



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV STAVEBNÍ EKONOMIKY A ŘÍZENÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF STRUCTURAL ECONOMICS AND MANAGEMENT

PROVOZNÍ NÁKLADY RODINNÝCH DOMŮ OPERATING COST OF FAMILY HOUSES

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

BC. ZUZANA BARANYKOVÁ

VEDOUcí PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. MILOSLAV VÝSKALA

BRNO 2015



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor 3607T038 Management stavebnictví
Pracoviště Ústav stavební ekonomiky a řízení

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Diplomant Bc. Zuzana Baranyková
Název Provozní náklady rodinných domů
Vedoucí diplomové práce Ing. Miloslav Výskala
Datum zadání diplomové práce 31. 3. 2014
Datum odevzdání diplomové práce 16. 1. 2015

V Brně dne 31. 3. 2014

.....
doc. Ing. Jana Korytářová, Ph.D.
Vedoucí ústavu



.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

TYWONIAK, J. Nízkoenergetické domy (1, 2, 3). Praha: GRADA, 2008-2012. ISBN (3) 978-80-247-3832-1

SMOLA, J. Stavba a užívání nízkoenergetických a pasivních domů. Praha: GRADA ISBN 978-80-247-2995-4

ŠÁLA, J. Tepelná ochrana budov, komentář k ČSN 73 0540. Praha: ČKAIT ISBN 978-80-87093-30-6

Zásady pro vypracování (zadání, cíle práce, požadované výstupy)

Cílem diplomové práce je srovnání a posouzení provozních nákladů (energetické bilance) rodinných domů v závislosti na jejich stáří a v rámci jejich životního cyklu, zejména provozní fáze. Výstupem práce bude analýza provozních nákladů rodinných domů na základě jejich stáří.

Zásady pro zpracování bakalářské práce:

1. Všeobecné vymezení zpracované tematiky.
2. Rozřazení rodinných domů podle potřeby energie (ČSN 73 0540).
3. Provozní náklady rodinných domů.
4. Srovnání výstavby rodinných domů na základě stáří.
5. Aplikace poznatků v rámci případové studie.

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).



.....
Ing. Miloslav Výskala
Vedoucí diplomové práce

Abstrakt

Diplomová práce posuzuje a srovnává provozní náklady (energetickou bilanci) rodinných domů v závislosti na jejich stáří a v rámci jejich životního cyklu. V první části diplomové práce jsou definovány základní pojmy, tepelně-technické vlastnosti a technologické postupy zlepšování tepelně-technických vlastností. Dále je rozebrán životní cyklus staveb a ukazatele ekonomické efektivnosti. V praktické části jsou stanoveny provozní náklady tří různě starých domů. Jsou navrženy a oceněny varianty stavebních úprav na zlepšení tepelně-technických vlastností. Pro stávající stav domů i pro stav po zlepšení tepelně-technických vlastností byly zpracovány průkazy energetické náročnosti budov a následně byly hodnoty porovnány. Práce obsahuje vyčíslení nákladů na provedení stavebních úprav a určení doby návratnosti investice.

Klíčová slova

Provozní náklady, energetická náročnost, úspora energie, návratnost investice, zateplení.

Abstract

This master thesis determines and compares operating costs (energy balance) of family houses, depending on their age and during their life cycle. The basic terms, heat-technical properties and technological procedures of improving heat-technical properties are defined in the first part of the thesis. In the practical part, the operating costs of three older houses are determined. Variants of building modifications to improve heat-technical properties are suggested and evaluated. Certificates of energy performance were determined and the values compared, for both the current state of the houses and for the state after the improvement heat-technical properties. The thesis includes calculation of building modifications costs and the payback period of the investment.

Keywords

Operating costs, energy consumption, energy savings, investment return, insulation.

Bibliografická citace VŠKP

Bc. Zuzana Baranyková *Provozní náklady rodinných domů*. Brno, 2015. 89 s., 30 s. příl.

Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební ekonomiky a řízení. Vedoucí práce Ing. Miloslav Výskala.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 16.1.2015

.....
podpis autora
Bc. Zuzana Baranyková

Poděkování:

Ráda bych touto cestou poděkovala panu Ing. Miloslavu Výskalovi za vedení diplomové práce, odborné rady, inspiraci, připomínky a hlavně za to, že mi věnoval svůj čas během realizace diplomové práce. Také bych chtěla poděkovat své rodině za podporu během celého studia.

OBSAH

Úvod	13
1 Vymezení cílů	15
2 Základní pojmy	17
3 Tepelně-technické vlastnosti budov	20
3.1 Obálka budovy	20
3.2 Součinitel prostupu tepla U [$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$]	20
3.3 Průkaz energetické náročnosti	22
3.4 Potřebné podklady pro zpracování PENB	23
4 Náklady životního cyklu budov	24
4.1 Náklady v cenové tvorbě	25
4.1.1 Kalkulační postupy	27
4.1.2 Kalkulační vzorec	28
4.2 Cena stavebních prací	29
4.2.1 Právní vymezení	29
4.2.2 Definice ceny a cenová soustava	29
4.2.3 Tvorba ceny, základní metody a stanovení výše ceny	30
4.2.4 Cena stavby	31
4.2.5 Ceny v investiční výstavbě	31
5 Ukazatele ekonomické efektivity	33
5.1 Doba návratnosti	33
5.2 Čistá současná hodnota NPV	33
5.3 Vnitřní výnosové procento IRR	34
6 Financování nákladů na zlepšení tepelně-technických vlastností	35
7 Zlepšování tepelně-technických vlastností budov	36
7.1 Základní pojmy	38
7.2 Technologické postupy	39
7.2.1 Výměna výplní otvorů	39
7.2.2 Zlepšování tepelně-technických vlastností fasády	43
7.2.3 Zlepšování tepelně-technických vlastností šikmých střech	47
7.2.4 Zlepšování tepelně-technických vlastností podlahy	50
7.3 Izolační materiály	51

7.3.1	Extrudovaný polystyren XPS	51
7.3.2	Pěnový polytyren EPS	52
7.3.3	Skelná a minerální vata	52
7.3.4	Polyuretan PUR	54
7.3.5	Parozábrany a difuzní fólie	54
8	Popis hodnoceného domu	56
8.1	Popis stavebních konstrukcí domu	56
8.2	Dispozice domu	56
8.3	Technické zařízení domu	56
9	Stávající stav hodnocené budovy	58
9.1	Energetický štítek současného stavu hodnocené budovy	58
9.2	Srovnání PENB se skutečnou spotřebou energie	60
9.3	Náklady na vytápění před zateplením	61
10	Zlepšování tepelně-technických vlastností hodnocené budovy	62
10.1	Varianty zlepšování tepelně-technických vlastností fasády	62
10.2	Náklady na zlepšování tepelně-technických vlastností fasády v různých variantách	63
10.3	Náklady na výměnu oken a dveří	63
10.4	PENB po zlepšení tepelně-technických vlastností	64
11	Celkové náklady na snížení energetické náročnosti hodnocené budovy	66
11.1	Financování nákladů na snížení energetické náročnosti	66
12	Ekonomické vyhodnocení hodnocené budovy	67
12.1	Prostá doba návratnosti	67
13	PENB modelových domů z let 1977 a 1992	68
13.1	Srovnání potřeby tepla na vytápění hodnocené budovy s modely 1977, 1992	69
13.2	Náklady na vytápění modelových domů 1977 a 1992	70
14	Zlepšování tepelně-technických vlastností modelů z let 1977, 1992	71
14.1	Varianty zlepšování tepelně-technických vlastností fasády pro modely 1977, 1992	71
14.2	Náklady na zlepšování tepelně-technických vlastností fasády modelů 1977, 1992 v různých variantách	71
14.3	Náklady na výměnu oken a dveří modelových domů 1977, 1992	72

14.4	Celkové náklady na snížení EN modelových domů 1977, 1992	72
14.5	Úspora a náklady na vytápění po zlepšení tepelně-technických vlastností modelů 1977, 1992	73
14.5.1	Úspora a náklady na vytápění po zlepšení tepelně-technických vlastností model 1977	73
14.5.2	Úspora a náklady na vytápění po zlepšení tepelně-technických vlastností model 1992	74
15	Financování nákladů na snížení EN domů 1977, 1992	77
16	Ekonomické vyhodnocení modelových domů 1977, 1992	78
16.1	Prostá doba návratnosti modelových domů 1977, 1992	78
16.2	Podrobné ekonomické vyhodnocení modelových domů 1977, 1992 . . .	79
17	Vyhodnocení	81
18	Závěr	83
	Literatura	85
	Seznam symbolů, veličin a zkratk	88
	Seznam příloh	89

SEZNAM OBRÁZKŮ

3.1	Grafické znázornění průkazu energetické náročnosti [2].	22
7.1	Přibližná struktura spotřeby energie v rodinném domě [21].	36
7.2	Podíl různých konstrukcí na tepelné ztrátě domu [21].	37
7.3	Plastové okno [24], dřevěné okno [25], hliníkové okno [26].	40
7.4	Kontaktní zateplovací systém [28].	44
7.5	Bezkontaktní zateplovací systém [28].	45
7.6	Schéma tepelně-izolační omítky [29].	46
7.7	Sendvičové zdivo s tepelnou izolací [28].	47
7.8	Skladba nevětrané šikmé střechy [30].	48
7.9	Skladba odvětrané šikmé střechy [30].	49
7.10	Izolace z polystyrenových desek poskládaných shora na krokve [30].	49
7.11	Umístění tepelné izolace v podlaze nad terénem [31].	50
8.1	Hodnocený dům.	57
9.1	Srovnání nákladů na vytápění skutečného domu při vytápění různými druhy paliva.	61
10.1	Náklady na zlepšování tepelně-technických vlastností fasády v různých variantách.	63
10.2	Úspora a náklady na vytápění skutečného domu po zlepšení tepelně- technických vlastností.	65
14.1	Úspora a náklady na vytápění po zlepšení tepelně-technických vlast- ností, model 1977.	74
14.2	Úspora a náklady na vytápění po zateplení a výměně oken, model 1992.	76
16.1	Diskontovaná doba návratnosti - model 1977.	79
16.2	Diskontovaná doba návratnosti - model 1992.	80

SEZNAM TABULEK

2.1	Klasifikační třídy energetické náročnosti budov [2].	18
3.1	Hodnoty součinitele prostupu tepla dle požadavků ČSN 73 0540 [4]. . .	21
3.2	Vývoj požadavků na prostup tepla vybranými konstrukcemi vyjád- řený součinitelem prostupu tepla [7].	21
4.1	Životní cyklus a jeho pojetí [18].	24
4.2	Kalkulační vzorec [13].	28
4.3	Kalkulace stavební práce [13].	28
4.4	Cenová soustava [13].	30
7.1	Součinitel tepelné vodivosti různých druhů materiálu [32].	54
9.1	Vstupní údaje pro výpočet EN skutečného domu.	58
9.2	Hodnoty součinitele prostupu tepla hodnocené budovy.	59
9.3	Zatřídění hodnocené budovy.	59
9.4	Průměrný součinitel prostupu tepla hodnocené budovy.	59
9.5	Srovnání energetické bilance PENB se skutečnou spotřebou.	60
9.6	Náklady na vytápění dle různých druhů paliva.	61
10.1	Varianty zlepšování tepelně-technických vlastností fasády a jejich sou- činitel prostupu tepla.	62
10.2	Hodnoty U_{em} , potřeba tepla na vytápění po zlepšení tepelně-technických vlastností a úspora na vytápění.	64
11.1	Celkové náklady na snížení energetické náročnosti hodnocené budovy. . .	66
12.1	Prostá doba návratnosti u jednotlivých variant.	67
13.1	Hodnoty součinitelů prostupu tepla pro budovy z let 1977 a 1992. . . .	68
13.2	Zatřídění modelových budov 1977 a 1992.	68
13.3	Průměrný součinitel prostupu tepla pro budovy z let 1977 a 1992. . . .	69
13.4	Srovnání potřeby tepla na vytápění hodnocené budovy s budovami modelovými z let 1977 a 1992.	69
13.5	Náklady na vytápění modelových domů.	70
14.1	Součinitel prostupu tepla stěn modelů 1977, 1992 při zlepšování tepelně- technických vlastností v různých variantách	71
14.2	Náklady na zlepšení tepelně-technických vlastností fasády modelo- vých domů 1977, 1992.	72
14.3	Hodnoty U_{em} , potřeba tepla na vytápění po zlepšení tepelně-technických vlastností a úspora na vytápění, model 1977.	73
14.4	Hodnoty U_{em} , potřeba tepla na vytápění po zlepšení tepelně-technických vlastností a úspora na vytápění, model 1992.	75
16.1	Prostá doba návratnosti investice na zlepšení tepelně-technických vlast- ností modelových domů 1977 a 1992.	78

16.2	Vstupní hodnoty pro výpočet diskontované doby návratnosti domu z let 1977.	79
16.3	Vstupní hodnoty pro výpočet diskontované doby návratnosti domu z let 1992.	80

ÚVOD

Postupně se zvyšující energetická spotřeba, zapříčiňuje neustálé znečišťování životního prostředí. Dle směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/31/EU o energetické náročnosti budov tvoří podíl budov na celkové spotřebě energie v Unii 40% [1]. To dnes nutí, čím dál víc lidí, zamýšlet se nad možností snížení energetické náročnosti budovy a provozních nákladů, aniž by se snižovala životní úroveň.

Cesta snižování energetické náročnosti je složitá, ale možnosti rozhodně existují. Patří mezi ně zejména efektivní přeměna energií a následně jejich efektivní využívání, úsporná opatření a s nimi spojená změna životního stylu. Energetická sanace a izolace starších domů může vést ke značné úspoře. V souvislosti s efektivním využíváním energií, je nutno zmínit správnou funkci regulačních soustav celého systému vytápění a větrání, které hrají v energetické spotřebě velkou roli.

V diplomové práci bude řešeno stanovení provozních nákladů – energetická bilance rodinných domů. Na základě výpočtu energetického štítku budovy pomocí programu Energie 2013 LT, bude stanovena hodnota měrné dodané energie budovy. Dle této hodnoty budou domy zařazeny do konkrétní klasifikační třídy energetické náročnosti. Pomocí programu Energie 2013 LT budou zjištěny rozdíly v energetické náročnosti domů odlišného stáří. Energetická náročnost bude zjišťována vždy u stávajícího stavu budov a potom po zlepšení tepelně-technických vlastností. Jedním ze základních způsobů, jak dosáhnout lepších tepelných vlastností obálky budovy je zateplení. Počáteční investice do těchto stavebních úprav bývají velmi vysoké. Do jaké míry se zlepšení tepelně-technických vlastností budovy projeví na snížení provozních nákladů a o kolik se zvýší pořizovací náklady rodinných domů bude řešeno i v diplomové práci. V práci bude dále vyhodnocena doba návratnosti vložené investice na zlepšení tepelně-technických vlastností v porovnání s úsporou nákladů na vytápění.

V první kapitole budou vysvětleny základní pojmy týkající se tepelně-technických vlastností budov, které souvisejí s výpočtem energetické náročnosti a stanovení součinitele prostupu tepla s jeho historickým vývojem. Dále budou vysvětleny pojmy, které se týkají nákladů životního cyklu budov ve stavebnictví a jejich financování. V dalších kapitolách budou popsány různé technologické postupy pro zlepšení tepelně-technických vlastností budov, materiály pro realizaci a jejich tepelně izolační vlastnosti. Nakonec bude popsána doba návratnosti, což je ukazatel, který bude rozebrán v závěrečné části.

V praktické části bude vyhodnocený dům popsán včetně stanovení energetické bilance, nákladů na zlepšení tepelně-technických vlastností a bude provedeno celkové vyhodnocení. Praktická část se bude zabývat skutečným stavem budovy i „modelovou situací“. Řešením modelové situace bude modelový dům, který má stejné

rozměry jako dům hodnocený, ale bude zahrnovat konstrukce a součinitel prostupu tepla, které byly potřeba na splnění požadavků normy v minulosti. Konkrétně v letech 1977 a 1992. Následně bude vypočten, stejně, jako u domu hodnoceného (skutečného), energetický štítek modelových domů, náklady na zlepšení tepelně-technických vlastností, které vyhovují požadavkům současné normy ČSN EN 73 0540 – 2, Tepelná ochrana budov a vyhlášky. č. 78/2013 Sb.: O energetické náročnosti budov.

1 VYMEZENÍ CÍLŮ

Cílem diplomové práce bude srovnání a posouzení provozních nákladů (energetické bilance) rodinných domů v závislosti na jejich stáří a v rámci jejich životního cyklu (zejména provozní fáze).

Postup vypracování diplomové práce

V úvodních kapitolách budou popsány základní pojmy týkající se zpracovávané tematiky, které definuje vyhláška 78/2013 Sb., O energetické náročnosti budov, ČSN 73 0540, Tepelná ochrana budova a ČSN EN ISO 13790, Energetická náročnost budov.

Dále budou stanoveny provozní náklady rodinných domů vycházejících z jejich průkazů energetické náročnosti, které budou vypracovány v programu Energie 2013 LT. Průkaz energetické náročnosti budovy komplexně hodnotí budovu po stránce spotřeby energie – celkové dodané energie do budovy. ENB představuje rozsáhlý výpočet, který je založen na interakci mezi jednotlivými částmi budovy (zónami) v kombinaci s jednotlivými energetickými systémy, v tomto případě se jedná o [33]:

- Systém vytápění
- Systém přípravy teplé vody
- Systém osvětlení

Systém ENB budovy je založen na hodnocení několika ukazatelů energetické náročnosti budovy. Nové budovy musí splnit současně tři ukazatele energetické náročnosti [33]:

- Ukazatel neobnovitelné primární energie za rok
- Ukazatel celkové dodané energie za rok
- Ukazatel průměrného součinitele prostupu tepla obálkou budovy U_{em}

Hodnocení budovy je pak prakticky prováděno pomocí dvou paralelně porovnávaných budov, výpočet probíhá ve dvou částech. První část představuje zadání, výpočet a výstupy pro řešenou budovu – budova hodnocená, druhou část představuje zadání, výpočet a výstupy pro referenční budovu s požadovanými hodnotami referenčních parametrů [33].

Provozní náklady skutečného stavu rodinných domů budou potom porovnávány s provozními náklady, které budou domy vykazovat po zlepšení tepelně-technických vlastností obalových konstrukcí. Provozní náklady stanovené z PENB budou porovnávány i v rámci jednotlivých domů na základě jejich stáří.

Náklady na zlepšení tepelně-technických vlastností budou stanoveny ve směrných cenách v rozpočtářském programu Kros Plus a tak se mohou od cen skutečných dodavatelů mírně lišit.

Stanovené náklady na zlepšení tepelně-technických vlastností budou porovnávány s úsporou za vytápění, kterou bude dosaženo právě zlepšením těchto vlastností. Na základě dosažené úspory bude následně vyhodnoceno, zda bude investice do těchto opatření efektivní. Hlavním ekonomickým ukazatelem efektivnosti bude doba návratnosti.

V závěrečné kapitole bude provedeno celkové vyhodnocení a srovnání hodnocených domů.

2 ZÁKLADNÍ POJMY

V následujícím textu je použita terminologie podle vyhlášky č. 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov. Tato vyhláška zpracovává příslušný předpis směrnice Evropské unie.¹

Základní pojmy pro účely této vyhlášky se rozumí:

Potřeba energie (tepla/chladu) – Energie potřebná na daný účel (vytápění, chlazení, příprava teplé vody...) za předpokladu 100% účinnosti všech technických systémů. Jde o teoretickou hodnotu bez vlivu energetických ztrát v technických systémech [2].

Vypočtená spotřeba energie – Energie potřebná na daný účel s vlivem účinností všech technických systémů. Vypočte se z potřeby energie a zahrnuje vliv účinnosti zdrojů, distribuce a sdílení energie [2].

Pomocná energie – Energie potřebná pro provoz pomocných technických systémů (např. čerpadel, regulace či řízení) [2].

Dodaná energie – Předpokládaná celková spotřeba energie na daný účel. Stanoví se jako součet vypočtené spotřeby energie a pomocné energie. Tato hodnota se může více či méně blížit skutečné spotřebě energie v budově [2].

Celková dodaná energie – Součet všech dílčích dodaných energií do budovy [2].

Neobnovitelná primární energie – Předpokládaná neobnovitelná část energie z přírody, která je dodávána do budovy jednotlivými energonositeli, a která neprošla žádným procesem přeměny [2].

Celková primární energie – Předpokládané celkové množství energie z přírody, které je dodáváno do budovy jednotlivými energonositeli, které neprošlo žádným procesem přeměny. Je součtem obnovitelné a neobnovitelné primární energie [2].

¹Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/31/EU ze dne 19. května 2010 o energetické náročnosti budov.

Nařízení Komise č. 244/2012 ze dne 16. ledna 2012, kterým se doplňuje směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/31/EU o energetické náročnosti budov stanovením srovnávacího metodického rámce pro výpočet nákladově optimálních úrovní minimálních požadavků na energetickou náročnost budov a prvků budov.

Energetická náročnost – Výpočet energetické náročnosti budov, tj. výpočet roční dodané energie na vytápění, chlazení, přípravu teplé vody, nucené větrání, úpravu vlhkosti vnitřního vzduchu a osvětlení, je prováděn v souladu s ČSN EN ISO 13790 a podle principů vyhlášky č. 78/2013 Sb.

Tab. 2.1: Klasifikační třídy energetické náročnosti budov [2].

Klasifikační třídy energetické náročnosti budov			
Třída	Horní hranice klasifikační třídy		Slovní vyjádření
	Energie	U_{em}	
A	$0,5 \times E_R$	$0,65 \times E_R$	Mimořádně úsporná
B	$0,75 \times E_R$	$0,8 \times E_R$	Velmi úsporná
C	E_R		Úsporná
D	$1,5 \times E_R$		Méně úsporná
E	$2 \times E_R$		Nehospodárná
F	$2,5 \times E_R$		Velmi nehospodárná
G	-		Mimořádně nehospodárná

Referenční budova E_R – výpočtově definovaná budova téhož druhu, stejného geometrického tvaru a velikosti včetně prosklených ploch a částí, stejné orientace ke světovým stranám, stínění okolní zástavbou a přírodními překážkami, stejného vnitřního uspořádání a se stejným typickým užíváním a stejnými uvažovanými klimatickými údaji jako hodnocená budova, avšak s referenčními hodnotami vlastností budovy, jejich konstrukcí a technických systémů budovy [2].

Základní pojmy pro účely ČSN EN ISO 13790, energetická náročnost budov, výpočet potřeby energie na vytápění a chlazení

V následujícím textu je použita terminologie, která uvádí výpočtové metody pro hodnocení roční spotřeby energie na vytápění a chlazení obytných a nebytových budov nebo jejich částí [3].

Energetická bilance – Poměr mezi energetickými vstupy a výstupy (ztrátami) [3].

Měrná potřeba tepla na vytápění $[\text{kWhm}^{-2}]$ – Základní ukazatel hodnocení pasivního domu. Udává spotřebu tepla domu za jeden rok, výpočet je uveden v ČSN EN ISO 13790 [3].

Potřeba energie na vytápění [kWh] – Tepelná energie, kterou je třeba dodat otopné soustavě pro pokrytí potřeby tepla [3].

Tepelná ztráta budovy [kW] – Množství tepla odvedeného za danou dobu z vytápěného prostoru do vnějšího prostředí prostupem tepla a větráním [3].

Ztráta prostupem tepla [kW] – Tepelná ztráta prostupem tepla obvodovými konstrukcemi a přes přiléhající zeminu [3].

Základní pojmy dle ČSN 73 0540, tepelná ochrana budov

Tato norma stanovuje tepelně technické požadavky pro navrhování a ověřování budov s požadovaným stavem vnitřního prostředí při jejich užívání, které zajišťují plnění základních požadavků na stavby, zejména hospodárné splnění základního požadavku na úsporu energie a tepelnou ochranu budov [5].

Součinitel prostupu tepla U [$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$] – Hodnotí tepelný tok prostupem tepla jednotlivými konstrukcemi na nastavené úrovni (požadované, doporučené, nízkoenergetické a pasivní – klesají vůči sobě na 2/3 předchozí úrovně) [5].

Obálka budovy – Je tvořena všemi konstrukcemi na systémové hranici celé budovy, jež jsou vystaveny venkovnímu prostředí [5].

Provozní náklady – Náklady na zajištění provozu a údržbu budov. Provozní náklady představují tyto položky: náklady na vytápění, na ohřev TUV, na spotřebu elektrické energie, na vodné a stočné a případně náklady na fond oprav [6]

Další pojmy týkající se tepelně-technických vlastností budou vysvětleny v kapitole 7. Zlepšování tepelně-technických vlastností budov.

3 TEPELNĚ-TECHNICKÉ VLASTNOSTI BUDOV

Tepelně-technické vlastnosti materiálů tvořících obvodový plášť budovy jsou významnými činiteli, kteří značně ovlivňují celkovou energetickou náročnost budov. Dodržení tepelně technických požadavků zamezí vzniku tepelně-technických vad budov a zároveň vytvoří tepelnou pohodu uživatelů uvnitř objektu. Dodržování tepelně-technických požadavků se požaduje při běžné údržbě a předpokládaném provozu po celou dobu předpokládané životnosti stavby. Tepelně technické požadavky zohledňují šíření tepla, vzduchu a vlhkosti konstrukcemi a prostup tepla obálkou budovy [10]. Další tepelně-technické vlastnosti, jako jsou tepelný odpor konstrukce a tepelná vodivost, jsou vysvětleny v kapitole 7.1.

3.1 Obálka budovy

Je tvořena všemi konstrukcemi na systémové hranici celé budovy, jež jsou vystaveny venkovnímu prostředí [5]. Stavební konstrukce tvořící obálku budovy rozdělujeme na těžké (masivní) a lehké (dřevostavby). Na výstavbu může být použit jakýkoliv materiál, který s dostatečnou vrstvou tepelné izolace zajistí potřebné parametry pro stavbu domu. Obálku budovy netvoří pouze obvodová zeď, ale také základy a střešní konstrukce. Podceňovány bývají izolace podlahy a tepelné mosty, které vznikají při napojování střešních konstrukcí na nosné konstrukce. Mezi hlavní požadavky související s energetickými vlastnostmi budovy patří zejména [7]:

- Omezení prostupu tepla – vyjádřeného za pomoci součinitele prostupu tepla.
- Zajištění dostatečné teploty na vnitřním povrchu konstrukcí i za velmi nízkých venkovních teplot.
- Vyloučení nebo omezení kondenzace vodních par v konstrukcích.
- Vyloučení průniku vzduchu skrz konstrukce, omezení průniku vzduchu funkcemi spárami a konstrukčně podmíněnými netěsnostmi.
- Omezení energetického vlivu tepelných mostů v místech napojení konstrukcí mezi sebou.

3.2 Součinitel prostupu tepla U [$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$]

Vede k vyváženému řešení jednotlivých konstrukcí, včetně jejich tepelných mostů, zajišťuje optimalizaci jednotlivých tepelných mostů v konstrukci z hlediska jejich souhrnného vlivu (souběžně s optimalizací skladby konstrukce). Jedná se o klasický podklad pro návrh vytápění, větrání nebo klimatizace [7]. V hodnotě součinitele

prostupu tepla musí být zahrnut vliv očekávaných lokálních zhoršení vlivem různých nehomogenit, spojovacích prvků atd. [6].

Tab. 3.1: Hodnoty součinitele prostupu tepla dle požadavků ČSN 73 0540 [4].

Konstrukce	Hodnoty součinitele prostupu tepla dle jednotlivých požadavků [$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$]		
	U_{n20} požadované v normě	U_{rec20} doporučené v normě	U_{pas} doporučené hodnoty pro pasivní domy
Obvodová stěna	0,3	0,2	0,18 - 0,12
Okna	1,5	1,2	0,8 - 0,6
Střešní okna	1,4	1,1	0,9
Dveře	1,7	1,2	0,9
Střecha	0,24	0,16	0,15 - 0,1
Podlaha na terénu	0,45	0,3	0,22 - 0,15

Vývoj součinitele prostupu tepla z hlediska stáří staveb v ČR je uveden v následující tabulce.

Tab. 3.2: Vývoj požadavků na prostup tepla vybranými konstrukcemi vyjádřený součinitelem prostupu tepla [7].

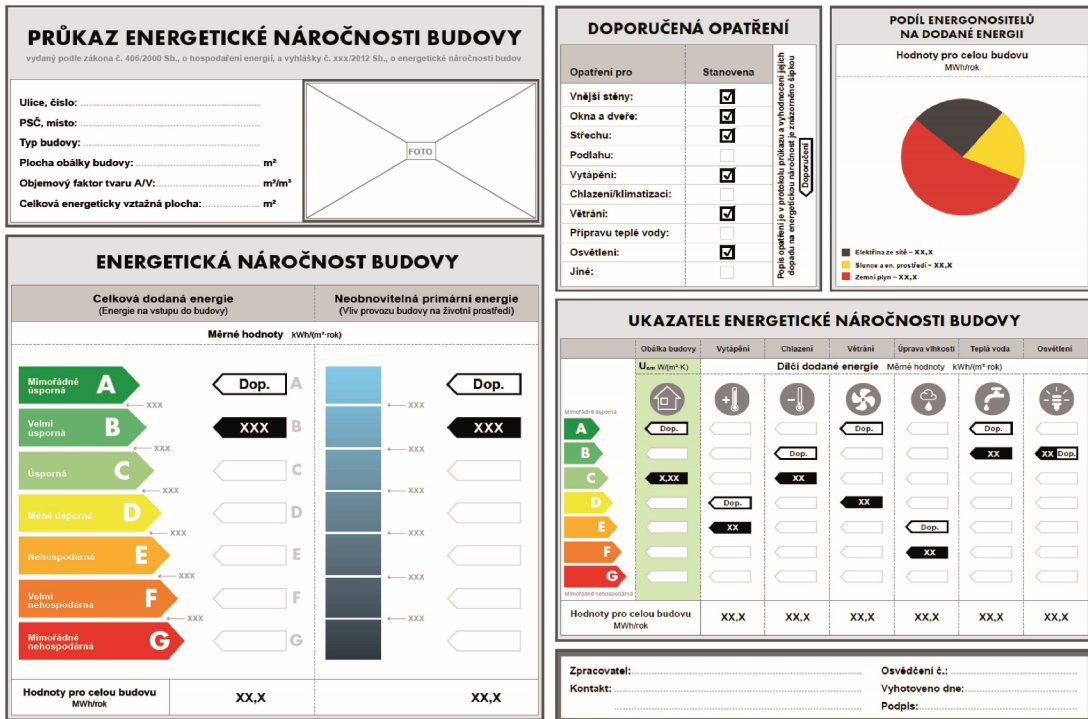
Vývoj požadavků na součinitel prostupu tepla							
	Červen 1949	Březen 1955	Březen 1977	Duben 1992	Květen 1994	Listopad 2005	Duben 2007
Střecha	1,163	1,163	0,508	0,316	0,316 (0,276) ²	0,24	0,24
Stěna vnější	1,454	1,396	0,894	0,461	0,461 (0,405) ²	0,38 (0,30) ²	0,38 (0,30) ²
Podlaha na terénu, nad suterénem	-	-	1,091	1,034 (0,600) ²	0,857 (0,462) ²	0,60 (0,38) ²	0,45 (0,38) ²
Okno	4,652	4,652	3,7	2,9	2,7	1,7 (1,5) ³	1,7 (1,5) ³

²Hodnoty v závorkách platí pro lehké konstrukce s hmotností vnitřních vrstev k tepelné izolaci včetně do 100 [kgm^{-2}]

³Vlastnosti oken uváděné v ČSN 73 0540 měly o 15% zvýšený součinitel prostupu tepla kvůli nízké tepelné akumulaci, v tabulce uvedeno bez této přírážky.

3.3 Průkaz energetické náročnosti

Průkaz energetické náročnosti dokládá, že nově zrekonstruovaná budova nebo novostavba splňují požadavky energetické náročnosti dané normou ČSN EN ISO 13790 a vyhláškou 78/2013 Sb. Smyslem průkazu je zlepšit orientaci vlastníků domů v nákladech na energii v domě. Vlastníci domů ze štítku vyčtou teoretickou hodnotu spotřeby energie, která může být odlišná od reálné spotřeby. Z hlediska energetické náročnosti však jasně rozliší budovy s velkou energetickou náročností od budov s nízkou energetickou náročností. Z faktur za energie se tyto informace získat nedají. Informace, které najdeme ve fakturách jsou ovlivněny řadou faktorů, související s tím, jak obyvatelé dům užívají nebo jaké bylo v daném roce počasí, zda byla tuhá nebo mírná zima.



Obr. 3.1: Grafické znázornění průkazu energetické náročnosti [2].

3.4 Potřebné podklady pro zpracování PENB

- Plán situace stavby
- Technická zpráva
 - Popis způsobu vytápění a ohřevu TUV, vč. hlavních technických parametrů.
 - Popis vzduchotechnického zařízení, vč. hlavních technických parametrů.
- Projektová dokumentace
 - Technická zpráva, půdorysy, řezy, pohledy.
 - Podklady musí obsahovat skladby podlah, stěn, stropních a střešních konstrukcí, typy oken a jejich zasklení [11].

4 NÁKLADY ŽIVOTNÍHO CYKLU BUDOV

Životní cyklus obecně představuje určitý časový interval v letech. V investičních propočtech se prolíná problematika tří úrovní životního cyklu spojeného s realizací investičního záměru, viz následující tabulka.

Tab. 4.1: Životní cyklus a jeho pojetí [18].

Životní cyklus projektu stavby			
Fáze předinvestiční	Fáze investiční	Fáze provozní	Fáze likvidační

Životní cyklus stavby		
Fáze investiční	Fáze provozní	Fáze likvidační

Životní cyklus projektu

Etapy životního cyklu jsou podle výše uvedené tabulky rozděleny na sebe navazující fáze:

- Předinvestiční
- Investiční
- Provozní
- Likvidační

Předinvestiční fáze

Cílem fáze, je vypracování podnikatelského záměru do podrobností potřebných pro rozhodnutí o jeho uskutečnění. Výběrem vhodných technicko - ekonomických ukazatelů je zjišťována nejen ekonomická efektivnost, ale i technická a finanční proveditelnost záměru. Definují se v ní cíle, rozsah, specifikace a měřitelná kritéria, která určují, čeho se má dosáhnout a způsob řešení, který povede k dosažení cílů. Vypracovává se studie proveditelnosti. Závěrečným dokumentem je investiční rozhodnutí [19][12].

Investiční fáze

Je nejpracnější a nejnákladnější částí. Zabývá se vypracováním plánu, řízením realizace a vlastní realizací. Dokumenty této fáze jsou výsledky průzkumů, dokumentace

pro územní, stavební a kolaudační řízení včetně prováděcí dokumentace a dokumentace skutečného stavu provedení stavby. V investiční fázi projektu probíhá podrobná projektová a realizační činnost (včetně uzavírání potřebných smluv), kterou je možné popsat následujícími kroky [19][12]:

- Vypracování plánů projektu
- Vypsání soutěže na projektanta, výběr projektanta, uzavírání smluv s projektantem
- Zpracování dokumentace k územnímu řízení
- Vypracování projektu pro stavební povolení
- Stavební řízení
- Realizace stavby
- Zkušební provoz
- Přejímka stavby a kolaudace

Provozní fáze

Je zahájena předáním stavby provozovateli. Jde o fázi, která má nejdelší dobu trvání. Jsou vyhodnoceny plánované a dosažené výsledky, zejména náklady na výstavbu. Z pohledu projektu stavby jde o sledování činností a nákladů na opravy a udržování, plánované revize, rekonstrukce a modernizace. Je vedena provozní dokumentace, sledují se náklady a zisk. Je vypracovávána závěrečná zpráva [19][12][18].

Likvidační fáze

Představuje ukončení života stavby. Zahrnuje stavební činnost spojenou s jejím odstraněním. V celém rozsahu se jedná o demoliční práce. Úplná likvidace může být nahrazena rekonstrukcí se změnou účelu stavby a novým stavebním a kolaudačním řízením [19][12].

4.1 Náklady v cenové tvorbě

Představují spotřebu výrobních činitelů za účelem dosažení maximálního efektu produkce.

Náklady jako ekonomická kategorie vznikají v souvislosti s realizací nějaké produkce nebo činnosti vyvolané podnětem buď ze strany nabídky, nebo ze strany poptávky. Cílem je dosáhnout maximálního ekonomického prospěchu, tzn. dosáhnout co nejnižších nákladů [14].

Druhy nákladů

Náklady mohou být rozděleny podle určitých kritérií vyplývajících z potřeb plánování, evidence, řízení a kalkulací v produkčním procesu. Označení nákladů je přímo podmíněno odvětvím a potřebami realizované produkce [14].

Z ekonomického hlediska charakterizujeme náklady na [14]:

- Celkové (TC total costs) – všechny náklady vynaložené na realizaci určitého objemu produkce.
- Průměrné (AC average costs) – vynaložené na realizaci jednotky produkce.
- Mezní (MC marginal costs) – potřebné na rošíření objemu produkce o danou jednotku.

Pro potřeby řízení a tvorby hospodářského výsledku rozlišujeme náklady [14]:

- Výkonů – jsou z hlediska prokazatelnosti realizace ekonomického prospěchu bezprostředně identifikovatelné s příslušnými výkony (přímý materiál, výrobní režie,..).
- Období, které nejsou prokazatelně identifikovatelné s ekonomickým prospěchem konkrétních výkonů, ale lze je přiřadit určitému období (odbytová režie, správní režie, které jsou odčerpávány globálně za příslušné období).

Členění nákladů podle druhu [14]:

- Materiálové náklady – zahrnují spotřebovaný materiál pro výrobu, pomocný materiál, spotřebu energie, paliv, náklady na dopravu.
- Náklady na nakupované výrobky, opravy a údržbu, služby nemateriální povahy.
- Odpisy, základních prostředků, předmětů postupné spotřeby
- Mzdové a ostatní náklady – náklady na vynaložené mzdy a odměny.
- Finanční náklady – placené úroky z úvěrů, poplatky státu, pojistné, pokuty, penále a manka.

Kalkulační členění nákladů [14]:

- Náklady přímé – zahrnují všechny náklady nutné pro danou výrobu, jejichž objem je možné zjistit přímo na jednici výroby.
- Náklady nepřímé – jejichž objem nelze stanovit přímo na jednici výroby, a proto se musí stanovit nepřímou pomocí přírážky k předem zvolené rozvrhové základně.

Pro potřeby formulování řízení výrobního procesu náklady dělíme [14]:

- Variabilní – mění se v závislosti na množství produkce.
- Fixní – nemění se přímo s objemem výroby. Mění se v čase a k jejich změně dochází časem.

4.1.1 Kalkulační postupy

Kalkulace slouží pro sledování pohybu nákladů podle druhů a výkonů, ke kterým se vážou. Kalkulační postupy se volí podle zaměření a účelu kalkulace [14].

Kalkulace nákladů s ohledem na objem výroby jsou [14]:

- Absorpční (úplné) – propočítávají se úplné náklady na kalkulační jednici. V kalkulaci jsou absorbovány všechny náklady související s výrobou a odbytem výkonů, vymezené jako kalkulovatelné náklady.
- Neúplné – k výkonům se přiřazují jednotlivé složky nákladů přímo závislé na jejich změnách a náklady závislé na čase se přiřazují jako blok nákladů k celkové výrobě.

Kalkulace nákladů z hlediska časového [14]:

- Předběžná kalkulace – se sestaví před zahájením výrobního procesu.
 - Propočtová kalkulace – uplatnění při zavádění nových technologií, při změnách výrobních a dodacích podmínek, při modernizacích.
 - Rozpočtové kalkulace – určují náklady v závislosti na objemu výroby za dané období.
- Operativní kalkulace – vycházejí z operativních norem zohledňující konkrétní podmínky technické, technologické a organizační, platné v době sestavování kalkulace. Mají základní využití v operativním řízení nákladů podniku.
- Výsledná kalkulace – slouží ke zjištění skutečných nákladů realizované výroby a jsou informací pro provádění kontroly a následného řízení množství a struktury nákladů.

Kalkulace nákladů podle délky časového rozpětí pro které se kalkulují [14]:

- Dlouhodobé (roční)
- Krátkodobé (čtvrtletní, měsíční)

Kalkulace nákladů podle cíle zaměření [14]:

- Na organizační jednotku

- Kalkulace mohou být pevné, pružné nebo variabilní
- Na daný výkon
- Kombinované

4.1.2 Kalkulační vzorec

Definuje obsah jednotlivých druhů nákladů a současně určuje způsob stanovení těchto nákladů. Užití vzorce zaručuje, že do ceny budou zahrnuty všechny náklady, které ji objektivně tvoří. Skládá se z dílčích nákladových složek. Jeho struktura není předepsána právní normou na úrovni státu a je individuální záležitostí právnické nebo fyzické osoby, která cenu kalkuluje [13].

Tab. 4.2: Kalkulační vzorec [13].

Struktura kalkulačního vzorce			
Přímé náklady	Přímý materiál		H
	Přímé mzdy		M
	Ostatní přímé náklady OPN	Náklady na provoz stavebních strojů	S
		Ostatní náklady	O
	Sociální a zdravotní pojištění	SZP	
Nepřímé náklady	Režie výrobní		RV
	Režie správní		RS
Zisk			Z

$$\text{CENA CELKEM} = \Sigma \text{PŘÍMÉ NÁKLADY} + \text{NEPŘÍMÉ NÁKLADY} + \text{ZISK}$$

Tab. 4.3: Kalkulace stavební práce [13].

Cena stavební práce							
Přímé náklady					Nepřímé náklady		Zisk
Zpracovací náklady							
Materiál	Mzdy	Ostatní přímé náklady			Režie		
		Stroje	Ostatní náklady	Pojištění SZ	Režie výrobní	Režie správní	
Přímé zpracovací náklady					Hrubé rozpětí		

4.2 Cena stavebních prací

Část diplomové práce se bude zabývat náklady a cenou, které budou muset vynaložit majitelé na zlepšení tepelně-technických vlastností rodinných domů. Proto budou v následující kapitole popsány základní pojmy týkající se tvorby ceny, jaké právní předpisy upravují cenu, jak je cena jako samostatný pojem definována, jak se stanovuje a tvoří.

4.2.1 Právní vymezení

Z hlediska právních předpisů je cena definovaná zákonem o cenách – Zákon č. 526/1990 Sb., o cenách ve znění pozdějších předpisů a navazující vyhlášky, kde §1 odst. 2 je cena peněžní částka:

- Sjednaná při nákupu a prodej zboží podle §2 až 13
- Zjištěná podle zvláštního předpisu k jiným účelům

Pod cenou vytvořenou k jiným účelům se myslí zjišťování cen podle zákona o oceňování majetku – Zákon č. 151/1997 Sb., o oceňování majetku a o změně některých zákonů ve znění pozdějších předpisů a navazující vyhlášky [12].

Související předpisy [13]

- Zákon o veřejných zakázkách
- Obchodní zákoník
- Zákon na ochranu hospodářské soutěže

4.2.2 Definice ceny a cenová soustava

Zákon č. 526/1990 Sb., ve znění z. 135/1994 Sb., §1 odst.2: „Cena je peněžní částka, sjednaná mezi kupujícím a prodávajícím při nákupu a prodeji zboží nebo vytvořená pro oceňování zboží, dalšího majetku a majetkových práv k jiným účelům. Pro oceňování k jiným účelům se cena vytvoří zejména nákladovou, výnosovou nebo porovnávací metodou podle zvláštních předpisů.“ (například dle vyhlášky o oceňování nemovitostí) [13].

Cena vyjadřuje všechny základní ekonomické vztahy, je syntetickým vyjádřením řady ekonomických skutečností, odráží poměry v ekonomice, na jednotlivých jejích trzích i mezi jednotlivými subjekty [14].

Cena zboží je v obecním slova smyslu určena množstvím peněz, za které směníme jednotku žádaného zboží. Cena je penězi vyjádřená hodnota zboží [14].

Ceny jednotlivých směnných procesů v národním hospodářství tvoří ve svém souhrnu cenovou soustavu [14].

Cenová soustava může být hodnocena z hlediska [14]:

- Kvalitativního přístupu – hodnocení cenové soustavy na jejím postavení v mechanismu národního hospodářství, na úlohy, které v něm plní a tedy na její tomu odpovídající kvalitu.
- Kvantitativního přístupu – zaměřuje se na vývoj celkové cenové hladiny, na vývoj cenových hladin v jednotlivých oblastech národního hospodářství, sleduje vývoj úrovně cen jednotlivých výrobků a jejich skupin.

Tab. 4.4: Cenová soustava [13].

Cenová soustava			
Ceny	Smluvní Z. 526/1990 Sb., o cenách	Volné	
		Regulované	Úředně
			Věcně
			Časově
	Zjištěné Z. 151/1997 Sb., o oceňování majetku	Majetku	Nemovitého
			Movitého
			Finančního
		Služeb	

4.2.3 Tvorba ceny, základní metody a stanovení výše ceny

Hlavní otázkou cenové politiky firmy je určení „správné ceny“. Podle konkrétních okolností se při určování cen vychází buď z nákladů, konkurence nebo orientace na poptávku. Mluví se zde o tzv. magickém trojúhelníku cenové politiky [15].

Nákladově orientovaná metoda - tvoří cenu jako sumu veškerých nákladů s připočtením zisku, ignoruje však aktuální situaci v prostoru trhu a konkurence, využívá zkrácené nákladové informace. Uplatňuje se zejména ve stavebnictví kvůli své jednoznačnosti a snadné dostupnosti údajů o nákladech [15].

Poptávkově orientovaná metoda

Odhaduje cenu na základě hodnoty, kterou zákazník usuzuje na konkrétní zboží (služby). Odhad poptávky není jednoduchý. Druhy poptávky:

- Pružná poptávka – při snížení ceny produkce rychle roste prodej a naopak;
- Nepružná poptávka – cenové změny neovlivňují výrazně míru prodeje.

Konkurenčně orientovaná metoda

Vytváří se srovnatelná cena, na základě srovnání vlastních výrobků s konkurencí. Využívá se převážně v oblasti oligopolního charakteru [16].

Cena je ovlivňována trhem a informacemi o trhu. Získáváním informací o trhu se zabývá marketing. Marketing využívá k uspokojování požadavků zákazníků systém nástrojů, který nazýváme marketingový mix. Marketingové nástroje jsou uspořádány do čtyř základních skupin nazývaných „čtyři P“ [15].

- Product (výrobek)
- Price (cena)
- Place (distribuce)
- Promotion (podpůrné aktivity)

Cena je prvkem marketingového mixu. Jedná se o jediný marketingový nástroj přinášející zisk [15].

4.2.4 Cena stavby

Cena stavby vyjadřuje hodnotu stavby v penězích. Může být pro různé účely stanovena v různých obdobích životního cyklu stavby.

- Pořizovací cena stavby – cena stavby v době pořízení investorem (plánovaná x realizovaná).
- Reprodukční cena stavby – cena, za kterou by byla stavba pořízena v době, kdy se cena zjišťuje nebo kdy se o ní účtuje.

Cena stavby zahrnuje veškeré náklady a výdaje investora související s pořízením stavby = celkové náklady stavby. Z hlediska investora jde o investiční náklady [13].

Cena stavebního díla představuje sumu dílčích ocenění všech procesů, které probíhají v průběhu její přípravy, provedení výstavby a předání uživateli/investorovi. Oceňuje se stavební objekt, stavba jako soubor stavebních objektů, dodávka prací části stavebního objektu [15].

4.2.5 Ceny v investiční výstavbě

V průběhu zadávání stavebních zakázek se tvoří [14]:

- Poptávková cena – vzniká z předběžného propočtu investora, který si stanoví předběžnou cenu stavby na základě kalkulace celkových nákladů stavby.
- Nabídková cena – cena nabízená dodavatelem za provedení prací podle podmínek zadávaných investorem.

V průběhu sjednávání stavebních zakázek se sestavuje [14]:

- Smluvní cena – cena vznikající jako výsledek dohody mezi kupujícím a prodávajícím. Cena je uvedena v dohodě o ceně, je podstatnou součástí smlouvy o dílo.

V konkrétních podmínkách vznikají různé druhy smluvních cen a to [14]:

- Tržní cena – cena realizovaná na trhu.
- Prodejní cena – cena, za kterou prodávající prodává zboží kupujícímu.
- Nákupní cena – cena, za kterou nakupující pořídil zboží bez nákladů na jeho další náklady na pořízení.
- Cena pořízení – cena, za kterou bylo zboží získáno (bez nákladů souvisejících s jeho pořízením).
- Pořizovací cena – cena, za kterou kupující nabývá zboží včetně nákladů souvisejících s jeho pořízením.

5 UKAZATELE EKONOMICKÉ EFEKTIVNOSTI

5.1 Doba návratnosti

Prostá doba návratnosti

Je to počet let, za které projekt vytvoří výnosy ve výši investovaných nákladů projektu. Pokud jsou výnosy v jednotlivých letech konstantní, lze dobu návratnosti stanovit jednoduchým podílem investičních nákladů a ročního výnosu. V praxi se moc neseťkáváme s projekty, které by měly konstantní výnosy, proto dobu návratnosti stanovujeme kumulativním načítáním ročních výnosů až do výše investičních nákladů [18].

$$DN = \frac{IC}{R_i} \quad (5.1)$$

DN – doba návratnosti,

IC – investiční náklady,

R_i – výnosy

Diskontovaná doba návratnosti

Postup výpočtu je shodný s prostou dobou návratnosti. Jde opět o kumulaci, tentokrát diskontovaných toků až do okamžiku, ve kterém se budou rovnat investičním nákladům. Jednotlivé peněžní toky musí být z hlediska časové hodnoty peněz diskontovány a porovnány s počátečními investičními náklady. Čím je doba návratnosti kratší, tím je investice hodnocena příznivěji [18].

Nevýhody ukazatele doby návratnosti

Ukazatel doby návratnosti nebere v úvahu peněžní toky, které vznikají po době návratnosti. Z praxe je dokázáno, že se příjmy z investice často koncentrují do posledních let předpokládané životnosti projektu [18].

5.2 Čistá současná hodnota NPV

Hodnota peněžních prostředků se v čase mění. Je nutné převést předpokládané budoucí finanční výnosy na jejich současnou (dnešní) hodnotu. Představuje přírůstek zdrojů vyvolaný financováním [18].

$$NPV = \sum_{i=1}^n \frac{R_i}{(1+r)^i} - IC \quad (5.2)$$

PV – současná hodnota peněz,

R_i – výnosy v jednotlivých letech,

i – počet let,

r – diskontní sazba (časová hodnota peněz),

IC – investiční náklady

$$\text{Diskontní faktor} = \frac{1}{(1+r)^i} \quad (5.3)$$

5.3 Vnitřní výnosové procento IRR

Vnitřní výnosové procento představuje procentuální výnosnost projektu za celé hodnocené období. Může být definováno jako výnos, při kterém projektované peněžní toky vytvoří nulovou NPV viz následující rovnice [18].

$$NPV = \sum_{i=1}^n \frac{R_i}{(1+r)^i} = 0 \quad (5.4)$$

NPV – čistá současná hodnota peněz,

R_i – výnosy v jednotlivých letech,

i – počet let,

r – diskontní sazba (časová hodnota peněz)

Algebraický výpočet metodou lineární interpolace bude probíhat v následujících krocích [18]:

- Odhad hodnoty IRR (r) projektu
- Výpočet NPV pro toto IRR (r)
- Porovnání s rozhodovacími kritérii
 - NPV = 0 ... odhad správný
 - NPV > 0 ... odhad nízký (r_1)
 - NPV < 0 ... odhad vysoký (r_2)
- Postup bude opakován, dokud nebude dosaženo kladné NPV a záporné NPV
- Dosazení do interpolačního vzorce stanoví skutečnou hodnotu IRR [18]

$$IRR = r_1 + \frac{NPV_+}{|NPV_+| + |NPV_-|} * (r_2 - r_1) \quad (5.5)$$

r_1 – odhadované IRR pro kladnou NPV₊,

r_2 – odhadované IRR pro zápornou NPV₋

6 FINANCOVÁNÍ NÁKLADŮ NA ZLEPŠENÍ TEPELNĚ-TECHNICKÝCH VLASTNOSTÍ

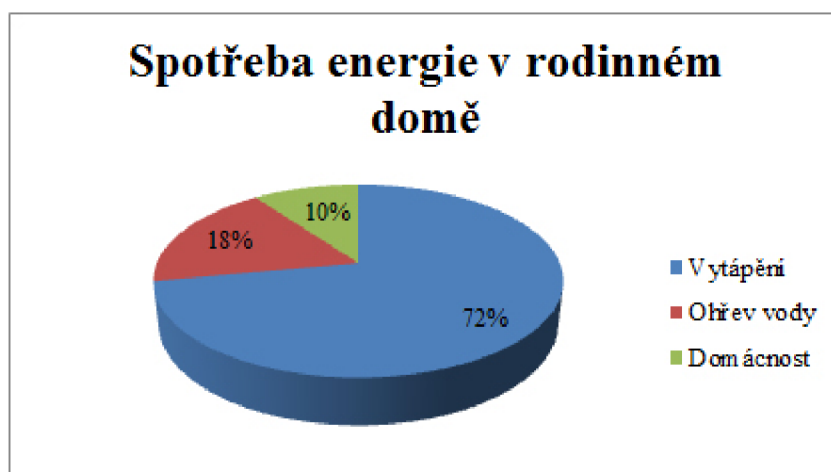
Náklady je možné financovat z různých zdrojů. Jako první se nabízí možnost financování z vlastních úspor. Tento způsob financování je však velice neefektivní. V případě, že si majitel zatepovaného domu vezme půjčku, k zlepšení tepelně-technických vlastností dojde dřív a úspory tepla budou přinášet zisk déle. Dalšími možnostmi, jak náklady financovat, jsou půjčky a stavební spoření. V případě půjček a stavebního spoření je nutné uvažovat s úroky, poplatky za pořízení půjčky nebo úvěru, poplatky za vedení účtu a všechny další poplatky spojené s půjčenými penězi.

Nesmí být zapomenuto na započítání úspor a dotací. Celkové náklady na zlepšení tepelně-technických vlastností lze částečně snížit, díky dotačnímu programu Nová zelená úsporám. Jde o podporu projektů vedoucích ke snížení energetické náročnosti budov. Žádosti je možné podávat před zahájením, v průběhu nebo po ukončení realizace podporovaných opatření, která proběhla po 1. 1. 2013. Hlavním bodem posouzení je průměrný součinitel prostupu tepla a měrná roční potřeba tepla na vytápění. Podle toho, jak jsou podmínky splněny, jsou dotace rozděleny do tří kategorií [36]:

- Snížení potřeby tepla na vytápění alespoň o 40%; podpora 30% z uznatelných nákladů.
- Snížení potřeby tepla na vytápění alespoň o 50%; podpora 40% uznatelných nákladů.
- Snížení potřeby tepla na vytápění alespoň o 60%; podpora 55% z uznatelných nákladů.

7 ZLEPŠOVÁNÍ TEPELNĚ-TECHNICKÝCH VLASTNOSTÍ BUDOV

Má-li být ušetřeno za elektřinu, plyn a teplou vodu, obyvatelé domů se musí chovat úsporně. V obývacím pokoji nemusí být vytopeno vždy na 26°C, v zimě se nemusí větrat dokořán otevřenými okny. Tyto jednoduché rady zná každý. Nic nestojí a lidé je doma mohou praktikovat okamžitě. Problém je v tom, že se tyto úspory za energii neprojeví v účtech tak výrazně, jako třeba když se zateplí celý dům, vymění se stará okna, kterými uniká teplo a nebo se do domu nechají nainstalovat solární kolektory, které ohřívají vodu. Díky těmto úpravám, kterými se výrazně zlepší tepelně-technické vlastnosti, by se čísla na fakturách měla snížit až o desítky procent [20].



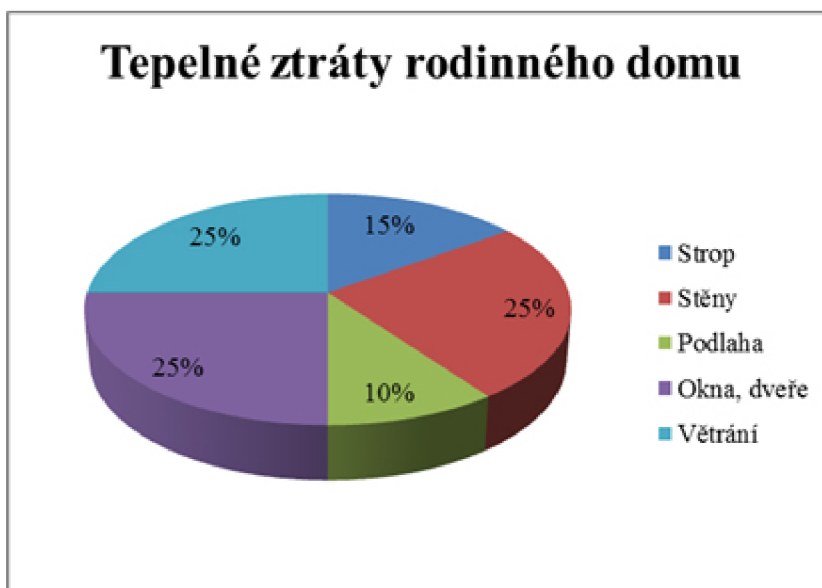
Obr. 7.1: Přibližná struktura spotřeby energie v rodinném domě [21].

Důvody zlepšování tepelně-technických vlastností

Hlavním důvodem by měla být snaha o celkové zvýšení vnitřních povrchových teplot jednotlivých konstrukcí. Odstraní se tak riziko vzniku plísní na povrchu konstrukce, ale i na místech, která nejsou vidět, jako jsou povrchy za nábytkem nebo pod plovcími podlahami. Vhodné zvolení tepelné izolace vede k omezení nebo úplnému vyloučení kondenzace vodní páry v konstrukcích a to zejména u dřevěných staveb, jako jsou stropy a podlaha. Může zde velmi rychle dojít ke vzniku hniloby [22].

Zateplením domu se docílí i relativně stabilní teploty konstrukcí, které vylučují objemové změny. Teplota se ustálí na teplotě blízké 20°C, čímž se zamezí dilatačním pohybům vznikajících rozdílem vysoké teploty v létě a nízkým teplotám v zimě. Dům přestane praskat nebo se již vzniklé praskliny přestanou rozšiřovat [22]. Zateplení

rodinného domu je velmi nákladnou záležitostí, záleží na tom, v jakém stavu dům je a jaké má tepelné ztráty.



Obr. 7.2: Podíl různých konstrukcí na tepelné ztrátě domu [21].

Z grafu na obrázku 7.2 je patrné, že nejvíce tepla uniká obvodovým pláštěm. Proto se zateplování zdá jako dobrý způsob, jak ušetřit. Zateplením se zhodnocuje cena nemovitosti, zateplený dům se posune do lepší energetické třídy, a proto jeho cena na trhu vzroste.

Zásadní otázkou je volba typu a tloušťky tepelné izolace, která se řídí doporučenou normou ČSN 73 0540 Tepelná ochrana budov.

Zlepšování tepelně-technických vlastností obálky domu bývá spojeno s novou fasádou, střechou nebo jinou rekonstrukcí domu. Důležité je, celou akci dopředu promyslet a s výhodou rozdělit do jednotlivých etap, které na sebe vhodně navazují. Investice do kvalitního projektu může zabránit zbytečným výdajům v průběhu rekonstrukce.

Úspory energie lze dosáhnout těmito opatřeními:

- Výměna oken
- Zateplení fasády
- Zateplení stropu/podlahy půdy
- Zateplení podlahy

7.1 Základní pojmy

Tepelně technické vlastnosti stavebních materiálů závisí na množství různých parametrů. Jejich hodnoty se získávají vyhodnocováním z naměřených hodnot nebo výpočtem tak, aby zohledňovaly způsob zabudování materiálu ve stavební konstrukci. Pro výpočet tepelně-technických vlastností, ale i pro návrh konstrukcí a nových objektů, je nutná znalost nejdůležitějších fyzikálních pojmů a veličin [23].

Součinitel tepelné vodivosti λ [$\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$]

Nejdůležitější veličina z hlediska šíření tepla. Tepelná vodivost vyjadřuje schopnost homogenního isotropního materiálu vést teplo. Velikost součinitele je ovlivňována objemovou hmotností, pórovitostí a vlhkostí. Dalšími faktory ovlivňující velikost součinitele tepelné vodivosti jsou chemické složení látky a její teplota [23].

- Čím větší má materiál objemovou hmotnost, tím větší je součinitel tepelné vodivosti.
- Čím menší je pórovitost, tím větší je součinitel tepelné vodivosti.
- Se stoupajícím obsahem vlhkosti, roste i součinitel tepelné vodivosti [23].

Tepelný odpor konstrukce R [$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$]

Vyjadřuje tepelně izolační vlastnosti konstrukce [23].

- Čím větší tepelný odpor, tím větší je tepelně izolační vlastnost.
- Čím větší tepelný odpor, tím menší je objemová hmotnost daného materiálu.
- Čím větší tepelný odpor, tím větší je pórovitost daného materiálu.
- Čím menší tepelný odpor, tím větší je vlhkost daného materiálu.

$$R = \frac{d}{\lambda} \quad (7.1)$$

R – tepelný odpor,

d – tloušťka vrstvy v konstrukci,

λ – součinitel tepelné vodivosti

Tepelný odpor konstrukce je roven součtu tepelných odporů jednotlivých vrstev, ze kterých je konstrukce složena [34]:

$$R = \sum R_j \quad (7.2)$$

R_j – tepelný odpor j -té vrstvy konstrukce

Odpor konstrukce při prostupu tepla R_T
 Úhrnný tepelný odpor bránící výměně tepla mezi prostředními oddělenými od sebe stavební konstrukcí o tepelném odporu R s přilehlými mezními vzduchovými vrstvami, je definován vztahem [34]:

$$R_T = R_{si} + R + R_{se} \quad (7.3)$$

R – tepelný odpor,
 R_{si} – odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce,
 R_{se} – odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce

Součinitel prostupu tepla U [$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$]

Vyjadřuje celkovou výměnu tepla mezi prostory oddělenými od sebe danou stavební konstrukcí [23] (viz kapitola 3.2).

$$U = \frac{1}{R_T} \quad (7.4)$$

R_T – odpor konstrukce při prostupu tepla z prostředí do prostředí

Vzájemný vztah součinitele prostupu tepla U a tepelného odporu konstrukce R , popř. odporu při prostupu tepla R_T , je dán vztahy [35]:

$$U = \frac{1}{R_{si} + R + R_{se}} = \frac{1}{R_T} \quad (7.5)$$

R – tepelný odpor,
 R_{si} – odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce,
 R_{se} – odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce,
 R_T – odpor konstrukce při prostupu tepla z prostředí do prostředí

7.2 Technologické postupy

7.2.1 Výměna výplní otvorů

Okna jsou velkým zdrojem tepelných ztrát. Teplo uniká jednak prostupem a sáláním skrze sklo a rám a potom ještě spolu se vzduchem infiltrací ve spárách mezi křídlem a rámem [21].

Výměna starých oken za nová je vždy natolik nákladná, že se z hlediska energetických úspor většinou nikdy nevyplatí. Rozhodneme-li se okna vyměnit, neměli bychom rozhodně šetřit na zasklení. Okna jsou nabízená s různými typy dvojskel

nebo trojskel. Skla odděluje distanční rámeček, mezi skelnými tabulemi je izolační plyn - nejčastěji argon [21].

Pokud jsou stávající okna v dobrém stavu, je možné uvažovat o jejich repasi. Dojde k výměně pouze vnitřního skla za sklo s tzv. tvrdým pokovením. Vrstva kovu propouští světlo dovnitř, ale teplo ven nikoliv. Pokovení je trvale na styku se vzduchem a musí snést mytí. Nahradit ve stávajících oknech jedno ze skel dvojsklem, je možné jen v případě, že rámy i kování snesou značné přetížení dalších tabulí skla [21].

Cena okna závisí nejvíce na délce rámu. Čím více plochy rám zabírá, tím je okno dražší a současně hůř izoluje. Přednost by se tak měla dávat oknům neděleným [21].

Na trhu jsou v dnešní době tyto materiálové typy oken:

- Plastová okna
- Dřevěná okna
- Hliníková okna



Obr. 7.3: Plastové okno [24], dřevěné okno [25], hliníkové okno [26].

Plastová okna

Plastová okna jsou vyráběna z materiálu PVC na principu extruze. Princip spočívá v zahřátí výchozí suroviny (granulátu), který se mění v plastickou hmotu. Hmotu se pod tlakem vhnání do forem a po ochlazení vzniká výsledný vícekomorový profil.

Obliba plastových oken a dveří je dána kombinací dvou, pro zákazníka podstatných faktorů, kterými jsou nízké náklady na výrobu, kterými je dána v porovnání s ostatními druhy nízká pořizovací cena. Jako další je nenáročnost provádění na údržbu a poměrně dlouhá životnost výrobku.

Výhody [27]:

- Příznivé fyzikálně-technické vlastnosti.
- Odolnost proti účinkům povětrnosti, proti korozi, ...

- Jsou bezúdržbová – není potřeba obnovovat jejich povrchovou úpravu.
- Možnosti provádění velké množství různých tvarů a uspořádání.
- Volba různých barevných variant, realizace oken nebo dveří, které mají barvu na vnitřní straně odlišnou od barvy na straně vnější.

Nevýhody [27]:

- Menší statická únosnost (materiál z PVC je křehký).
- PVC je materiál termoplastický (při vyšších teplotách dochází k deformaci).
- Výrobky z plastu musíme častěji seřizovat. (rozdílná teplota roztažnosti ocelové výtuhy a plastového profilu – plast se vlivem tepla roztahuje více než ocel).
- Malá tuhost plastového profilu (dochází ke svěšování profilu, který se musí seřizovat).
- Plastový povrch má tendenci elektrostaticky přitahovat prach a nečistoty, což způsobuje výraznější znečištění povrchu a nutnost častějšího mytí.
- Není možná pozdější obnova povrchové úpravy.
- Možnost recyklace starých plastových oken je energeticky velmi náročná (ekologická výhodnost plastu je tak velmi relativní).

Dřevěná okna

V dřívějších dobách bylo dřevo jediným materiálem používaným pro výrobu otvorených výplní. Vyráběla se okna dvojítá (špaletová – dvě jednoduchá okna spojená v jeden celek dřevěným ostěním tzv. špaletou). V další fázi se používala okna zdvojená, která měla lepší fyzikální vlastnosti. Na všechna výše vyjmenovaná okna se používalo dřevo masivní, rostlé. Masivní dřevo se muselo nechat přirozeným způsobem vyschnout, což bylo velmi zdoluhavé. Přešlo se proto na průmyslový způsob vysoušení dřeva, který nebyl zcela efektivní. Dřevo se během zkrácené sušící doby plně nepřizpůsobilo novým podmínkám, vznikají vnitřní povrchová napětí. Při vystavení tohoto dřeva povětrnostním podmínkám docházelo k opětovnému absorbování vlhkosti a tvarovým deformacím (typické pro paneláková okna, po otevření nejdu znovu zavřít) [27].

V dnešní době se pro okna používají zásadně profily slepené z jednotlivých dřevěných lamel nebo kombinace dřevěných lamel s jiným materiálem, s lepšími tepelněizolačními vlastnostmi [27].

Výhody [27]:

- Velmi dobré tepelně-technické vlastnosti plynoucí z fyzikálních vlastností dřeva.
- Při pravidelné údržbě zaručují dlouhou životnost.
- Variabilita provedení omezená pouze nástrojovým vybavením výrobce.
- Profily lze libovolně upravovat dle individuálních požadavků.
- Poškození povrchu lze poměrně jednoduše opravovat.

- Obnovou nátěru lze dosáhnout zcela nového vzhledu .
- Dřevěné otvorové výplně jsou vyrobeny z přírodního obnovitelného materiálu.

Nevýhody [27]:

- Vyšší pořizovací cena oproti oknům plastovým.
- Dřevo je přírodní materiál a tak reaguje na zvýšenou vlhkost.
- Dřevo je citlivé na sluneční záření, které zapříčiňuje stárnutí laku a jeho postupnou degradaci.
- Nutnost obnovy povrchové úpravy oken (interval obnovování je závislý na působení nepříznivých povětrnostních vlivů).
- V případě zanedbané údržby dřeva může začít do dřeva pronikat vlhkost. Dochází tak ke změnám vzhledu a k celkovému zhoršení kvality dřeva – snižuje se doba životnosti.

Hliníková okna

Hliníková okna se skládají vždy ze dvou materiálů. Dvou hliníkových částí profilu a z části z tvrzeného PVC, která tvoří přerušení tepelného mostu a spojuje hliníkové profily v jeden celek. Výroba hliníkových oken a dveří se provádí obdobně jako u oken plastových.

Výhody [27]:

- V porovnání se dřevem a plastem má hliník nejvyšší statickou odolnost a únosnost.
- Díky tomu je možno zakotvit okna a dveře takových rozměrů, které nejsou při použití plastu ani dřeva možné.
- Vytvoření rozsáhlých sestav, které jsou samonosné, případně nesené štíhlou nosnou konstrukcí z oceli nebo jiného materiálu.
- Hliníkové profily jsou v porovnání se dřevem a plastem velice štíhlé (elegantní vzhled).
- Odolnost vůči povětrnostním vlivům.
- Jsou lehké a nezatěžují stavební konstrukci.
- Velmi variabilní povrchová úprava.
- Jsou recyklovatelné.

Nevýhody [27]:

- Vysoká pořizovací cena.
- Stavebně-fyzikální vlastnosti nedosahují s výjimkou těch nejdokonalejších (velmi drahých) profilových skupin hodnot, srovnatelných se dřevem a plastem.

7.2.2 Zlepšování tepelně-technických vlastností fasády

V důsledku nedostačujících tepelně-izolačních vlastností stavebních konstrukcí dochází u velké části objektů k rozsáhlým tepelným ztrátám. To je příčinou velké spotřeby energie na vytápění. Ke snížení spotřeby energie na vytápění a zároveň zajištění hygienické nezávadnosti, je třeba provést stavební úpravy, které zvýší tepelně-izolační vlastnosti stavební konstrukce. Zateplení obvodového pláště se provádí několika způsoby [23]:

- Kontaktním zateplovacím systémem.
- Odvětraným zateplovacím systémem (bezkontaktní).
- Aplikací tepelně-izolační omítky.
- Sendvičové izolační systémy.

Kontaktní zateplování

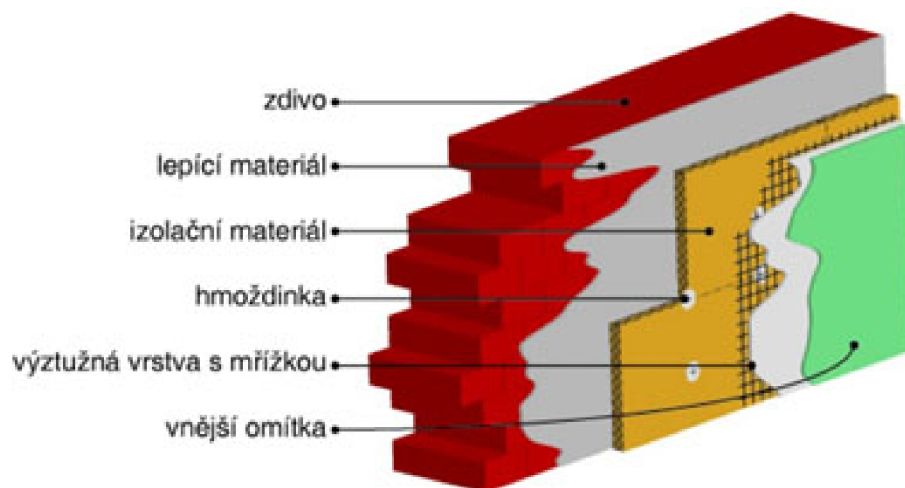
Nejvíce rozšířený a dobře vyzkoušený systém zateplování, kdy je izolant přilepen k podkladu a upevněn hmoždinkami. Na izolant se nanáší stěrková omítky se ztužující stěrkou. Nejčastěji používaným izolantem je polystyren, někdy desky z minerálních vláken [23].

Výhody [28]:

- Nízká cena, bohatý výběr dodavatelů.
- Eliminace tepelných mostů.
- Dobré tepelně-izolační vlastnosti.
- Menší tloušťka izolace.
- Zachování původního rázu fasády.
- Snadná údržba a opravitelnost.
- Technologicky nenáročný.

Nevýhody [28]:

- Systém vyžaduje pevný a únosný podklad.
- Nelze použít na vlhké zdivo.
- Omezení klimatickými podmínkami (dílčí mokvý proces).
- Náročný na kvalitu provedení a použité materiály.



Obr. 7.4: Kontaktní zateplovací systém [28].

Bezkontaktní zateplování

V zateplovacím systému je mezi izolantem a vnější fasádou odvětraná vzduchová mezera. Tato provětraná mezera přirozeně odvádí vlhkost mimo konstrukci budovy. Systém je vhodný jako dodatečné zateplení budov s vyšší vnitřní vlhkostí, nebo pro budovy, jejichž fasáda se obkládá deskovým materiálem. Jako tepelná izolace se nejčastěji používají výrobky z polyuretanu, ovčí vlny nebo celulózy. Na obklady mohou být použity dřevotřískové, betonové, kovové nebo keramické desky [28].

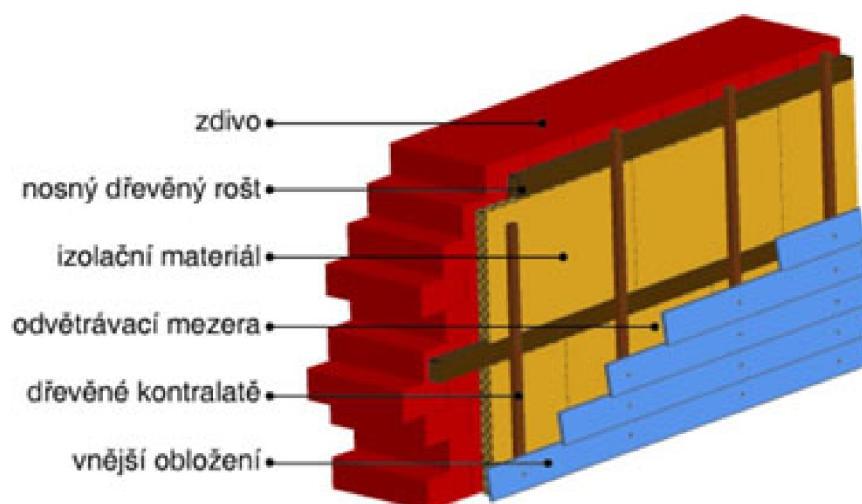
Celý systém bezkontaktní fasády je zejména v některých detailech (kouty, osazení oken apod.) technicky a časově náročnější. Cenu ovlivňuje především typ použitého obkladového materiálu a způsob ukotvení [28].

Výhody[28]:

- Dobré tepelně izolační vlastnosti.
- Možné použití na objekty s vyšší vlhkostí .
- Možnost instalace i za mrazu (suchá montáž).
- Životnost
- Omyvatelnost (dle použitého pohledového materiálu).
- Snadná údržba a opravitelnost (možná demontáž nebo výměna poškozené části, bez poškození fasády).

Nevýhody [28]:

- Náchylnější na vznik tepelných mostů.
- Vyšší pracnost zejména u členitých pláštů.
- Cena



Obr. 7.5: Bezkontaktní zateplovací systém [28].

Tepelně-izolační omítky

Termoomítka má znatelně lepší tepelně izolační vlastnosti než omítka klasická. Skládá se z několika vrstev, je vyrobená na bázi anorganických nebo organických pojiv (perlit, polystyren), jež jsou součástí izolační vrstvy omítky. Je vhodná spíše jako doplňková izolace např. na ostění okolo oken. Součinitele tepelné vodivosti λ této omítky, je pouze $0,09 [Wm^{-1}K^{-1}]$ [23].

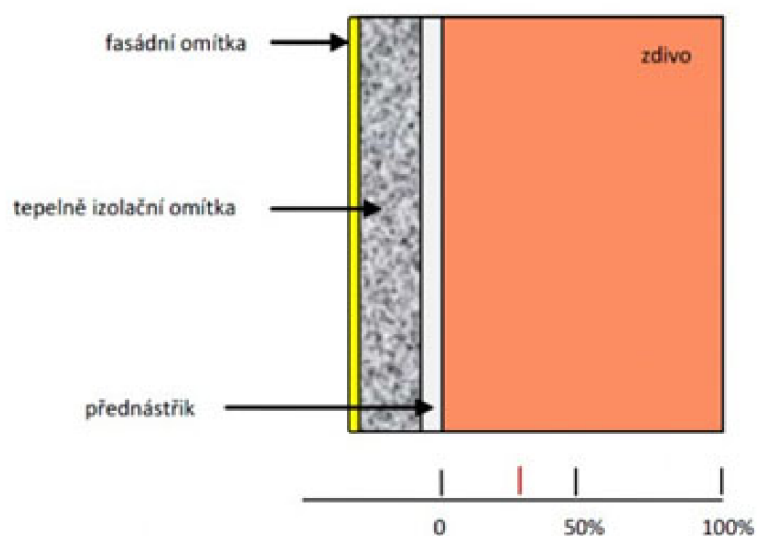
Nachází uplatnění zejména při zateplování exteriéru historických budov, kde klasický tepelně izolační systém nelze kvůli členitým fasádám použít. Při aplikaci jako vnitřní tepelné izolace, je její velkou výhodou paropropustnost (prodyšnost), která brání kondenzaci par v konstrukci [28].

Výhody [28]:

- Lepší tepelně izolační vlastnosti než klasická omítka.
- Paropropustnost
- Vhodná pro zateplení historických budov.
- Nižší pracnost.
- Možná strojní aplikace.

Nevýhody [28]:

- Horší tepelně izolační vlastnosti v porovnání s ostatními konstrukčními řešeními.
- Náročnější příprava podkladu.
- Omezení klimatickými podmínkami (mokrý proces).



Obr. 7.6: Schéma tepelně-izolační omítky [29].

Sendvičové izolační systémy

Princip sendvičové konstrukce spočívá ve vrstvení materiálů s různými tepelně izolačními vlastnostmi. Velice častý způsobem je vrstvení: nosná zeď + tepelně izolační vrstva + odvětrávací mezera + vnější přízdívka.

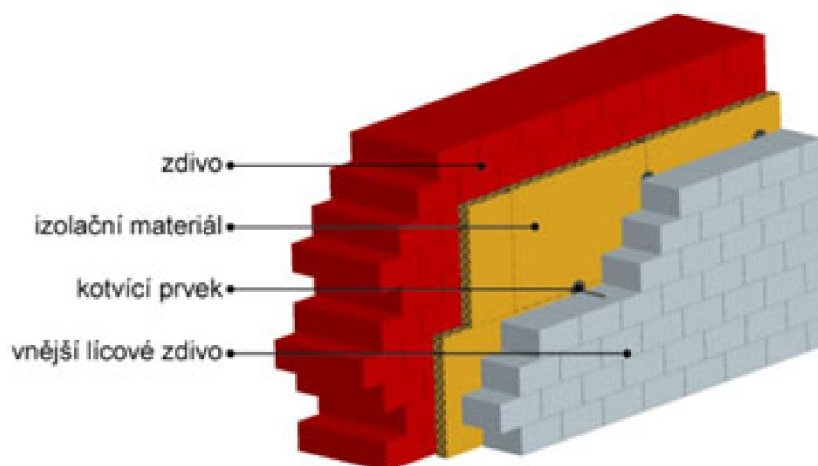
Rozdělením na část nosnou a část tepelně izolační umožňuje optimalizovat konstrukci stěn a dosáhnout tak vysokých hodnot tepelného odporu, akumulární schopnosti zdiva i zvukové izolace [28].

Výhody [28]:

- Dobré tepelně izolační vlastnosti.
- Dobré zvukově izolační vlastnosti.
- Možnost aplikace více izolačních vrstev.
- Protipožární odolnost.
- Životnost

Nevýhody [28]:

- Vyšší pracnost a technologická náročnost.
- Řešení bez provětrávané mezery je náchylnější na kondenzaci vodní páry.
- Cena



Obr. 7.7: Sendvičové zdivo s tepelnou izolací [28].

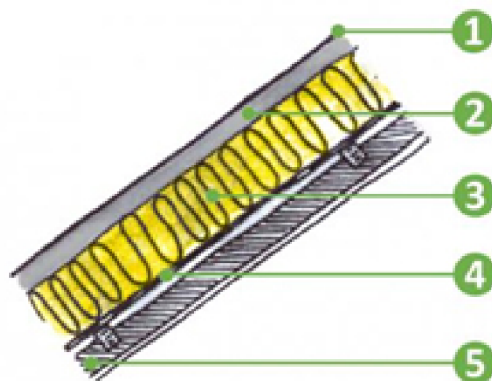
7.2.3 Zlepšování tepelně-technických vlastností šikmých střech

Obvykle se jedná o různé způsoby vkládání izolace mezi krokve. Potřebná tloušťka izolace 15-20 [cm] je obvykle vyšší, než je síla krokví. Pro izolaci používáme rohože nebo polotuhé desky z minerální vlny, vlnu ovčí a jiné vláknité materiály.

Dobrá střecha nepropustí žádnou vodu, ani dovnitř, ani ven. Voda, která zůstane ve dřevě způsobuje plísně a hnilobu, které zapříčiní následnou destrukci konstrukce [21].

Šikmá střecha nevětraná

Uplatňují se v případech, kde v důsledku malého prostoru nemůže dojít k vytvoření odvětrané vzduchové mezery. Používají se v kombinaci s plechovou nebo lepenkovou krytinou na prkenném záklopu. Je nutné, zabránit tomu, aby se voda a vlhkost nedostaly do konstrukce. Proto musí být co nejkvalitněji provedena parotěsná zábrana u vnitřního povrchu střechy. Pozor se musí dát při napojování na svislé stěny, v koutech a hlavně nesmí dojít k proražení parotěsné zábrany, například při pozdější montáži elektrických rozvodů [21].



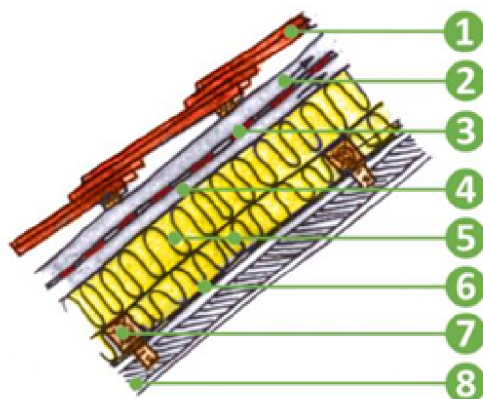
Obr. 7.8: Skladba nevětrané šikmé střechy [30].

1 - Krytina, 2 - Záklop, 3 - Izolace, 4 - Parozábrana, 5 - Vnitřní obklad

Šikmá střecha odvětraná

Mezi izolací a pojistnou hydroizolací (resp. záklopem) musí zůstat vzduchová mezera, nejlépe v tloušťce 1/3 krokve. Tato mezera musí být odvětraná otvory nahoře i dole, aby zde mohl proudit vzduch. Což je důležité pro odvod vlhkosti, která pronikne izolací z interiéru. Mezi izolací a vnitřní povrch (sádkokarton, slámokarton, palubky) se vkládá parotěsná zábrana, bránící průniku vlhkosti z interiéru [21].

Na pojistnou hydroizolaci se používá speciální fólie, která propustí vodní páru zevnitř ven, ale ne zvenku do konstrukce. Izolant tak může přiléhat až k fólii a úlohu odvětrané vzduchové mezery splní prostor mezi taškami a krokvemi. Pojistná hydroizolace se používá velmi často. Nutná je u některých krytin, které při delším dešti nasákají a voda z nich občas prokapává do dalších vrstev. Je důležité dodržet správné pořadí vrstev tak, aby byla parotěsná fólie na vnitřní straně a pojistná hydroizolace na vnější [21].

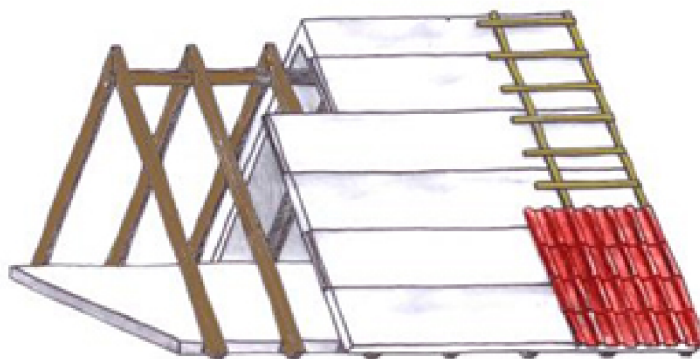


Obr. 7.9: Skladba odvětrané šikmé střechy [30].

1 - Krytina, 2 - Odvětraná mezera, 3 - Difúzní fólie, 4 - Vzduchová mezera, 5 - Izolační desky, 6 - Parozábrana, 7 - Přídavný rošt, 8 - Vnitřní obklad

Izolace nad krokviemi

S výhodou se používají polystyrenové nebo polyuretanové desky, které se pokládají shora na krokve (resp. záklop). Na tyto desky se položí latě pro pálenou (betonovou) krytinu nebo záklop pro krytinu lepenkovou. Desky tepelné izolace fungují současně i jako pojistná hydroizolace. Snižuje se tím riziko zatékání. Výhodou je, že prostor podkroví se nezmenší o izolaci. Na členitých střechách se však tento systém zateplení špatně využívá [21].



Obr. 7.10: Izolace z polystyrenových desek poskládaných shora na krokve [30].

7.2.4 Zlepšování tepelně-technických vlastností podlahy

Teplo může unikat i neizolovanou podlahou. Podlaha je stavební konstrukce, která je nad nosným horizontálním prvkem (stropní panely, železobetonové stropní desky, keramické stropní desky, ale také zemina v podlaží nad terénem). Z hlediska tepelné ochrany budov se podlahová konstrukce zajišťuje proti: [23]:

- Působení chladu přes konstrukci odspodu
- Pokles dotykové teploty (tepelná jímavost), která způsobuje ochlazování chodidla při chůzi a stání na podlaze

Pokles dotykové teploty vyjadřuje míru ochlazovacího účinku podlahy na chodidlo po dobu 10 minut. Veličina závisí na vnitřní povrchové teplotě podlahy a na tepelné jímavosti podlahy, tj. schopnost podlahy přijímat nebo uvolňovat teplo [23].

Nejvíce jsou ochlazované podlahy přímo na terénu, nad průjezdy, nevytápěnými místnostmi, podlahy arkýřů, ... Tepelná izolace se vkládá, co nejbližší zdroji chladu a důsledně je chráněna proti pronikání vlhkosti. V místnostech pod zemí se tepelná izolace umísťuje nad hydroizolaci. [23].

Izolace musí unést veškeré zatížení, tj. zatížení od dalších vrstev konstrukce nad izolací a užité zatížení v místnosti. Musí být dostatečně tuhá, aby nedošlo ke stlačení, které by způsobilo snížení účinnosti tepelné ochrany i porušení horních vrstev podlahové konstrukce. Cementový potěr nad izolací může zatéct do pórů izolace nebo do stykových spár mezi díly izolace a může způsobit vznik tepelných mostů. Tyto problémy se eliminují vložením fólie mezi cementový potěr a tepelný izolant nebo se použije tepelný izolant nenasákavý, poskládaný ve více vrstvách s vystřídáním stykových spár izolace nad sebou [23].



Obr. 7.11: Umístění tepelné izolace v podlaze nad terénem [31].

7.3 Izolační materiály

Z hlediska zateplování budov jsou tepelně izolační materiály nejdůležitějším konstrukčním prvkem. Izolační materiály zamezují tepelným ztrátám a přispívají k zajištění požadované úrovně vnitřního prostředí. Hlavními kritériálními hodnotami jsou tepelná vodivost a nasákavost [23].

Nejčastěji používané izolační materiály:

- Pěnový polystyren (EPS).
- Extrudovaný polystyren (XPS).
- Minerální a skelná vata.
- Pěnový polyuretan (PUR) a polyizokyanurát (PIR).
- Desky z dřevitého materiálu a cementu.
- Pěnové sklo.

Dalšími izolačními materiály jsou:

- Parozábrana
- Difúzní folie

7.3.1 Extrudovaný polystyren XPS

Vzniká procesem známým jako extrudování (protlačování) suroviny speciálním tunelem (extrudérem). Na rozdíl od EPS má uzavřenou buněčnou strukturu, čímž se výrazně snižuje jeho tepelná vodivost a klesá i nasákavost. Díky uzavřené buněčné struktuře má nulovou kapilaritu [23].

Výhody [32]:

- Vysoká pevnost.
- Snadná opracovatelnost.
- Široká možnost použití.
- Lepší mechanické vlastnosti než EPS.
- Velmi nízká nasákavost (vhodný i do míst s trvalou vlhkostí).
- Nízká hmotnost.
- Bez objemových změn.

Nevýhody [32]:

- Citlivý na vyšší teplotu (+75°C).
- Citlivý na organická rozpouštědla.
- Neekologický materiál.
- Cena

7.3.2 Pěnový polytyren EPS

Jde o tuhý lehčený materiál s pěnovou strukturou. U nás, je zejména díky své ceně, jedním z nejrozšířenějších materiálů. Vyrábí se dvěma způsoby – vypěňováním do forem, nebo řezáním z vypěněných kvádrů. Druhý typ má několik špatných vlastností. Smršťuje se do původního nenapěněného stavu. Tyto tvarové změny jsou závislé na teplotě a čase, který uplynul od výroby. Dalším problémem jsou vysoké teploty (+70°C). Čím vyšší teplota, tím více se materiál stáhne. Proto se nedoporučuje používat na zateplování tmavých fasád orientovaných ke slunci [32].

Značení [32]: např. EPS 100 Z

- Číslo značí pevnost tlaku v [KPa].
- Písmeno označuje typ použití:
 - Z = základní (nízká přesnost desek – podlahy).
 - S = stabilizovaný (střechy).
 - F = fasádní (vysoká přesnost desek – kontaktní zateplování).

Výhody [32]:

- Snadná opracovatelnost.
- Nízká hmotnost.
- Cena

Nevýhody [32]:

- Citlivost na teplotu (+70°C).
- Stárnutí materiálu.
- Objemové změny.
- Rozpustný organickými rozpouštědly.
- Citlivý na vlhkost.
- Malá odolnost v tlaku.
- Hořlavý
- Neekologický materiál.

7.3.3 Skelná a minerální vata

Minerální a skelná izolace jsou velice podobné produkty. Při výrobě minerální vlny je obvykle prvotní surovinou čedič, zatímco skelná vata je vyráběna z křemičitého písku a dalších sklotvorných příměsí. Jsou odolné vůči vysokým teplotám a mají malou tepelnou roztažnost, která snižuje riziko vzniku trhlin fasád vlivem teplotních změn. Předností minerální izolace je nízký difúzní odpor, izolace je propustná pro prostup vodní páry a dům tak může lépe „dýchat“.

S materiály se dobře pracuje, snadno se tvarují. Minerální a skelné izolace nejsou vhodné do míst s vysokou vlhkostí. Při styku s vodou totiž úplně ztrácejí veškeré tepelně-technické parametry [32].

Sklená izolace

Výhody [32]:

- Dobré zvukově izolační vlastnosti.
- Nízký difúzní odpor (dobrý prostup vodních par).
- Odolnost vůči vysokým teplotám (+300°C).
- Malá tepelná roztažnost.
- Tvarovatelnost
- Nehořlavé
- Odolnost vůči hmyzu a hlodavcům.
- Široká oblast použití.
- Nízká hmotnost.

Nevýhody [32]:

- Náročné na kvalitu provedení.
- Vysoká nasákavost (nevhodné do míst s vysokou vlhkostí).
- Horší komfort při zabudování.
- Respirabilní
- Cena

Minerální vata

Výhody [32]:

- Dobré zvukově izolační vlastnosti.
- Nízký difúzní odpor (dobrý prostup vodních par).
- Odolnost vůči vysokým teplotám (+300°C).
- Malá tepelná roztažnost.
- Tvarovatelnost
- Nehořlavá
- Odolnost vůči hmyzu a hlodavcům.
- Široká oblast použití.

Nevýhody [32]:

- Horší komfort při zabudování.
- Vysoká nasákavost (nevhodné do míst s vysokou vlhkostí).
- Náročné na kvalitu provedení.
- Vyšší hmotnost.
- Respirabilní
- Cena

7.3.4 Polyuretan PUR

Jde o umělý materiál s velice dobrými izolačními vlastnostmi. Používá se ve formě měkké polyuretanové pěny (molitanu), tvrdé polyuretanové pěny PUR, která se ve stavebnictví používá nejvíce.

Může se koupit jako jednosložková, dodávaná v deskách a různých tvarovkách, nebo jako dvousložková, pro aplikaci přímo na místě. Tento materiál dobře snáší teploty mezi -50 až 130°C [32].

Výhody [32]:

- Vysoká pevnost.
- Široké možnosti použití.
- Dobrá přilnavost k podkladu.
- Odolný vůči většině organickým rozpouštědlům, kyselinám a louhům.

Nevýhody [32]:

- Neekologický
- Citlivý na UV záření (nutný nátěr).
- Cena

Tab. 7.1: Součinitel tepelné vodivosti různých druhů materiálu [32].

Materiál	Součinitel tepelné vodivosti λ
XPS	0,032 - 0,035
EPS	0,039 - 0,043
Pěnový polyuretan (měkký molitan)	0,048
Pěnový polyuretan (tvrdý PUR)	0,024 - 0,032
Minerální vlna (lisovaná)	0,054 - 0,095
Skleněná plst	0,046 - 0,05

7.3.5 Parozábrany a difuzní fólie

Tyto fólie chrání tepelnou izolaci proti vniknutí a nasycení vodní párou, vodou, ale také proti pronikání prachu do tepelné izolace. Mají zabraňovat účinkům větru, který by nadměrně pronikal do tepelné izolace, tím izolaci ochlazoval [23].

Parozábrany

Parozábrany chrání tepelnou izolaci proti vlhkosti, vodě i vodní páře. Jak již bylo popsáno ve skladbě zateplení střešní konstrukce, parozábrana se ukládá z vnitřní strany před tepelnou izolaci, protože má zabránit vlhkosti z místnosti, dostat se do tepelného izolantu [23].

Může plnit funkci pojistné hydroizolace. V případě, kdy se osadí před tepelnou izolaci z vnější strany střešní skladby. Neosadí se přímo, ale ponechá se mezi tepelným izolantem a folií dutina pro odvádění vlhkosti odpařené z tepelné izolace. Další dutina (mezi krytinou a folií) se vytváří pro odvětrání vlhkosti prostoupené krytinou nebo odpařované z kondenzované vody na rubové straně střešní krytiny [23].

Difuzní fólie

V případech, kdy nemůže být vzduchová dutina vytvořena, postačí difuzní fólie. Umožňuje průnik vodní páry, ale brání průniku vody přes fólii. Fólie je totiž strukturovaná, perforovaná s drobnými otvůrkami, které mají na odvrácené straně vpichu vystouplé okraje. Průniku vody je do podkladu zabráněno průměrem otvoru a zvednutím jeho okraje. Fólie se klade přímo na tepelnou izolaci, lícovou plochou nahoru.

Vodní pára prochází z tepelného izolantu do provětrávané vzduchové dutiny mezi krytinou a folií. Tepelná izolace nesmí fólii tlačit do vzduchové dutiny, ta musí být minimálně 20 [mm] vysoká a nesmí se zmenšovat. Zároveň by mohl příčný sklon fólie navést zateklou vodu k místům kotvení, a tím by se mohly poškodit kotevní prvky i krokve [23].

8 POPIS HODNOCENÉHO DOMU

Rodinný dům se nachází v Novém Městě na Moravě v oblasti Žďárských vrchů, které leží v regionu Vysočina. Dům byl postaven v roce 2004. Má jednoduchý obdélníkový půdorys, tři podlaží a sedlovou střechu. V přízemí domu se nachází nevytápěná garáž. Obytná plocha domu je 251,3 [m²] bez nevytápěné garáže a dílny. Dům není zateplen, nedisponuje solárními panely ani tepelnými čerpadly. Je určen pro bydlení jedné rodiny, nyní je dům obýván čtyřmi osobami.

8.1 Popis stavebních konstrukcí domu

Základovou konstrukci tvoří základové pásy pod obvodovými konstrukcemi z prokládaného betonu v konstrukční šířce 500 [mm]. Na základové pásy navazuje konstrukce armované betonové desky s náběhy, která plní funkci podkladního betonu a je součástí základové konstrukce.

Obvodové zdivo je navrženo z cihelných bloků PROTOTHREM v tloušťce 440 a 300 [mm]. Vnitřní nosné stěny jsou z cihelných bloků POROTHERM tloušťky 300 [mm], příčky jsou z plných nebo dutých cihel tloušťky 65 a 150 [mm].

Strop je navržen polomontovaný z nosníků POROTHERM a keramických stropních vložek MIAKO 15/62,5 a 19/62,5.

Okna i vchodové dveře jsou plastové.

8.2 Dispozice domu

Dispoziční řešení domu: obývací pokoj, kuchyně, 2x dětský pokoj, ložnice, pracovna, pokoj pro hosty, prádelna (slouží i jako technická místnost), 3x WC, koupelna dílna, komora, spížka, sklad zeleniny. V nevytápěné části domu se nachází garáž.

8.3 Technické zařízení domu

Zdrojem tepla je kondenzační plynový kotel Baxi s teplovodním nuceným oběhem, který zajišťuje ohřev teplé vody. Otopná soustava je řešena jako běžná teplovodní dvou-trubková s nuceným oběhem. Na otopnou soustavu jsou napojena ocelová desková otopná tělesa, typu ventil-kompakt se spodním připojením, opatřená termostatickou hlavicí.

Hygienické větrání a větrání kuchyňského koutu je zajištěno nuceně, pomocí odtažového ventilátoru (digestoře). Ve zbytku objektu je zajištěno přirozené větrání.

Osvětlení domu je v souladu s hygienickými požadavky. Není znám přesný příkon osvětlovací soupravy.

U domu je postaven venkovní bazén. Čistotu vody v tomto bazénu zajišťuje filtrační písková jednotka.

Dům nemá žádné solární panely ani tepelná čerpadla.



Obr. 8.1: Hodnocený dům.

9 STÁVAJÍCÍ STAV HODNOCENÉ BUDOVY

Dle výpočtu EN v programu Energie 2013 LT vykazuje dům nedostatečné tepelně-izolační vlastnosti. Teplo z domu uniká a jeho majitelé tak vynakládají ročně ne malé částky na vytápění. Zlepšením tepelně-technických vlastností se docílí menších tepelných ztrát. Výpočtem z programu Energie 2013 LT byly zjištěny hodnoty tepelných ztrát hodnoceného objektu, které budou využity pro porovnání stávajícího stavu budovy a stavu po zlepšení tepelně technických vlastností.

9.1 Energetický štítek současného stavu hodnocené budovy

V následující tabulce jsou shrnuty vstupní údaje a v další tabulce hodnoty součinitelů prostupu tepla jednotlivými konstrukcemi, se kterými bylo počítáno v softwaru Energie 2013 LT, a podle kterých byly určeny tepelné ztráty objektu.

Tab. 9.1: Vstupní údaje pro výpočet EN skutečného domu.

Vstupní údaje pro výpočet EN		
Celková energeticky vztažná plocha	251,3	[m ²]
Objem budovy	868	[m ³]
Venkovní návrhová teplota v zimním období	-17	[°C]
Průměrná venkovní teplota v otopném období	3,1	[°C]
Převažující vnitřní teplota v otopném období	20	[°C]

Tab. 9.2: Hodnoty součinitele prostupu tepla hodnocené budovy.

Konstrukce	Hodnoty součinitele prostupu tepla dle jednotlivých požadavků [Wm⁻²K⁻¹]		
	Skutečný dům	U požadované v normě	U doporučené v normě
Obvodová stěna	0,35	0,3	0,2
Okna	1,7	1,5	1,2
Střešní okna	1,5	1,4	1,1
Dveře	2,3	1,7	1,2
Střecha	0,18	0,24	0,16
Podlaha na terénu	0,53	0,45	0,3
Strop	0,23	0,3	0,2

Na základě výše uvedených tabulek byl proveden výpočet EN budovy v programu Energie LT 2013 a byl vystaven energetický štítek hodnocené budovy.

Dům spadá do klasifikační třídy D, budova méně úsporná s celkovou roční měrnou dodanou energií 171 [kWhm⁻²]. Průměrný součinitel prostupu tepla U_{em} 0,70 [WK⁻¹m⁻²] převyšuje svojí hodnotou součinitel referenční budovy $U_{em,R}$ 0,49 [WK⁻¹m⁻²]. Hodnocená budova tak nesplňuje požadavky normy.

Tab. 9.3: Zatřídění hodnocené budovy.

Zatřídění hodnocené budovy		
Celková roční měrná dodaná energie hodnocené budovy	171	[kWhm ⁻²]
Klasifikační třída EN	D	Méně úsporná

Tab. 9.4: Průměrný součinitel prostupu tepla hodnocené budovy.

Průměrný součinitel prostupu tepla	
Skutečný dům	Referenční dům
U_{em}	$U_{em,R}$
0,70	0,49

9.2 Srovnání PENB se skutečnou spotřebou energie

V následující tabulce jsou uvedeny hodnoty skutečné spotřeby energie, které byly získány z ročních výpisů spotřeby elektřiny a plynu přímo od majitele hodnoceného domu.

Tab. 9.5: Srovnání energetické bilance PENB se skutečnou spotřebou.

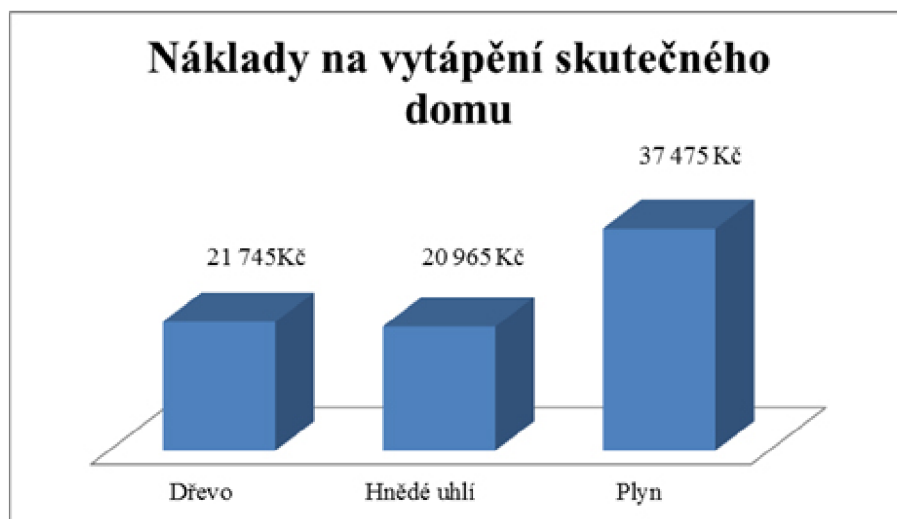
Srovnání energetické bilance			
Energetická bilance	Skutečná	PENB	Jednotky
Roční potřeba tepla na vytápění	20 781	32 030	[kWh za rok]
Potřeba energie na přípravu TUV	10 250	10 104	[kWh za rok]
Potřeba energie na osvětlení a spotřebiče	6 295	908	[kWh za rok]
Energie celkem	37 326	43 042	[kWh za rok]
Měrná potřeba energie	149	171	[kWhm ⁻²]

Největší rozdíl mezi skutečnou spotřebou energie a spotřebou energie z energetického štítku je v položce energie na osvětlení a spotřebiče. Program Energie LT počítá pouze s orientační spotřebou, není možné přesně určit čas, po který jsou spotřebiče a osvětlení v chodu a právě z toho důvodu se hodnoty od sebe tolik odlišují.

Velký rozdíl je i v položce potřeby ročního tepla na vytápění. Uživatelé hodnoceného domu zřejmě netopí striktně podle délky topného období, která se zadává do programu. Program neumí vyhodnotit, jak byla za daný rok tuhá zima, a jak intenzivně byl dům vytápěn. Tyto okrajové podmínky se do programu zadat nelze, a proto se hodnoty skutečné energetické bilance odlišují od hodnot z energetického štítku.

9.3 Náklady na vytápění před zateplením

Jako vstupní data byly použity hodnoty z PENB. Celková dodaná energie na vytápění za rok je 32 030 [kWh] což je 127 [kWhm⁻²]. Dům je vytápěn plynem. Z následujícího grafu a tabulky je patrné, že cena plynu je mnohonásobně vyšší než cena dřeva nebo uhlí. Kdyby chtěl majitel ušetřit na vytápění, mohl by uvažovat o výměně kotle za kotel na palivové dřevo nebo uhlí. Ročně by tak ušetřil 17 000 [Kč].



Obr. 9.1: Srovnání nákladů na vytápění skutečného domu při vytápění různými druhy paliva.

Tab. 9.6: Náklady na vytápění dle různých druhů paliva.

Náklady na vytápění dle různých druhů paliva			
Palivo	Energie na vytápění [kWh/rok]	Cena energie [Kč/kWh]	Náklady na vytápění [Kč/rok]
Dřevo	32 030	0,679	21 745
Hnědé uhlí		0,655	20 965
Plyn		1,170	37 475

10 ZLEPŠOVÁNÍ TEPELNĚ-TECHNICKÝCH VLASTNOSTÍ HODNOCENÉ BUDOVY

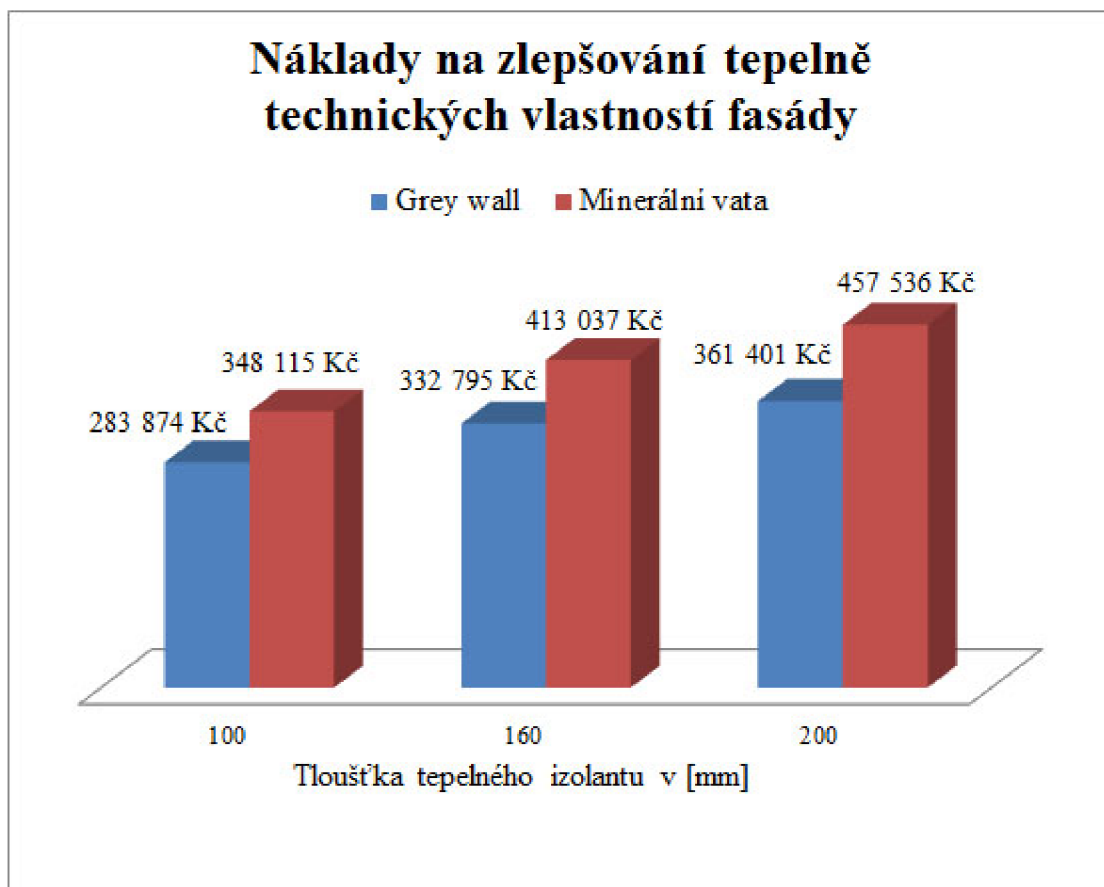
10.1 Varianty zlepšování tepelně-technických vlastností fasády

Na domě budou zatepleny obvodové stěny v tloušťkách 100, 160 a 200 [mm]. Použity budou dva druhy izolantu, grey wall a minerální vata v uvedených tloušťkách. Rozdíl bude v hodnotách součinitele prostupu tepla, které budou mít za následek snížení energetické náročnosti budovy. Hodnocený dům se tak dostane z klasifikační třídy D do tříd lépe hodnocených, více úsporných.

Tab. 10.1: Varianty zlepšování tepelně-technických vlastností fasády a jejich součinitel prostupu tepla.

Konstrukce zateplení fasády	Tloušťka zateplení [mm]	U stěn po zateplení	U stěn před zateplením (skutečné)	U stěn před zateplením (požadované)
Grey wall EPS	100	0,17	0,35	0,3
	160	0,13		
	200	0,11		
Minerální vata	100	0,18		
	160	0,14		
	200	0,12		

10.2 Náklady na zlepšování tepelně-technických vlastností fasády v různých variantách



Obr. 10.1: Náklady na zlepšování tepelně-technických vlastností fasády v různých variantách.

Náklady na zlepšování tepelně-technických vlastností fasády v různých variantách byly vypočteny pomocí rozpočtářského programu KROS plus. Položkové rozpočty jednotlivých variant zateplení zahrnují veškerý potřebný materiál, nutné stavební práce spojené s realizací zateplení a další pomocné prvky.

Směrné ceny, které zobrazuje obrázek s grafem, se mohou nepatrně odlišovat od cen konečných dodavatelů. Ceny jsou uvedeny s DPH.

10.3 Náklady na výměnu oken a dveří

Další možností, jak snížit náklady na vytápění, je výměna veškerých nevyhovujících, stávajících výplní otvorů za nové, s vlastnostmi splňující normové požadavky.

Výplně otvorů budou osazeny okny s plastovými rámy a výplní z izolačních dvojskel s hodnotou součinitele prostupu tepla $U = 1,1 \text{ [WK}^{-1}\text{m}^{-2}\text{]}$.

Stejně, jako v případě zateplení, byly náklady na výměnu oken vytvořeny z položkového rozpočtu v programu KROS plus. Náklady na výměnu oken a dveří činí 203 662 [Kč]. Jsou uvedeny ve směrných cenách s DPH.

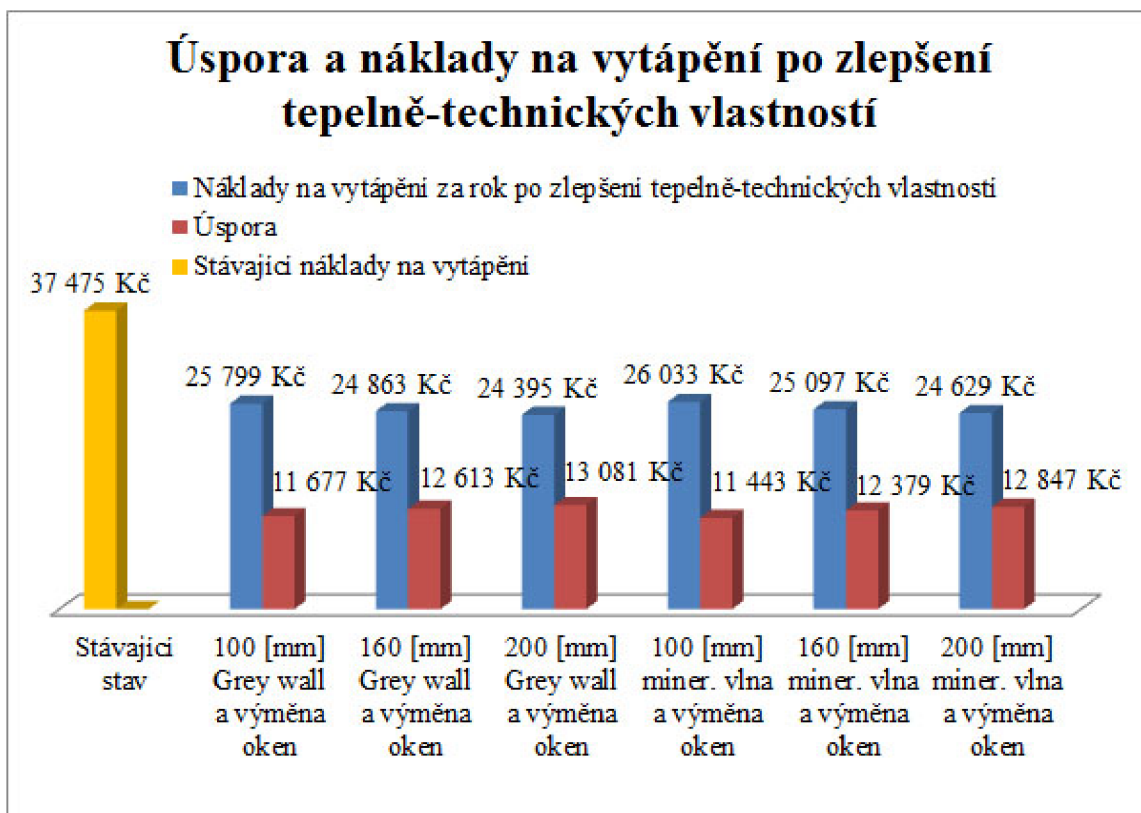
10.4 PENB po zlepšení tepelně-technických vlastností

Tab. 10.2: Hodnoty U_{em} , potřeba tepla na vytápění po zlepšení tepelně-technických vlastností a úspora na vytápění.

	U_{em}	Měrná potřeba tepla na vytápění [kWhm ⁻²]	Roční potřeba tepla na vytápění [kWh za rok]	Úspora %	Náklady na vytápění za rok [Kč]	Úspora [Kč]
Stávající stav	0,70	127	32 030	-	37 475	-
100 [mm] Grey wall výměna oken	0,50	88	22 050	31	25 799	11 677
160 [mm] Grey wall výměna oken	0,48	85	21 250	34	24 863	12 613
200 [mm] Grey wall výměna oken	0,47	83	20 850	35	24 395	13 081
100 [mm] miner. vlna výměna oken	0,50	89	22 250	31	26 033	11 443
160 [mm] miner. vlna výměna oken	0,48	85	21 450	33	25 097	12 379
200 [mm] miner. vlna výměna oken	0,47	84	21 050	34	24 629	12 847

V předchozí tabulce jsou uvedeny průměrné hodnoty U_{em} . Aby hodnocený dům vyhovoval požadavkům normy, musí být U_{em} alespoň 0,49 [WK⁻¹m⁻²]. To platí pouze v případě zateplení tloušťky 160 a 200 [mm] při použití obou druhů izolantů.

- Zateplení 160 [mm] Grey wall a 160 [mm] minerální vlna = U_{em} 0,48 [WK⁻¹m⁻²]
 - Zateplení 200 [mm] Grey wall a 200 [mm] minerální vlna = U_{em} 0,47 [WK⁻¹m⁻²]
- Úspora a náklady na vytápění jsou přehledně shrnuty v následujícím grafu.



Obr. 10.2: Úspora a náklady na vytápění skutečného domu po zlepšení tepelně-technických vlastností.

Zajímavé jsou hodnoty úspory tepla na vytápění. I když mají výše zmiňované varianty stejné U_{em} , úspory na vytápění nejsou stejné. O trochu lepší tepelně izolační vlastnosti má grey wall. Jeho součinitel prostupu tepla je o setinu lepší, než minerální vlna (viz Tab. 10.1). V U_{em} se to neprojeví, ale je to vidět v případě zmiňovaných úspor.

11 CELKOVÉ NÁKLADY NA SNÍŽENÍ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI HODNOCENÉ BUDOVY

Celkové náklady na snížení EN jsou shrnuty v následující tabulce. Po přičtení nákladů za výměnu výplní otvorů a nákladů za vypracování PENB, tvoří celkové náklady sumu 512 000 – 590 000 [Kč] (při použití izolantu grey wall). V případě použití izolantu minerální vlny tvoří celkové náklady částku 576 000 – 686 000 [Kč].

Tab. 11.1: Celkové náklady na snížení energetické náročnosti hodnocené budovy.

Konstrukce zateplení fasády	Tloušťka zateplení [mm]	Náklady na zateplení [Kč]	Náklady na výměnu výplní otvorů [Kč]	Náklady na vypracování PENB [Kč]	Náklady Celkem [Kč]
Grey wall	100	283 874	203 662	25 000	512 536
	160	332 795			561 457
	200	361 401			590 063
Minerální vlna	100	348 115			576 777
	160	413 037			641 699
	200	457 536			686 198

11.1 Financování nákladů na snížení energetické náročnosti

Zlepšení tepelně-technických vlastností nemá za následek dostatečně velkou úsporu na vytápění. I při použití nejtlustšího izolantu je úspora za vytápění 35% (viz Tab. 10.2). K tomu, aby bylo možno získat dotaci je zapotřebí úspory alespoň 40% viz kapitola 6. K získání dotace tak musí být provedeny další tepelně-technické úpravy, jako například zateplení podlahy na terénu nebo zvětšení tloušťky izolantu.

12 EKONOMICKÉ VYHODNOCENÍ HODNOCENÉ BUDOVY

12.1 Prostá doba návratnosti

K tomu, aby mohl být ukazatel doby návratnosti vypočítán, je zapotřebí tří parametrů:

- Náklady na úsporná opatření (investiční náklady).
- Výši možných úspor energie.
- Cenu energie.

Výstupem těchto tří parametrů je prostá doba návratnosti investice (obecný vzorec 5.1, viz kapitola 5.1 Doba návratnosti).

Pokud je vypočítaná doba návratnosti delší, než je životnost opatření, vložené prostředky do tohoto úsporného opatření se nikdy nevrátí. Vložená investice do tohoto opatření bude z ekonomického hlediska neefektivní. A naopak, pokud bude doba návratnosti kratší, než životnost úsporného opatření, investovat do úsporných opatření se vyplatí.

Tab. 12.1: Prostá doba návratnosti u jednotlivých variant.

Konstrukce zateplení fasády	Tloušťka zateplení [mm]	Náklady na stavební úpravy [Kč]	Roční úspora energie [Kč]	Prostá doba návratnosti v letech
Grey wall	100	512 536	11 677	43,9
	160	561 457	12 613	44,5
	200	590 063	13 081	45,1
Minerální vlna	100	576 777	11 443	50,4
	160	641 699	12 379	51,8
	200	686 198	12 847	53,4

Prostá návratnost je velice nepříznivá a to u všech variant. Prosté doby návratnosti jsou vyšší, než je předpokládaná životnost konstrukcí.

Předpokládaná životnost nových navrhovaných konstrukcí uvedená v oceňovací vyhlášce je pro úpravy povrchů vnějších 30 let a pro výměnu výplní otvorů 50 let [37].

Investice do tohoto zateplení není efektivní, nemá tedy význam investici hodnotit podrobněji, pomocí diskontované doby návratnosti, která by vzhledem k diskontovaným peněžním tokům vyšla ještě vyšší.

13 PENB MODELOVÝCH DOMŮ Z LET 1977 A 1992

Vzhledem k tomu, že se investice vložená do opatření na zlepšení tepelně-technických vlastností hodnoceného domu nevyplatí, vzniká tak otázka, jak starý by dům musel být, jak velké tepelné ztráty by musel vykazovat, aby se opatření na zlepšení tepelně-technických vlastností vyplatila? Řešením těchto otázek se zabývají následující kapitoly.

Vstupní údaje pro výpočet jsou totožné s údaji uvedenými v kapitole 9.1, tabulce 9.1. V následující tabulce jsou uvedeny hodnoty součinitelů prostupu tepla jednotlivými konstrukcemi z let 1977 a 1992. Hodnoty jsou převzaty z tabulky 3.1, z kapitoly 3.2, kde je zaznamenán vývoj součinitele prostupu tepla v jednotlivých letech. S těmito hodnotami bylo opět počítáno v programu Energie 2013 LT, stejně, jako v případě hodnoceného domu.

Tab. 13.1: Hodnoty součinitelů prostupu tepla pro budovy z let 1977 a 1992.

Konstrukce	Hodnoty součinitele prostupu tepla dle jednotlivých požadavků [$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$]			
	Model domu 1977	Model domu 1992	U požadované v normě	U doporučené v normě
Obvodová stěna	0,894	0,416	0,3	0,2
Výplně otvorů	3,7	2,9	1,5	1,1
Střecha	0,508	0,316	0,24	0,16
Podlaha na terénu	1,091	0,857	0,45	0,3

Byl proveden výpočet ENB v programu Energie LT 2013 a stanoven PENB z let 1977 a 1992.

Tab. 13.2: Zatrídění modelových budov 1977 a 1992.

	Model domu 1977	Model domu 1992
Celková roční měrná dodaná energie [kWhm^{-2}]	339	251
Klasifikační třída	F	E

Tab. 13.3: Průměrný součinitel prostupu tepla pro budovy z let 1977 a 1992.

Průměrný součinitel protupu tepla z let 1977 a 1992		
	Vypočtená hodnota U_{em}	Referenční hodnota U_{emR}
Model domu 1977	1,53	0,49
Mode domu 1992	1,1	

Modelová budova 1977 spadá do klasifikační třídy F, budova méně úsporná s celkovou roční měrnou dodanou energií 339 [kWhm⁻²]. Průměrný součinitel prostupu tepla U_{em} 1,53 [WK⁻¹m⁻²] převyšuje svojí hodnotou součinitel referenční budovy U_{emR} 0,49 [WK⁻¹m⁻²]. Hodnocená budova tak nespĺňuje požadavky normy.

Modelová budova 1992 spadá do klasifikační třídy E, budova méně úsporná s celkovou roční měrnou dodanou energií 251 [kWhm⁻²]. Průměrný součinitel prostupu tepla U_{em} 1,1 [WK⁻¹m⁻²] převyšuje svojí hodnotou součinitel referenční budovy U_{emR} 0,49 [WK⁻¹m⁻²]. Hodnocená budova tak nespĺňuje požadavky normy.

Jak velký vliv, na potřebu tepla pro vytápění, mají rozdílné hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla konstrukcí, je patrné z následující kapitoly.

13.1 Srovnání potřeby tepla na vytápění hodnocené budovy s modely 1977, 1992

V následující tabulce jsou uvedeny hodnoty potřeby tepla na vytápění získané z energetického štítku skutečného domu a z energetických štítků domů modelových, postavených v letech 1977 a 1992.

Tab. 13.4: Srovnání potřeby tepla na vytápění hodnocené budovy s budovami modelovými z let 1977 a 1992.

Srovnání potřeby tepla na vytápění skutečného domu s modely				
Energetická bilance	Skutečný dům	Model 1977	Model 1992	Jednotky
Roční potřeba tepla na vytápění	32 030	74 280	52 090	[kWh za rok]
Měrná potřeba energie na vytápění	127	296	207	[kWhm ⁻²]

Z tabulky je zřejmé, jak velký vliv má součinitel prostupu tepla na konečnou potřebu tepla na vytápění. V letech 1977 postačily pro požadavky normy hodnoty

měrné potřeby tepla, které jsou zhruba o 100% vyšší než dnes. V letech 1992 tvoří rozdíl mezi požadavky měrné potřeby tepla na vytápění kolem 60%.

13.2 Náklady na vytápění modelových domů 1977 a 1992

Jako vstupní data byly použity hodnoty z energetických štítků modelových domů. Pro modelový dům z let 1977, je celková dodaná energie na vytápění za rok 74 280 [kWh za rok], což je 296 [kWhm⁻²].

Modelový dům z let 1992 má roční potřebu tepla na vytápění 52 090 [kWh za rok], což je 207 [kWhm⁻²].

Za předpokladu, že by domy byly v dnešní době vytápěny plynem, jako je skutečný dům, jsou provozní náklady na vytápění přehledně zobrazeny v následující tabulce. Cena za odebraný plyn se stanovuje v závislosti na roční potřebě energie na vytápění. Proto se cena plynu v tabulce u modelů liší.

Tab. 13.5: Náklady na vytápění modelových domů.

Náklady na vytápění modelových domů			
Model	Energie na vytápění [kWh/rok]	Cena plynu [Kč/kWh]	Náklady na vytápění [Kč/rok]
Model 1977	74 280	1,108	82 222
Model 1992	52 090	1,143	59 539

14 ZLEPŠOVÁNÍ TEPELNĚ-TECHNICKÝCH VLASTNOSTÍ MODELŮ Z LET 1977, 1992

14.1 Varianty zlepšování tepelně-technických vlastností fasády pro modely 1977, 1992

Na modelových domech bude počítáno s variantami zateplení grey wall a minerální vlny, tloušťky 100, 160 a 200 [mm], jako u skutečného domu. Hodnoty součinitele prostupu tepla stěn po zlepšení tepelně-technických vlastností budou totožné, jako v kapitole 10.1, v tabulce 10.1. Pro srovnání součinitele prostupu tepla stěn před a po zlepšení tepelně-technických vlastností, je uvedena následující tabulka.

Tab. 14.1: Součinitel prostupu tepla stěn modelů 1977, 1992 při zlepšování tepelně-technických vlastností v různých variantách

Konstrukce zateplení fasády	Ěloušťka zateplení [mm]	U stěny po zateplení	U stěny model 1977	U stěny model 1992	U požadované normou
Grey wall EPS	100	0,17	0,894	0,461	0,3
	160	0,13			
	200	0,11			
Minerální vlna	100	0,18			
	160	0,14			
	200	0,12			

14.2 Náklady na zlepšování tepelně-technických vlastností fasády modelů 1977, 1992 v různých variantách

Jednotlivé náklady na zlepšení tepelně-technických vlastností v různých variantách zůstávají stejné, jako v případě skutečného domu viz kapitola 10.2, obrázek 10.1. Náklady na zlepšení tepelně-technických vlastností jsou shrnuty v následující tabulce. Ceny v tabulce jsou uvedeny včetně DPH.

Tab. 14.2: Náklady na zlepšení tepelně-technických vlastností fasády modelových domů 1977, 1992.

Konstrukce zateplení fasády	Tloušťka zateplení [mm]	Cena zateplení [Kč]
Grey wall EPS	100	283 874
	160	332 795
	200	361 401
Minerální vlna	100	348 115
	160	413 037
	200	457 536

14.3 Náklady na výměnu oken a dveří modelových domů 1977, 1992

Výplně otvorů budou osazeny okny s plastovými rámy a výplní z izolačních dvojskel s hodnotou součinitele prostupu tepla $U = 1,1 \text{ [Wm}^{-2}\text{K}^{-1}\text{]}$, stejně jako tomu bylo u skutečné, hodnocené budovy. Náklady na výměnu oken byly stejně, jako v případě nákladů na zlepšení tepelně-technických vlastností fasády, vytvořeny v programu KROS plus. Náklady na výměnu výplní otvorů jsou ve směrných cenách a činí 203 662 [Kč].

14.4 Celkové náklady na snížení EN modelových domů 1977, 1992

Celkové náklady na snížení EN modelových domů jsou stejné, jako náklady na snížení EN skutečného domu a jsou shrnuty v kapitole 11, v tabulce 11.1. Celkové náklady na snížení EN a zlepšení tepelně-technických vlastností jsou v případě:

- Zateplení 100 [mm] grey wall a výměna výplní otvorů 512 536 [Kč].
- Zateplení 160 [mm] grey wall a výměna výplní otvorů 561 457 [Kč].
- Zateplení 200 [mm] grey wall a výměna výplní otvorů 590 063 [Kč].
- Zateplení 100 [mm] minerální vlna a výměna výplní otvorů 576 777 [Kč].
- Zateplení 160 [mm] minerální vlna a výměna výplní otvorů 641 699 [Kč].
- Zateplení 200 [mm] minerální vlna a výměna výplní otvorů 686 198 [Kč].

14.5 Úspora a náklady na vytápění po zlepšení tepelně-technických vlastností modelů 1977, 1992

14.5.1 Úspora a náklady na vytápění po zlepšení tepelně-technických vlastností model 1977

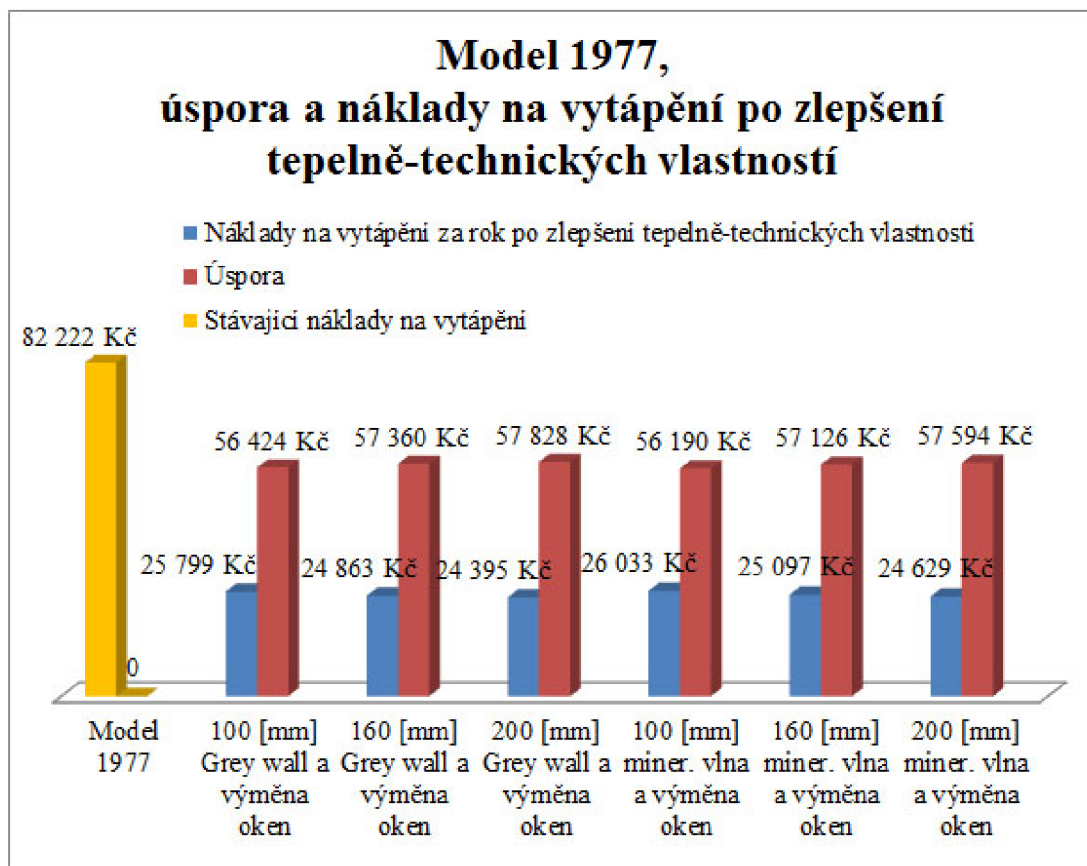
Celkové náklady na vytápění po zlepšení tepelně-technických vlastností v různých variantách u domu z let 1977 klesnou v průměru zhruba o 71%, jak je zřejmé z následující tabulky. Náklady na vytápění modelového domu 1977 byly před zlepšením tepelně-technických vlastností 82 222 [Kč]. Po zlepšení se pohybují v průměru okolo 25 140 [Kč]. Úspora za vytápění činí v průměru 57 000 [Kč]. Hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla jsou shodné s hodnotami průměrného součinitele tepla uváděných u skutečného domu.

Tab. 14.3: Hodnoty U_{em} , potřeba tepla na vytápění po zlepšení tepelně-technických vlastností a úspora na vytápění, model 1977.

	U_{em}	Měrná potřeba tepla na vytápění [kWhm ⁻²]	Roční potřeba tepla na vytápění [kWh za rok]	Úspora %	Náklady na vytápění za rok [Kč]	Úspora [Kč]
Model 1977	1,53	296	74 280	-	82 222	-
100 [mm] Grey wall výměna oken	0,50	88	22 050	70	25 799	56 424
160 [mm] Grey wall výměna oken	0,48	85	21 250	71	24 863	57 360
200 [mm] Grey wall výměna oken	0,47	83	20 850	72	24 395	57 828
100 [mm] miner. vlna výměna oken	0,50	89	22 250	70	26 033	56 190
160 [mm] miner. vlna výměna oken	0,48	85	21 450	71	25 097	57 126
200 [mm] miner. vlna výměna oken	0,47	84	21 050	72	24 629	57 594

Pro přehlednost jsou hodnoty úspor a nákladů na vytápění uvedeny i v následujícím grafu. Z grafu i tabulky je zřejmé, že úspory za vytápění ve variantách 100, 160 a 200 [mm] gray wall a minerální vlna se od sebe příliš neliší. Rozdíly úspory se pohybují v případě tloušťky:

- 100 a 160 [mm] ~ 900 [Kč]
- 100 a 200 [mm] ~ 1 400 [Kč]
- 160 a 200 [mm] ~ 500 [Kč]



Obr. 14.1: Úspora a náklady na vytápění po zlepšení tepelně-technických vlastností, model 1977.

14.5.2 Úspora a náklady na vytápění po zlepšení tepelně-technických vlastností model 1992

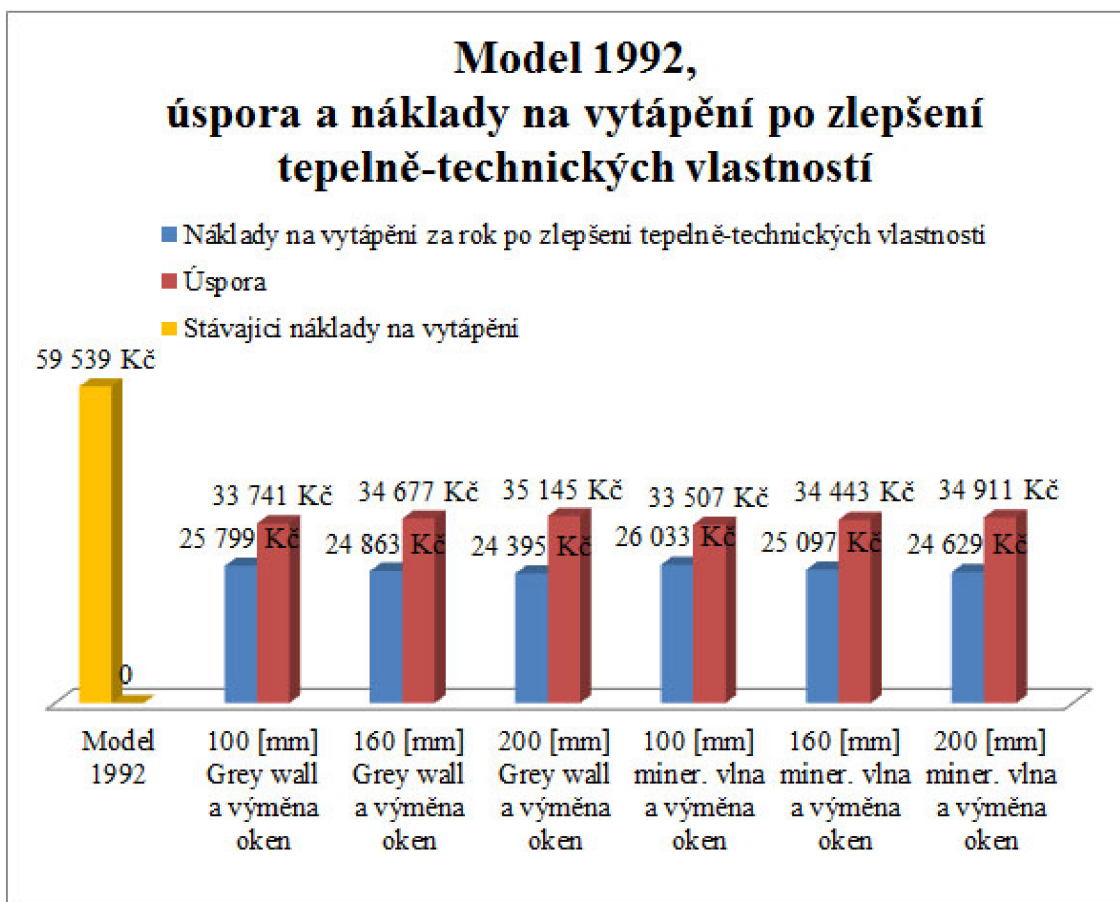
Celkové náklady na vytápění po zlepšení tepelně-technických vlastnostech v různých variantách u domu z let 1992 klesnou v průměru zhruba o 59%, jak je vidět v následující tabulce. Náklady na vytápění modelového domu 1992 byly před zlepšením tepelně-technických vlastností 59 539 [Kč]. Po zlepšení se pohybují v průměru okolo

25 140 [Kč]. Úspora za vytápění činí v průměru 34 400 [Kč]. Hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla jsou shodné s hodnotami průměrného součinitele tepla uváděných u skutečného domu.

Pro přehlednost jsou hodnoty úspor a nákladů na vytápění uvedeny v následující tabulce a grafu.

Tab. 14.4: Hodnoty U_{em} , potřeba tepla na vytápění po zlepšení tepelně-technických vlastností a úspora na vytápění, model 1992.

	U_{em}	Měrná potřeba tepla na vytápění [kWhm ⁻²]	Roční potřeba tepla na vytápění [kWh za rok]	Úspora %	Náklady na vytápění za rok [Kč]	Úspora [Kč]
Model 1992	1,1	207	52 090	-	59 539	-
100 [mm] Grey wall výměna oken	0,50	88	22 050	58	25 799	33 741
160 [mm] Grey wall výměna oken	0,48	85	21 250	59	24 863	34 677
200 [mm] Grey wall výměna oken	0,47	83	20 850	60	24 395	35 145
100 [mm] miner. vlna výměna oken	0,50	89	22 250	57	26 033	33 507
160 [mm] miner. vlna výměna oken	0,48	85	21 450	59	25 097	34 443
200 [mm] miner. vlna výměna oken	0,47	84	21 050	60	24 629	34 911



Obr. 14.2: Úspora a náklady na vytápění po zateplení a výměně oken, model 1992.

Z grafu i tabulky je zřejmé, že úspory za vytápění ve variantách 100, 160 a 200 [mm] gray wall a minerální vlna se od sebe příliš neliší, stejně jako u domu z let 1977. Rozdíl úspory se pohybuje v případě tloušťky:

- 100 a 160 [mm] ~ 900 [Kč]
- 100 a 200 [mm] ~ 1 400 [Kč]
- 160 a 200 [mm] ~ 500 [Kč]

15 FINANCOVÁNÍ NÁKLADŮ NA SNÍŽENÍ EN DOMŮ 1977, 1992

Na rozdíl od zlepšování tepelně-technických vlastností u skutečného domu, dosahují úspory na vytápění u obou modelových domů takové výše, že je možné žádat o dotaci z programu Nová zelená úsporám. Rozdělení dotace do kategorií podle splnění podmínek na snížení potřeby tepla na vytápění je uvedeno v kapitole 6.

Z úspor na vytápění modelových domů uvedených v tabulkách 14.3 a 14.4 je zřejmé, že se náklady na zlepšování tepelně-technických vlastností mohou částečně financovat z dotace. Při snížení potřeby tepla na vytápění alespoň o 60%, je možnost podpory 55% z uznatelných nákladů. Při snížení potřeby tepla na vytápění alespoň o 50%, je možno získat podporu 40% z uznatelných nákladů.

V důsledku dosažených úspor na vytápění, byla jako hlavní varianta pro potřebu zlepšení tepelně-technických vlastností, vybrána varianta zateplení grey wall tl. 200 [mm]. Díky vyšší úspoře na vytápění lze získat vyšší dotaci. U modelu 1977 dosahují úspory v průměru 71%, což je nad hranicí 60%. Ale v případě modelu 1992, kdy se úspory pohybují v průměru okolo 59%, byla vybrána možnost, kde úspora dosahuje přesně na hranici 60%.

Zdůvodnění výběru této varianty je patrné z tabulky 16.1, kde je zobrazena prostá doba návratnosti investice při dotaci 40% (úspora 59%) a 55 % (úspora 60%). Pro lepší názornost porovnání byla varianta na zlepšení tepelně-technických vlastností grey wall tl. 200 [mm] zvolena i u modelu 1977. Navíc varianta zateplení minerální vlnou vychází zhruba o 100 000 [Kč] draž (viz Tab.14.2, kapitola 14.2), ale úspora za vytápění je shodná se zateplením gray wall, které je levnější, jak je vidět v tabulce 14.3, 14.4, v kapitole 14.5.

Náklady na zlepšení tepelně-technických vlastností fasády ve variantě grey wall, tl. 200 [mm] jsou 361 401 [Kč]. Náklady na výměnu výplní otvorů jsou 203 662 [Kč]. Celkové investiční náklady, kde jsou zahrnuty i náklady na vypracování PENB jsou 590 063 [Kč]. Dotace tvoří 55% z celkových uznatelných investičních nákladů, což je 324 535 [Kč].

16 EKONOMICKÉ VYHODNOCENÍ MODELOVÝCH DOMŮ 1977, 1992

16.1 Prostá doba návratnosti modelových domů 1977, 1992

Prostá návratnost investice vložené do stavebních úprav na zlepšení tepelně-technických vlastností, je u obou modelových domů, na rozdíl od skutečného domu velice příznivá, jak je zobrazeno v následující tabulce. Prosté doby návratnosti investice jsou nižší, než je předpokládaná životnost konstrukcí. Předpokládaná životnost nových navrhovaných konstrukcí uvedená ve vyhlášce 3/2008. Sb. je pro úpravy povrchů vnější 30 let. Pro výměnu výplní otvorů 50 let [37]. Jako nejvýhodnější varianta pro zlepšení tepelně-technických vlastností byla vybrána konstrukce zateplené fasády grey wall tl. 200 [mm] spolu s výměnou výplní otvorů. Přesnější zdůvodnění výběru této varianty je popsáno v předešlé kapitole 15.

Investice vložená do této varianty je efektivní, a proto budou investice vyhodnoceny podrobněji pomocí diskontované doby návratnosti v následující kapitole 16.2.

Tab. 16.1: Prostá doba návratnosti investice na zlepšení tepelně-technických vlastností modelových domů 1977 a 1992.

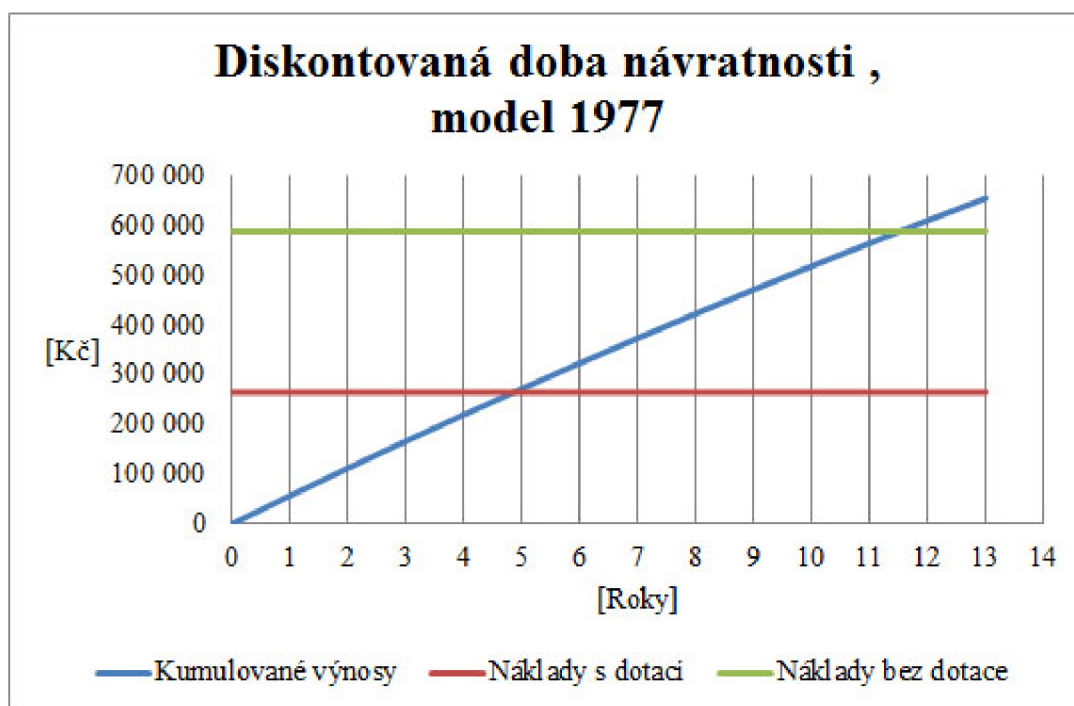
		Náklady na stavební úpravy (bez dotace) [Kč]	Náklady na stavební úpravy (s dotací) [Kč]	Roční úspora energie [Kč]	Prostá doba návratnosti v letech (bez dotace)	Prostá doba návratnosti v letech (s dotací)
Model 1977	Grey wall 100 [mm]	512 536	230 641	56 424	9,1	4,1
	Grey wall 160 [mm]	561 457	252 656	57 360	9,8	4,4
	Grey wall 200 [mm]	590 063	265 528	57 828	10,2	4,6
Model 1992	Grey wall 100 [mm]	512 536	307 522	33 741	15,2	9,1
	Grey wall 160 [mm]	564 457	338 674	34 677	16,2	9,7
	Grey wall 200 [mm]	590 063	265 528	35 145	16,8	7,6

16.2 Podrobné ekonomické vyhodnocení modelových domů 1977, 1992

Pro lepší a přesnější rozhodnutí bude zapotřebí provést podrobnější ekonomické hodnocení. To v sobě zahrnuje i cenu peněz (současnou hodnotu). Skutečná doba návratnosti zohledňuje cenu peněz i růst cenové hladiny v průběhu jednotlivých let (koruna získaná za deset let bude mít jinou hodnotu než dnes), proto je v případě modelových domů stanovena diskontní sazba 2%.

Tab. 16.2: Vstupní hodnoty pro výpočet diskontované doby návratnosti domu z let 1977.

Vstupní hodnoty pro výpočet diskontované doby návratnosti modelu 1977	
Investované náklady s dotací	265 528 [Kč]
Investované náklady bez dotace	590 063 [Kč]
Diskontovaný výnos v roce 1	56 694 [Kč]
Diskontní sazba	2%
Životnost konstrukce	30 let

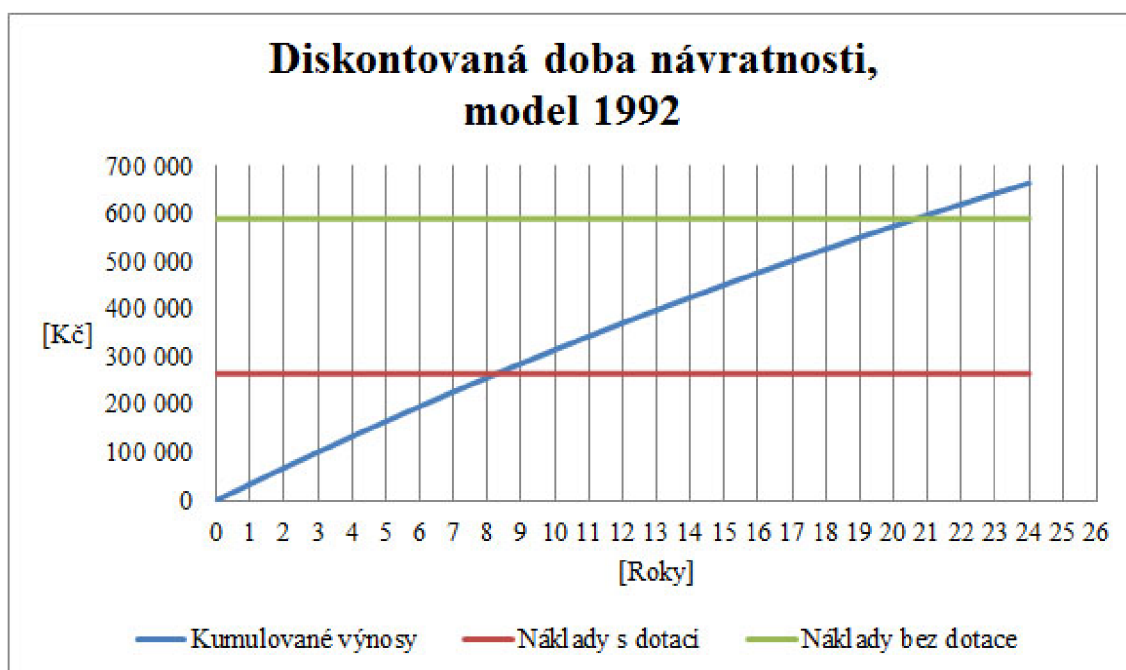


Obr. 16.1: Diskontovaná doba návratnosti - model 1977.

Z grafu na obrázku 16.1 vyplývá, že diskontovaná doba návratnosti pro variantu počítající s dotací je 4,9 let. Pro variantu bez dotace 11,5 let. Diskontované kumulované toky výnosů jsou podrobněji zobrazeny v příloze.

Tab. 16.3: Vstupní hodnoty pro výpočet diskontované doby návratnosti domu z let 1992.

Vstupní hodnoty pro výpočet diskontované doby návratnosti modelu 1992	
Investované náklady s dotací	265 528 [Kč]
Investované náklady bez dotace	590 063 [Kč]
Diskontovaný výnos v roce 1	34 456 [Kč]
Diskontní sazba	2%
Životnost konstrukce	30 let



Obr. 16.2: Diskontovaná doba návratnosti - model 1992.

Na obrázku 16.2 je v grafu zobrazena diskontovaná doba návratnosti pro modelový dům z roku 1992. Z grafu vyplývá, že diskontovaná doba návratnosti počítající s dotací je 8,1 let. Pro variantu, která nepočítá s dotací, je diskontovaná doba návratnosti 20,8 let. Diskontované kumulované toky výnosů jsou podrobněji zobrazeny v příloze.

17 VYHODNOCENÍ

Tepelné posouzení bylo provedeno u skutečného domu (hodnocená budova) a u dvou modelů z let 1977, 1992, které jsou stejných rozměrů, jako dům skutečný. Modelové domy se od skutečného domu liší vlastnostmi obalových konstrukcí. Každý modelový dům má jiný součinitel prostupu tepla, podle toho, ve kterém roce byl postaven. Modelový dům 1977 má horší vlastnosti (vyšší součinitel prostupu tepla) než modelový dům z let 1992. Náklady na zlepšení tepelně-technických vlastností domu budou díky stejným rozměrům ve všech třech případech stejné.

V prvním případě bylo provedeno tepelné posouzení skutečné, hodnocené budovy. Pro potřebu zlepšení tepelně-technických vlastností byly zkoumány varianty zateplení v tloušťkách 100, 160 a 200 [mm], při použití dvou druhů izolačních materiálů, grey wall a minerální vlny. Dům spadl před zlepšením tepelně-technických vlastností do klasifikační třídy D – budova méně úsporná. Měrná potřeba tepla před zlepšením tepelně-technických vlastností byla stanovena na 127 [kWhm⁻²]. Po zlepšení těchto vlastností se úspora za vytápění pohybuje okolo 30% (při zateplení tl. 100 [mm]) a 35% (při zateplení tl. 200 [mm]). Skutečný dům se z klasifikační energetické třídy D dostává do klasifikační třídy C – budova úsporná. Měrná potřeba tepla na vytápění je 89 [kWhm⁻²] (při zateplení tl. 100 [mm]) a 83 [kWhm⁻²] (zateplení tl. 200 [mm]).

Protože zlepšování tepelně-technických vlastností nezaručí dostatečně velkou úsporu na vytápění, majitelé domu nemají nárok na dotaci z programu Nová zelená úsporám. Díky tomu se prostá doba návratnosti investice pohybuje od 43,9 do 53,4 let v závislosti na tloušťce a druhu izolantu. Vzhledem k tomu, že životnost zateplováných konstrukcí se udává kolem 30 let, je neekonomické do této investice na zlepšení tepelně-technických vlastností investovat. Nebylo tedy dále prováděno podrobnější ekonomické hodnocení.

V druhém případě bylo provedeno tepelné posouzení domu modelového z let 1977 a 1992. Zkoumány byly stejné varianty na zlepšení tepelně-technických vlastností jako u skutečného, hodnoceného domu. V důsledku vzájemného porovnání úspor na vytápění a celkových nákladů na zlepšení tepelně-technických vlastností u obou modelů, byla vybrána varianta zateplení grey wall 200 [mm] a výměna výplní otvorů.

Modelový dům 1977 spadl před zlepšením tepelně-technických vlastností do klasifikační třídy F – budova velmi neúsporná. Měrná potřeba tepla na vytápění byla před zlepšením tepelně-technických vlastností stanovena na 296 [kWhm⁻²]. Po zlepšení těchto vlastností, je úspora za vytápění 72%. Modelový dům 1977 se z klasifikační energetické třídy F, dostává do klasifikační třídy C – budova úsporná. Měrná potřeba tepla na vytápění je 83 [kWhm⁻²]. Na rozdíl od skutečného domu, kdy nebyly úspory za vytápění tak vysoké, v případě modelového domu, mají majitelé nárok na

dotaci z dotačního programu Nová zelená úsporám. Prostá doba návratnosti investice je s dotací 4,6 let a bez dotace 10,2 let. Udávané prosté doby návratnosti jsou nižší, než je životnost zateplování konstrukcí, a proto je výhodné do této varianty na zlepšení tepelně-technických vlastností investovat. Pro přesnější stanovení doby návratnosti bylo provedeno podrobnější ekonomické zhodnocení. Diskontovaná doba návratnosti, počítající s dotací vychází na 4,9 let. Pro variantu bez dotace 11,5 let.

Modelový dům 1992 spadl před zlepšením tepelně-technických vlastností do klasifikační třídy E – budova nevhodná. Měrná potřeba tepla na vytápění byla před zlepšením tepelně-technických vlastností stanovena na 207 [kWhm⁻²]. Po zlepšení tepelně-technických vlastností je úspora na vytápění 60%. Modelový dům 1992 se z klasifikační energetické třídy E, dostává do klasifikační třídy C – budova úsporná. Měrná potřeba tepla na vytápění je 83 [kWhm⁻²]. I majitelé tohoto domu by měli nárok na dotaci z dotačního programu Nová zelená úsporám. Prostá doba návratnosti je s dotací 7,6 let a bez dotace 16,8 let. Udávané prosté doby návratnosti jsou nižší, než je životnost zateplování konstrukcí, a proto je výhodné do této varianty na zlepšení tepelně-technických vlastností investovat. Pro přesnější stanovení doby návratnosti bylo provedeno podrobnější ekonomické zhodnocení. Diskontovaná doba návratnosti, počítající s dotací vychází na 8,1 let. Pro variantu, která nepočítá s dotací, je diskontovaná doba návratnosti 20,8 let.

18 ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo srovnání a posouzení provozních nákladů (energetické bilance) rodinných domů v závislosti na jejich stáří, který byl splněn.

V úvodní části diplomové práce byly popsány pojmy související s energetickou náročností. Byl uveden historický vývoj součinitele prostupu tepla rodinných domů, který byl pak následně využit v praktické části pro posouzení provozních nákladů v závislosti na stáří budov. Vysvětleny byly tepelně-technické vlastnosti budov a způsob jejich zlepšování. Popsány byly náklady životního cyklu budov, ukazatele ekonomické efektivnosti a způsob financování investice na zlepšení tepelně-technických vlastností.

V praktické části byly řešeny varianty na zlepšení tepelně-technických vlastností domů. Posuzovány byly tři domy. První skutečný dům z roku 2004 a dva modelové domy z let 1977 a 1992. U každého domu byl vypočítán průkaz energetické náročnosti a byly oceněny náklady na zlepšení tepelně-technických vlastností. Výsledné náklady vložené do investice na zlepšení tepelně-technických vlastností domů, byly vzájemně porovnány s vypočítanou roční úsporou na vytápění.

První hodnocený, skutečný dům, spadá do klasifikační třídy D. Referenční budova, je dle normy klasifikační třídy C. Energetický štítek tohoto hodnoceného domu z roku 2004 není v porovnání s normou tak špatný. Úspory provozních nákladů na vytápění činí po zlepšení tepelně-technických vlastností obálky domu 31 - 35% (v závislosti na použité tl. izolantu). Tyto úspory nejsou dostačující na získání dotace, proto je prostá doba návratnosti investice do zateplení a výměny oken velmi vysoká. Vyšší než životnost zateplení. Z toho vyplývá, že se tyto stavební úpravy na zlepšení tepelně-technických vlastností domu nevyplatí realizovat.

Druhý dům – model z let 1977 je zařazen do klasifikační třídy F. Energetický štítek tohoto domu udává daleko vyšší energetickou náročnost. Ve srovnání s dnešními domy, splňující požadavky normy, jde o 100% nárůst měrné potřeby tepla na vytápění. Úspory provozních nákladů na vytápění činí po zlepšení tepelně-technických vlastností 72%. Úspory jsou dostačující na podporu dotací Nová zelená úsporám ve výši 55% z ustatelných nákladů. Vzhledem k vysoké dotaci a velké úspoře za vytápění, je vhodné do těchto stavebních úprav na zlepšení tepelně-technických vlastností investovat. Přesnější ekonomické hodnocení, počítající s diskontovanou dobou návratnosti vychází s dotací na 4,9 let.

Třetí dům – model z let 1992 je zařazen do klasifikační třídy E. I tento energetický štítek udává daleko vyšší energetickou náročnost. Ve srovnání s dnešními domy splňující požadavky normy, jde o nárůst 60% měrné potřeby tepla na vytápění. Úspory provozních nákladů na vytápění jsou 60%. Úspory za vytápění opět dostačují pro získání dotace Nová zelená úsporám ve výši 55% z ustatelných nákladů. Přesnější

ekonomické hodnocení, počítající s diskontovanou dobou návratnosti, tak vychází s dotací na 8,1 let.

Z výše uvedených informací vyplývá, že u domů postavených okolo roku 2005, nemá smysl provádět stavební úpravy na zlepšení tepelně-technických vlastností v rámci úspor na vytápění. Domy, nemají tak špatné tepelně-technické vlastnosti, které by způsobovaly vysoké tepelné ztráty a úspory na vytápění nejsou tak velké, aby pokryly investici vynaloženou na stavební úpravy pro zlepšení tepelně-technických vlastností. Domy, postavené okolo roku 1992 a starší jsou na tom opačně. Jejich tepelně-technické vlastnosti jsou velmi špatné a tepelné ztráty mnohonásobně vyšší, než u současných staveb. Samotné úspory na vytápění jsou schopny pokrýt investici vynaloženou na stavební úpravy pro zlepšení tepelně-technických vlastností. Investice je schopna se i bez dotace vrátit za 12 let (model 1977) a za 21 let (model 1992). S dotací je doba návratnosti ještě příznivější, 4,9 let (model 1977) a 8,1 let (model 1992).

LITERATURA

- [1] Směrnice Evropského parlamentu a rady 2010/31/EU: *O energetické náročnosti budov*. 2010. vyd. Evropský parlament a rada evropské unie
- [2] Vyhláška. č. 78/2013 Sb.: *O energetické náročnosti budov*. 2013. vyd. Česká republika
- [3] ČSN EN ISO 13790. *Energetická náročnost budov, Výpočet potřeby energie na vytápění a chlazení*. Česká republika: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009.
- [4] ČSN 73 0540 – 2. *Tepelná ochrana budov Část 2: Požadavky*. Praha: Český normalizační institut, 2011, 56 s.
- [5] ŠÁLA, J. *Tepelná ochrana budov: komentář k ČSN 73 0540*. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2008, 290 s. ; 25 cm. ISBN 978-80-87093-30-6.
- [6] SMOLA, J. *Stavba a užívání nízkoenergetických a pasivních domů*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 2011, 352 s. ISBN 9788024729954.
- [7] TYWONIAK, J. *Nízkoenergetické domy 2: principy a příklady* 1. vyd. Praha: Grada, 2008, 193 s. ISBN 9788024720616.
- [8] TYWONIAK, J. *Nízkoenergetické domy: principy a příklady*. 1. vyd. Praha: Grada, 2005, 193 s. ISBN 80-247-1101-X.
- [9] TYWONIAK, J. *Nízkoenergetické domy 3: nulové, pasivní a další*. 1. vyd. Praha: Grada, 2012, 195 s. ISBN 978-80-247-3832-1.
- [10] FAST-pozemní stavitelství III, Tepelně technické požadavky na obvodové pláště. In: [online], [cit. 29-12-2014]. Dostupné z: <http://fast10.vsb.cz/studijni-materialy/ps3/1.html>
- [11] Podklady pro PENB. In: [online]. 2010 [cit. 29-12-2014]. Dostupné z: <http://prukazenergetickenarocnostibudovy.eu/fotky/podklady%20pro%20PENB.pdf>
- [12] MARKOVÁ, L. *Ceny ve stavebnictví: studijní opora předmětu CV01* [soubor PDF]. 2007, 106 s.
- [13] TICHÁ, A. *Ceny ve stavebnictví I: BV03* [Prezentace pptx.] 2007. 1. přednáška.
- [14] MARKOVÁ, L. *Ceny ve stavebnictví: průvodce studiem předmětu*. Studijní opora [soubor PDF]. Brno, 2005, 123 s.

- [15] TICHÁ, A., PUCHÝŘ B. a MARKOVÁ L. *Ceny ve stavebnictví I: rozpočtování a kalkulace*. 2. vyd. Brno: URS, 1999, 206 s.
- [16] *Rozpočtování a oceňování stavebních prací*. Praha: ÚRS, 2009, 206 s. ISBN 978-80-7369-239-1.
- [17] KORYTÁROVÁ, J., SÁDLÍK J. a SCHUSTEROVÁ L. *Základy ekonomie*. 1. vyd. Brno: CERM, 1995, 194 s. ISBN 8021406070.
- [18] KORYTÁROVÁ, J. *Ekonomika investic: Studijní opora* [soubor PDF]. Brno, 2006, 170 s.
- [19] NOVÝ, M., NOVÁKOVÁ J. a WALDHANS M. *Projektové řízení staveb 1: studijní opora: Modul 01* [soubor PDF]. Brno, 2006, 217 s.
- [20] GRYGERA, F. a KUPČEKOVÁ A. *Bydlete úsporně: jak investovat do energetických úspor a získat dotaci v programu Zelená úsporám*. 1. vyd. Brno: Computer Press, 2010, 152 s. ISBN 978-80-251-2857-2.
- [21] SRDEČNÝ, K. a MACHOLDA F. *Úspory energie v domě*. 1. vyd. Praha: Grada, 2004, 111 s. ISBN 8024705230.
- [22] ŠUBRT, R. *Zateplování*. 1. vyd. Brno: ERA, 2008, 102 s. ISBN 9788073661380.
- [23] VLČEK, M. a BENEŠ P. *Zateplování staveb*. Brno: CERM, 2000, 110 s. ISBN 8072041649.
- [24] *Plastová okna a dveře*. In: [online], [cit. 15-11-2014]. Dostupné z: <http://www.plastova-okna-vokno.cz/>
- [25] *ALBO dřevěná okna*. In: [online], [cit. 15-11-2014]. Dostupné z: <http://albo.cz/drevena-okna-iv78trend-3plus.htm>
- [26] *L-okna*. In: [online], [cit. 15-11-2014]. Dostupné z: <http://www.l-okna.cz/hlinikova-okna.php>
- [27] ŠUBRT, R., PETRÝL Z. a ŠKOPEK M. *Okno: klíčová součást staveb*. České Budějovice: Energy Consulting Service, 2010, 110 s. ISBN 9788025485736.
- [28] *iStavitel, Způsoby zateplení obvodového pláště domu*, In: [online], [cit. 16-11-2014]. Dostupné z: http://istavitel.cz/clanek/izolace/tepelne-izolace/zpusoby-zatepleni-obvodoveho-plaste-domu__81
- [29] *Zateplení Kwaczek, Zateplovací, tepelně-izolační omítky na fasádu*, In: [online], [cit. 16-11-2014]. Dostupné z: <http://www.zatepleni-kwaczek.cz/zateplovaci-omitky>

- [30] iStavitel, Zateplení střech 1. díl, In: [online], [cit. 16-11-2014]. Dostupné z: http://istavitel.cz/clanek/stechy/zateplen-stech-1-dl—zateplen-stropu-a-ikmch-stech_105
- [31] TZBinfo, Problematika vlhkosti u dřevěných lidových staveb, In: [online], [cit. 16-11-2014]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/obvodove-plaste-drevostaveb/7838-problematika-vlhkosti-u-drevenych-lidovych-staveb>
- [32] iStavitel, Základní přehled tepelně izolačních materiálů, In: [online], [cit. 16-11-2014]. Dostupné z: http://istavitel.cz/clanek/izolace/tepelne-izolace/zakladni-prehled-tepelne-izolacnich-materialu_80
- [33] TZBinfo, Energetická náročnost budov, In: [online], [cit. 16-11-2014]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov/9897-prakticka-aplikace-metodiky-hodnoceni-energeticke-narocnosti-budov-rodinny-dum>
- [34] TZBinfo, Tepelný odpor R, In: [online], [cit. 16-11-2014]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/tepelny-odpor-r>
- [35] TZBinfo, Součinitel prostupu tepla, In: [online], [cit. 16-11-2014]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/soucinitel-prostupu-tepla>
- [36] Nová zelená úsporám, Výše podpory – Nová zelená úsporám. In: [online], [cit. 10-12-2014]. Dostupné z <http://www.novazelenausporam.cz/vyse-podpory-5/>
- [37] Vyhláška č. 3/2008 Sb.: O provedení některých ustanovení zákona č. 151/1997 Sb., o oceňování majetku a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, (oceňovací vyhláška).

SEZNAM SYMBOLŮ, VELIČIN A ZKRATEK

TUV	teplá užitková voda
U	součinitel prostupu tepla
U_{em}	průměrný součinitel prostupu tepla
$U_{em,R}$	průměrný součinitel prostupu tepla referenční budovy
R	tepelný odpor konstrukce
λ	součinitel tepelné vodivosti
ENB	energetická náročnost budov
PENB	průkaz energetické náročnosti
TC	total costs, celkové náklady
AC	average costs, průměrné náklady
MC	marginal costs, mezní náklady
DN	doba návratnosti
IC	investiční náklady
R_i	výnosy
XPS	extrudovaný polystyren
EPS	pěnový polystyren
PUR	pěnový polyuretan
PIR	polyizokyanurát
UV	ultra violet, ultrafialové záření
PV	současná hodnota peněz
NPV	čistá současná hodnota peněz
IRR	vnitřní výnosové procento

SEZNAM PŘÍLOH

1 Energetická náročnost

- 1.1 PENB – referenční budova
- 1.2 PENB – stávající stav hodnocené budovy
- 1.3 PENB – model 1977
- 1.4 PENB – model 1992
- 1.5 PENB – po zateplení 100 [mm] EPS grey wall a výměně výplní otvorů
- 1.6 PENB – po zateplení 100 [mm] minerální vlna a výměně výplní otvorů
- 1.7 PENB – po zateplení 160 [mm] EPS grey wall a výměně výplní otvorů
- 1.8 PENB – po zateplení 160 [mm] minerální vlna a výměně výplní otvorů
- 1.9 PENB – po zateplení 200 [mm] EPS grey wall a výměně výplní otvorů
- 1.10 PENB – po zateplení 200 [mm] minerální vlna a výměně výplní otvorů

2 Nabídkové rozpočty

- 2.1 Rozpočet zateplení 100 [mm] EPS grey wall
- 2.2 Rozpočet zateplení 100 [mm] minerální vlna
- 2.3 Rozpočet zateplení 160 [mm] EPS grey wall
- 2.4 Rozpočet zateplení 160 [mm] minerální vlna
- 2.5 Rozpočet zateplení 200 [mm] EPS grey wall
- 2.6 Rozpočet zateplení 200 [mm] minerální vlna
- 2.7 Rozpočet výměny oken a dveří

3. Diskontované doby návratnosti

- 3.1 Diskontovaná doba návratnosti investice model – 1977
- 3.2 Diskontovaná doba návratnosti investice model – 1992