové hodnoty součinitele prostupu tepla	27
Obr. 7 Potřeba energie na přípravu TV a na vytápění	28
Obr. 8 Srovnání cen energií	30
Obr. 9 Průběh energií knem.....	32
Obr. 10 Termovizní snímek starého okna.....	33
Obr. 11 Těsnění oken.....	34
Obr. 12 Technologie Heat mirror (řez rámu okna)	35
Obr. 13 Tepelné působení na okno vytvořeno v programu Area 2017	35
Obr. 14 Zafoukávání celulozových vláken nebo zateplení pomocí polystyrenu	37
Obr. 15 Ukázka izolace stropu suterénu pomocí polystyrenu	38
Obr. 16 Kontaktní zateplovací systém.....	40
Obr. 17 Postup výroby pěnového polystyrenu Isover EPS – F	41
Obr. 18 Grafit v šedém polystyrenu	42
Obr. 19 Extrudovaný polystyren	43
Obr. 20 PIR zateplovací deska	43
Obr. 21 Výroba a Izolační výrobky ze skelné vaty	44
Obr. 22 Výroba a izolační výrobky ze minerální vaty.....	45
Obr. 23 Druhy izolace z konopí.....	47
Obr. 24 Izolační desky z lisované slámy	47
Obr. 25 Celulóžové izolační desky.....	47
Obr. 26 Srovnání vybraných izolantů.....	48
Obr. 27 Čtyři výškové kategorie a jejich základní požadavky na zateplení ETICS	49
Obr. 28 Požární pruh 0,9 m oddělující část fasády bez POP od ostatních částí obálky	50
Obr. 29 Úpravy ETICS okolo technologických zařízení na fasádě	51
Obr. 30 Ekonomika zateplování.....	52
Obr. 31 Původní stav bytového domu již po realizaci výměny oken	55
Obr. 32 Výřez katastrální mapy	56
Obr. 33 Konstrukční systém panelového domu	60
Obr. 34 Detail poškození oken před výměnou	61

Obr. 35 Informativní tok energií v objektu.....	63
Obr. 36 Podíl jednotlivých složek na celkovém objemu spotřebovávaných energií rok 2016.....	64
Obr. 37 Počet denostupňů pro rok od 1.1.2016 – 31.1.2016	64
Obr. 38 Podíl jednotlivých složek na celkovém objemu spotřebovávaných energií rok 2017.....	65
Obr. 39 Počet denostupňů pro rok od 1.1.2017 – 31.1.2017	65
Obr. 40 Podíl jednotlivých složek na celkovém objemu spotřebovávaných energií rok 2018.....	66
Obr. 41 Počet denostupňů pro rok od 1.1.2018 – 31.1.2018.....	66
Obr. 42 Podíl jednotlivých složek na celkovém objemu spotřebovávaných energií.....	67
Obr. 43 Celkový odběr tepla pro TV v GJ pro roky 2016, 2017 a 2018.....	67
Obr. 44 Rozdělení spotřeby tepelné energie na vytápění a na přípravu TV.....	68
Obr. 45 Podíl ztrát prostupem a ztrát větráním z celkové tepelné ztráty.....	70
Obr. 46 Podíl jednotlivých konstrukcí na celkové tepelné ztrátě prostupem objektu	70
Obr. 47 Měsíční potřeba energie na vytápění a přípravu teplé vody	72
Obr. 49 Štítek energetické náročnosti původní budovy	73
Obr. 50 Stanovení a vyhodnocení navrhovaných tloušťek materiálu	77
Obr. 51 Přehled návrhu varianty A1	78
Obr. 52 Přehled návrhu varianty A2	79
Obr. 53 Přehled návrhu varianty A3	80
Obr. 54 Přehled návrhu varianty A4.....	81
Obr. 55 Přehled návrhu varianty A5	82
Obr. 56 Přehled návrhu varianty B	83
Obr. 57 Přehled návrhu varianty C	84
Obr. 58 Graf porovnání investičních nákladů a dosažených úspor.....	86
Obr. 59 Potřeba energie na vytápění kombinace K1	87
Obr. 60 Potřeba energie na vytápění kombinace K2.....	88
Obr. 61 Potřeba energie na vytápění kombinace K3.....	88
Obr. 62 Podrobné podmínky pro splnění programu NZU.....	90
Obr. 63 Maximální výše dotace dle podoblastí.....	90
Obr. 64 Cashflow varianty K1.....	93
Obr.65 Cashflow varianty K2	94
Obr.66 Cashflow varianty K3.....	95
Obr.67 Srovnání financování a dosažených úspor navrhovaných kombinací	97

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1:	Výpočet součinitele prostupu tepla U původní konstrukce
Příloha č. 2:	Výpočet tepelných ztrát původního nezatepleného objektu
Příloha č. 3:	Štítek obálky budovy původního nezatepleného objektu
Příloha č. 4:	Stanovení potřeby tepla na vytápění původního stavu
Příloha č. 5:	Výpočet součinitele prostupu tepla pro různé varianty
Příloha č. 6:	Znázornění požárně bezpečnostních opatření
Příloha č. 7:	Položkový rozpočet varianta A1
Příloha č. 8:	Položkový rozpočet varianta A2
Příloha č. 9:	Položkový rozpočet varianta A3
Příloha č. 10:	Položkový rozpočet varianta A4
Příloha č. 11:	Položkový rozpočet varianta A5
Příloha č. 12:	Položkový rozpočet varianta B
Příloha č. 13:	Položkový rozpočet varianta C
Příloha č. 14:	Stanovení potřeby tepla na vytápění A1
Příloha č. 15:	Stanovení potřeby tepla na vytápění A2
Příloha č. 16:	Stanovení potřeby tepla na vytápění A3
Příloha č. 17:	Stanovení potřeby tepla na vytápění A4
Příloha č. 18:	Stanovení potřeby tepla na vytápění A5
Příloha č. 19:	Stanovení potřeby tepla na vytápění varianta C
Příloha č. 20:	Stanovení potřeby tepla na vytápění varianta B
Příloha č. 21:	Štítek energetické náročnosti budov pro kombinace
Příloha č. 22:	Finanční analýza
Příloha č. 23:	Výkresová dokumentace

SEZNAM TABULEK

Tab.1	Srovnání popsaných izolantů
Tab.2.	Srovnání tepelných ztrát
Tab. 3	Porovnání fakturované a modelové potřeby tepla v objektech
Tab. 4	Posouzení konstrukcí

SEZNAM ZKRATEK

NZÚ	– Program nová zelená úsporám
PENB	– Průkaz energetické náročnosti budov
EPS	– Pěnový expandovaný polystyren
XPS	– Extrudovaný polystyren