

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ

KATEDRA EKONOMIKY,

MANAŽERSTVÍ

A HUMANITNÍCH VĚD



DIPLOMOVÁ PRÁCE

TECHNICKO-EKONOMICKÁ OPTIMALIZACE

REKONSTRUKCE RODINNÉHO DOMU

THE FAMILY HOUSE RECONSTRUCTION:

TECHNICAL AND ECONOMIC OPTIMIZATION

VEDOUCÍ: ING. JIŘÍ BERANOVSKÝ, PH.D. MBA VYPRACOVAL: BC. KAREL VRBECKÝ

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta elektrotechnická

Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student: Vrbecký Karel

Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management
Obor: Ekonomika a řízení energetiky

Název tématu: Technicko-ekonomická optimalizace rekonstrukce rodinného domu

Pokyny pro vypracování:

- kategorizace budov z hlediska energetické náročnosti
- zhodnocení současného stavu objektu
- návrh variant řešení objektu z hlediska energetických potřeb
- technicko-ekonomické porovnání a zhodnocení variant

Seznam odborné literatury:

Beranovský, J., Pokorný, J.: Je úsporný dům opravdu úsporný? Z čeho postavit úsporný dům?, Praha, EkoWATT, Centrum pro obnovitelné zdroje a úspory energie z.s. 2014, ISBN 978-80-87333-10-5

Tywoniak, J. a kol.: Nízkoenergetické domy 3: nulové, pasivní a další, Praha, Grada Publishing, a.s., 2012, ISBN 978-80-247-3832-1

Vedoucí diplomové práce: Ing. Jiří Beranovský, MBA, Ph.D. – Ekowatt

Platnost zadání: do konce letního semestru akademického roku 2016/2017

L.S.

Prof. Ing. Jaroslav Knápek, CSc.
vedoucí katedry

Prof. Ing. Pavel Ripka, CSc.
děkan

V Praze dne 11.2.2016

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne:

.....

Bc. Karel Vrbecký

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat všem lidem, kteří se poskytováním informací a cenných rad podíleli na tvorbě této diplomové práce. Hlavní poděkování patří Ing. Jiřímu Beranovskému, Ph.D. MBA, jakožto vedoucímu mé diplomové práce.

Anotace

V této diplomové práci je popsána aktuální kategorizace budov z hlediska energetické náročnosti. Dále je představen konkrétní objekt, u kterého je po technické i ekonomické stránce zhodnocen jeho současný stav hospodaření s energií. Na základě zjištěných výsledků jsou navrženy zlepšující varianty řešení z hlediska energetických potřeb a na závěr je doporučena optimální varianta.

Summary

In this thesis the current categorization of buildings in terms of energy performance is described. The specific building is described and also the current status of energy management is technically and economically assessed. Based on detected results alternative solutions in terms of energy needs are designed. In conclusion the optimal solution is recommended.

Obsah

Obsah	1
Seznam obrázků	3
Seznam grafů.....	3
Seznam tabulek	4
1 Úvod.....	5
2 Kategorizace budov dle energetické náročnosti	6
2.1 Kategorie budov	6
2.1.1 Standardní budovy.....	6
2.1.2 Nízkoenergetické budovy.....	7
2.1.3 Pasivní budovy	7
2.1.4 Nulové budovy	8
2.1.5 Nezávislé budovy	9
2.1.6 Plusové budovy	9
2.2 Průkaz energetické náročnosti budov	10
3 Charakteristika posuzovaného objektu	12
3.1 Základní údaje o objektu	12
3.2 Obalové konstrukce	13
3.1 Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla.....	15
3.2 Zhodnocení stávajícího stavu	22
3.2.1 Měrný tepelný tok	23
3.2.2 Energetická bilance	24
3.2.3 PENB.....	25
4 Navrhovaná opatření.....	27
4.1 Opatření 1 – Zateplení	27
4.2 Opatření 2 – Fotovoltaický systém.....	30
4.2.1 Využití akumulční nádrže.....	32
4.2.2 Využití akumulátoru.....	33

4.3	Opatření 3 – Tepelné čerpadlo.....	34
4.4	Opatření 4 – Kotel na pelety.....	38
4.5	Opatření 5 – Elektrický kotel.....	40
5	Navrhované varianty.....	42
5.1	Varianta 1	43
5.2	Varianta 2	48
5.3	Varianta 3	51
5.4	Shrnutí variant	54
6	Ekonomické zhodnocení.....	55
6.1	Metodika.....	55
6.2	Stanovení diskontu, eskalace cen a doby porovnání	57
6.3	Vlastní ekonomické vyhodnocení variant	58
6.4	Citlivostní analýza	61
6.5	Závěrečné doporučení.....	64
7	Závěr	65
8	Použité zdroje	67
9	Přílohy.....	73
9.1	Příloha 1 – Normové hodnoty	73
9.2	Příloha 2 – Výkresová dokumentace	75
9.3	Příloha 3 – Výpočtové teploty.....	78
9.4	Příloha 4 – Cenová nabídka tepelného čerpadla.....	81
9.5	Příloha 5 – Nová zelená úsporám, oblast A	82
9.6	Příloha 6 – Ukazatele energetické náročnosti budovy.....	83
9.7	Příloha 7 – Průběhy výroby a spotřeby elektřiny v D02d	85
9.8	Příloha 8 – Data pro citlivostní analýzu	88

Seznam obrázků

Obr. 2.1 – Měrná roční potřeba energie na vytápění rodinného domu	10
Obr. 2.2 – Klasifikační třídy	10
Obr. 3.1 – Řez složenou konstrukcí	15
Obr. 3.2 – Sériové řazení tepelných odporů konstrukce	17
Obr. 3.3 – PENB stávajícího stavu	25
Obr. 3.4 – Ukazatele energetické náročnosti pro stávající stav	26
Obr. 4.1 – Střešní FVE	30
Obr. 4.2 – Tepelné čerpadlo vzduch/voda	34
Obr. 5.1 – Logo NZU	44
Obr. 5.2 – PENB po realizaci varianty 1	47
Obr. 5.3 – Kotel na pelety ATMOS D 14 P	48
Obr. 5.4 – PENB po realizaci varianty 2	50
Obr. 5.5 – Elektrokotel Protherm RAY 9K	51
Obr. 5.6 – PENB po realizaci varianty 3	53
Obr. 9.1 – Nová zelená úsporám, podmínky a výše podpory v oblasti A	82
Obr. 9.2 – Ukazatele energetické náročnosti budovy po realizaci varianty 1	83
Obr. 9.3 – Ukazatele energetické náročnosti budovy po realizaci varianty 2	83
Obr. 9.4 – Ukazatele energetické náročnosti budovy po realizaci varianty 3	84

Seznam grafů

Graf 3.1 – Měrné tepelné toky objektu	23
Graf 4.1 – Závislost součinitele prostupu tepla na tloušťce izolace	28
Graf 4.2 – Bilance výroby a spotřeby elektřiny pro červenec	31
Graf 4.3 – Měsíční hodnoty přebytků a ušetřené energie	31
Graf 4.4 – Výkonové křivky TČ	37
Graf 4.5 – Topný faktor TČ	37
Graf 5.1 – Bilance výroby a spotřeby elektřiny – červenec, TDD 7	43
Graf 6.1 – DCF úspor - varianta 1	58
Graf 6.2 – DCF úspor - varianta 2	59
Graf 6.3 – DCF úspor - varianta 3	59
Graf 6.4 – Kumulativní DCF úspor	60
Graf 6.5 – Závislost NPV úspor na diskontu	61
Graf 6.6 – Závislost NPV úspor na eskalaci cen energie	62
Graf 6.7 – Závislost NPV úspor na výši investice	63
Graf 6.8 – Závislost NPV úspor na snížení účinnosti FVE	63

Seznam tabulek

Tab. 2.1 - Základní charakteristika pasivních budov	8
Tab. 2.2 – Základní požadavky na energeticky nulové budovy.....	9
Tab. 2.3 – Ukazatele energetické náročnosti	11
Tab. 3.1 – Základní údaje o pozemku a stavbě	13
Tab. 3.2 – Skladba obalových konstrukcí	14
Tab. 3.3 – Hodnoty odporů R_{si} , R_{se}	16
Tab. 3.4 – Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla	21
Tab. 3.5 – Součinitel prostupu tepla otvorových výplní	21
Tab. 3.6 – Tepelné vlastnosti stávající konstrukce	22
Tab. 3.7 – Energetická bilance stávajícího stavu	24
Tab. 3.8 – Splnění ukazatelů EN pro stávající stav budovy	25
Tab. 4.1 – Souhrn technických údajů aplikací opatření 1	28
Tab. 4.2 – Cena materiálu a izolačních prací ^[61]	29
Tab. 4.3 – Změny použitím opatření 1	29
Tab. 4.4 – Cenová nabídka pro FVE s akumulací nádrží	32
Tab. 4.5 – Cenová nabídka pro FVE s akumulátorem	33
Tab. 4.6 – Cenová nabídka pro TČ	35
Tab. 4.7 – Změny použitím opatření 3	36
Tab. 4.8 – Cenová nabídka pro kotel na pelety ^[121]	38
Tab. 4.9 – Změny použitím opatření 4.....	39
Tab. 4.10 – Cenová nabídka pro elektrokotel	40
Tab. 4.11 – Změny použitím opatření 5.....	41
Tab. 5.1 – Výše dotace pro variantu 1	46
Tab. 5.2 – Spotřeba energie a výše výdajů po realizaci varianty 1	46
Tab. 5.3 – Splnění ukazatelů EN po realizaci varianty 1	47
Tab. 5.4 – Výše dotace pro variantu 2	49
Tab. 5.5 – Spotřeba energie a výše výdajů po realizaci varianty 2.....	49
Tab. 5.6 – Splnění ukazatelů EN po realizaci varianty 2.....	50
Tab. 5.7 – Výše dotace pro variantu 3	52
Tab. 5.8 – Spotřeba energie a výše výdajů po realizaci varianty 3.....	52
Tab. 5.9 – Splnění ukazatelů EN po realizaci varianty 3	53
Tab. 5.10 – Shrnutí variant - technické.....	54
Tab. 5.11 – Shrnutí variant - ekonomické.....	55
Tab. 6.1 – Vstupní hodnoty pro ekonomické zhodnocení	57
Tab. 6.2 – Vypočtené hodnoty kritérií NPV, DPP a IRR	60
Tab. 6.3 – Změna vybraných ukazatelů optimální varianty oproti stávajícímu stavu	64
.....	
Tab. 9.1 – Požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla pro budovy s převažující návrhovou vnitřní teplotou θ_{im} v intervalu 18 °C až 22 °C včetně..	74
Tab. 9.2 – Venkovní výpočtové teploty a počet dní otopného období dle jednotlivých lokalit	80
Tab. 9.3 – Citlivostní analýza na diskont.....	88
Tab. 9.4 – Citlivostní analýza na eskalaci cen energií	88
Tab. 9.5 – Citlivostní analýza na výši investici	89
Tab. 9.6 – Citlivostní analýza na pokles účinnosti FVE.....	89

1 Úvod

V dnešní době energeticky úsporných staveb je stále možné spatřit budovy, u kterých energetická náročnost překračuje standardy. Jedná se většinou o objekty staré několik desítek let, nezateplené, s nízko účinnými zdroji tepla. Na vyšší spotřebě tepla pro udržení tepelné pohody není nic špatného. Ovšem musíme si uvědomit, že přírodní zásoby tuhých a kapalných paliv nejsou nevyčerpatelné a s postupem času dochází k jejich zmenšování. S tím souvisí nárůst výdajů na provoz domácnosti. Na základě této skutečnosti vyvstává otázka, proč vynakládat ročně vyšší výdaje na vytápění případně i na ohřev vody, když v současnosti umožňují na trhu nabízené materiály a technologie jejich znatelné snížení. A navíc, šetření energií je státem podporováno dotačními programy, díky kterým můžou být počáteční investice do energeticky úsporných opatření sníženy až na polovinu. Jedním takovým dotačním programem je například Nová zelená úsporám, ve které má být do konce roku 2021 přerozděleno zhruba 27 miliard korun. Bohužel velké množství lidí není s touto problematikou obeznámeno.

Ve své diplomové práci proto nejprve přiblížím čtenáři aktuální kategorizaci budov z hlediska energetické náročnosti, která se v České republice provádí pomocí různých metodik. Dále pro příklad představím konkrétní objekt, u kterého zhodnotím současný stav hospodaření s energií z hlediska vytápění, ohřevu vody a běžné spotřeby elektřiny. Naleznu konkrétní nedostatky charakterizující jeho stávající stav, ty vyhodnotím a navrhuji opatření vedoucí k jejich odstranění. Kombinací jednotlivých opatření vytvořím varianty řešení efektivnějšího uspokojování energetických potřeb v domácnosti. Následně tyto navržené varianty mezi sebou porovnám, jak po technické, tak i ekonomické stránce a vyberu optimální řešení vedoucí k energeticky i finančně úspornějšímu provozu domácnosti.

V této práci budou s menšími úpravami využity některé pasáže, kterými jsem se zabýval ve své bakalářské práci.^[3L] Konkrétně se jedná o části kapitoly věnované charakteristice posuzovaného objektu.

2 Kategorizace budov dle energetické náročnosti

Hodnocení energetické náročnosti budov je nejednoznačné. V České republice se energetické hodnocení budov provádí pomocí různých metodik. Metodika ČSN 73 0540 definuje jednotlivé legislativní standardy budov s nízkou energetickou náročností. Dále metodika stanovující jednotný postup hodnocení domů s velmi nízkou energetickou náročností TNI 73 0329 pro rodinné domy respektive TNI 73 0330 pro domy bytové. A metodika PENB (průkaz energetické náročnosti budovy) sloužící k vyhodnocení energetické náročnosti budovy.^[1L]

2.1 Kategorie budov

V následujícím textu je uvedeno rozdělení budov vzhledem k energetické náročnosti podle normy ČSN 73 0540. Ovšem před samotným dělením je potřeba zmínit, že požadavky energetické náročnosti jsou uváděny vzhledem k národní metodice TNI nikoliv k PHPP (Passive House Planning Package). Hlavním rozdílem jsou plochy, se kterými jednotlivé metodiky pracují. V případě TNI se jedná o tzv. energeticky vztažnou plochu, která je dle zákona č. 318/2012 Sb. definována jako: „*vnější půdorysná plocha všech prostorů s upravovaným vnitřním prostředím v celé budově, vymezená vnějšími povrchy konstrukcí obálky budovy*“. PHPP uvažuje vnitřní podlahovou plochu redukovanou o nevyužité části, a proto je tato metodika přísnější.

2.1.1 Standardní budovy

Budovy, vyznačující se minimálním zateplením a potřebou tepla na vytápění v rozmezí 80 – 140 kWh.m⁻².a⁻¹. Vyhovují dnešním normám, ale vzhledem k rostoucím cenám energií pravděpodobně bude docházet k jejich rekonstrukci. Pro splnění současného standardu je dostatečné větrání otevřením oken.

2.1.2 Nízkoenergetické budovy

Pro nízkoenergetické budovy je charakteristická nízká potřeba tepla na vytápění. Za nízkoenergetické označujeme budovy, které s potřebou tepla na vytápění dle TNI 73 0329 pro rodinné a TNI 73 0330 pro bytové domy nepřekračují $50 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$ a současně průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy nepřekračuje doporučenou hodnotu.

Pro označení budovy za nízkoenergetickou je nezbytné dodržet i řadu dalších opatření. Mimo již výše zmíněnou nízkou potřebu tepla na vytápění spojenou s vysokým tepelným odporem konstrukcí je nutno zajistit také řízené větrání (intenzita výměny vzduchu při tlakovém rozdílu 50 Pa nepřesahuje dle TNI 73 0329 $n_{50} = 1,5 \text{ h}^{-1}$), účinný systém vytápění a využití obnovitelných zdrojů energie (tepelné čerpadlo, solární systém).

2.1.3 Pasivní budovy

Pasivní budovou se rozumí objekt s roční potřebou tepla na vytápění podle TNI 73 0329 nepřekračující $15 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$ a zároveň, dle ČSN 73 0540-2, s doporučeným průměrným součinitelem prostupu tepla. Snížení potřeby na požadovanou hodnotu představuje využití nejvyšší tloušťky izolace, nejmodernějších materiálů, polohy objektu a maximalizace tepelných zisků. Cílem snížené tepelné ztráty je odstranění potřeby využití tradičního způsobu vytápění (např. kotle na tuhá paliva).

Dále se hodnotí průvzdušnost obálky budovy, kde intenzita výměny vzduchu n_{50} dle TNI 73 0329 nesmí přesáhnout $0,6 \text{ h}^{-1}$. Tato hodnota udává kolikrát za hodinu se celkový objem vzduchu (např. v místnosti) vymění za vzduch venkovní, při rozdílu tlaků 50 Pa. Větrání je řízené a s rekuperací tepla, nedochází tedy k úniku odpadního teplého vzduchu bez užítku, ale naopak k předehřevu přiváděného vzduchu do budovy.

		Průměrný součinite l prostupu tepla U_{em} [W.m ⁻² ·K ⁻¹]	Měrná potřeba tepla na vytápění [kWh.m ⁻² ·a ⁻¹]	Měrná potřeba energie na chlazení [kWh.m ⁻² ·a ⁻¹]	Měrná potřeba primární energie [kWh.m ⁻² ·a ⁻¹]
Obytná budova	Rodinný dům	≤ 0,25 požadováno ≤ 0,20 doporučeno	≤ 20 požadováno ≤ 15 doporučeno	0 ²⁾	≤ 60
	Bytový dům	≤ 0,35 požadováno ≤ 0,30 doporučeno	≤ 15	0 ²⁾	≤ 60
Neobytná budova s převažující teplotou 18 °C - 22 °C		≤ 0,35 ¹⁾	≤ 15	≤ 15	≤ 120
Ostatní budovy		Požadavky stanoveny individuálně s využitím aktuálních poznatků odborné literatury			≤ 120
POZNÁMKY 1) Uvedená hodnota je doporučena, nejvýše však musí být rovna odpovídající hodnotě $U_{em,rec}$ podle 5.3.2. [6N] 2) Stavební řešení musí být takové, aby strojní chlazení nebylo potřebné. Pokud by výjimečně bylo dodatečně použito, musí být odpovídajícím způsobem zahrnuto do hodnocení primární energie, a to i kdyby se jednalo o individuální jednotky považované za elektrické spotřebiče.					

Tab. 2.1 - Základní charakteristika pasivních budov

V primární energii jsou zahrnuty roční energetické potřeby na vytápění, energie na ohřev teplé vody a pomocná elektrická energie.

2.1.4 Nulové budovy

Označení termínem nulové je trochu zavádějící, jelikož se nejedná o budovy s nulovou potřebou tepla. Ve skutečnosti je potřeba menší než 5 kWh.m⁻².a⁻¹, objekt tedy na svůj provoz jisté množství energie potřebuje. Nulové budovy jsou však schopny si toto množství z větší části, ne-li z celé, samy zabezpečit a to zejména pomocí fotovoltaického systému, větrné turbíny nebo malé kogenerační jednotky.

Hodnocení energetické bilance budovy je dle ČSN 73 0540-2 založeno na měrné roční bilanci energetických potřeb a produkci energie v hodnotách primární energie z neobnovitelných zdrojů. Stanovují se dvě základní úrovně hodnocení a to:

- „Úroveň A – do energetických potřeb budovy se zahrne potřeba tepla na vytápění, potřeba energie na chlazení, energie na přípravu teplé vody, pomocná elektrická energie na provoz energetických systémů budovy, elektrická energie na umělé osvětlení a elektrické spotřebiče.“

- Úroveň B – jako A, ale bez zahrnutí elektrické energie na elektrické spotřebiče. “^[6N]

Závaznost kritéria →		Požadovaná hodnota	Doporučená hodnota	Požadovaná hodnota podle zvolené úrovně hodnocení	
		Průměrný součinitel prostupu tepla U_{em} [W.m ⁻² ·K ⁻¹]	Měrná potřeba tepla na vytápění E_A [kWh.m ⁻² ·a ⁻¹]	Měrná roční bilance potřeby a produkce energie vyjádřená v hodnotách primární energie z neobnovitelných zdrojů PE _A ¹⁾ [kWh.m ⁻² ·a ⁻¹]	
				Úroveň A	Úroveň B
Obytné budovy	Nulový	Rodinné domy ≤ 0,25	Rodinné domy ≤ 20	0	0
	Blízký nulovému	Bytové domy ≤ 0,35	Bytové domy ≤ 15	80	30
Neobytné budovy ²⁾	Nulový	≤ 0,35 ¹⁾	≤ 30	0	0
	Blízký nulovému			120	90

1) Uvedená hodnota je doporučená, nejvýše však musí být rovna odpovídající hodnotě doporučené $U_{em,rec}$ podle článku 5.3.2^[6N].

2) Neobytné budovy s převažující návrhovou vnitřní teplotou 18 °C až 22 °C včetně. Pro jiné budovy není stanoveno.

Tab. 2.2 – Základní požadavky na energeticky nulové budovy

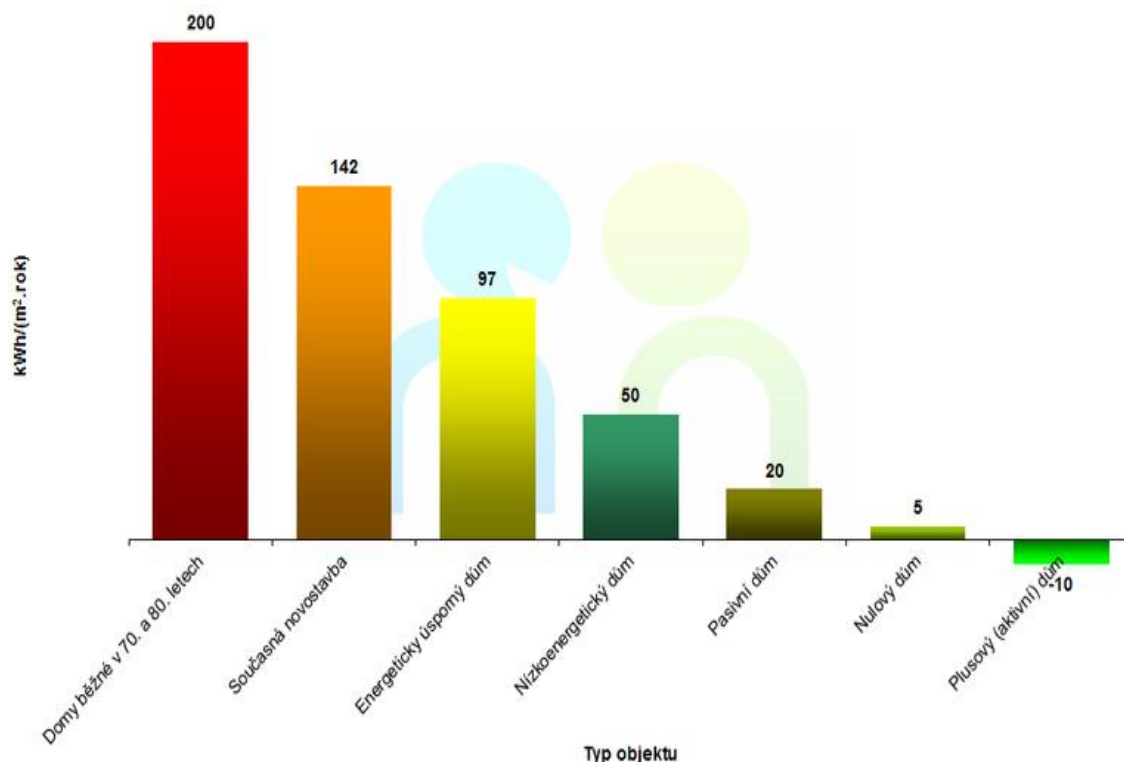
2.1.5 Nezávislé budovy

Představují objekty nenapojené na veřejnou energetickou síť. Energeticky nezávislé budovy jsou řešeny jako pasivní a pokrývají svoji potřebu energie z obnovitelných zdrojů (např. fotovoltaický systém). Pro dosažení rovnosti mezi energetickou spotřebou a produkcí je využívána akumulace energie (elektrické akumulátory, tepelné zásobníky).

2.1.6 Plusové budovy

V podstatě se dá říci, že se jedná o zvláštní typ energeticky nezávislých budov. Plusové budovy disponují dostatečnou energetickou produkcí jak pro pokrytí vlastní spotřeby, tak i k tvorbě přebytků elektrické energie dodávané do distribuční sítě.

Pro větší přehlednost jsou jednotlivé kategorie budov dle energetických náročností naznačeny graficky na *Obr. 2.1*.



Obr. 2.1 – Měrná roční potřeba energie na vytápění rodinného domu

2.2 Průkaz energetické náročnosti budov

Průkaz energetické náročnosti budovy je obdobou energetických štítků u elektrospotřebičů. Průkaz bývá často zaměňován s energetickým štítkem obálky budovy vymezeným normou



Obr. 2.2 – Klasifikační třídy

ČSN 73 0540 – 2 a dochází tak k matení pojmů. Ten na rozdíl od průkazu neříká nic o celkové energetické náročnosti budovy. Princip zpracování PENB je stanoven dle vyhlášky 78/2013 Sb. Jak už název napovídá PENB vyhodnocuje energetickou náročnost budovy. Vyčísluje energie dodávané do objektu při běžném provozu a rozřazuje budovy dle energetické náročnosti do jednotlivých klasifikačních tříd A až G. Stanovení referenční hodnoty minimálního požadavku na energetickou náročnost (od roku 2013 již není stanovena tabulkově) se provádí metodou tzv. referenční budovy. Ta je definována jako: „virtuální budova stejných rozměrů a stejného prostorového uspořádání jako

budova hodnocená, shodného účelu a shodného umístění, na jejichž všech plochách obálky budovy jsou použity konstrukce se součiniteli prostupu tepla právě odpovídajícími příslušné normové požadované hodnotě. ^[6N]

Průkaz, jehož doba platnosti je 10 let, nebo do větší změny budovy, se skládá ze dvou částí. První tvoří protokol, který uvádí informace o budově potřebné k určení energetické náročnosti a její výpočet. Druhá graficky znázorňuje výsledky části první.

Jak uvádí vyhláška 78/2013 Sb., pro splnění hodnocení EN budovy musí být splněny ukazatele EN. Ty uvádím v přehledové *Tab. 2.3*. Nové budovy musí splnit tři ukazatele EN. V případě budov rekonstruovaných je možný výběr ze tří kombinací ukazatelů.

Ukazatel	Nová	Rekonstruovaná budova		
	I.	I.	II.	III.
Celková primární energie				
Neobnovitelná primární energie	X	X		
Celková dodaná energie	X		X	
Dílčí dodané energie pro technické systémy				
Průměrný součinitel prostupu tepla	X	X	X	
Součinitele prostupu tepla jednotlivých konstrukcí				X
Účinnost technických systémů				X

Tab. 2.3 – Ukazatele energetické náročnosti

U PENB stojí za zmínku parametr neobnovitelná primární energie určený od roku 2013. Který má za úkol zjednodušeně řečeno zohlednit, jak ekologicky se daná energie vyrábí. Primární energií se rozumí energie, která neprošla žádným procesem přeměny a je součtem primární obnovitelné a neobnovitelné energie. Stanovuje se na základě faktorů primární energie. Každému energonositeli náleží vlastní faktor celkové primární energie a neobnovitelné primární energie. V případě elektřiny má faktor neobnovitelné primární energie dle vyhlášky č. 78/2013 Sb. hodnotu 3, u hnědého uhlí 1,1. Tedy na výrobu 1 MWh elektrické jsou potřeba 3 MWh energie pocházejících z neobnovitelných zdrojů.^[21]

3 Charakteristika posuzovaného objektu

Aby bylo možné navrhnout opatření a varianty posuzovaného řešení, je nutné nejprve charakterizovat objekt, který bude předmětem této práce. A to z hlediska místa, kde se nachází, jeho členění a skladby jednotlivých konstrukcí. Dále je důležité seznámit se s používaným tepelným zařízením a vynaloženými výdaji na energie.

3.1 Základní údaje o objektu

Obytný objekt zkolaudovaný v roce 1990 se nachází v chatové oblasti Bříza poblíž města Cheb na parcele st. 10 v katastrálním území Bříza nad Ohří [650820]. Původně stavba sloužila jako chata k rekreačním účelům. Od roku 2000, po menší rekonstrukci, je celoročně obydlena pětičlennou rodinnou a zastává funkci rodinného domku se zahradou.

Objekt, jak lze vidět v *příloze 2*, je čtyřpodlažní, částečně podsklepený s obdélníkovým půdorysem. Podzemní podlaží se vstupem ze zahrady není vytápěné a slouží jako kotelna a skladovací prostor. V prvním nadzemním podlaží se nachází dvě obytné místnosti propojené s kuchyní, dále vstupní hala, zádveří a WC. Do druhého nadzemního podlaží vedou schody ze vstupní haly a tvoří ho tři obytné místnosti, plus koupelna a chodba, ve které se nachází schody do jednopokojového obytného podkroví.

Podlahu na zemině tvoří ve spodní vrstvě štěrk, na kterém je nalitý hrubý beton zaizolovaný IPA izolací s naneseným betonovým potěrem. V případě podlahy na zemině prvního podlaží, jakožto i zbytku železobetonové podlahy nad sklepem, je na její vrchní vrstvě položena keramická dlažba. Podlahu podkroví i druhého nadzemního podlaží tvoří železobeton, na kterém je položena laminátová plovoucí podlaha odizolovaná izolační podložkou. Výjimku tvoří koupelna, kde plovoucí podlahu nahrazuje keramická dlažba. Obvodové zdi domu jsou nezateplené, zděné z plných cihel, až na obvodovou zeď podzemního podlaží, kterou tvoří žulové kvádry. Sedlová střecha je pokryta eternitovou šablonou a mezi krokvy izolovaná sklenou vatou. Otvorové výplně objektu tvoří plastová pětikomorová okna s dvojsklem a celoplastové dveře značky VEKRA classic.

Zdrojem vody pro objekt je vlastní studna. Dům není připojen k plynové distribuční síti a hlavní jistič má hodnotu 3 x 25A.

V *Tab. 3.1* uvádím základní údaje týkající se stavby a pozemku.

Počet místností	6
Obestavěný vytápěný prostor	685 m ³
Plocha obalových konstrukcí	341,5 m ²
Plocha otvorových výplní	20 m ²
Podlahová vytápěná plocha	181,8 m ²
Vztažná plocha	209,9 m ²
Plocha pozemku	677 m ²
Využitelná plocha pozemku	102 m ²
Celková plocha střechy	142 m ²

Tab. 3.1 – Základní údaje o pozemku a stavbě

Výdaje

Stávajícím zdrojem tepla je ocelový teplovodní kotel Dakon U-22 na tuhá paliva o výkonu 25 kW s účinností cca 60 %. Palivem je Mostecký ořech 1. Jedná se o tříděné hnědé uhlí z produkce Litvínovské uhelné, a.s. o průměrné výhřevnosti 20 MJ/kg s cenou 315 Kč/100 kg včetně DPH.^[11] Cena MWh je tedy 567 Kč/MWh. Současná roční spotřeba na vytápění činí 7,4 t uhlí respektive 148 GJ tepla. Majitel rodinného domku na vytápění vynaloží, za výše zmíněných předpokladů, ročně 23 310 Kč. Ovšem je potřeba zmínit, že v objektu není udržovaná vnitřní teplota 20 °C, protože se využívá zdroj tepla s manuální obsluhou bez možnosti regulace. Při stálém vytápění budou výdaje mnohem vyšší.

Majitel odebírá elektrickou energii od firmy ČEZ Prodej, s.r.o. u které má sjednanou produktovou řadu D-Standard-Comfort. Jedná se o řadu se sazbou D02d s fixní cenou 4 133,13 Kč/MWh včetně DPH a daně z elektřiny. Dále hradí měsíční poplatek 89 Kč za jistič, stálý plat za silovou elektřinu ve výši 60 Kč a platbu za činnost operátora trhu ve výši 6,58 Kč bez DPH. Celkem tedy 188,25 Kč/měsíc s DPH. Průměrná roční spotřeba elektrické energie činí 6,3 MWh, neboli 28,30 tis. Kč včetně všech poplatků.

3.2 Obalové konstrukce

Pro potřeby výpočtů tepelně izolačních vlastností objektu uvádím Tab. 3.2 obsahující popis skladby obalových konstrukcí. A to z hlediska tloušťky d a tepelné vodivosti λ jednotlivých materiálů. V případě otvorových výplní uvádím přímo součinitel prostupu tepla U .

Název	Materiál	d [m]	λ [W.m ⁻¹ .K ⁻¹]
Obvodová zeď	Vnější omítka	0,01	0,88
	Plná cihla	0,3	0,8
	Vnitřní omítka	0,01	0,88
Obvodová zeď – sklep	Žula	0,25	3,1
Podlaha sklep	Štěrka	0,3	0,65
	Hrubý beton	0,2	1,23
	IPA izolace	0,005	0,2
	Betonový potěr	0,1	1,2
Podlaha 1. NP - sklep	Železobeton	0,3	1,43
	Keramická dlažba	0,01	1,01
Podlaha 1.NP – zemina	Štěrka	0,3	0,65
	Hrubý beton	0,3	1,23
	IPA izolace	0,005	0,2
	Betonový potěr	0,1	1,2
	Keramická dlažba	0,01	1,01
Podlaha 2.NP – vchod	Vnější omítka	0,01	0,88
	Železobeton	0,3	1,43
	Izolační podložka - hobra	0,005	0,05
	Laminátová plovoucí podlaha	0,007	0,21
Střecha	Eternitová šablona	0,005	0,55
	Prkna	0,025	0,18
	Skelná vata	0,3	0,054
	Palubky	0,015	0,18
	Sádrokarton	0,01	0,22
Název	Typ	U [W.m ⁻² .K ⁻¹]	
Otvorová výplň – okna	VEKRA Classic – plastové, pětikomorové s dvojsklem	1,14	
Otvorová výplň – Dveře	VEKRA Classic – celoplastové	1,5	

Tab. 3.2 – Skladba obalových konstrukcí

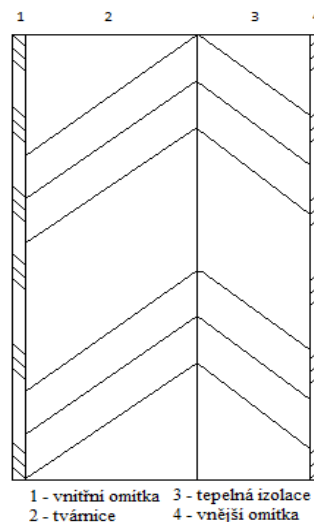
3.1 Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla

V následujícím textu uvádím teorii potřebnou k vyhodnocení stávajícího stavu budovy.

Tepelný odpor

Tepelný odpor je veličina charakterizující tepelně izolační vlastnosti stavebních materiálů či konstrukcí. Teplo s rostoucí hodnotou tepelného odporu prochází materiálem pomaleji. A proto je cílem, aby byl tepelný odpor obálky budovy co nejvyšší. Dle normy ČSN EN ISO 6946 se tepelný odpor vrstvy R_j stanoví ze vztahu (3.1).

$$R_j = \frac{d_j}{\lambda_j} \quad [\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}] \quad (3.1)$$



Obr. 3.1 – Řez složenou konstrukcí

Kde:

$$d_j - \text{tloušťka } j\text{-tého materiálu} \quad [\text{m}]$$

$$\lambda_j - \text{tepelná vodivost } j\text{-tého materiálu} \quad [\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}]$$

Tepelný odpor složené konstrukce

Konstrukce, jak je patrné z řezu na Obr. 3.1, se skládají z více vrstev. Celkový tepelný odpor R_{th} takové složené konstrukce se tedy vypočítá z následujícího vztahu.

$$R_{th} = R_{se} + \sum_j R_j + R_{si} \quad [\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}] \quad (3.2)$$

Kde:

$$R_{si} - \text{tloušťka } j\text{-tého materiálu} \quad [\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}]$$

$$R_j - \text{tepelný odpor } j\text{-té vrstvy} \quad [\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}]$$

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

Jelikož výpočet odporů R_j jednotlivých vrstev byl již dle zmíněného vztahu (3.1) stanoven, tak zbývá určit pouze hodnoty odporů při přestupu tepla na vnitřní straně R_{si} a vnější straně R_{se} konstrukce. A to dle vztahů (3.3) a (3.4) jako převrácené hodnoty součinitelů přestupu tepla α_i a α_e .

$$R_{si} = \frac{1}{\alpha_i} \quad [\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}] \quad (3.3)$$

$$R_{se} = \frac{1}{\alpha_e} \quad [\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}] \quad (3.4)$$

Kde:

α_i – součinitelů přestupu tepla na vnitřní straně [W.m⁻².K⁻¹]

α_e – součinitelů přestupu tepla na vnější straně [W.m⁻².K⁻¹]

Velikost odporů na stranách se mění v závislosti na směru tepelného toku respektive na ročním období. Viz Tab. 3.3. Pokud konstrukce přiléhá k zemině, tak odpor uvažován není.

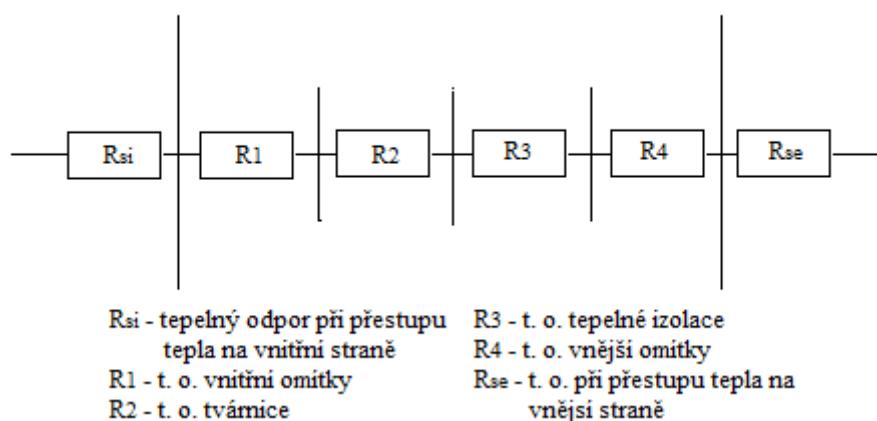
		R_{si} [m ² .K.W ⁻¹]		R_{se} [m ² .K.W ⁻¹]
Svislá konstrukce		0,13	Zimní období	0,04
Vodorovná konstrukce	Tepelný tok nahoru	0,10	Zimní období (nadmořská výška ≥ 1000 m. n. m.)	0,03
	Tepelný tok dolů	0,17	Letní období	0,07

Tab. 3.3 – Hodnoty odporů R_{si} , R_{se}

Finální vztah po dosazení všech výše odvozených veličin má podobu:

$$R_{th} = \frac{1}{\alpha_i} + \sum_j \frac{d_j}{\lambda_j} + \frac{1}{\alpha_e} \quad [\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}] \quad (3.5)$$

Z výpočtu tepelného odporu složené konstrukce je patrná určitá analogie v řazení tepelných odporů jednotlivých vrstev se sériovým řazením odporů elektrických. A proto si pro představu lze řez konstrukcí na Obr. 3.1 vyjádřit pomocí sériově řazených odporů, viz Obr. 3.2.



Obr. 3.2 – Sériové řazení tepelných odporů konstrukce

Součinitel prostupu tepla

Podobně jako tepelný odpor je i součinitel prostupu tepla U základní veličinou charakterizující tepelně izolační vlastnosti konstrukcí. Jeho hodnota závisí, jak na složení dané konstrukce, tak i na směru tepelného toku a prostředí, ke kterému tato konstrukce přiléhá. Dle normy ČSN EN ISO 6946 se určí jako převrácená hodnota tepelného odporu konstrukce R_{th} viz (3.6).

$$U = \frac{1}{R_{th}} \quad [\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}] \quad (3.6)$$

Po dosažení výše odvozeného celkového tepelného odporu R_{th} ze vztahu (3.5), má finální vzorec pro výpočet prostupu tepla U podobu (3.7).

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_e} + \sum_j \frac{d_j}{\lambda_j} + \frac{1}{\alpha_i}} \quad [\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}] \quad (3.7)$$

Průměrný součinitel prostupu tepla

Představuje průměrné množství ztraceného výkonu, které uniká jedním metrem čtverečním obálkové plochy domu za teplotního rozdílu vnitřního a vnějšího prostředí jeden Kelvin. Jeho hodnota se určí dle normy ČSN 75 0540 – 2 ze vztahu.

$$U_{em} = \frac{H_t}{A} \quad [\text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}] \quad (3.8)$$

Kde:

H_T – měrná tepelná ztráta prostupem tepla [W.K⁻¹]

A – teplosměnná plocha obálky budovy [m²]

Teplosměnná plocha obálky budovy A se stanoví jako součet dílčích ploch A_j .

Dále je nutné vypočtenou hodnotu průměrného součinitele porovnat s **hodnotou požadovanou** $U_{em,N}$ dle vztahu (3.9).

$$U_{em} \leq U_{em,N} \quad [\text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}] \quad (3.9)$$

$U_{em,N}$ tedy představuje požadovanou hodnotu průměrného součinitele prostupu tepla, která se dle normy ČSN 75 0540 – 2 určí pomocí tzv. referenční budovy.

Požadovaný průměr součinitele prostupu tepla referenční budovy se značí $U_{em,N,20}$. Jeho hodnota se stanoví dle normového vztahu (3.10).

$$U_{em,N,20} = \frac{\sum U_{n,j} \cdot A_j \cdot b_j}{\sum A_j} + 0,02 \quad [\text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}] \quad (3.10)$$

Kde:

U_{nj} – Normovaná pož. hodnota součinitele prostupu tepla j-té konstrukce [W.m⁻².K⁻¹]

A_j – Plocha j-té ochlazované konstrukce na systémové hranici budovy [m²]

b_j – Činitel teplotní redukce j-té konstrukce [-]

Normované požadované hodnoty součinitele prostupu tepla $U_{n,j}$ jsou uvedeny v Tab. 9.1 v příloze 1. Dále, jak je uváděnou normou ČSN 75 0540 – 2, $U_{em,N,20}$ **nesmí převýšit hodnotu 0,50 W.m⁻².K⁻¹** pro obytné budovy s vnitřní výpočtovou teplotou v rozmezí 18 °C až 22 °C. Hodnoty činitele teplotní redukce uvádí norma ČSN 75 0540 – 3.

V neposlední řadě je nutné zmínit **doporučenou hodnotu průměrného součinitele prostupu tepla** $U_{em,rec}$. Která se dle již uvedené normy určí ze vztahu (3.11).

$$U_{em,rec} = 0,75 \cdot U_{em,N} \quad [\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}] \quad (3.11)$$

Celková tepelná ztráta

Dle normy ČSN EN ISO 13790 se celková tepelná ztráta Q_C , která poslouží k dimenzování zdroje tepla na příslušný výkon, vypočítá ze vztahu (3.12).

$$Q_C = H \cdot (T_i - T_e) \quad [\text{W}] \quad (3.12)$$

Kde:

H – měrná tepelná ztráta [W.K⁻¹]

T_i – vnitřní výpočtová teplota [K]

T_e – venkovní výpočtová teplota [K]

Venkovní teplota má proměnlivý charakter v závislosti na klimatických podmínkách jako proudění vzduchu, nadmořské výšce apod. Proměnlivost této teploty je ovšem pro výpočty nepříznivá, a proto se nahrazuje venkovní výpočtovou teplotou odvozenou z dlouhodobých měření pěti nejchladnějších dnů. Pro účely výpočtu tepelných ztrát se území České republiky rozděluje do tří teplotních oblastí a to -12, -15 a -18°C. Toto rozdělení udává norma ČSN EN 12831.

V příloze 3 uvádím *Tab. 9.1*, která obsahuje hodnoty venkovních výpočtových teplot a počet dní otopného období dle jednotlivých lokalit a dále *Tab. 9.2*, podle které se provádí snížení této teploty vzhledem k nadmořské výšce.

Vypočtené hodnoty

Prvním hledaným údajem je tepelný odpor složené konstrukce R_{th} potažmo součinitel prostupu tepla U , který představuje jeho převrácenou hodnotu. Pro výpočet obou složek je zapotřebí nejprve vypočítat tepelný odpor R jednotlivých materiálů dle vztahu (3.1) a hodnoty odporů při přestupu tepla na vnitřní straně R_{si} a vnější straně R_{se} konstrukce, které odečteme z Tab. 3.3. Sečtením jednotlivých tepelných odporů dle vztahu (3.2) obdržíme hodnotu tepelného odporu složené konstrukce R_{th} respektive velikost součinitele prostupu tepla U dle vztahu (3.6). Požadované hodnoty součinitele prostupu tepla lze odečíst z Tab. 9.1. Hledané údaje jsou shrnuty v Tab. 3.4 a Tab. 3.5.

Název	Materiál	R	R_{si}	R_{se}	R_{th}	U	U_N
		[m ² .K.W ⁻¹]				[W.m ² .K ⁻¹]	
Obvodová zed'	Vnější omítka	0,0114	0,13	0,04	0,5677	1,7614	0,30
	Plná cihla	0,3750					
	Vnitřní omítka	0,0114					
Obvodová zed' - sklep	Žula	0,0806	0,13	-	0,2106	4,7473	0,45
Podlaha sklep	Štěrka	0,4615	0,17	-	0,9025	1,1081	0,45
	Hrubý beton	0,1626					
	IPA izolace	0,0250					
	Betonový potěr	0,0833					
Podlaha 1.NP - Sklep	Železobeton	0,2098	0,17	0,3	0,6897	1,4499	0,60
	Keramická dlažba	0,0099					
Podlaha 1.NP - zemina	Štěrka	0,4615	0,17	-	0,9937	1,0064	0,45
	Hrubý beton	0,2439					
	IPA izolace	0,0250					
	Betonový potěr	0,0833					
	Keramická dlažba	0,0099					

Podlaha 2.NP - vchod	Vnější omítka	0,0114	0,17	0,04	0,5645	1,7715	0,30
	Železobeton	0,2098					
	Izolační podložka - hobra	0,1000					
	Laminátová plovoucí podlaha	0,0333					
Střecha	Eternitová šablona	0,0091	0,10	0,04	5,9723	0,1674	0,24
	Prkna	0,1389					
	Skelná vata	5,5556					
	Palubky	0,0833					
	Sádrokarton	0,0455					

Tab. 3.4 – Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla

Název	Typ	U U _N [W.m ⁻² K ⁻¹]	
		U	U _N
Otvorová výplň - okno	VEKRA Classic – plastové, pětikomorové s dvojsklem	1,14	1,5
Otvorová výplň - dveře	VEKRA Classic – celoplastové	1,5	1,7

Tab. 3.5 – Součinitel prostupu tepla otvorových výplní

3.2 Zhodnocení stávajícího stavu

Posuzovaný objekt je řešený jako jednozónový s vnitřní výpočtovou teplotou 20 °C hodnota venkovní teploty je uvažována dle lokace objektu - 15 °C, viz *Tab. 9.2*. Z tepelných vlastností konstrukce jsou softwarem Energie, zohledňujícím postupy a požadavky vyhlášky MPO ČR č. 78/2013 Sb., vypočteny potřebné údaje k vyhodnocení stávajícího stavu. Normový postup výpočtu součinitelů prostupu tepla a celkové tepelné ztráty uvádím v *kapitole 3.1*.

A [m ²]	H_T [W.K ⁻¹]	U_{em}	U_{em,N,20} [W.m ⁻² .K ⁻¹]	U_{em,rec}
341,5	332,6	0,97	0,38	0,29
H [W.K ⁻¹]	A_v [m ²]	Q_{vYT} [MWh. a ⁻¹]	E_A [kWh.m ⁻² a ⁻¹]	Q_C [kW]
386,8	209,9	37,85	180,3	13,6

Tab. 3.6 – Tepelné vlastnosti stávající konstrukce

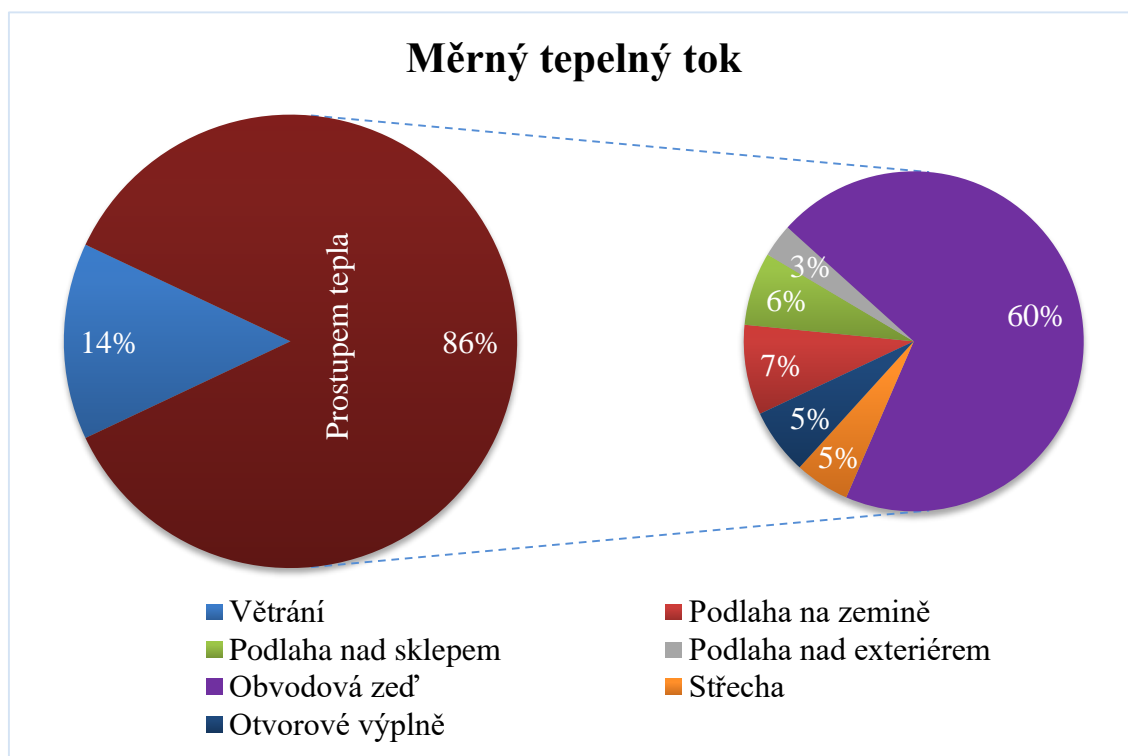
Kde je:

- A* – Teplosměnná plocha obálky budovy
- H_T* – Měrný tepelný tok prostupem tepla
- H* – Měrný tepelný tok
- U_{em}* – Průměrný součinitel prostupu tepla
- U_{em,N,20}* – Požadovaná hodnota průměrného součinitele prostupu tepla referenční budovy
- U_{em,rec}* – Doporučená hodnotu průměrného součinitele prostupu tepla
- A_v* – Vztažná (podlahová) plocha (tedy z vnějších rozměrů)
- Q_{vYT}* – Roční potřeba tepla na vytápění
- E_A* – Měrná potřeba tepla na vytápění budovy
- Q_C* – Celková tepelná ztráta

Z hodnot vyplývá, že není splněn požadavek $U_{em} \leq U_{em,N,20}$ na průměrný součinitel prostupu tepla, který představuje průměrné množství ztraceného výkonu metrem čtverečním obálkové plochy domu za teplotního rozdílu vnitřního a vnějšího prostředí jeden Kelvin. Měrná potřeba tepla na vytápění rodinného domu, určena jako podíl Q_{vYT} a A_v , odpovídá obálce z plných cihel bez tepelné izolace aplikované v 80. letech jak je patrné z *Obr. 2.1*. Z vypočtených hodnot je jasné, že objekt se svými tepelnými vlastnostmi nedosahuje současného legislativního standardu.

3.2.1 Měrný tepelný tok

Měrné tepelné toky dělíme na tok větráním a tok prostupem tepla plošnými konstrukcemi. Jejich zastoupení na celkovém tepelném toku znázorňuje *Graf 3.1*. Celkový měrný tepelný tok stanovený softwarem Energie má hodnotu $386,8 \text{ W.K}^{-1}$.



Graf 3.1 – Měrné tepelné toky objektu

Z grafu je patrné, kde dochází k zásadní tepelné ztrátě. Jedná se o tepelný tok prostupem tepla konstrukcemi a zejména obvodovou zdí, která ve vyhodnocovaném objektu disponuje takřka nulovou tepelnou izolací respektive nízkým tepelným odporem. Dále se jeví jako tepelně ztrátová nezateplená podlaha nad sklepe a na zemině. Naopak z hlediska tepelného toku si objekt dobře stojí v případě otvorových výplní a střechy. Tato skutečnost je zřejmá už při pohledu do *Tab. 3.4* respektive *Tab. 3.5*, kde součinitel prostupu tepla nabývá hodnot nižších než požadovaných normou ČSN 73 0540 – 2. Měrný tepelný tok podlahou nad exteriérem, podlahou 2.NP – vchod, nabývá nízké hodnoty kvůli malé ploše konstrukce v porovnání s ostatními. Ovšem konstrukce označovaná jako podlaha 2.NP – vchod vykazuje hodnotu součinitele prostupu tepla překračující hodnotu požadovanou normou, proto by konstrukce neměla být při návrhu opatření opomenuta.

3.2.2 Energetická bilance

Z hlediska měrné potřeby energie na vytápění, jak již bylo zmíněno, se objekt nemůže rovnat dnešnímu legislativnímu standardu. S tím se pojí i výdaje na provoz budovy, které jsou na dnešní dobu energeticky úspornějších staveb mnohem vyšší. Při splnění požadavku vnitřní teploty 20 °C znamená roční provoz rodinného domu finanční výdaje přes 64 tis. Kč. Z toho více než polovina jde na vytápění budovy nebo spíše okolí? Je nutné si také uvědomit, že platíme nikoliv za výše uvedenou hodnotu potřebné energie na vytápění Q_{VYT} , ale za energii spotřebovanou. Ta se od potřeby liší o účinnost otopného systému. Stávající zdroj tepla se vyznačuje nízkou účinností 60 %, což se projeví v množství spalovaného paliva za účelem uspokojení potřeby. Současná domácnost vynaloží mimo výdaje na vytápění také výdaje na spotřebu elektrické energie. Ta se využívá zejména k čerpání vody ze studny, k jejímu ohřátí, osvětlení, technologickým procesům a k napájení běžných elektrospotřebičů. Roční celková energetická bilance je uvedena v Tab. 3.7. Hodnota ročních výdajů je vypočtena součinem množství energie a její cenou. V případě uhlí cena činí 567 Kč/MWh, u elektrické energie 4133,13 Kč/MWh + stálá měsíční platba 188,25 Kč vše včetně DPH. Současný provoz objektu znamená produkci přes 30 tCO₂ ročně.

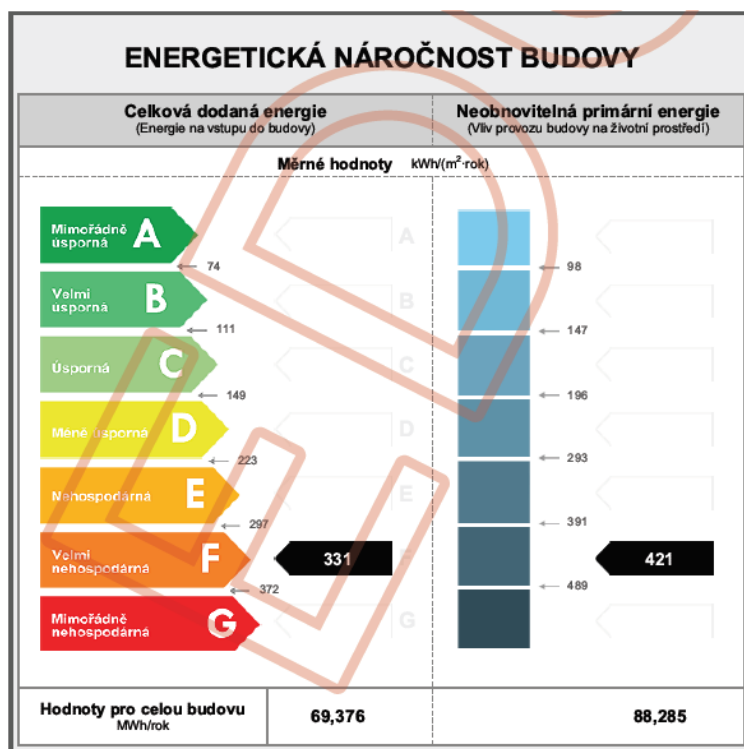
Ukazatel	Energie		Výdaje
	[GJ.a ⁻¹]	[MWh.a ⁻¹]	[tis.Kč.a ⁻¹]
Vstupy paliva - hnědé uhlí	227,09	63,08	35,77
Vstupy elektrické energie	22,68	6,30	28,30
Celková spotřeba paliv a energie	249,76	78,69	64,07
Prodej energie cizím	0	0	0
Konečná spotřeba paliv a energie	249,77	69,38	64,07
Z toho			
Ztráty ve vlastním zdroji	90,83	25,23	14,31
Potřeba energie na vytápění	136,26	37,85	21,46
Spotřeba energie na chlazení	0	0	0
Spotřeba energie na větrání	0	0	0
Potřeba energie na přípravu teplé vody	9,90	2,75	11,37
Potřeba energie na osvětlení	2,12	0,59	2,44
Potřeba energie na technologické a ostatní procesy	10,66	2,96	12,23
Stálý roční plat za elektrickou energii			2,26

Tab. 3.7 – Energetická bilance stávajícího stavu

3.2.3 PENB

Vzhledem k vypočteným údajům byl programem Energie vytvořen průkaz energetické náročnosti zkoumané budovy. Viz Obr. 3.3. Rodinný dům byl vyhodnocen jako velmi nevhodný tj. třída F.

Objekt také nesplňuje ukazatele energetické náročnosti uváděné vyhláškou 78/2013 Sb. a tedy ani hodnocení energetické náročnosti budov. Jak již bylo zmíněno v kapitole 2.2 v Tab. 2.3, rekonstruovaná budova musí splnit aspoň jednu ze tří možných kombinací ukazatelů. Hodnoty



Obr. 3.3 – PENB stávajícího stavu

ukazatelů EN určené pomocí softwaru Energie jsou zaneseny v Tab. 3.8. Hodnoty hodnocené budovy je nutné porovnat s hodnotami budovy referenční tj. budovou, u které jsou na rozdíl od hodnocené použity konstrukce se součiniteli prostupu tepla odpovídající příslušným normou požadovaným hodnotám. Množství neobnovitelné primární energie se určí jako součin faktoru neobnovitelné primární energie a množství spotřebované energie.

		Referenční budova	Hodnocená budova	Splněno
Neobnovitelná primární energie	[MWh.a ⁻¹]	47,98	88,29	Ne
Celková dodaná energie		38,83	69,38	Ne
Průměrný součinitel prostupu tepla	[W.m ⁻² .K ⁻¹]	0,38	0,97	Ne
Průměrný součinitel prostupu tepla jednotlivých konstrukcí		Uvedeno v Tab. 3.4 a Tab. 3.5		Ne
Účinnost technických systémů	[%]	80	60	Ne

Tab. 3.8 – Splnění ukazatelů EN pro stávající stav budovy

Hodnocená budova nesplňuje žádný ukazatele EN budov, tedy nesplňuje ani žádnou ze tří možných kombinací ukazatelů pro rekonstruované budovy.

Ve výsledné třídě, do které objekt spadá, jsou zohledněny jednotlivé dílčí ukazatele ovlivňující množství dodané energie. Z Obr. 3.4 jsou patrné stěžejní body současného stavu budovy. Nejhuře dopadl ukazatel průměrného součinitele prostupu tepla obálkou budovy, který má spolu s účinností tepelného zdroje značný vliv na hodnotu dodané energie na vytápění. Naopak z hlediska dodané energie na ohřev vody a osvětlení (zahrnuje i množství energie spotřebované elektrospotřebiči) budova obstála.

UKAZATELE ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY							
	Obálka budovy	Vytápění	Chlazení	Větrání	Úprava vlhkosti	Teplá voda	Osvětlení
	U_{em} W/(m ² ·K)	Dílčí dodané energie				Měrné hodnoty kWh/(m ² ·rok)	
Mimořádně úsporná							
A							
B							
C						13	17
D							
E							
F							
G	0,97	301					
Mimořádně neúsporná							
Hodnoty pro celou budovu MWh/rok		63,08				2,75	3,55

Obr. 3.4 – Ukazatele energetické náročnosti pro stávající stav

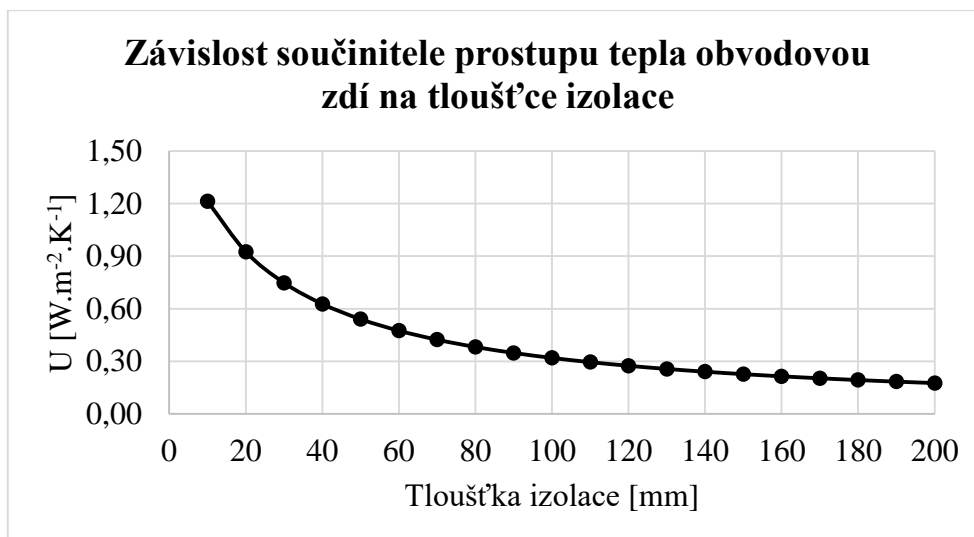
4 Navrhovaná opatření

Vzhledem k výše zjištěným skutečnostem lze navrhnout řadu opatření ke zlepšení současného energeticky velmi nevhodného stavu objektu. Stěžejní je zaměřit se na obálku budovy, která vykazuje nemalé tepelné ztráty z důvodu téměř nulové tepelné izolace. Momentálně využívaný ekologicky nešetrný kotel na uhlí spadající do emisní třídy 1 je málo účinný a na pokraji své životnosti, proto se zabývám možnostmi jeho náhrady. Pro zvýšení energetické nezávislosti je zvažována instalace střešního fotovoltaického systému. Celkem navrhuji 5 možných opatření, které vedou ke zlepšení stávajícího stavu.

4.1 Opatření 1 – Zateplení

Navrhované opatření se týká tepelné izolace obvodových zdí nadzemních podlaží, podlahy nad hlavním vchodem a podlahy nad sklepem na požadovanou hodnotu součinitele prostupu tepla dle ČSN 73 0540 – 2 : 2011 za účelem snížení potřeby tepla na vytápění. Zateplení podlahy na zemině nebude vzhledem k náročnosti prací bráno v úvahu.

Jako izolační materiál poslouží desky z pěnového polystyrenu Styrotrade styro EPS 70 F určené pro kontaktní zateplovací systémy ETICS (external thermal insulation composite system). Použité izolační desky se vyznačují součinitelem tepelné vodivosti $0,039 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ a jsou zapsány v seznamu SVT (seznam výrobků a technologií), který obsahuje výrobky splňující kritéria programu Zelená úsporám.^[31] Tloušťku izolační desky je třeba volit s ohledem na výsledný součinitel prostupu tepla, který u obvodové zdi, podlahy 2.NP – vchod nesmí převýšit $0,30 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ a v případě podlahy nad sklepem $0,60 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$. *Graf 4.1* vyjadřuje součinitel prostupu tepla obvodovou zdi v závislosti na nabízené tloušťce Styrotrade styro EPS 70 F. Vzhledem ke zmíněnému požadavku je vybrána izolace obvodových zdí a podlahy 2.NP – vchod tloušťky 120 mm. V případě izolace podlahy nad sklepem se jedná, s respektováním požadované hodnoty součinitele prostupu tepla, o tloušťku 40 mm.



Graf 4.1 – Závislost součinitele prostupu tepla na tloušťce izolace

Podělením tloušťky použité izolace součinitelem tepelné vodivosti materiálu lze určit hodnotu tepelného odporu, která je $3,08 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$ resp. $1,03 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$. Zateplení obvodových zdí a podlahy nad vchodem se týká plochy $137,75 \text{ m}^2$ resp. $30,87 \text{ m}^2$ v případě podlahy nad sklepem. Hodnota součinitele prostupu tepla aplikací opatření je snížena z původních $1,76 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ na $0,27 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ resp. z $1,45 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ na $0,58 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ a splňuje tedy normou stanovenou hodnotu.

Aplikací opatření dochází ke změně některých technický údajů, které jsou uvedeny v následující tabulce. Jak je patrné z hodnoty U_{em} , objekt nyní splňuje požadovanou hodnotu průměrného součinitele prostupu tepla.

H [W.K ⁻¹]	U_{em} [W.m ² .K ⁻¹]	Q_{VYT} [MWh. a ⁻¹]	E_A [kWh.m ² a ⁻¹]	Q_C [kW]
168,1	0,33	14,35	68,4	5,9

Tab. 4.1 – Souhrn technický údajů aplikací opatření 1

Důležitý je zejména údaj o celkové tepelné ztrátě Q_C , který zlepšením technický vlastnosti obálky klesl na méně než polovinu původní hodnoty. Tento údaj hraje zásadní roli při dimenzování zdroje tepla. Co se týká doby životnosti, její přesné stanovení je obtížné, proto uvažují předpoklad 40-ti leté životností zateplovacího systému.

Pro finanční ohodnocení opatření je nutné uvést výši jednotlivých vynaložených výdajů na izolační materiál, montážní práce atd. rozpočítaných na metr čtvereční, které uvádím v Tab. 4.2. Cena je uvedena včetně 15% snížené sazby DPH.

Položka	Cena
	[Kč.m ⁻²]
Fasádní polystyren EPS70F tl. 120 mm resp. 40 mm	101,43 ^[41] resp. 33,81 ^[51]
Lepící a stěrková hmota (střední kvalita)	85
Armovací tkanina Vertex R131	20
Talířová hmoždinka plast. trn 10/210mm (6ks/m ²)	35
Polystyrenová zátka EPS70mm	15
Penetrace pod omítku	20
Silikonová omítka 1,5mm	130
Systémové prvky	60
Montážní práce (lepení, stěrkování, omítka)	440
Lešení (montáž, demont., pronájem, doprava)	145 resp. 0
Úklid + odvoz sutin	30
Celkem včetně 15 % DPH	1 081,43 resp. 868,81

Tab. 4.2 – Cena materiálu a izolačních prací^[61]

Instalací zvoleného izolačního materiálu, dojde ke snížení tepelné ztráty obvodových zdí nadzemních podlaží. Potřebné množství tepla na vytápění, vypočtené softwarem Energie, se sníží z původních 37,85 MWh.a⁻¹ na 14,35 MWh.a⁻¹. Při 60% účinnosti kotle se jedná o snížení energie dodané na vytápění z 63,08 MWh.a⁻¹ na 23,91 MWh.a⁻¹. Do celkového množství energie dodaného na provoz objektu je nutné také zahrnout 6,3 MWh.a⁻¹ spotřebované elektrické energie, které se aplikací opatření nikterak nezmění oproti stávajícímu množství. Snížení celkového dodaného množství energie představuje zároveň snížení ročních výdajů spojených s provozem budovy z původních 64,07 tis. Kč na 41,86 tis. Kč. Výše výdajů se vypočítá jako součin spotřebované energie a ceny jedné MWh. V případě tepelné energie je cena 567 Kč/MWh (hnědé uhlí – Mostecký ořech 1), u ceny elektřiny se jedná o 4 133,13 Kč/MWh + měsíční poplatek 188,25 Kč (tarif D02d dle stávající tarifní struktury). Celková investice na zateplení požadované plochy činí 176,54 tis. Kč. Do výpočtu byla zahrnuta 5% rezerva k množství izolačního materiálu. Všechny výdaje jsou uváděny včetně DPH. Výše zmíněné hodnoty dodané energie a výši výdajů uvádím pro přehled v Tab. 4.3.

Spotřeba energie na vytápění	Množství dodané energie	Úspora energie	Výdaje na vytápění	Suma výdajů	Úspora výdajů	Investice
[MWh.a ⁻¹]			[tis. Kč.a ⁻¹]			[tis. Kč]
23,91	30,21	39,17	13,56	41,86	22,21	176,54

Tab. 4.3 – Změny použitím opatření 1

Aplikací opatření se celková spotřeba energie v domácnosti sníží cca na polovinu, což představuje 35% snížení ročních výdajů za energii. Po realizaci zateplení je budova programem Energie vyhodnocena jako úsporná tj. třída C.

4.2 Opatření 2 – Fotovoltaický systém

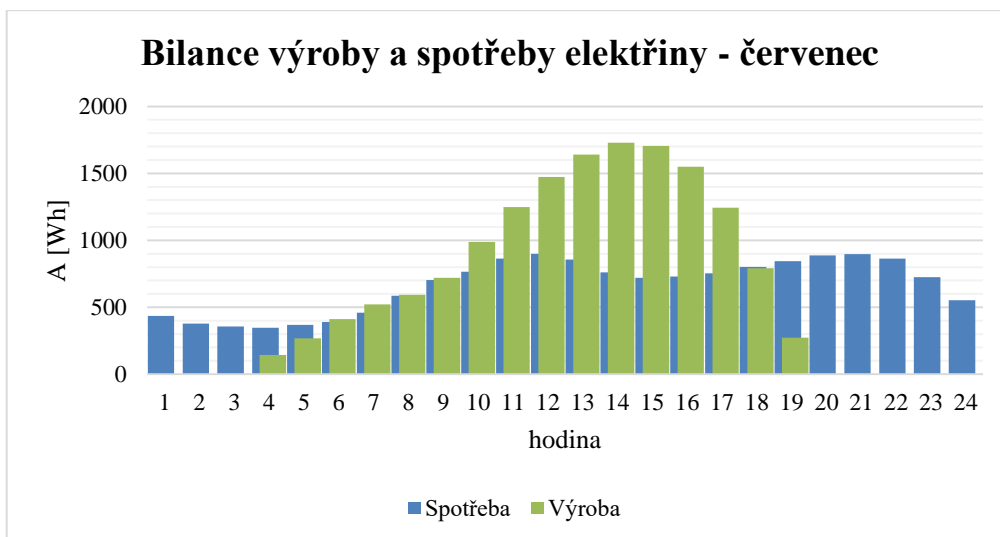
Za účelem zvýšení energetické nezávislosti objektu je uvažováno využití fotovoltaického systému. Jeho instalací dojde ke snížení odebíraného množství elektrické energie ze sítě, avšak ne k úplné energetické nezávislosti, protože objekt bude i nadále připojen k distribuční síti.

Rodinný dům situovaný v Karlovarském kraji se střechou se sklonem 45° orientovanou na východ/západ nenabízí ideální podmínky pro instalaci fotovoltaického systému. Ideál v našich podmínkách představuje sklon střechy 35° s orientací na jih.^[7] Využitelná je pouze západní polovina střechy o ploše 45 m^2 z důvodu zastínění východní části skupinou stromů.

Uvažovaný fotovoltaický systém zabírá plochu 33 m^2 a disponuje instalovaným výkonem 5 kWp. Výhodnost instalace střešní FVE závisí zejména na vyrobeném a na místě spotřebovaném množství elektrické energie. Je zřejmé, že veškerá energie nebude zcela využita pro provoz objektu. A to z toho důvodu, že FVE nemusí vyrábět elektrickou energii právě v době její potřeby. V tomto případě bude elektřina dodávána do sítě případně akumulována. Množství v domácnosti spotřebované energie z FVE lze určit pomocí bilance spotřeby a výroby, kterou je ovšem nutné nejprve sestavit. Jelikož objekt disponuje neprůběhovým měřením typu C, tak jsem průběh spotřeby elektrické energie namodeloval pomocí přepočteného typového diagramu dodávky TDD 4 z roku 2015 odpovídající distribuční sazbě D02d.^[8] Předpokládaný průběh výroby elektrické energie z FVE jsem na základě údajů o instalovaném výkonu a orientaci systému namodeloval pomocí výpočetního softwaru PVgis, který poskytuje informaci o množství získatelného výkonu v dané lokalitě.^[9] V Graf 4.2 je pro ilustraci znázorněn průběh sestavené výroby a spotřeby elektrické energie průměrného červencového dne za zmíněných podmínek.



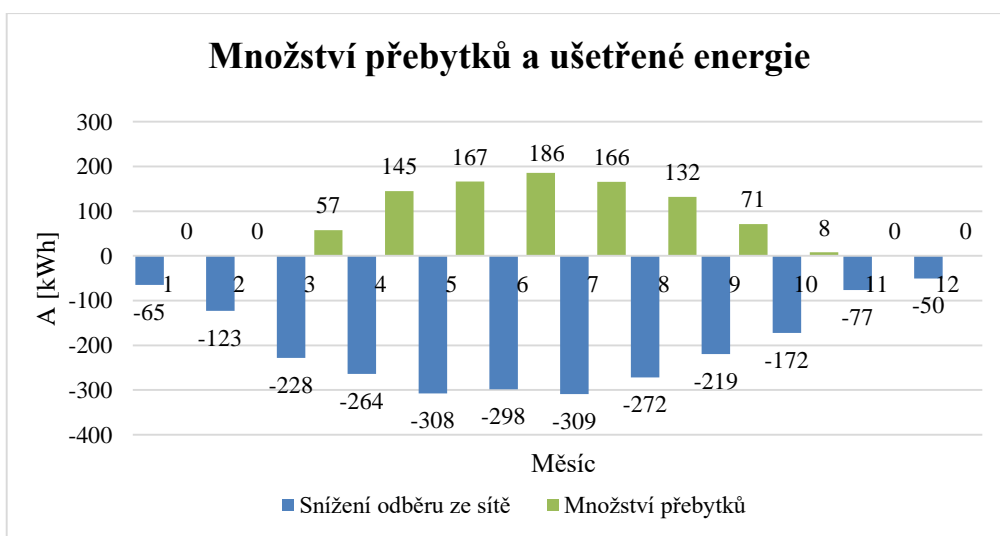
Obr. 4.1 – Střešní FVE



Graf 4.2 – Bilance výroby a spotřeby elektřiny pro červenec

Bilanci výroby a spotřeby pro jednotlivé měsíce uvádím v příloze 7.

Porovnáním průběhů spotřeby a výroby elektrické energie jsem určil množství vyrobené a v domácnosti spotřebované energie a množství přebytků prodávaných do sítě v jednotlivých měsících při využívání FVE bez akumulace přebytků. Určení těchto přebytků je provedeno za zjednodušujícího předpokladu, že vyrobená elektrická energie z FVE může být spotřebována v jakékoliv fázi. V Graf 4.3 uvádím grafické znázornění poklesu množství odebírané elektrické energie ze sítě a množství přebytků, které jsou v případě systému bez akumulace do sítě prodávány. Sečtením příslušných hodnot z Graf 4.3 lze získat celkové množství elektrické energie za rok, které činí 2 385 kWh spotřebované energie v domácnosti a 932 kWh prodávané do sítě v podobě přebytků. Průměrný pokles výkonu, garantovaný většinou výrobci, činí 0,8 % ročně.^[21]



Graf 4.3 – Měsíční hodnoty přebytků a ušetřené energie

Uvažovaná střešní FVE o instalovaném výkonu 5 kWp za stávajících podmínek vyrobí 3317 kWh elektrické energie za rok. Účelně je v domácnosti spotřebováno bezmála 72 %, zbytek elektřiny FVE dodává do sítě za výkupní cenu pohybující se mezi 0,3–0,5 Kč/kWh. Výkupní cena přebytků je tedy relativně nízká, proto je dobré uvažovat o systému s akumulací přebytků energie ve formě tepelné energie nebo ve formě elektřiny a tyto přebytky tak účelně využít v domácnosti. Z tohoto důvodu řeším dva systémy, jeden využívající akumulární nádrž a druhý akumulátor, jejichž cenové nabídky byly zpracovány firmou David Štička fotovoltaické systémy.

4.2.1 Využití akumulární nádrže

V Tab. 4.4 uvádím cenovou nabídku systému s akumulací přebytků elektrické energie do vody v celkové hodnotě 266 tis. Kč včetně 15 % DPH. Cena 1 Wp v takovém případě vychází s montáží na 53,21 Kč. V ceně jsou kromě panelů zahrnuty i další důležité komponenty jako měnič, přepěťové ochrany, akumulární nádrž a wattrouter.

Položka	Počet	Cena za jednotku	Cena celkem
Panel Cotech 250 Wp	20 ks	4 320 Kč	86 400 Kč
Konstrukce – Al, spojovací materiál	1 ks	15 900 Kč	15 900 Kč
Montáž panelů a konstrukce	33 m ²	350 Kč	11 550 Kč
Měnič Fronius SYMO 5.0-3, Fronius Smart Meter, DC + AC osazená rozvodná skříň (dodávka, montáž)	1 ks	78 900 Kč	78 900 Kč
Administrativa (revize, TZ, PD)	1 ks	6 000 Kč	6 000 Kč
Wattrouter (dodávka, montáž)	1 ks	12 000 Kč	12 000 Kč
Akumulární nádrž – DZD OKCE 400 S/1	1 ks	20 590 Kč	20 590 Kč
Celkem investice bez DPH			231 340 Kč
Celkem investice včetně 15 % DPH			266 041 Kč

Tab. 4.4 – Cenová nabídka pro FVE s akumulární nádrží

Jak je patrné z Tab. 3.7 množství elektrické energie potřebné pro ohřev TUV činí 2 750 kWh. Z celkové roční spotřeby elektřiny se jedná cca o 40 %. Pro zjednodušení předpokládám, že i množství elektřiny vyrobené z FVE bez akumulace využité pro ohřev TUV tvoří 40 %. Tedy z 2 385 kWh se jedná o 954 kWh elektrické energie, která je při využití FVE bez akumulace spotřebována na ohřev TUV. Pro ohřev TUV je tedy stále potřeba 1 796 kWh energie, kterou je možné v případě akumulace z části pokrýt přebytky. Aplikací systému s akumulací do vody předpokládám účelné využití veškerých

přebytků. Zbylé množství elektřiny pro ohřátí TUV ve výši 864 kWh je i nadále nutné odebrat ze sítě. Suma elektrické energie odebírané ze sítě se použitím akumulární nádrže, za předpokladu zanedbání ztrát, sníží o 3 317 kWh.

Roční úspora ve výši 12,7 tis. Kč, kterou provoz systému přináší, se určí jako rozdíl ušetřených výdajů za neodebrané množství elektrické energie ze sítě a výdajů provozních. Ty u střešní FVE představuje pojištění ve výši 1 000 Kč. Dále je nutné neopomenout platbu za revizi ve výši 1 000 Kč vynakládanou každý 4. rok a v 16. roce provozu předpokládanou reinvestici do měniče Fronius SYMO 5.0-3 v hodnotě 42,5 tis. Kč.^[14] Lze uvažovat 25-ti letou dobu životnosti FVE systému.

4.2.2 Využití akumulátoru

V Tab. 4.5 uvádím cenovou nabídku systému s akumulací přebytků ve formě elektřiny v celkové hodnotě 486 tis. Kč včetně 15 % DPH. Cena 1 Wp v takovém případě vychází s montáží na 97,13 Kč. Cenová nabídka se oproti nabídce systému s akumulací do vody liší v použitém měniči a akumulátoru.

Položka	Počet	Cena za jednotku	Cena celkem
Panel Cotech 250 Wp	20 ks	4 320 Kč	86 400 Kč
Konstrukce – Al, spojovací materiál	1 ks	15 900 Kč	15 900 Kč
Montáž panelů a konstrukce	33 m ²	350 Kč	11 550 Kč
Měnič Fronius Hybrid 5.0-3-S, Fronius Smart Meter, DC + AC osazená rozvodná skříň (dodávka, montáž)	1 ks	103 260 Kč	103 260 Kč
Administrativa (revize, TZ, PD)	1 ks	6 000 Kč	6 000 Kč
Fronius Battery 7,5 – LiFePO4 8000 cyklů	1 ks	199 200 Kč	199 200 Kč
Celkem investice bez DPH			422 310 Kč
Celkem investice včetně 15 % DPH			485 657 Kč

Tab. 4.5 – Cenová nabídka pro FVE s akumulátorem

V navrhovaném systému předpokládám, stejně jako v předešlém případě, využití veškerých přebytků. Tentokrát ovšem tyto přebytky nemusí být v domácnosti využity pouze pro ohřev TUV.

Roční úspora se tedy určí stejným způsobem jako u systému s akumulací do vody a dosahuje výše 12,7 tis. Kč. Opět je nutné počítat každé 4. roky s revizí ve výši 1 000 Kč a v 16. roce s reinvesticí do měniče Fronius Hybrid 5.0-3-S v hodnotě 63,2 tis. Kč.^[15]

4.3 Opatření 3 – Tepelné čerpadlo

S poklesem primárních energetických zásob je stále více využíváno netradičních zdrojů tepla jako vzduchu, vody nebo půdy. Z tohoto důvodu je zřejmá volba tepelného čerpadla jakožto náhrady za stávající zařízení spalující hnědé uhlí.

Úsporné opatření, zabývající se výměnou zdroje tepla, je nesmyslné aplikovat s ponecháním stávající tepelné ztráty objektu. Z tohoto důvodu uvažuji o výměně tepelného zdroje pouze se zavedením opatření 1, které celkovou tepelnou ztrátu objektu snižuje na 5,9 kW. Na tuto hodnotu bude tepelné čerpadlo dimenzováno.

Existuje více typů tepelných čerpadel dělených podle toho, z jakého média odebírají teplo. Čerpadlo typu země/voda nelze na vybranou nemovitost aplikovat, protože využitelná plocha pozemku není dostačující pro instalaci povrchového kolektoru. V závislosti na nulové přístupnosti vrtné soupravy na pozemek neberu v potaz ani užití vrtů. Zvoleným zařízením je tedy kompresorové tepelné čerpadlo typu vzduch/voda, které odebírá teplo venkovního vzduchu. Ten je do zařízení nasáván a získané teplo je použito pro ohřev vody v topném systému nebo v zásobníku teplé vody.



Obr. 4.2 – Tepelné čerpadlo vzduch/voda

Návrh cenové nabídky tepelného čerpadla, který je k nahlédnutí v příloze 4, jsem konzultoval s Ing. Davidem Šafránkem zastávajícím funkci technika ve firmě STIEBEL ELTRON spol. s.r.o.. Vzhledem ke zmíněným podmínkám a topnému faktoru se jako vyhovující jeví zařízení typu vzduch/voda WPL 10 AC o topném výkonu 6,74 kW s vestavěným 8,8 kW elektrokotlem. V Tab. 4.6 uvádím technickou a cenovou specifikaci komponentů potřebných k provozu tepelného čerpadla.

Položka	Počet	Cena za jednotku	Cena celkem
WPL 10 AC - Kompaktní tepelné čerpadlo systém vzduch/voda, TF 3,36 při char. A2/W35	1 ks	148 450 Kč	148 450 Kč
WPMW 3 - Regulátor tepelného čerpadla a topné soustavy pro montáž na stěnu	1 ks	12 830 Kč	12 830 Kč
SD 25-1 - Pružné tlakové hadice	2 ks	1 460 Kč	2 920 Kč
SBP 100 - včetně montážního rámu - akumulční zásobník topné vody závěsný, 100 l	1 ks	13 300 Kč	13 300 Kč
SBB 301 WP – smaltovaný stacionární zásobník teplé vody o objemu 321 l	1 ks	37 000 Kč	37 000 Kč
UP 25/7,5 E - Oběhové čerpadlo UP 25/7,5 E	3 ks	5 560 Kč	16 680 Kč
Celkem investice bez DPH			231 180 Kč
Celkem investice včetně jističe, montáže a DPH			299 906 Kč

Tab. 4.6 – Cenová nabídka pro TČ

V ceně systému není započítána cena montáže, která se obvykle pohybuje kolem 30 tis. Kč včetně DPH. Dále nesmí být opomenuta výměna stávajícího hlavního jističe 3x25 A za nový, s doporučenou proudovou hodnotou 3x32 A PL7-B32/3 Eaton charakteristiky B za cenu 549 Kč včetně DPH.^[10] Navýšení proudové hodnoty u třífázového připojení je zpoplatněno 500 Kč/A, navýšení o 7 A tedy vyjde na 3 500 Kč. Celková výše investice se započtením výměny jističe a montážních prací činí bezmála 300 tis. Kč včetně 15 % DPH.

Instalace tepelného čerpadla bývá, z důvodu nižší teploty otopné vody v systému pohybující se v rozmezí maximálně 55-60 °C, doprovázena rekonstrukcí otopné soustavy a zejména výměnou radiátorů. Případně se pro dosažení vyšších úspor a zlepšení topného faktoru zavádí nízkoteplotní podlahové vytápění. V rodinném domě, který je předmětem této práce, byla otopná soustava po konzultaci vyhodnocena jako vyhovující. Není tedy nutné uvažovat její rekonstrukci.

Bylo by hrubou chybou neuvažovat plné využití možností tepelného čerpadla a nevyužít ho k ohřevu TUV, neboť úspora je oproti běžnému ohřevu v přímotopném bojleru značná. Z tohoto důvodu bude tepelné čerpadlo využito nejen k vytápění, ale také k ohřevu TUV.

Dodané množství tepla, pro pokrytí potřeby energie na vytápění a ohřev TUV, v hodnotě 6,41 MWh za rok bylo určeno pomocí výpočetního softwaru Ekonomika provozu Stiebel-Eltron. Z tohoto množství tvoří 16,2 % spotřeba bivalentního zdroje tedy

vestavěného elektrokotle, který je spínán vždy, když tepelné čerpadlo nestačí zabezpečit potřebný výkon. Pro určení celkového množství dodaného tepla do objektu ve výši 9,96 MWh je nutné ke spotřebě energie na vytápění a ohřev TUV přičíst hodnotu 3,55 MWh. Ta je rozdílem mezi celkovým množstvím stávající spotřeby elektřiny 6,3 MWh a množstvím elektřiny potřebným pro ohřev TUV. Výměnu zdroje tepla uvažují se zavedením opatření 1, z tohoto důvodu pro určení hodnoty ušoupené energie ve výši 20,25 MWh je nutné porovnat množství dodané energie 9,96 MWh s hodnotou 30,21 MWh uvedenou v *Tab. 4.3*.

Důležité si je uvědomit, že provozování tepelného čerpadla představuje změnu distribuční sazby, která se ze současné D02d mění v dvoutarifní sazbu D57d s dobou trvání nízkého tarifu 20 hodin určenou pro elektrické vytápění. V rámci produktu D-Elektrické topení-Comfort je cena za MWh v nízkém tarifu 2 438,42 Kč respektive 2 514,07 Kč ve vysokém a stálý plat činí 489,54 Kč/měsíc.^[11]

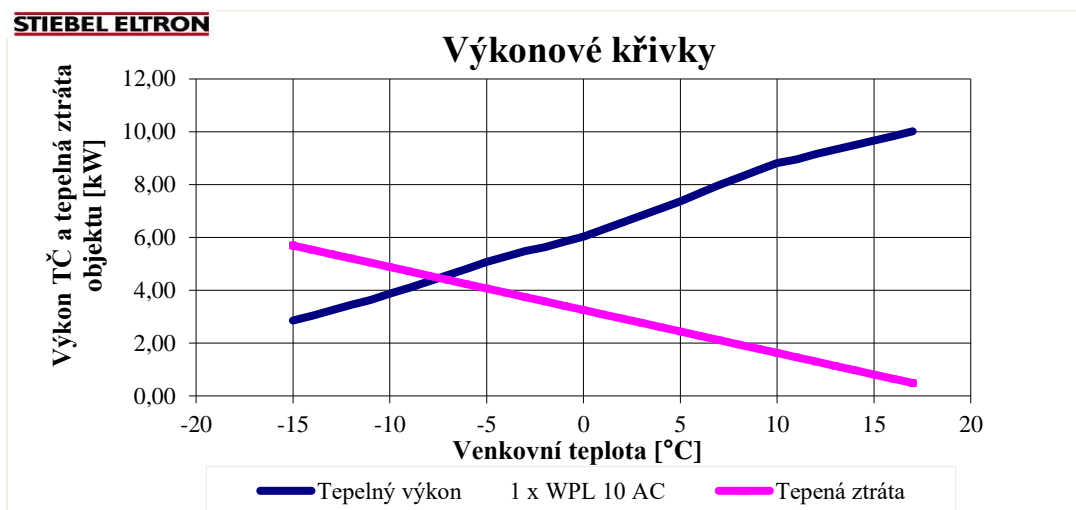
Výši výdajů jsem určil jako součin množství energie a ceny jedné MWh elektrické v sazbě D57d se započtením stálého platu. Pro zjištění množství elektrické energie spotřebované v nízkém respektive ve vysokém tarifu byl zaveden zjednodušující předpoklad rozdělení celkové energie v poměru NT:VT dob trvání tarifů tedy 5:1. V nízkém tarifu bylo dle poměru spotřebováno 8,3 MWh. Uvedeným postupem činí roční výdaje na vytápění a ohřev TUV 23,09 tis. Kč včetně 1 500 Kč za servisní prohlídku. Celková výše výdajů za energii je 31,79 tis. Kč/rok. Roční úspora při aplikaci tepelného čerpadla WPL 10 AC činí 9,83 tis. Kč. Zmíněné změny zavedením tepelného čerpadla uvádím pro přehled v *Tab. 4.7*.

Spotřeba energie na vytápění a TUV	Množství dodané energie	Úspora energie	Výdaje na vytápění a TUV	Suma výdajů	Úspora výdajů	Investice
[MWh.a ⁻¹]			[tis. Kč.a ⁻¹]			[tis. Kč]
6,41	9,96	20,25	23,09	31,79	10,07	299,91

Tab. 4.7 – Změny použitím opatření 3

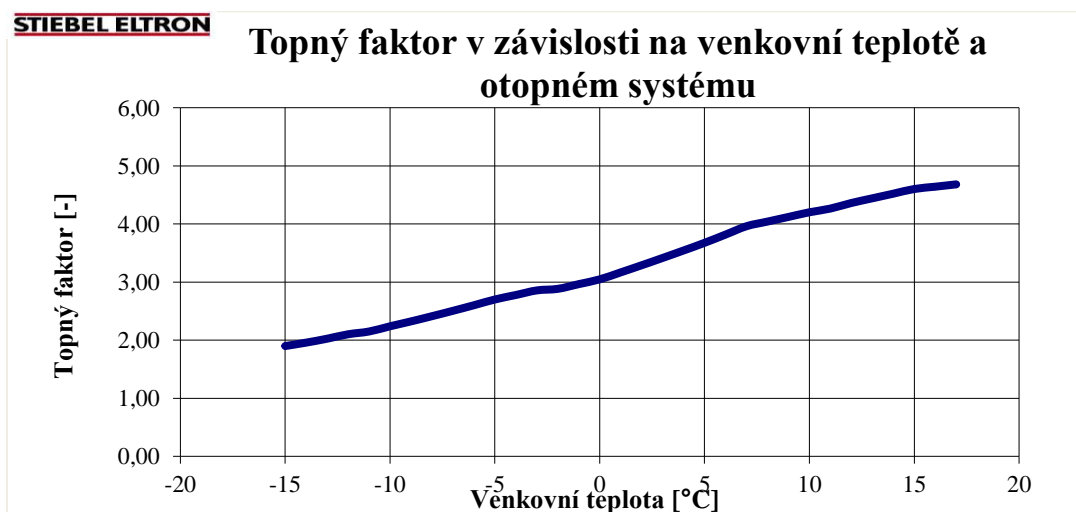
Po 10 letech je nutné uvažovat reinvestici ve výši 25 tis. Kč do nejvíce namáhaného prvku tepelného čerpadla, kterým je kompresor. Životnost zařízení díky výměně kompresoru a pravidelným prohlídkám dosahuje 20-ti let.

Jak již bylo zmíněno, 16,2 % z celkové dodané energie spotřebuje bivalentní zdroj, který v daném případě spíná, když dojde k poklesu venkovní teploty pod cca $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$. Viz *Graf 4.4* znázorňující závislost výkonu tepelného čerpadla a tepelné ztráty objektu na venkovní teplotě. Pokud venkovní teplota klesne pod cca $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$, tak tepelný výkon tepelného čerpadla bude menší než tepelná ztráta objektu a dojde k poklesu vnitřní teploty. Aby tepelná pohoda v domácnosti zůstala zachovaná, sepne elektrokotel a dodá chybějící výkon, který při teplotě $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ činí více než 2,5 kW.



Graf 4.4 – Výkonové křivky TČ

Jelikož s klesající venkovní teplotou klesá výkon tepelného čerpadla, tak musí zároveň dojít i k poklesu topného faktoru, který udává poměr vyprodukovaného tepla a spotřebované energie. Tato skutečnost je znázorněna v *Graf 4.5*. Čím je vyšší topný faktor, tím je provoz tepelného čerpadla účinnější. Topný faktor při $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ nedosahuje ani hodnoty 2.



Graf 4.5 – Topný faktor TČ

4.4 Opatření 4 – Kotel na pelety

Další relevantní náhradou stávajícího málo účinného kotle emisní třídy 1 je kotel na pelety vyznačující se vysokou účinností nad 90 %. Potřebný výkon nového zdroje tepla, jak už bylo zmíněno, je dimenzován na sníženou tepelnou ztrátu objektu za pomoci opatření 1 ve výši 5,9 kW.

Uvažovaným zařízením je D 14 P emisní třídy 5 značky ATMOS o výkonu v rozmezí 4 – 14 kW.^[121] Za účelem zvýšení pohodlí disponuje kotel hořákem na pelety, který si automaticky, za pomoci šnekového dopravníku odebírá pelety ze zásobníku paliva. Ten bývá umístěn vedle kotle, nebo ve vedlejší místnosti. Po konzultaci s firmou ATMOS byla sestavena následující cenová nabídka, uvedena v *Tab. 4.8*.

Položka	Počet	Cena za jednotku	Cena celkem
D 14 P – Kotel na pelety o výkonu 4 - 14 kW a účinnosti 90 – 93 %	1 ks	24 400 Kč	24 400 Kč
ATMOS A25 – Hořák	1 ks	19 400 Kč	19 400 Kč
DA 1500 – Šnekový dopravník o délce 1,5 m a průměru 75 mm	1 ks	8 900 Kč	8 900 Kč
Nádrž na pelety o objemu 250 l	1 ks	4 500 Kč	4 500 Kč
Yonos PICO 25/1 – 4 – Úsporné čerpadlo WILO	1 ks	2 700 Kč	2 700 Kč
Akumulační nádrž 500 l s plovoucím bojlerem pro ohřev TUV s izolací 100 mm	1 ks	24 600 Kč	24 600 Kč
Celkem investice bez DPH			84 500 Kč
Celkem investice včetně montáže a DPH			117 175 Kč

Tab. 4.8 – Cenová nabídka pro kotel na pelety^[121]

Počáteční investici do soustavy je nutné navýšit o montáž a topenářské práce v odhadované hodnotě 20 tis. Kč včetně DPH. Celková výše výdajů do nového zdroje tepla činí přes 117 tis. Kč včetně 15 % DPH. V opatření uvažuji o využití kotle také k ohřevu TUV. Z tohoto důvodu obsahuje soustava akumulaci nádrž, která disponuje plovoucím bojlerem pro případ, kdyby nebylo možné ohřívát vodu za pomoci kotle.

Předepsaným palivem pro uvažované zařízení jsou dřevěné pelety velikosti 6 až 8 mm vyráběné pouze z měkkého nebo tvrdého dřeva bez jakýkoliv příměsí. Jejich spalování neklade žádné speciální požadavky na hořák a kotel. Naopak užíváním méně výhřevných rostlinných pelet, vyráběných z částí nebo zbytků zemědělských plodin a

rostlin, vzniká struska, která snižuje funkčnost kotle. V opatření počítám s dřevěnými pelety Ö-Norm o průměru 6 mm a výhřevnosti 18,8 MJ/kg za cenu 6,59 Kč/Kg včetně DPH.^[13] Po přepočtu vychází cena jedné MWh na cca 1 262 Kč.

Při uvažování roční potřeby tepla na vytápění ve výši 14,35 MWh dosažené zateplením objektu v opatření 1, spotřeby elektrické energie na ohřev TUV 2,75 MWh a 92% účinnosti kotle, nabývá celková roční spotřeba tepla na vytápění a ohřev TUV hodnoty 18,59 MWh. Připočteme-li k této hodnotě 3,55 MWh jakožto rozdíl mezi celkovou roční výší odběru elektřiny a elektřiny užitá pro ohřev TUV, tak dodané množství energie do objektu činí 22,14 MWh za rok. Využitím kotle na pelety dochází ke snížení celkové spotřeby energie o 8,07 MWh za rok.

Spotřeba energie na vytápění a TUV	Množství dodané energie	Úspora energie	Výdaje na vytápění a TUV	Suma výdajů	Úspora výdajů	Investice
[MWh.a⁻¹]			[tis. Kč.a⁻¹]			[tis. Kč]
18,59	22,14	8,07	23,46	40,39	1,47	117,18

Tab. 4.9 – Změny použitím opatření 4

Výše výdajů se určí součinem množství energie a ceny jedné MWh tepelné potažmo elektrické se započtením stálého platu v sazbě D02d. Úspora výdajů ve výši 1,47 tis. Kč byla určena porovnáním sumy výdajů z Tab. 4.9 se sumou výdajů uvedenou v Tab. 4.3 v opatření 1. Jednou za dva roky je nutné počítat s výdaji za revizi kotle v hodnotě 1 400 Kč, které tuto úsporu ještě poníží. V 11. roce používání kotle na pelety uvažují s výdaji na generální opravy zařízení ve výši 5 000 Kč včetně DPH. Kotel dosahuje za předpokladu dobré údržby a spalování předepsaného paliva životnosti 20 let.

Úspora výdajů vzniklá instalací zařízení je nízká, i přes relativně vysokou úsporu energie způsobenou zvýšením účinnosti nahrazením starého zdroje tepla kotlem na pelety. Důvodem je vysoká cena MWh tepelné, která je při spalování pelet v porovnání se spalováním uhlí více než dvojnásobná.

Při přechodu z hnědého uhlí na pelety, se musíme obvykle připravit na vyšší roční výdaje na vytápění a ohřev TUV. Ale získáváme větší komfort a dobrý pocit z relativně ekologického vytápění.

4.5 Opatření 5 – Elektrický kotel

Poslední uvažovanou náhradou stávajícího zdroje tepla představuje elektrokotel. Potřebný výkon nového zdroje tepla, jak už bylo zmíněno, je dimenzován na sníženou tepelnou ztrátu objektu za pomoci opatření 1 ve výši 5,9 kW.

Uvažovaným elektrickým zařízením je Protherm RAY 9K. Jedná se o zařízení s vyšším výkonem 9 kW, které má možnost pokrýt ztráty i při poruše některé topné spirály. Níže v *Tab. 4.10* uvedená cenová nabídka na míru byla sestavena autorizovaným technikem panem Davidem Rezkem.

Položka	Počet	Cena za jednotku	Cena celkem
Protherm RAY 9K – Elektrokotel o výkonu 9 kW s účinností 94 %	1 ks	16 740 Kč	16 740 Kč
Sentinel Eliminátor – filtr pro topné systémy	1 ks	2 550 Kč	2 550 Kč
Materiál na propojení	1 ks	4 049 Kč	4 049 Kč
Elektro instalace – jištění a propojení kotle	1 ks	14 000 Kč	14 000 Kč
Montáž a uvedení kotle do provozu	1 ks	6 000 Kč	6 000 Kč
Celkem investice bez DPH			43 339 Kč
Celkem investice včetně jističe a DPH			53 889 Kč

Tab. 4.10 – Cenová nabídka pro elektrokotel

Podobně jako u TČ si instalace elektrokotle vynutí výměnu stávajícího hlavního jističe 3x25 A za nový, s doporučenou proudovou hodnotou 3x32 A PL7-B32/3 Eaton charakteristiky B za cenu 549 Kč včetně DPH.^[10] Navýšení proudové hodnoty u třífázového připojení vyjde, stejně jako v případě TČ, na 3 500 Kč. Hodnota investice se započtením výměny jističe činí téměř 54 tis. Kč včetně 15 % DPH.

Množství dodané elektrické energie na vytápění domácnosti ve výši 15,27 MWh za rok odpovídá o účinnost kotle upravené potřebě tepla na vytápění určené v opatření 1. Po přičtení 2,75 MWh potřebných pro ohřev TUV bojlerem nabývá roční spotřeba elektrické energie na vytápění a ohřev TUV hodnoty 18,02 MWh. Upravením této hodnoty o množství elektrické energie potřebné na osvětlení a ostatní procesy, je celkové množství dodaného tepla do objektu 21,57 MWh za rok. Zavedení tohoto opatření tedy představuje roční úsporu energie ve výši 8,64 MWh.

Využívání elektrokotle jako zdroje tepla, podobně jako užívání tepelného čerpadla, představuje změnu distribuční sazby. Ta se do 31.3.2016 ze současné D02d měnila v dvoutarifní sazbu D45d. Po tomto datu vešla v planost dvoutarifní sazba D57d s dobou trvání nízkého tarifu 20 hodin. Tato sazba určená pro vytápění topným elektrickým spotřebičem může být přiznána od 1.4.2016. V rámci produktu D-Elektrické topení-Comfort je cena za MWh v nízkém tarifu 2 438,42 Kč respektive 2 514,07 Kč ve vysokém a stálý plat činí 489,54 Kč/měsíc.^[11]

Porovnáme-li pořizovací investice do jednotlivých zdrojů tepla, elektrokotel je bezpochyby investičně nejméně náročný. Ovšem co se týče výdajů spojených s provozem tohoto zařízení, tak situace už není tak růžová.

Spotřeba energie na vytápění a TUV	Množství dodané energie	Úspora energie	Výdaje na vytápění a TUV	Suma výdajů	Úspora výdajů	Investice
[MWh.a ⁻¹]			[tis. Kč.a ⁻¹]			[tis. Kč]
18,02	21,57	8,64	50,04	59,54	-17,68	53,89

Tab. 4.11 – Změny použitím opatření 5

Výše výdajů na provoz objektu (vytápění, TUV, osvětlení, elektrospotřebiče) určená součinem ceny MWh elektrické a odebraného množství elektrické energie rozděleného v poměru 5:1 mezi nízký a vysoký tarif dosahuje 58,74 tis. Kč ročně. Zahrneme-li do této částky i výdaje spojené s pravidelnou roční kontrolou pro uznání záruky v hodnotě 800 Kč, pak suma ročních výdajů činí 59,54 tis. Kč. Po 12 letech je zapotřebí pro další provozování elektrokotle zainvestovat 2 250 Kč do výměny topných spirál a 2 900 Kč do řídicí desky. Ceny uvádím včetně DPH. Zařízení se tak prodlouží životnost až na 20 let.

Ve srovnání s výdaji v opatření 1, nepřináší využívání elektrokotle žádnou roční úsporu, naopak se jedná o ztrátu ve výši 17,68 tis. Kč. Tato ztráta je zapříčiněna vysokou cenou MWh elektrické, která je cca 4,5 krát vyšší než cena MWh spalováním uhlí.

Elektrokotel je kvůli vysoké ceně MWh elektrické ekonomicky nevýhodný, ale je dobré si uvědomit, že využívání kotle na uhlí provází vznik nečistot, nutnost časté obsluhy spojená s doplňováním uhlí do násypné šachty a s odstraňováním popela. Dalo by se tedy říci, že obsluha takového kotle je špinavou záležitostí. Navíc je nutné počítat také s tím, že užívání tuhých paliv vyžaduje také prostor pro jejich skladování.

5 Navrhované varianty

V následující kapitole se věnují návrhu variant, které vedou ke zlepšení stávajícího stavu hospodaření s energií v domácnosti, specifikovaného ve 3. kapitole této diplomové práce. Varianty jsou navrženy kombinací více opatření tak, aby byly splněny technické požadavky na stavební konstrukce dle ČSN 73 0540 – 2 : 2011 a zároveň došlo k co možná nejefektivnějšímu využití energií. Z tohoto důvodu obsahují všechny navržené varianty opatření 1 zajišťující zlepšení tepelných vlastností obálky budovy, fotovoltaický systém řešený v opatření 2 a náhradu dosavadního málo účinného zdroje tepla jedním z opatření 3 až 5. Uvažovány jsou celkem tedy 3 možné varianty.

V současné době existují možnosti pro zatraktivnění investic do opatření snižujících energetickou náročnost v podobě státních podpor. Tyto podpory lze získat formou investičních dotací z dotačního programu Nová zelená úsporám a Operačního programu Životní prostředí – prioritní osa 2 označovaného také termínem “Kotlíkové dotace“. Bylo by nelogické neuvažovat možnost získání finanční podpory, proto je v každé z navržených variant posuzováno splnění požadavků pro obdržení dotace a vyčíslení její celkové hodnoty.

Určitě každý zaregistroval plánovanou změnu stávajícího tarifního systému, která má přinést spravedlivější rozdělení nákladů provozovatelů soustav mezi proměnnou a stálou složku ceny elektřiny tak, aby nový tarifní systém odrážel strukturu nákladů na obnovu a provoz sítí. Rozdělení představuje snížení regulovaných plateb závislých na objemu odebraného množství elektřiny a zvýšení plateb stálých, které jsou na výši odběru nezávislé. I přestože se nejedná o finální podobu nové tarifní struktury, jejíž zavedení na hladině nízkého napětí bylo odloženo až na rok 2019, tak je dobré ukázat, jak by tyto změny v regulované části plateb za elektřinu ovlivnily navrhované varianty.^[16]

5.1 Varianta 1

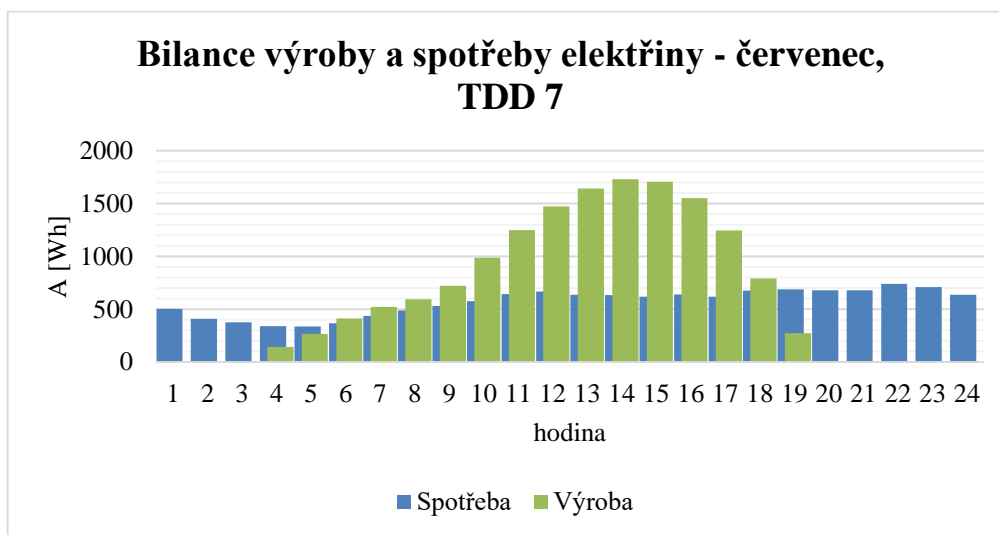
První navrhovaná varianta vedoucí ke zlepšení stávajícího stavu objektu, je vytvořená aplikací následujících opatření:

Opatření 1 – Zateplení

Opatření 2 – Fotovoltaický systém s využitím akumulční nádrže

Opatření 3 – Tepelné čerpadlo

Celkové množství roční dodané energie na provoz objektu ve výši 9,96 MWh určené v opatření 3 se nezmění. Avšak díky využití vlastní vyrobené elektřiny z FVE dochází ke snížení odběru ze sítě a tedy i k úspoře výdajů za energie. Pro vyčíslení těchto úspor je však nutné si uvědomit, že jednotlivá opatření se navzájem ovlivňují. Aplikují-li střešní fotovoltaický systém současně s instalací tepelného čerpadla, dochází ke změně distribuční sazby D02d na D57d. Těto sazbě odpovídá typový diagram TDD 7.^[8] Z tohoto důvodu jsem opět, stejným postupem jako v kapitole 4.2, namodeloval časový průběh spotřeby elektřiny a následně ho porovnal s neměnicím se průběhem výroby. Porovnáním Graf 4.2 a Graf 5.1 lze spatřit rozdíly v časovém průběhu spotřeby elektřiny průměrného červencového dne.



Graf 5.1 – Bilance výroby a spotřeby elektřiny – červenec, TDD 7

Jelikož je využit systém s akumulací přebytků, tak se celková hodnota vyrobené a v objektu účelně spotřebované elektrické energie nemění a činí 3,32 MWh za rok. Roční množství odebrané elektřiny ze sítě se tedy sníží na 6,64 MWh. Kombinací opatření hodnota roční spotřebované energie oproti stávajícímu stavu klesne o 59,42 MWh.

Roční výdaje na elektrickou energii v sazbě D57d při ceně 2 438,42 Kč/MWh v nízkém tarifu respektive 2 514,07 Kč/MWh ve vysokém a stálém platu 489,54 Kč/měsíc činí 22,15 tis. Kč včetně DPH (24,65 tis. Kč i včetně servisních prohlídek systému TČ a pojištění FVE). Při výpočtu jsem opět uvažoval se zjednodušujícím předpokladem rozdělení spotřeby mezi nízký a vysoký tarif v poměru dob jejich trvání tedy 5:1. Porovnáním se stávající výši výdajů z *Tab. 3.7* představuje varianta 1 roční úsporu v hodnotě 39,42 tis. Kč.

Investice na uskutečnění navržené varianty je sumou investic do jednotlivých opatření. Jelikož nabídka FVE systému i soustavy tepelného čerpadla obsahuje akumulární nádrž, jednalo by se o zbytečné předimenzování systému. A proto není uvažováno s instalací nádrže z nabídky FVE v hodnotě 23,68 tis. Kč včetně 15 % DPH. Celková výše investice po odečtení této položky činí 718,81 tis. Kč včetně DPH. Ovšem nejedná se o výslednou cenu, protože jak již bylo zmíněno, v dnešní době existuje možnost zisku finančních příspěvků z různých dotačních programů, které investici ještě sníží.



Obr. 5.1 – Logo NZU

Pro získání těchto dotací je nutné splnit určité podmínky. Například pro obdržení podpory na zateplení, musí zdroj tepla na tuhá paliva s ručním přikládáním využívaný v objektu spadat alespoň do 3. emisní třídy.^[17] Naopak pro obdržení podpory z Kotlíkových dotací na zdroj tepla musí objekt splňovat požadavky na energetickou třídu C.^[18] Pokud tyto požadavky nesplňuje, vzniká povinnost realizovat vhodné energetické opatření. Jelikož ve variantách počítám s výměnou kotle za ekologicky šetrnější zdroj tepla a provedené zateplení zaručuje energetickou třídu objektu C, tak jsou tyto požadavky splněny a nezbyvá nic jiného než posoudit další podmínky uvedené v programu Nová zelená úsporám a v programu Kotlíkové dotace.

Na zateplení rodinného domu lze získat podporu z programu Nová zelená úsporám a to z oblasti A – Snižování energetické náročnosti stávajících rodinných domů. Oblast se dle dosažených energetických parametrů budovy po realizaci opatření dělí na podoblasti A.0 až A.3.^[17] Podmínky a výše poskytovaných podpor uváděné dotačním programem pro obdržení dotace z jednotlivých podoblastí v oblasti A přikládám v *příloze 5*. Zateplením objektu, který je předmětem této diplomové práce, byla hodnota

měrné roční potřeby tepla na vytápění snížena na $68,4 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$, což představuje cca 62% snížení oproti stavu před realizací zateplení. Dále hodnoty součinitele prostupu tepla měněných stavebních prvků splňují normové požadavky, jak je již uvedeno v kapitole 4.1. Na základě těchto skutečností dochází ke splnění podmínek v podoblasti A.1 a vzniká tak nárok na příspěvek ve výši $500 \text{ Kč}/\text{m}^2$ na obvodové stěny a podlahy nad exteriérem resp. $330 \text{ Kč}/\text{m}^2$ na stropy.^[171] Výše podpory se určí součinem plochy zatepované konstrukce, výši dotace na metr čtvereční příslušného typu konstrukce a koeficientem upravujícím výši podpory. Ten je v případě posuzovaného objektu roven 1. Podpora na zateplení obvodových zdí a sklepního stropu týkající se plochy $137,75 \text{ m}^2$ a $30,87 \text{ m}^2$ v případě stropu ve sklepě činí 79,06 tis. Kč.

Dotaci z programu Nová zelená úsporám lze rovněž získat na pořízení fotovoltaického systému a to z oblasti C – Efektivní využití zdrojů energie.^[171] Aby bylo nárok možné uplatnit, tak instalovaný výkon systému propojeného s distribuční soustavou nesmí převýšit hodnotu 10 kWp. Splněním této základní a dalších podmínek, je možné ucházet se o podporu z podoblastí C.3.4 až C.3.6. Co se týká dalších podmínek, tak celkový využitelný zisk energie z FVE v budově nesmí být menší než 1,7 MWh/rok a míra využití vyrobené elektřiny pro krytí spotřeby v místě výroby systému musí činit nejméně 70 %. Toto je díky produkci energie ve výši 3,32 MWh/rok a využití všech přebytků elektřiny pomocí akumulární nádrže zaručeno. Dále je kladena podmínka na objem akumulární nádrže, který musí v případě 5 kWp instalovaného výkonu činit alespoň 400 l. Samotná akumulární nádrž na TUV uvedená v cenové nabídce TČ svým objemem podmínku nespĺňuje, ovšem připouští se do této požadované hodnoty zahrnout také akumulární nádrž topné vody. Kombinací obou zásobníků je objemovému požadavku vyhověno. Nová zelená úsporám stanovuje ještě další technické požadavky, jejichž splnění je garantováno výrobcem FVE systému, a proto zde nejsou zmiňovány. Splněním uvedených podmínek lze uplatnit nárok na podporu z podoblasti C.3.4 ve výši 55 tis. Kč.^[171]

Jelikož byl pro fyzické osoby vyhlášen samostatný, již zmiňovaný dotační program Kotlíkové dotace, nemohou se proto tyto osoby ucházet o podporu na výměnu původního zdroje tepla na tuhá paliva z programu Nová zelená úsporám. Zisk finanční dotace na TČ typu vzduch/voda je podmíněn minimální hodnotou topného faktoru, která za teplotní charakteristiky A2/W35 dosahuje výše 3,1 [-].^[191] Zařízení WPL 10 AC tuto podmínku,

jak je patrné z informací uvedených v *Tab. 4.6*, splňuje a vzniká tak nárok na jednorázovou dotaci ve výši 120 tis. Kč.^[19]

Pro přehled uvádím výše podpor do jednotlivých opatření v *Tab. 5.1*.

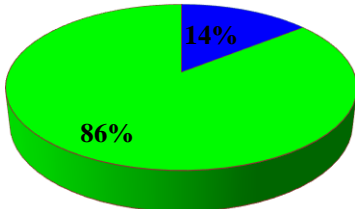
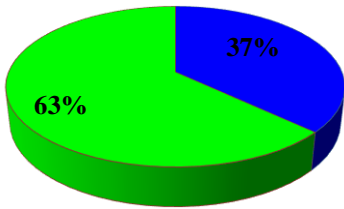
Opatření		1	2	3	Suma
Výše dotace	[tis. Kč]	79,06	55	120	254,06

Tab. 5.1 – Výše dotace pro variantu 1

Celková výše investiční dotace, kterou lze na variantu 1 získat, činí 254,06 tis. Kč. Což představuje více než 35% snížení celkové investice. Výsledná hodnota investice je tedy po odečtení celkové dotace 464,75 tis. Kč.

Všechny výše vypočtené změny aplikací této kombinace opatření, jsou zaneseny v následující tabulce. Pro lepší představu o množství dosažených úspor energie a výdajů obsahuje *Tab. 5.2* také grafy, ze kterých je patrná výše jednotlivých úspor. Míra ušetřené energie resp. ušetřených výdajů na energie při zavedení varianty 1 činí 86 % resp. 63 %, což je skutečně nemalé snížení stávající spotřeby energie a výdajů.

Spotřeba energie vyrobené z FVE	Množství energie odebrané ze sítě	Úspora energie	Výdaje za elektrickou energii vč. prohlídek TC a pojištění FVE				Úspora výdajů	Investice po dotaci
			STS		NTS			
			[tis. Kč.a ⁻¹]					
3,32	6,64	59,42	24,65	26,97	39,42	37,10	464,75	

Spotřeba energie před realizací	Výdaje před realizací
 <p>■ Spotřeba nyní ■ Uspořená energie</p>	 <p>■ Výdaje nyní ■ Úspora výdajů</p>

*STS – Stávající tarifní struktura, NTS – Nová tarifní struktura

Tab. 5.2 – Spotřeba energie a výše výdajů po realizaci varianty 1

Produkce CO₂ provozováním objektu, určená programem Energie, dosahuje výše necelých 8 tCO₂ ročně.

Zavedení Nové tarifní struktury na hladině nízkého napětí od roku 2017 by mělo dopad na výši výdajů za elektrickou energii. Tento dopad lze vyčíslit pomocí kalkulátoru Nové tarifní struktury, který je k dispozici na webových stránkách Energetického regulačního úřadu.^[20] Dosazením údajů o odběru vychází v Nové tarifní struktuře roční

platba za elektřinu ve výši 24,47 tis. Kč včetně DPH (26,97 tis. Kč i včetně servisních prohlídek systému TČ a pojištění FVE). Zdražení v Nové tarifní struktuře je způsobeno nedodržením 91% podílu odběru NT k celkovému odběru. Předpoklad rozdělení spotřebovaného množství energie v poměru 5:1 tento požadovaný podíl nikdy nesplní.

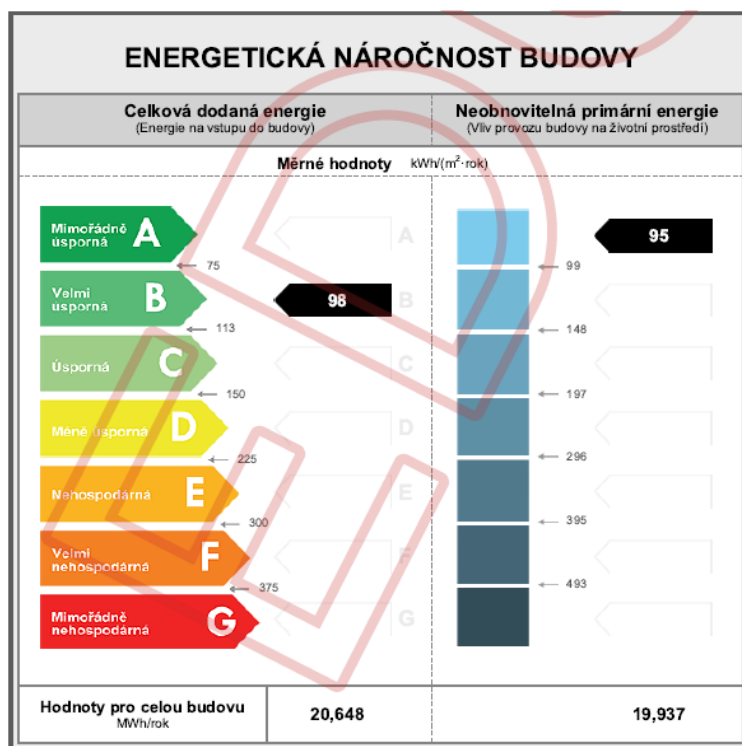
Průkaz energetické náročnosti budovy

Aplikací varianty 1 dochází ke snížení energetické náročnosti objektu. Jak je patrné z průkazu energetické náročnosti budovy na Obr. 5.2 vytvořeného programem Energie, objekt je nyní z hlediska celkové dodané energie vyhodnocen jako velmi hospodárny tj. třída B.

Díky sadě opatření došlo ke snížení množství neobnovitelné primární energie o více jak 77%. Zmenšení vlivu provozu budovy na životní prostředí je tedy znatelné.

Hodnocená budova, jak je patrné z Tab. 5.3, nyní splňuje dva ze tří možných

kombinací ukazatelů pro rekonstruované budovy uváděných ve vyhlášce 78/2013 Sb.. Hodnocení energetické náročnosti budovy je tímto splněno.



Obr. 5.2 – PENB po realizaci varianty 1

		Referenční budova	Hodnocená budova	Splněno
Neobnovitelná primární energie	[MWh.a ⁻¹]	47,98	19,94	Ano
Celková dodaná energie		38,83	20,65	Ano
Průměrný součinitel prostupu tepla		0,38	0,33	Ano
Průměrný součinitel prostupu tepla jednotlivých konstrukcí	[W.m ⁻² .K ⁻¹]	Porovnání hodnot v opatření 1 a hodnot v Tab. 3.4 a Tab. 3.5		Ne
Účinnost technických systémů	[W.W ⁻¹]	3	3,36	Ano

Tab. 5.3 – Splnění ukazatelů EN po realizaci varianty 1

Jednotlivé dílčí ukazatele energetické náročnosti budovy uvádím v příloze 6.

5.2 Varianta 2

Následující navrhovaná varianta se liší od té předchozí pouze v instalovaném zdroji tepla, tedy kombinuje tato opatření:

Opatření 1 – Zateplení

Opatření 2 – Fotovoltaický systém s využitím akumulční nádrže

Opatření 4 – Kotel na pelety

V opatření 4 byl uvažován ohřev TUV výlučně kotlem na pelety a tomu tedy odpovídala roční spotřeba energie. Ovšem v kombinaci kotle se střešním FVE systémem, je teplá užitková voda ohřívána primárně elektřinou vyrobenou z tohoto systému. Ten ale pokrývá roční potřebu energie na ohřev TUV pouze ve výši 1 886 kWh, zbylé množství 864 kWh potřebného tepla je nadále dodáváno kotlem na pelety. Kotel pro pokrytí potřebné energie na vytápění a ohřev TUV při 92% účinnosti spotřebuje cca 16,54 MWh tepla za rok. Roční odběr elektrické energie ze sítě, využitím FVE systému a částečným ohřevem teplé užitkové vody pomocí kotle na pelety, klesne na 2,12 MWh. Úspora spotřebované energie realizací této varianty činí 47,40 MWh ročně.



Obr. 5.3 – Kotel na pelety
ATMOS D 14 P

Celková výše výdajů za energie aplikací této kombinace opatření představuje částku 32,89 tis. Kč za rok včetně DPH a pojištění FVE. Z toho jsou výdaje za elektrickou energii odebíranou z distribuční sítě v sazbě D02d 11,02 tis. Kč a výdaje za energii tepelnou spalováním dřevěných pelet činí 20,87 tis. Kč za rok. Finanční úspora, porovnáním celkových výdajů se stavem před realizací varianty 2, představuje 31,18 tis. Kč za rok.

Jelikož nabídka FVE systému i soustavy kotle na pelety obsahuje akumulční nádrž, jednalo by se, podobně jako ve variantě 1, o zbytečné předimenzování systému. A proto opět není uvažováno s instalací nádrže z nabídky FVE v hodnotě 23,68 tis. Kč včetně 15 % DPH. Celková výše investice po odečtení této položky činí před započítáním investičních dotací 536,08 tis. Kč včetně DPH.

Výše dotace na zateplení objektu resp. pořízení fotovoltaického systému s akumulací přebytků elektrické energie do vody se oproti hodnotám určeným ve variantě 1 nemění. Ovšem nadále se již neuvažuje s využitím tepelného čerpadla, ale kotle na pelety, a proto musí být určena možná výše finanční podpory do tohoto zařízení. Dle programu Kotlíkové dotace je možné obdržet podporu ve výši 80 % způsobilých výdajů tj. 93,74 tis. Kč. Zisk této částky je podmíněn splněním požadavků na ekodesign kotlů na tuhá paliva.^[19] Tyto požadavky kotle na pelety značky ATMOS splňují.

Výše podpor do jednotlivých opatření i sumu celkové dotace uvádím v Tab. 5.4.

Opatření		1	2	4	Suma
Výše dotace	[tis. Kč]	79,06	55	93,74	227,80

Tab. 5.4 – Výše dotace pro variantu 2

Celková výše investiční dotace, kterou lze na variantu 2 získat, činí 227,80 tis. Kč. Což představuje více než 42% snížení celkové investice. Výsledná hodnota investice je tedy po odečtení celkové dotace 308,28 tis. Kč.

Vypočtené změny aplikací této kombinace opatření, jsou zaneseny v následující tabulce. Míra ušetřené energie resp. ušetřených výdajů na energie při zavedení varianty 2 činí cca 68 % resp. 50 %.

Spotřeba energie vyrobené z FVE	Množství energie odebrané z el. sítě	Spotřeba kotle na vytápění a TUV	Úspora energie	Výdaje za el. energii		Výdaje za tep. energii	Úspora výdajů		Investice po dotaci
				STS	NTS		STS	NTS	
[MWh.a ⁻¹]				[tis. Kč.a ⁻¹]					[tis. Kč]
3,32	2,12	16,54	47,40	11,02	12,81	20,87	31,18	29,39	308,28
<p>Spotřeba energie před realizací</p> <p>■ Spotřeba nyní ■ Úspořená energie</p>				<p>Výdaje před realizací</p> <p>■ Výdaje nyní ■ Úspora výdajů</p>					

*STS – Stávající tarifní struktura, NTS – Nová tarifní struktura

Tab. 5.5 – Spotřeba energie a výše výdajů po realizaci varianty 2

Produkce CO₂ provozováním objektu po realizaci této kombinace opatření, určená programem Energie, dosahuje přes 2 tCO₂ ročně.

Zavedení Nové tarifní struktury na hladině nízkého napětí by dle kalkulátoru, představovalo cca 16% zdražení. V Nové tarifní struktuře by tak roční výdaje za elektřinu dosahovaly výše 12,81 tis. Kč včetně DPH.^[201]

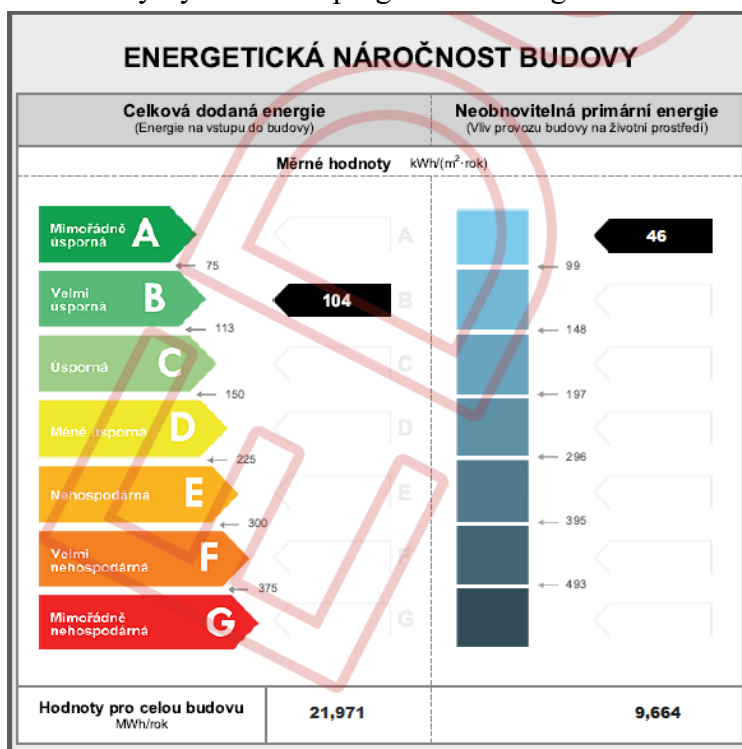
Průkaz energetické náročnosti budovy

Aplikací varianty 2 dochází ke snížení energetické náročnosti objektu. Jak je patrné z průkazu energetické náročnosti budovy vytvořeného programem Energie na Obr. 5.4, objekt je z hlediska celkové dodané energie vyhodnocen jako velmi hospodárny tj. třída B.

Sadou opatření došlo ke snížení množství neobnovitelné primární energie o bezmála 90 %. Provoz budovy by tedy po realizaci varianty 2 zatěžoval životní prostředí podstatně méně.

Hodnocená budova,

posouzením ukazatelů v Tab. 5.6, splňuje dva ze tří možných kombinací ukazatelů uváděných ve vyhlášce 78/2013 Sb.. Hodnocení energetické náročnosti budovy je tímto splněno.



Obr. 5.4 – PENB po realizaci varianty 2

		Referenční budova	Hodnocená budova	Splněno
Neobnovitelná primární energie	[MWh.a ⁻¹]	47,98	9,66	Ano
Celková dodaná energie		38,83	21,97	Ano
Průměrný součinitel prostupu tepla		0,38	0,33	Ano
Průměrný součinitel prostupu tepla jednotlivých konstrukcí	[W.m ⁻² .K ⁻¹]	Porovnání hodnot v opatření 1 a hodnot v Tab. 3.4 a Tab. 3.5		Ne
Účinnost technických systémů	[%]	80	92	Ano

Tab. 5.6 – Splnění ukazatelů EN po realizaci varianty 2

Jednotlivé dílčí ukazatele energetické náročnosti budovy uvádím v příloze 6.

5.3 Varianta 3

Poslední navržená varianta, jejíž zdroj tepla představuje elektrokotel, je kombinací následujících tří opatření:

Opatření 1 – Zateplení

Opatření 2 – Fotovoltaický systém s využitím akumulární nádrže

Opatření 5 – Elektrický kotel

Realizací těchto opatření dojde ke snížení dodaného množství energie na provoz objektu o 47,81 MWh. Množství spotřebované energie v objektu za rok tak klesne na 21,57 MWh. Ve variantě 3 se využívá jak pro ohřev TUV, tak i pro vytápění elektrina, proto by měla být tato energie odebrána z distribuční sítě. Ovšem je třeba opět vzít v potaz instalovaný fotovoltaický systém s akumulací přebytků do vody, který potřebný odběr ze sítě snižuje o vyrobenou elektrickou energii. Jelikož využití elektrokotle představuje změnu distribuční sazby na D57d, je nutné upravit časový průběh spotřeby domácnosti dle typového diagramu TDD 7. Ten se shoduje s již vytvořeným modelem ve variantě 1 v *Graf 5.1*. Hodnota vyrobené a v objektu účelně spotřebované elektrické energie za rok činí tedy 3,32 MWh. Výše odběru elektřiny z distribuční sítě potřebného pro zajištění energetických potřeb tak klesá na 18,25 MWh za rok.



Obr. 5.5 – Elektrokotel Protherm RAY 9K

Jak už jsem dříve zmiňoval, v distribuční sazbě D57d je cena MWh elektrické u produktu Elektrické topení-Comfort 2 438,42 Kč/MWh v nízkém tarifu resp. 2 514,07 Kč/MWh v tarifu vysokém a stále měsíční poplatky při uvažovaném jističi s proudovou hodnotou 3x32 A činí 489,54 Kč. Rozdělením odebraného množství elektrické energie v poměru 5:1, dosahuje roční výše výdajů za elektřinu hodnoty 50,61 tis. Kč. Započtením každoročních revizí elektrokotle a pojištění FVE stojí provoz objektu v této variantě 52,41 tis. Kč/rok. Což je o pouhých 11,66 tis. Kč/rok méně než ve stávajícím stavu domácnosti.

Jelikož nabídka elektrokotle oproti nabídce TČ a kotle na pelety nezahrnuje akumulární nádrž, musí být pro možnost akumulace přebytků do vody počítáno s nádrží nabízenou u FVE systému. Celková investice potřebná na realizaci varianty tak činí téměř 500 tis. Kč včetně DPH.

Výše dotace na zateplení objektu resp. pořízení fotovoltaického systému s akumulací přebytků elektrické energie do vody se oproti hodnotám určeným v předešlých variantách nemění. Naopak není možné počítat s finanční podporou na pořízení nového zdroje tepla, protože elektrokotle nejsou dotačním programem Kotlíkové dotace podporovány.

Opatření		1	2	5	Suma
Výše dotace	[tis. Kč]	79,06	55	0	134,06

Tab. 5.7 – Výše dotace pro variantu 3

Celková výše investiční dotace, kterou lze na variantu 3 získat, činí 134,06 tis. Kč. Což představuje ani ne 30% snížení celkové investice. Výsledná hodnota investice po odečtení dotace činí 362,41 tis. Kč. Tato hodnota je vzhledem k ročním dosažitelným finančním úsporám relativně vysoká.

Výše uvedené změny vzniklé realizací této varianty, jsou zaneseny v Tab. 5.8. Míra ušetřené energie resp. ušetřených výdajů na energie při zavedení varianty 3 činí 69 % resp. 20 %. Porovná-li všechny varianty, musím konstatovat, že užití elektrokotle jakožto zdroje tepla představuje pouze malou úsporu ročních výdajů.

Spotřeba energie vyrobené z FVE	Množství energie odebrané ze sítě	Úspora energie	Výdaje za elektrickou energii vč. revizí kotle a pojištění FVE		Úspora výdajů		Investice po dotaci
			STS	NTS	STS	NTS	
[MWh.a ⁻¹]			[tis. Kč.a ⁻¹]				[tis. Kč]
3,32	18,25	47,81	52,41	54,54	11,66	9,53	362,41

Spotřeba energie před realizací

■ Spotřeba nyní ■ Uspořená energie

Výdaje před realizací

■ Výdaje nyní ■ Úspora výdajů

*STS – Stávající tarifní struktura, NTS – Nová tarifní struktura

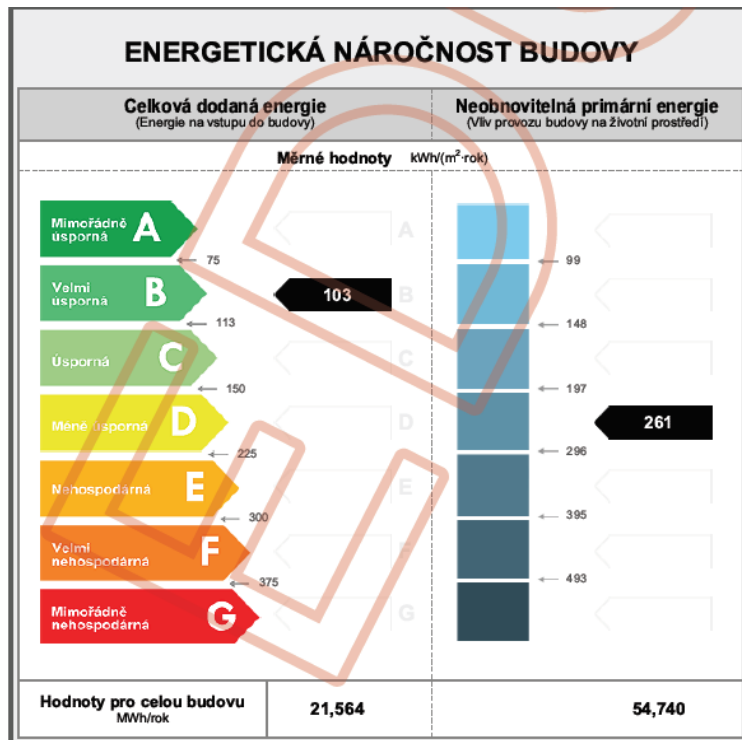
Tab. 5.8 – Spotřeba energie a výše výdajů po realizaci varianty 3

Roční produkce CO₂ provozováním objektu po realizaci této kombinace opatření, určená programem Energie, dosahuje enormních 21 tCO₂.

Průkaz energetické náročnosti budovy

Realizací této trojice opatření dochází ke snížení energetické náročnosti objektu. Podobně jako u předchozích variant je objekt dle průkazu energetické náročnosti budovy, vytvořeného programem Energie, z hlediska celkové dodané energie vyhodnocen jako velmi hospodárny tj. třída B.

Ovšem ve srovnání s variantou 1 a 2 je podstatně více využito neobnovitelné primární energie. A to z toho důvodu, že se v této variantě spotřebovává nejvíce elektrické energie. Ta má hodnotu faktoru neobnovitelné primární energie několikanásobně vyšší než dřevěné pelety nebo uhlí.



Obr. 5.6 – PENB po realizaci varianty 3

I přes vyšší hodnotu neobnovitelné primární energie splňuje budova hodnocení energetické náročnosti, protože ve vyhlášce 78/2013 Sb. uvedená kombinace požadavku na celkovou dodanou energii a průměrný součinitel prostupu tepla je dle hodnot zanesených v Tab. 5.9 splněna.

		Referenční budova	Hodnocená budova	Splněno
Neobnovitelná primární energie	[MWh.a ⁻¹]	47,98	54,74	Ne
Celková dodaná energie		38,83	21,56	Ano
Průměrný součinitel prostupu tepla		0,38	0,33	Ano
Průměrný součinitel prostupu tepla jednotlivých konstrukcí	[W.m ⁻² .K ⁻¹]	Porovnání hodnot v opatření 1 a hodnot v Tab. 3.4 a Tab. 3.5		Ne
Účinnost technických systémů	[%]	80	94	Ano

Tab. 5.9 – Splnění ukazatelů EN po realizaci varianty 3

Jednotlivé dílčí ukazatele energetické náročnosti budovy uvádím v příloze 6.

5.4 Shrnutí variant

Údaje o výše popsaných variantách jsou pro lepší orientaci a zejména kvůli jejich potřebě při vyhodnocování variant zaneseny do následujících dvou tabulek. *Tab. 5.10* poskytuje informace technického charakteru, načež *Tab. 5.11* informace charakteru ekonomického.

Ukazatel		Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3
Použitá opatření	-	1, 2, 3	1, 2, 4	1, 2, 5
Energetická náročnost budovy	-	B	B	B
Roční spotřeba a úspora energie				
Potřeba tepla na vytápění	[MWh.a ⁻¹]	14,35	14,35	14,35
Potřeba energie na přípravu teplé vody		2,75	2,75	2,75
Potřeba energie na osvětlení		0,59	0,59	0,59
Potřeba energie na technologické a ostatní procesy		2,96	2,96	2,96
Spotřeba paliva - dřevěné pelety		0	16,54	0
Spotřeba elektrické energie ze sítě		6,64	2,12	18,25
Výroba elektrické energie		3,32	3,32	3,32
Prodej energie cizím		0	0	0
Konečná spotřeba paliv a energie		9,96	21,98	21,57
Úspora energie ve srovnání se stávajícím stavem		59,42	47,40	47,81
Neobnovitelná primární energie		19,94	9,66	54,74
Produkce CO ₂	[tCO ₂ .a ⁻¹]	7,78	2,48	21,35

Tab. 5.10 – Shrnutí variant - technické

Ukazatel		Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3
Spotřeba paliva - dřevěné pelety	[tis. Kč.a ⁻¹]	0	20,87	0
Spotřeba elektrické energie ze sítě		22,15	11,02	50,61
Prodej energie cizím		0	0	0
Pravidelné roční servisní prohlídky		1,50	0	0,80
Pojištění FVE		1,00	1,00	1,00
Celková výše výdajů - STS		24,65	32,89	52,41
Úspora výdajů ve srovnání se stávajícím stavem - STS		39,42	31,18	11,66
Reinvestice a občasný výdaje				
Revize FVE každý 4. rok	[tis. Kč]	1,00	1,00	1,00
Výměna měniče v 16. roce		42,50	42,50	42,50
Výměna kompresoru v 11. roce		25,00	0	0
Revize kotle na pelety každý 2. rok		0	1,40	0
Oprava kotle na pelety v 11. roce		0	5,00	0
Výměna topných spirál v 13. roce		0	0	2,25
Výměna řídicí desky v 13. roce		0	0	2,90
Investice a celková výše dotační podpory				
Investice	[tis. Kč]	718,81	536,08	496,47
Finanční dotace		254,06	227,80	134,06
Investice po odečtení dotace		464,75	308,28	362,41

Tab. 5.11 – Shrnutí variant - ekonomické

6 Ekonomické zhodnocení

Optimální varianta vedoucí ke zlepšení stávajícího stavu hospodaření s energií v objektu je posuzována z hlediska efektivnosti investic a provozních výdajů respektive úspor vzniklých aplikací sady opatření. K ekonomickému posouzení je využito metody čisté současné hodnoty, diskontované doby návratnosti a vnitřního výnosového procenta. Jedná se o metody, které při posuzování peněžních toků zohledňují faktor času. Budoucí provozní výdaje respektive úspory jednotlivých variant jsou tedy diskontovány, neboli přepočítány na současnou hodnotu.

6.1 Metodika

Metoda NPV (Net Present Value) – čistá současná hodnota dána vztahem (6.1) je součtem diskontovaných hotovostních toků v jednotlivých letech životnosti projektu.

Neboli říká, kolik peněz projekt za zvolenou dobu své životnosti přinese nebo sebere vzhledem k očekávání. Hodnocení se provádí použitím diskontu, který charakterizuje časovou hodnotu peněz, riziko a tzv. opportunity cost (náklady obětované/alternativní příležitosti). Varianta s nejvyšší kladnou hodnotou *NPV* je považována za ekonomicky nejvýhodnější.

$$NPV = \sum_{t=0}^T \frac{CF_t}{(1+r)^t} \quad [\text{Kč}] \quad (6.1)$$

Kde:

CF_t – tok hotovosti v čase t [Kč]

t – čas [rok]

T – doba životnosti projektu [rok]

r – diskont [%]

Metoda DPP (Discounted Payback Period) – diskontovaná doba návratnosti udává dobu, za kterou diskontované příjmy z projektu dorovnájí počáteční výši investice vynaloženou na tento projekt. Tedy doba návratnosti investice nastává právě ve chvíli, když je hodnota *NPV* rovna 0.

$$0 = \sum_{t=0}^{DPP} \frac{CF_t}{(1+r)^t} \quad [\text{rok}] \quad (6.2)$$

Metoda IRR (Internal Rate of Return) – vnitřní výnosové procento poskytuje informaci o tom, kolik procent přinese hodnocený projekt, pokud uvažujeme časovou hodnotu peněz. Jedná se tedy o metodu relativní. Investice je přijatelná, pokud hodnota *IRR* je stejná, případně vyšší než stanovený diskont. Pro projekty hodnocené pomocí této metody platí, čím vyšší hodnota *IRR*, tím lepší relativní zhodnocení investice.

$$0 = \sum_{t=0}^T \frac{CF_t}{(1+IRR)^t} \quad [\%] \quad (6.3)$$

6.2 Stanovení diskontu, eskalace cen a doby porovnání

Před samotným použitím uvedených metod, je nutné nejdříve stanovit výši diskontu. Jeho hodnotu ve výši 2,3 % jsem stanovil jako sumu průměrné roční inflace v roce 2015, která je dle ČSÚ 0,3 %, ^[22] úroku poskytovaného spořicí účetem ve výši 1 % ^[23] a 1% rizikové prémie. Jelikož ceny energie nejsou v čase konstantní, nesmí být proto opomenuta roční eskalace cen energií. Pro ekonomické hodnocení projektů stanovuje vyhláška o energetickém auditu a energetickém posudku č. 480/2012 Sb. roční růst cen energie ve výši 3 %. Což je relativně vysoká hodnota, proto jsem roční eskalaci zvolil ve výši 2 %. Zmiňovaná vyhláška dále uvádí také dobu porovnání 20 let. Tuto hodnotu nadále uvažuji, protože jak jsem u jednotlivých opatření zmínil, lze u navrhovaných zdrojů tepla dosáhnout vynaložením reinvestic do dílčích prvků až 20-ti leté doby životnosti. Co se týče delší doby životnosti zateplení a FVE systému, zde uvažuji zůstatkovou hodnotu těchto opatření určenou účetními odpisy. U FVE systému je navíc k zůstatkové hodnotě nutné přičíst také potenciální úspory výdajů na elektrickou energii vzniklé jeho užíváním.

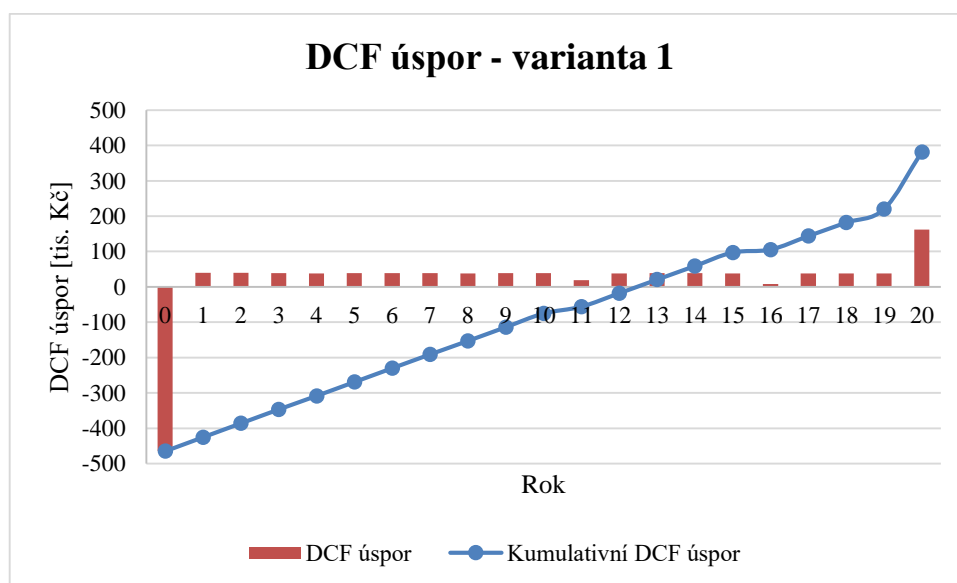
Diskont	Roční eskalace cen energií	Doba porovnání	
2,3 %	2 %	20 let	
Opatření	Diskontovaná zůstatková hodnota na konci 20. roku	Diskontované potenciální úspory	
		D02d	D57d
	[tis. Kč]		
Zateplení	56,01	-	-
FVE s akumulací přebytků do vody	33,76	48,14	37,48
FVE s akumulací přebytků do vody bez nádrže z ceníku	30,76		

Tab. 6.1 – Vstupní hodnoty pro ekonomické zhodnocení

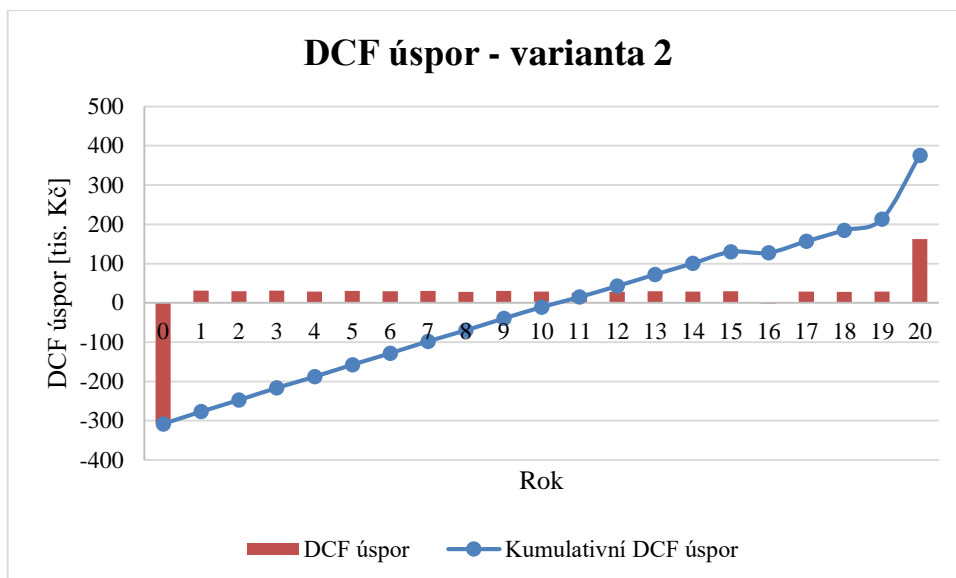
6.3 Vlastní ekonomické vyhodnocení variant

Hotovostní toky jednotlivých variant potřebné pro použití uvedených metod lze odečíst z *Tab. 5.11*. Roční výdaje na provoz objektu ve stávajícím stavu upravují pouze o eskalaci cen energií. Nejsou tedy pro zjednodušení uvažovány žádné reinvestice do stávajícího zdroje tepla. Pokud by uvažovány byly, hodnota čisté současné hodnoty úspor by u každé z posuzovaných variant pouze vzrostla o diskontovanou výši této reinvestice.

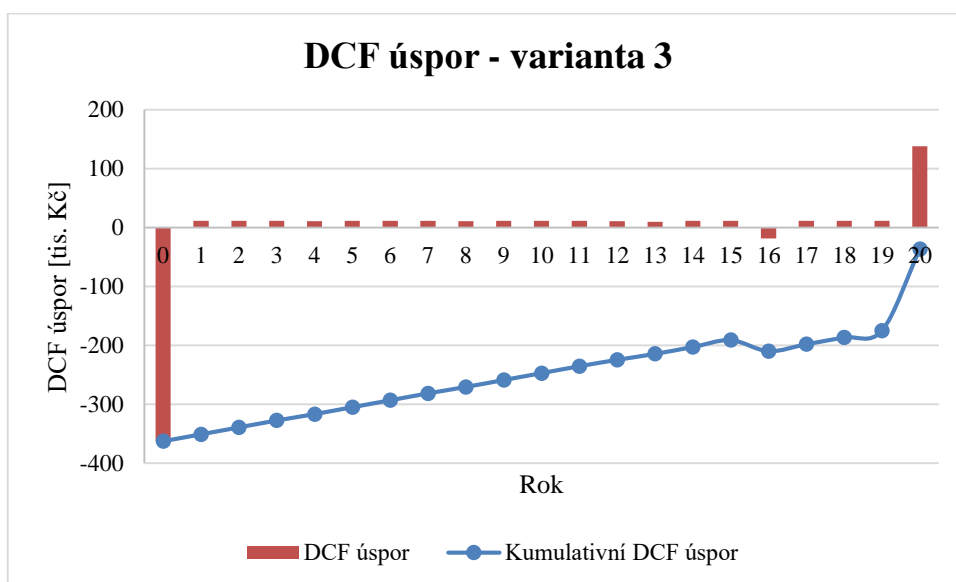
Na základě uvedených informací byl sestaven ekonomický model pro navrhované varianty. *Graf 6.1*, *Graf 6.2* a *Graf 6.3* znázorňuje výše diskontovaných úspor v jednotlivých letech a také průběh kumulativní diskontované hodnoty úspor. V 0. roce byly vynaloženy investice do pořízení jednotlivých variant, tudíž DCF musí zákonitě nabývat záporných hodnot. Avšak výdaje na provoz domácnosti v dalších letech jsou nižší, než u stávajícího stavu objektu, a proto dochází k finanční úspoře. Výše úspory ovšem není konstantní, protože je ovlivněná eskalací cen energie, snížením účinnosti FVE systému a také reinvesticemi do jednotlivých zařízení. Například všechny navrhované varianty disponují FVE systémem, u kterého je nutné v 16. roce provést výměnu měniče. Při pohledu na jednotlivé grafy, lze tuto operaci pozorovat snížením hodnoty DCF v 16. roce. U variant 2 a 3 by dokonce v tomto roce nevznikla žádná finanční úspora výdajů, ale naopak by byl provoz domácnosti dražší než v současnosti. V posledním roce doby porovnání lze pozorovat strmý nárůst kumulativního DCF úspor, protože jsou přičteny zůstatkové hodnoty zateplení, FVE systému a také potenciální úspory z vyrobené elektřiny tímto systémem.



Graf 6.1 – DCF úspor - varianta 1

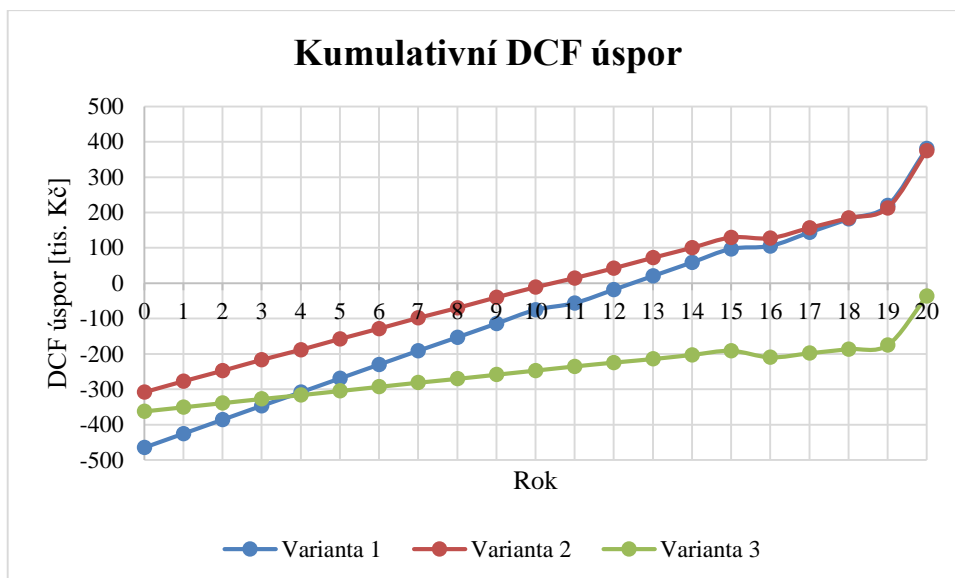


Graf 6.2 – DCF úspor - varianta 2



Graf 6.3 – DCF úspor - varianta 3

V *Graf 6.4* je znázorněn průběh kumulativního DCF úspor všech variant. Je patrné, že se výhodnost variant během let mění. Do cca 4. roku si varianta 3 s elektrokotlem stojí lépe než varianta s tepelným čerpadlem. Avšak kvůli více jak trojnásobně vyšší úspoře provozních výdajů užíváním tepelného čerpadla, tomu nadále tak není. Porovnáním varianty 1 a 2 není z grafu po cca 18. roce možné rozpoznat, která z variant si stojí lépe. To lze ovšem posoudit pomocí hodnot NPV, které odpovídají výši kumulativního DCF úspor ve 20. roce.



Graf 6.4 – Kumulativní DCF úspor

Vypočtenou hodnotu kritéria NPV úspor pro jednotlivé varianty uvádím v Tab. 6.2. Dále je v tabulce zanesena hodnota vnitřního výnosového procenta a také doba diskontované návratnosti. Tu lze pro první dvě varianty přibližně také určit z předešlých grafů. Kumulativní DCF úspor varianty 3 neprotíná osu X tedy v době porovnání nedochází k jejímu splacení.

		Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3
NPV úspor	[tis. Kč]	381,25	375,10	-36,41
DPP	[rok]	12,47	10,43	-
IRR	[%]	5,90	7,97	-0,76

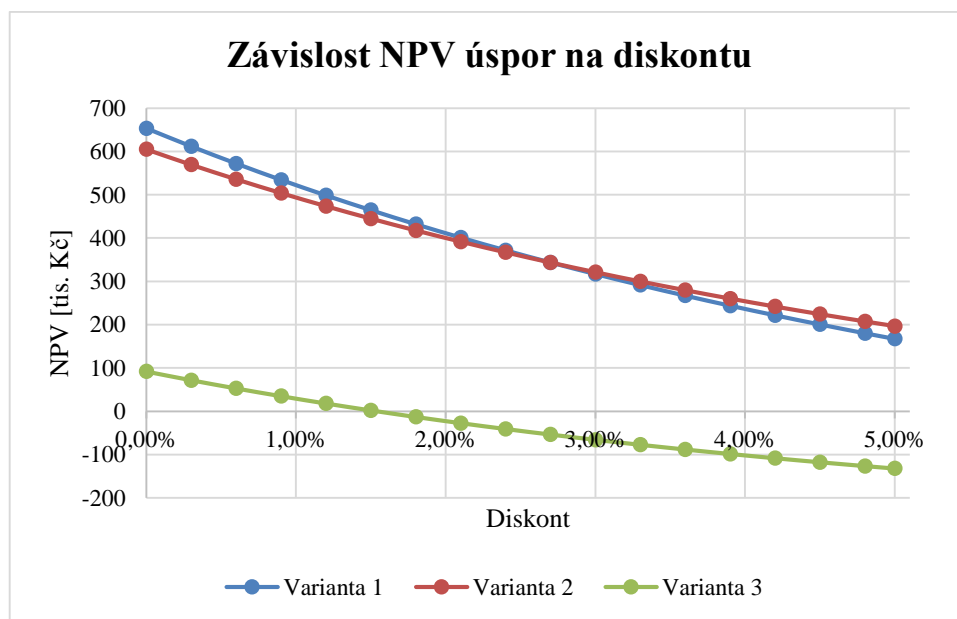
Tab. 6.2 – Vypočtené hodnoty kritérií NPV, DPP a IRR

Na základě kritéria diskontované doby návratnosti a vnitřního výnosového procenta je varianta 2 nejvýhodnější. Investice do této varianty přinese nejvyšší relativní zhodnocení a vrátí se již v 11. roce jejího užívání. Ovšem při posuzování investic do jednotlivých variant zlepšujících energeticky velmi nevhodný stav objektu je směřovatelné kritérium čisté současné hodnoty. Dle hodnot NPV úspor se jako ekonomicky optimální jeví varianta 1 s tepelným čerpadlem, která je nepatrně výhodnější než varianta 2 využívající kotel na pelety. Variantu s elektrokotlem nelze na základě hodnot kritéria NPV ani IRR uvažovat, protože jak bylo zmíněno na začátku této kapitoly, přijatelné jsou pouze investice do projektů s nezápornou hodnotou těchto kritérií.

6.4 Citlivostní analýza

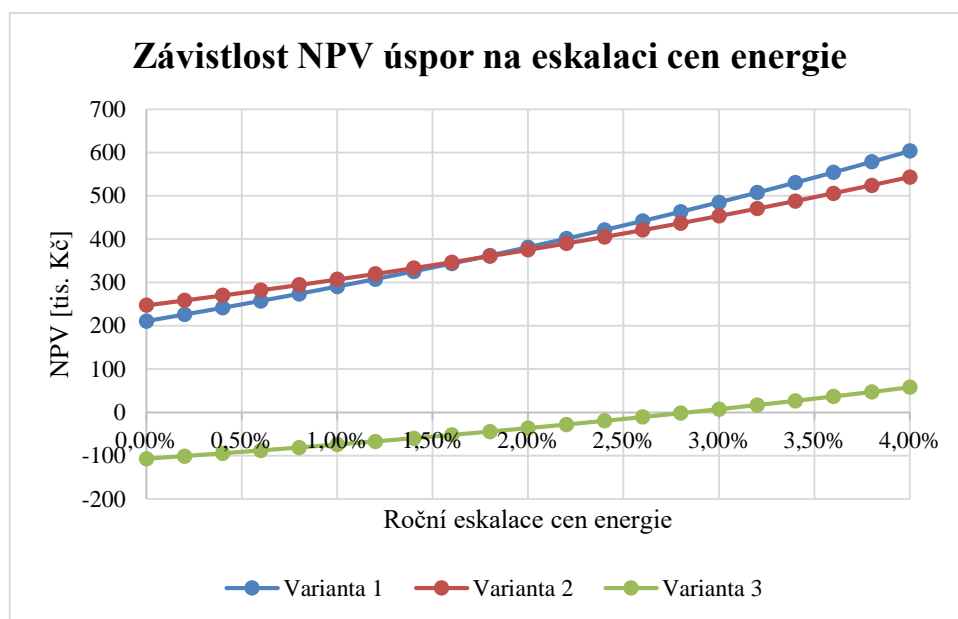
Ekonomická výhodnost navrhovaných variant posuzována uvedenými kritérii je zřejmá. Ovšem je třeba si uvědomit, že vypočítané hodnoty kritérií se na základě vstupných veličin mění. Z tohoto důvodu jsem sestavil citlivostní analýzu na vybrané vstupní proměnné, kterými jsou diskont, eskalace cen energie, výše počáteční investice a roční snížení účinnosti FVE systému. Zkoumám tedy jaký vliv má změna těchto veličin na NPV úspor jednotlivých variant.

Výše diskontu byla sice pečlivě stanovena, ale i přesto je jeho hodnota subjektivně záležitostí, protože si každý cení svých finančních prostředků jinak. Z tohoto důvodu jsem pro citlivostní analýzu zvolil diskont v intervalu od 0 % do 5 %. Jak je patrné z *Graf 6.5*, diskont má značný vliv na výši čisté současné hodnoty. S rostoucí výší diskontu klesá hodnota NPV. Varianta 3 je za jakéhokoliv diskontu nejméně výhodná, ale do výše diskontu cca 1,5 % ji již lze uvažovat, jelikož NPV dosahuje kladných čísel. Co se týče optimální varianty, zde není situace už tak zřejmá. Pro nižší hodnoty diskontu je varianta s tepelným čerpadlem stále optimální. Pokud ovšem diskont stanovíme vyšší, tak je nahrazena variantou 2 využívající kotel na pelety. Hodnotu diskontu, ve které se mění ekonomicky optimální varianta lze z grafu vyčíst pouze nepřesně. Ovšem při pohledu do *Tab. 9.3 v příloze 8* je možné tuto mez shledat v diskontu cca 2,7 %.



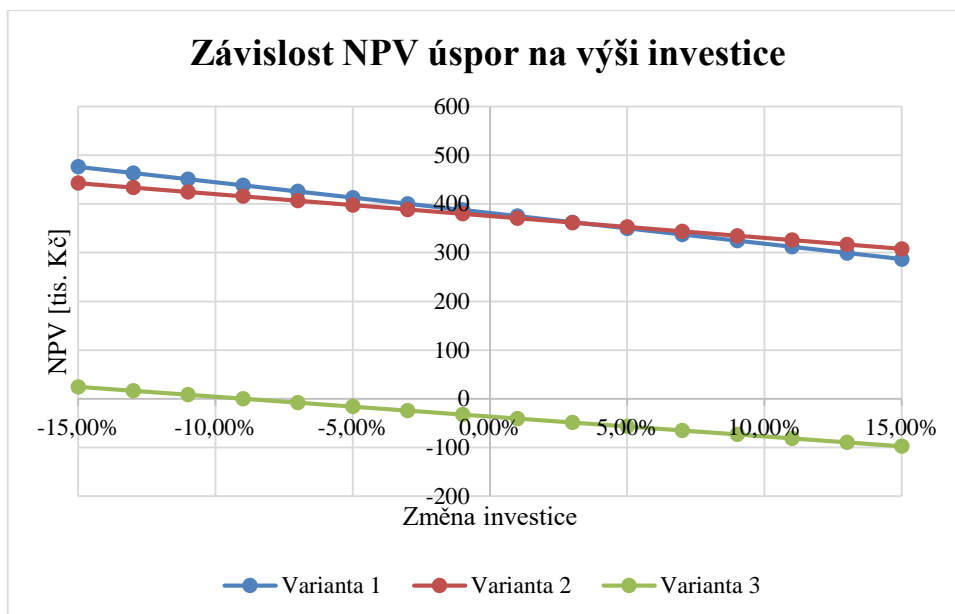
Graf 6.5 – Závislost NPV úspor na diskontu

Průměrný růst cen energií v horizontu 20-ti let je nemožné, z důvodu velkého množství ovlivňujících faktorů, přesně stanovit. V citlivostní analýze proto uvažují roční eskalaci cen energií od 0 % do 4 %. Jak se dalo předpokládat, s rostoucí eskalací, roste také NPV, protože ušetřená energie bude mít kvůli eskalaci vyšší cenu než nyní. Z *Graf 6.6* lze vyčíst, že pokud by roční eskalace cen energií dosahovala cca 2,8 %, tak je možné uvažovat variantu 3, ale i tak tato varianta nebude z hlediska NPV nejvýhodnější. Na pozici nejvýhodnější investice se opět střídají varianty 1 a 2. Přičemž varianta 1 s tepelným čerpadlem je výhodnější při roční eskalaci cen energií cca 1,8 % a více.



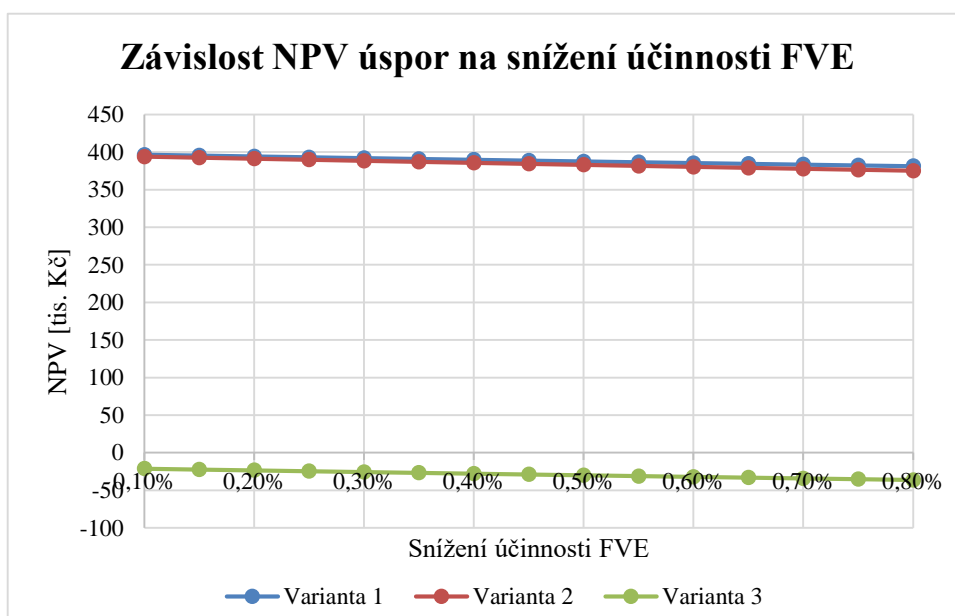
Graf 6.6 – Závislost NPV úspor na eskalaci cen energie

Výše investičních výdajů byly určeny co možná nejpřesněji tak, aby odpovídaly skutečnosti. Ovšem každý objekt má individuální požadavky na instalační materiál případně na rozsah montážních prací. Také ceny jednotlivých komponentů se mění, a proto je nutné tyto změny vzít v potaz a zjistit tak, jaký vliv mají na výhodnost navržených variant. Je zcela zřejmé, že s rostoucí výší investičních výdajů klesá hodnota NPV úspor. Z *Graf 6.7* je patrné, že vliv počáteční investice na ekonomicky nejvýhodnější variantu nastává pouze v případě, kdy dojde k navýšení vstupní investice o cca 5 %. Poté by byla dle hodnoty kritéria NPV varianta s kotlem na pelety na prvním místě.



Graf 6.7 – Závislost NPV úspor na výši investice

Vstupní hodnota ročního snížení účinnosti FVE panelů byla stanovena ve výši 0,8 %. V praxi se ovšem ukázalo, že pokles účinnosti FVE panelů je nižší.^[21] Proto v provedené citlivostní analýze v Graf 6.8 zkoumám, jaký vliv tento roční pokles výkonu představuje na ekonomickou výhodnost variant. Lze prohlásit, že se díky množství vyráběné elektřiny jedná o zanedbatelný vliv, který nezmění výhodnost variant.



Graf 6.8 – Závislost NPV úspor na snížení účinnosti FVE

6.5 Závěrečné doporučení

Z čistě ekonomického hlediska doporučuji na základě kritéria NPV úspor investici ve výši 464,75 tis. Kč do varianty 1 tedy do kombinace zateplení, FVE systém s využitím akumulární nádrže a tepelné čerpadlo vzduch/voda. Aplikace této varianty představuje více než 85% snížení celkové spotřeby energie v posuzované domácnosti. Roční výdaje na provoz objektu tak klesnou na necelých 40 % stávajících výdajů. Dále dochází k nezanedbatelnému snížení vlivu provozu budovy na životní prostředí.

Ukazatel		Stávající stav	Stav po realizaci varianty 1	Změna	
Energetická náročnost budovy	-	F	B	-	✓
Průměrný součinitel prostupu tepla	[W.m ⁻² .K ⁻¹]	0,97	0,33	-65,98%	✓
Měrná potřeba tepla na vytápění	[kWh.m ⁻² .a ⁻¹]	180,3	68,4	-62,06%	✓
Spotřeba paliv a energie	[MWh.a ⁻¹]	69,38	9,96	-85,64%	✓
Neobnovitelná primární energie		88,29	19,94	-77,42%	✓
Produkce CO ₂	[tCO ₂ .a ⁻¹]	30,08	7,78	-74,14%	✓
Výdaje na provoz domácnosti	[tis. Kč.a ⁻¹]	64,07	24,65	-61,53%	✓

Tab. 6.3 – Změna vybraných ukazatelů optimální varianty oproti stávajícímu stavu

Mezi přednosti doporučované varianty patří také bezesporu nulová obsluha zdroje tepla. Jelikož tepelné čerpadlo spotřebovává elektrickou energii, odpadá potřeba manuálního doplňování paliva do zásobníku a odstraňování popela. Navíc dosavadní prostory určené ke skladování paliva lze poté využít k jiným účelům. Využití tepelného čerpadla jakožto hlavního zdroje tepla tedy představuje zvýšení domácího komfortu.

V případě, že by primárním hodnotícím hlediskem byla ekologie, doporučil bych variantu 2 využívající kotel na pelety. Díky nižšímu faktoru neobnovitelné primární energie u dřevních pelet a nulové produkci CO₂ jejich spalováním by negativní vliv provozu budovy na životní prostředí byl daleko nižší, viz Tab. 5.10. Z hlediska kritéria NPV úspor by se přitom jednalo pouze o nepatrné zhoršení. Provoz tohoto zdroje tepla není však bezobslužný a čas strávený obsluhou lze jistě také finančně ohodnotit.

I přestože bylo zavedení Nové tarifní struktury na hladině nízkého napětí odloženo na rok 2019, je nutné tuto případnou změnu brát v úvahu, protože bude mít vliv na navržené varianty. Pro komplexní zhodnocení variant z hlediska celého souboru kritérií je dobré využít vícekritériální analýzy a doporučit tak variantu nejlépe odpovídající požadavkům majitele.

7 Závěr

V této diplomové práci jsem se zabýval návrhem technickoekonomicky optimálního řešení pro konkrétní objekt z hlediska jeho energetických potřeb. Nejprve bylo však nutné seznámit se s aktuálním dělením budov vzhledem k jejich energetické náročnosti. Po zjištění aktuálně posuzovaných kritérií pro kategorizaci budov jsem řešil konkrétní případovou studii. Představeným objektem byl rodinný dům nacházející se v západních Čechách. Za účelem návrhu zlepšujících opatření jsem zhodnotil jeho současný stav hospodaření s energií, jak po technické, tak i ekonomické stránce.

Energetická náročnost budovy byla dle vyhlášky MPO ČR č. 78/2013 Sb. shledána velmi nevhodnou. Ze zhodnocení rovněž vyplynuly konkrétní nedostatky, které současný stav charakterizují. K jejich odstranění, a tedy ke snížení energetické náročnosti objektu, jsem navrhl několik zlepšujících opatření. Mezi ně patří zdokonalení tepelné izolačních vlastností obálky budovy, výměna zastaralého zdroje tepla za tepelné čerpadlo, elektrokotel nebo za kotel na pelety a pořízení vlastního zdroje elektrické energie.

Kombinací jednotlivých opatření byly navrženy celkem 3 varianty, které sestávaly ze zateplení obvodové konstrukce, střešního FVE systému a jednoho z navrhovaných zdrojů tepla. Jejich případná realizace by pro domácnost představovala nemalé snížení nejen spotřeby energie (86% pro variantu 1, 68% pro variantu 2 a 69% pro variantu 3), ale také snížení provozních výdajů. Další konkrétní hodnoty uvádím v *podkapitole 5.4*. Varianty řešení objektu z hlediska energetických potřeb jsem mezi sebou porovnal a na základě hodnotícího kritéria čisté současné hodnoty úspor jsem poté doporučil ekonomicky optimální variantu.

V práci jsem zvažil, pomocí citlivostní analýzy, možný vliv změny vstupní hodnoty diskontu, eskalace cen energie, počáteční investice a snížení účinnosti FVE systému na vyšší čisté současné hodnoty. Tento fakt byl zohledněn při výběru optimální varianty 1, která je pro posuzovaný objekt z hlediska ekonomické efektivity nejvýhodnější.

8 Použité zdroje

Tištěná literatura

[1L] BERANOVSKÝ, J., POKORNÝ, J. Je úsporný dům opravdu úsporný? Z čeho postavit úsporný dům? [online] Praha, EkoWATT, Centrum pro obnovitelné zdroje a úspory energie z. s. 2014. ISBN: 978-80-87333-10-5. Dostupné z: www.ekowatt.cz

[2L] TYWONIAK J. a kolektiv. Nízkoenergetické domy 3: nulové, pasivní a další. Praha: Grada Publishing, a.s. 2012. ISBN 978-80-247-3832-1.

[3L] VRBECKÝ, K. Optimalizace otopného systému v domácnosti. Praha, 2014. Bakalářská práce.

Internetové zdroje

[1I] Uhelné sklady TUKEI s.r.o. [online]. 2015 [cit. 2015-10-31]. Dostupné z: http://tukei.cz/cenik_Cheb.pdf

[2I] Kolektiv autorů. Průkaz energetické náročnosti u objektů s elektrickým vytápěním. TZB - info [online]. Fenix Trading s.r.o., 2013 [cit. 2015-12-05]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov/10207-prukaz-energeticke-narocnosti-u-objektu-s-elektrickym-vytapenim>

[3I] Styro EPS 70. Styrotrade [online]. STYROTRADE, a.s., 2015 [cit. 2015-12-05]. Dostupné z: <http://styrotrade.cz/cs/produkty/strechy/izolace-bezne-zatizenych-plochych-strech/styro-eps-70/>

[4I] Fasádní polystyren Styrotrade styro EPS 70 F tl. 120mm. E - stavebniny [online]. STYROTRADE, a.s., 2015 [cit. 2015-12-05]. Dostupné z: <http://www.e-stavebniny.cz/fasadni-polystyren-styrotrade-styro-eps-70-f-tl-120mm-dx000057.php>

[5I] Fasádní polystyren Styrotrade styro EPS 70 F tl. 40mm. E - stavebniny [online]. STYROTRADE, a.s., 2015 [cit. 2015-12-05]. Dostupné z: <http://www.e-stavebniny.cz/fasadni-polystyren-styrotrade-styro-eps-70-f-tl-40mm-dx000050.php>

[6I] STUDENÝ, R. Zateplení fasády cena za m2. ZOFI fasády [online]. 2011 [cit. 2015-12-05]. Dostupné z: <http://www.zatepleni-fasad.eu/vse-o-zatepleni/zatepleni-fasady-cena-za-m2/>

[7I] BECHNÍK, B. Optimální orientace a sklon fotovoltaických panelů. TZB info [online]. 2014 [cit. 2016-03-06]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/114865-optimalni-orientace-a-sklon-fotovoltaickych-panelu>

[8I] Kolektiv autorů. Přepočtené TDD. OTE, a.s. [online]. 2016 [cit. 2016-03-06]. Dostupné z: http://www.ote-cr.cz/statistika/typove-diagramy-dodavek-elektriny/prepoctene-tdd/page_report_29

- [9I] HULD, T. a E. D. DUNLOP. PV potential estimation utility. Photovoltaic Geographical Information System [online]. 2012 [cit. 2016-03-06]. Dostupné z: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php?lang=en>
- [10I] Jistič 32A třífázový PL7-B32/3 Eaton. Elektro Palouček [online]. 2016 [cit. 2016-03-26]. Dostupné z: <https://www.elektro-paloucek.cz/jistici-technika/jistice-trifazove/jistic-32a-trifazovy-pl7-b32-3-eaton-p-10440>
- [11I] Kolektiv autorů. Cenový kalkulátor. Energetický regulační úřad [online]. 2016 [cit. 2016-03-26]. Dostupné z: <http://kalkulator.eru.cz/DetailVypoctuPlatby.aspx>
- [12I] Ceník. ATMOS s.r.o. [online]. 2016 [cit. 2016-03-26]. Dostupné z: <http://www.atmos.eu/cenik/>
- [13I] Ceník pelet, briket, dřeva a uhlí. Espedi paliva [online]. ESEL TECHNOLOGIES s.r.o., 2016 [cit. 2016-03-26]. Dostupné z: <http://espedi.esel.cz/w/1761/cenik-pelet-briket-dreva-a-uhli>
- [14I] Fronius SYMO 5.0-3. David Štíčka fotovoltaické systémy [online]. 2016 [cit. 2016-03-26]. Dostupné z: <http://www.sticka.cz/kategorie/menice-dc-ac/fronius-symo-5-0-3-m-light/>
- [15I] Fronius SYMO Hybrid 5.0-3-S. David Štíčka fotovoltaické systémy [online]. 2016 [cit. 2016-03-26]. Dostupné z: <http://www.sticka.cz/kategorie/hybridni-stridace-fronius/fronius-symo-hybrid-5-0-3-s/>
- [16I] Kolektiv autorů. Nová tarifní struktura. Energetický regulační úřad [online]. 2016 [cit. 2016-03-29]. Dostupné z: <https://www.eru.cz/cs/tarify>
- [17I] Závazné pokyny pro žadatele a příjemce podpory z podprogramu Nová zelená úsporám. Nová zelená úsporám [online]. Ministerstvo životního prostředí, 2015 [cit. 2016-04-07]. Dostupné z: http://www.novazelenausporam.cz/file/476/zavazne-pokyny-pro-zadatele-rd_3_vyzva.pdf
- [18I] ZILVAR, J. a V. STUPAVSKÝ. Kotlíková dotace 2015-2020: podmínky a podrobnosti. TZB - info [online]. 2015 [cit. 2016-04-07]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/kotlikove-dotace/12985-kotlikova-dotace-2015-2020-podminky-a-podrobnosti>
- [19I] Základní pravidla pro fyzické osoby. Operační program Životní prostředí [online]. Státní fond životního prostředí ČR, 2016 [cit. 2016-04-07]. Dostupné z: <http://www.opzp.cz/dokumenty/138-zakladni-pravidla-pro-fyzicke-osoby?verze=1>
- [20I] Kolektiv autorů. Kalkulátor Nové tarifní struktury v elektroenergetice pro nízké napětí. Energetický regulační úřad [online]. 2016 [cit. 2016-04-07]. Dostupné z: <http://www.novatarifnistruktura.cz/nn.php?typ=doma>
- [21I] VANĚČEK, M. a A. FEJFAR. Fotovoltaika: Jaká je nejlepší dostupná technologie [online]. Praha, 2010 [cit. 2016-04-17]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika/6327-fotovoltaika-jaka-je-nejlepsi-dostupna-technologie>
- [22I] Kolektiv autorů. ČSÚ: Průměrná míra inflace v roce 2015 byla 0,3 procenta. Parlamentní listy [online]. 2016 [cit. 2016-04-28]. Dostupné z:

<http://www.parlamentnilisty.cz/zpravy/tiskovezpravy/CSU-Prumerna-mira-inflace-v-roce-2015-byla-0-3-procenta-416799>

[23I] Spořicí účet. Wüstenrot [online]. 2016 [cit. 2016-04-28]. Dostupné z: <https://www.wuestenrot.cz/sporeni/sporici-ucet>

Technické normy a technické normalizační informace

[1N] ČSN 73 0540-3 – Tepelná ochrana budov - Část 3: Návrhové hodnoty veličin

[2N] ČSN EN 12831 – Tepelné soustavy v budovách

[3N] ČSN EN ISO 6946 – Stavební prvky a stavební konstrukce

[4N] ČSN EN ISO 13790 – Energetická náročnost budov - Výpočet spotřeby energie na vytápění a chlazení

[5N] ČSN EN ISO 73 0540 – 4 – Tepelná ochrana budov - Část 4: Výpočtové metody

[6N] ČSN 73 0540 – 2 (2011) – Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky

[7N] TNI 73 0329 – Zjednodušené výpočtové hodnocení a klasifikace obytných budov s velmi nízkou potřebou tepla na vytápění - Rodinné domy

[8N] TNI 73 0330 – Zjednodušené výpočtové hodnocení a klasifikace obytných budov s velmi nízkou potřebou tepla na vytápění - Bytové domy

[9N] ČSN EN ISO 13789 – Tepelné chování budov - Měrné tepelné toky prostupem tepla a větráním - Výpočtová metoda

Zdroje obrázků

Obr. 2.1 – Měrná roční potřeba energie na vytápění rodinného domu – Kolektiv autorů. TZB-info: Pasivní domy v Centru energetického poradenství PRE [online]. 2012 [cit. 2015-10-31]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/pasivni-domy/8206-pasivni-domy-v-centru-energetickeho-poradenstvi-pre>

Obr. 2.2 – Klasifikační třídy – Kolektiv autorů. Bonus Real: Průkaz energetické náročnosti budovy [online]. [cit. 2015-12-29]. Dostupné z: <http://www.bonusreal.cz/prukaz-energeticke-narocnosti-budov/>

Obr. 3.1 – Řez složenou konstrukcí – Vlastní tvorba

Obr. 3.2 – Sériové řazení tepelných odporů konstrukce – Vlastní tvorba

Obr. 3.3 – PENB stávajícího stavu – Energie 2015 EDU

Obr. 3.4 – Ukazatele energetické náročnosti pro stávající stav – Energie 2015 EDU

Obr. 4.1 – Střešní FVE – Kolektiv autorů. Novela zákona FVE s obtížnou podmínkou. Magazín o obnovitelných zdrojích a úsporách energie[online]. 2014 [cit. 2016-03-14]. Dostupné z: <http://www.fotovoltaika.cz/vyroba-energie/legislativa/1075/novela-zakonu-fve-s-obtiznou-podminkou/>

Obr. 5.1 – Logo NZU – Nová zelená úsporám. Styrotrade [online]. 2016 [cit. 2016-04-07]. Dostupné z: <http://styrotrade.cz/cs/nova-zelena-usporam/>

Obr. 5.2 – PENB po realizaci varianty 1 – Energie 2015 EDU

Obr. 5.3 – Kotel na pelety ATMOS D 14 P – Ekologické a plně automatické kotle na pelety ATMOS. ATMOS [online]. 2016 [cit. 2016-04-09]. Dostupné z: <http://www.atmos.eu/kotle-na-pelety/>

Obr. 5.4 – PENB po realizaci varianty 2 – Energie 2015 EDU

Obr. 5.5 – Elektrokotel Protherm RAY 9K – Protherm RAY 9K. Heureka [online]. 2016 [cit. 2016-04-14]. Dostupné z: <http://kotle.heureka.cz/protherm-ray-9k/>

Obr. 5.6 – PENB po realizaci varianty 3 – Energie 2015 EDU

Obr. 9.1 – Nová zelená úsporám, podmínky a výše podpory v oblasti A – Závazné pokyny pro žadatele a příjemce podpory z podprogramu Nová zelená úsporám. Nová zelená úsporám [online]. 2015 [cit. 2016-04-07]. Dostupné z: http://www.novazelenausporam.cz/file/476/zavazne-pokyny-pro-zadatele-rd_3_vyzva.pdf

Obr. 9.2 – Ukazatele energetické náročnosti budovy po realizaci varianty 1 – Energie 2015 EDU

Obr. 9.3 – Ukazatele energetické náročnosti budovy po realizaci varianty 2 – Energie 2015 EDU

Obr. 9.4 – Ukazatele energetické náročnosti budovy po realizaci varianty 3 – Energie 2015 EDU

Zdroje tabulek

Tab. 2.1 - Základní charakteristika pasivních budov – ČSN 73 0540 – 2 (2011) – Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky

Tab. 2.2 – Základní požadavky na energeticky nulové budovy – ČSN 73 0540 – 2 (2011) – Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky

Tab. 2.3 – Ukazatele energetické náročnosti – Data z vyhlášky 78/2013 Sb.

Tab. 3.1 – Základní údaje o pozemku a stavbě – Vlastní tvorba

Tab. 3.2 – Skladba obalových konstrukcí – hodnoty z: Kolektiv autorů. Materiály. Tzb-info [online]. 2001-2015 [cit.2015-12-07]. Dostupné z: http://www.tzb-info.cz/docu/tabulky/0000/000068_katalog.html#beton_hutny

Tab. 3.3 – Hodnoty odporů R_{si}, R_{se} – Kolektiv autorů. Výpočet součinitele prostupu tepla -nápověda. Tzb info [online]. 2001-2015 [cit. 2015-11-10]. Dostupné z: http://www.tzb-info.cz/docu/tabulky/0000/000086_help.html

Tab. 3.4 – Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla – Vlastní tvorba

Tab. 3.5 – Součinitel prostupu tepla otvorových výplní – Vlastní tvorba

- Tab. 3.6 – Tepelné vlastnosti stávající konstrukce – Vlastní tvorba
- Tab. 3.7 – Energetická bilance stávajícího stavu – Vlastní tvorba
- Tab. 3.8 – Splnění ukazatelů EN pro stávající stav budovy – Vlastní tvorba na základě dat z programu Energie 2015 EDU
- Tab. 4.1 – Souhrn technických údajů aplikací opatření 1 – Vlastní tvorba
- Tab. 4.2 – Cena materiálu a izolačních prací^[6] – Vlastní tvorba
- Tab. 4.3 – Změny použitím opatření 1 – Vlastní tvorba
- Tab. 4.4 – Cenová nabídka pro FVE s akumulací nádrží – Vytvořeno na základě vypracované cenové nabídky firmou David Štička fotovoltaické systémy
- Tab. 4.5 – Cenová nabídka pro FVE s akumulátorem – Vytvořeno na základě vypracované cenové nabídky firmou David Štička fotovoltaické systémy
- Tab. 4.6 – Cenová nabídka pro TČ – Vlastní s daty z cenové nabídky vypracované ing. Davidem Šafránkem, STIEBEL ELTRON spol. s.r.o.
- Tab. 4.7 – Změny použitím opatření 3 – Vlastní tvorba
- Tab. 4.8 – Cenová nabídka pro kotel na pelety^[12] – Sestavena na základě údajů poskytnutých firmou ATMOS
- Tab. 4.9 – Změny použitím opatření 4 – Vlastní tvorba
- Tab. 4.10 – Cenová nabídka pro elektrokotel – Vlastní na základě cenové nabídky vypracované autorizovaným technikem panem Davidem Rezkem
- Tab. 4.11 – Změny použitím opatření 5 – Vlastní tvorba
- Tab. 5.1 – Výše dotace pro variantu 1 – Vlastní tvorba
- Tab. 5.2 – Spotřeba energie a výše výdajů po realizaci varianty 1 – Vlastní tvorba
- Tab. 5.3 – Splnění ukazatelů EN po realizaci varianty 1 – Vlastní tvorba na základě dat z programu Energie 2015 EDU
- Tab. 5.4 – Výše dotace pro variantu 2 – Vlastní tvorba
- Tab. 5.5 – Spotřeba energie a výše výdajů po realizaci varianty 2 – Vlastní tvorba
- Tab. 5.6 – Splnění ukazatelů EN po realizaci varianty 2 – Vlastní tvorba na základě dat z programu Energie 2015 EDU
- Tab. 5.7 – Výše dotace pro variantu 3 – Vlastní tvorba
- Tab. 5.8 – Spotřeba energie a výše výdajů po realizaci varianty 3 – Vlastní tvorba
- Tab. 5.9 – Splnění ukazatelů EN po realizaci varianty 3 – Vlastní tvorba na základě dat z programu Energie 2015 EDU
- Tab. 5.10 – Shrnutí variant - technické – Vlastní tvorba

- Tab. 5.11 – Shrnutí variant - ekonomické – Vlastní tvorba
- Tab. 6.1 – Vstupní hodnoty pro ekonomické zhodnocení – Vlastní tvorba
- Tab. 6.2 – Vypočtené hodnoty kritérií NPV, DPP a IRR – Vlastní tvorba
- Tab. 6.3 – Změna vybraných ukazatelů optimální varianty oproti stávajícímu stavu – Vlastní tvorba
- Tab. 9.1 – Požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla pro budovy s převažující návrhovou vnitřní teplotou θ_{im} v intervalu 18 °C až 22 °C včetně – ČSN 73 0540 – 2 – Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky
- Tab. 9.2 – Venkovní výpočtové teploty a počet dní otopného období dle jednotlivých lokalit – ČSN EN 12831 – Tepelné soustavy v budovách
- Tab. 9.3 – Citlivostní analýza na diskont – Vlastní tvorba
- Tab. 9.4 – Citlivostní analýza na eskalaci cen energií – Vlastní tvorba
- Tab. 9.5 – Citlivostní analýza na výši investici – Vlastní tvorba
- Tab. 9.6 – Citlivostní analýza na pokles účinnosti FVE – Vlastní tvorba

Zdroje grafů

- Graf 3.1 – Měrné tepelné toky objektu – Vlastní tvorba
- Graf 4.1 – Závislost součinitele prostupu tepla na tloušťce izolace – Vlastní tvorba
- Graf 4.2 – Bilance výroby a spotřeby elektřiny pro červenec – Vlastní tvorba
- Graf 4.3 – Měsíční hodnoty přebytků a ušetřené energie – Vlastní tvorba
- Graf 4.4 – Výkonové křivky TČ – software Ekonomika provozu Stiebel-Eltron
- Graf 4.5 – Topný faktor TČ – software Ekonomika provozu Stiebel-Eltron
- Graf 5.1 – Bilance výroby a spotřeby elektřiny – červenec, TDD 7 – Vlastní tvorba
- Graf 6.1 – DCF úspor - varianta 1 – Vlastní tvorba
- Graf 6.2 – DCF úspor - varianta 2 – Vlastní tvorba
- Graf 6.3 – DCF úspor - varianta 3 – Vlastní tvorba
- Graf 6.4 – Kumulativní DCF úspor – Vlastní tvorba
- Graf 6.5 – Závislost NPV úspor na diskontu – Vlastní tvorba
- Graf 6.6 – Závislost NPV úspor na eskalaci cen energie – Vlastní tvorba
- Graf 6.7 – Závislost NPV úspor na výši investice – Vlastní tvorba
- Graf 6.8 – Závislost NPV úspor na snížení účinnosti FVE – Vlastní tvorba

9 Přílohy

9.1 Příloha 1 – Normové hodnoty

Popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla [$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$]		
	Požadované hodnoty $U_{N,20}$	Doporučené hodnoty $U_{\text{rec},20}$	Doporučené hodnoty pro pasivní budovy $U_{\text{pas},20}$
Stěna vnější	0,30 ¹⁾	těžká: 0,25 lehká: 0,20	0,18 až 0,12
Střecha strmá se sklonem nad 45°	0,30	0,20	0,18 až 0,12
Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně	0,24	0,16	0,15 až 0,10
Strop s podlahou nad venkovním prostorem	0,24	0,16	0,15 až 0,10
Strop pod nevytápěnou půdou (se střechou bez tepelné izolace)	0,30	0,20	0,15 až 0,10
Stěna k nevytápěné půdě (se střechou bez tepelné izolace)	0,30 ¹⁾	těžká: 0,25 lehká: 0,20	0,18 až 0,12
Podlaha a stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině ^{4), 6)}	0,45	0,30	0,22 až 0,15
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k nevytápěnému prostoru	0,60	0,40	0,30 až 0,20
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k temperovanému prostoru	0,75	0,50	0,38 až 0,25
Strop a stěna vnější z temperovaného prostoru k venkovnímu prostředí	0,75	0,50	0,38 až 0,25
Podlaha a stěna temperovaného prostoru přilehlá k zemině ⁶⁾	0,85	0,60	0,45 až 0,30
Stěna mezi sousedními budovami ³⁾	1,05	0,70	0,5
Strop mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně	1,05	0,70	
Stěna mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně	1,3	0,90	
Strop vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně	2,2	1,45	
Stěna vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně	2,7	1,8	
Výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří	1,5 ²⁾	1,2	0,8 až 0,6
Šikmá výplň otvoru se sklonem do 45°, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí	1,4 ⁷⁾	1,1	0,9

Dveřní výplň otvoru z vytápěného prostoru do venkovního prostředí (včetně rámu)		1,7	1,2	0,9
Výplň otvoru vedoucí z vytápěného do temperovaného prostoru		3,5	2,3	1,7
Výplň otvoru vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí		3,5	2,3	1,7
Šikmá výplň otvoru se sklonem do 45° vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí		2,6	1,7	1,4
Lehký obvodový plášť (LOP), hodnocený jako smontovaná sestava včetně nosných prvků, s poměrnou plochou průsvitné výplně otvoru $f_w = A_w / A$, v m^2/m^2 , kde A je celková plocha lehkého obvodového pláště (LOP), v m^2 ; A_w plocha průsvitné výplně otvoru sloužící převážně k osvětlení interiéru včetně příslušných částí rámu v LOP, v m^2 .	$f_w \leq 0,5$	$0,3 + 1,4 \cdot f_w$	0,2 + f_w	0,15 + $0,85 \cdot f_w$
	$f_w > 0,5$	$0,7 + 0,6 \cdot f_w$		
Kovový rám výplně otvoru		-	1,8	1
Nekovový rám výplně otvoru ⁵⁾		-	1,3	0,9-0,7
Rám lehkého obvodového pláště		-	1,8	1,2

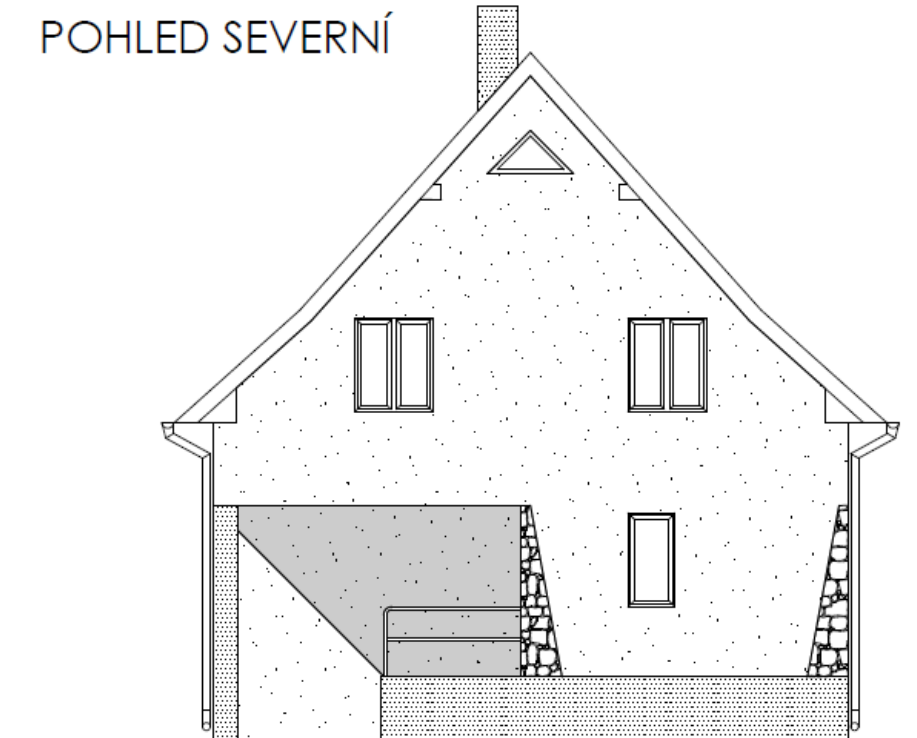
Tab. 9.1 – Požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla pro budovy s převažující návrhovou vnitřní teplotou θ_{im} v intervalu 18 °C až 22 °C včetně

Poznámky

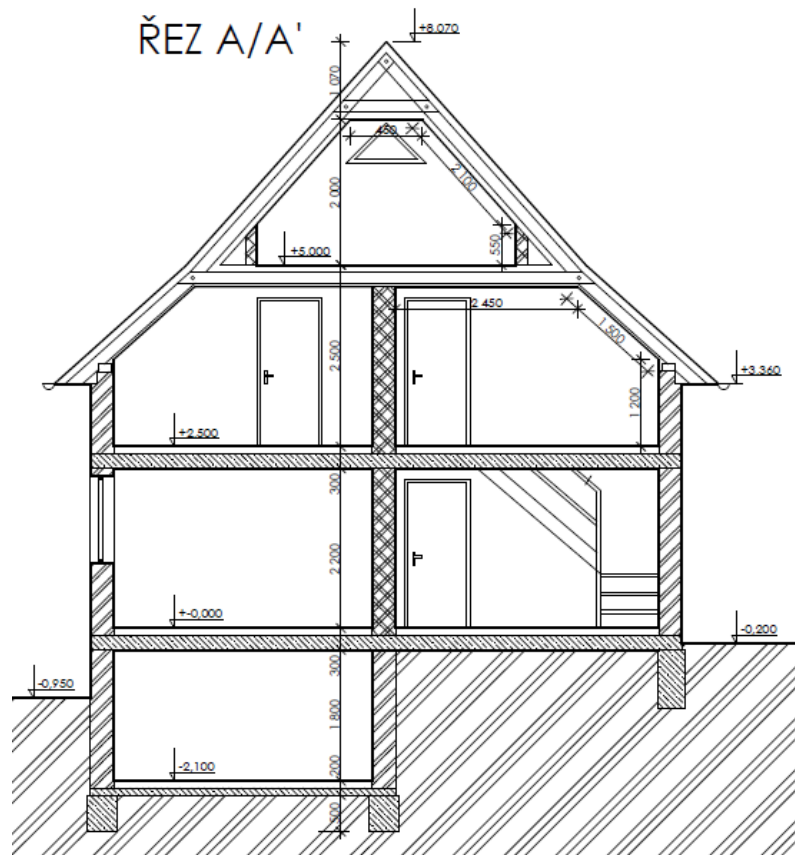
- 1) Pro jednovrstvé zdivo se nejpozději do 31.12.2012 připouští hodnota 0,38 W/($m^2 \cdot K$).
- 2) Nejpozději do 31.12.2012 se připouští hodnota 1,7 W/($m^2 \cdot K$).
- 3) Nemusí se vždy jednat o teplosměnnou plochu, ovšem s ohledem na postup výstavby a možné změny způsobu užívání se zajišťuje tepelná ochrana na uvedené úrovni.
- 4) V případě podlahového a stěnového vytápění se do hodnoty součinitele prostupu tepla započítávají pouze vrstvy od roviny, ve které je umístěno vytápění, směrem do exteriéru.
- 5) Platí i pro rámy využívající kombinace materiálů, včetně kovových, jako jsou například dřevo-hliníkové rámy.
- 6) Odpovídá výpočtu součinitele prostupu tepla podle ČSN 73 0540-4 (tj. bez vlivu zeminy), nikoli výslednému působení podle ČSN EN ISO 13370.
- 7) Nejpozději do 31.12.2012 se připouští hodnota 1,5 W/($m^2 \cdot K$).

9.2 Příloha 2 – Výkresová dokumentace

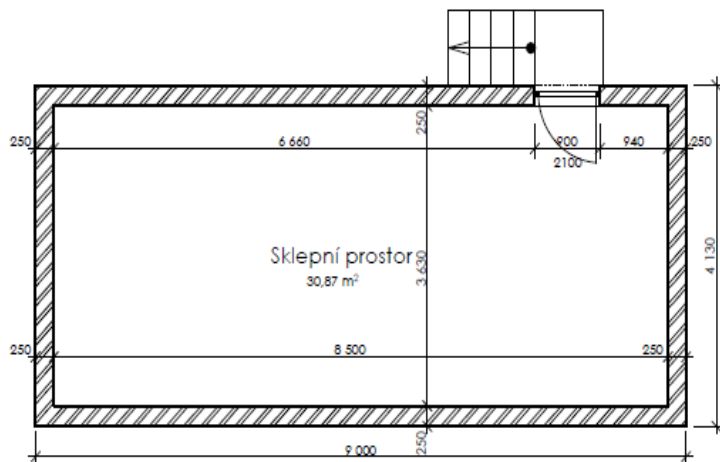
POHLED SEVERNÍ



ŘEZ A/A'



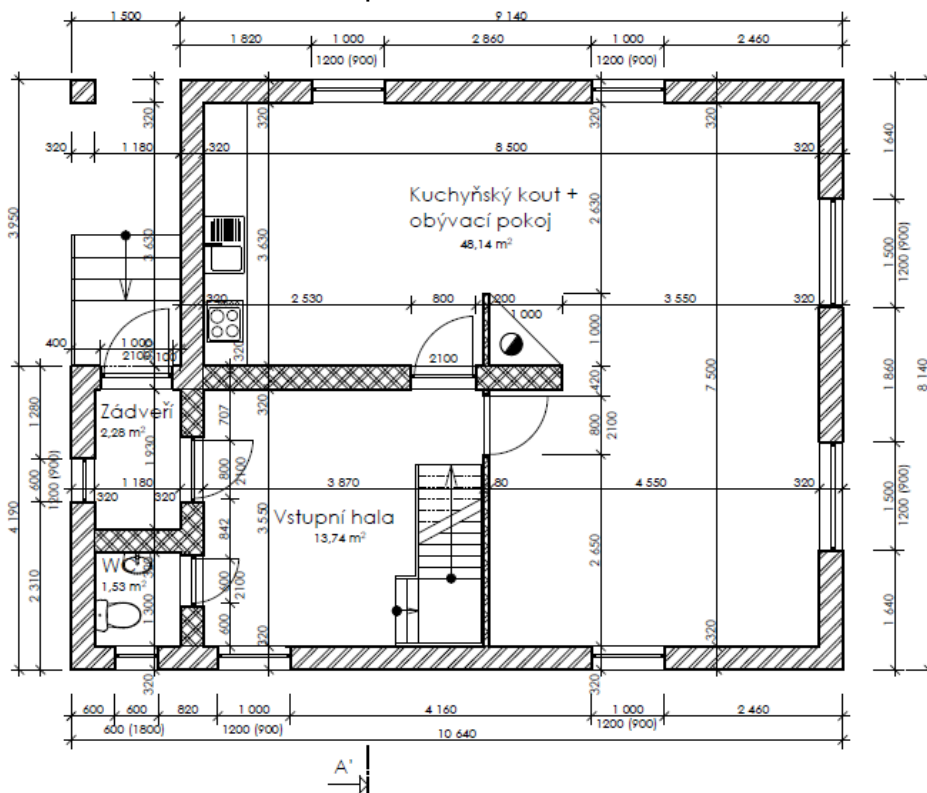
1.PP



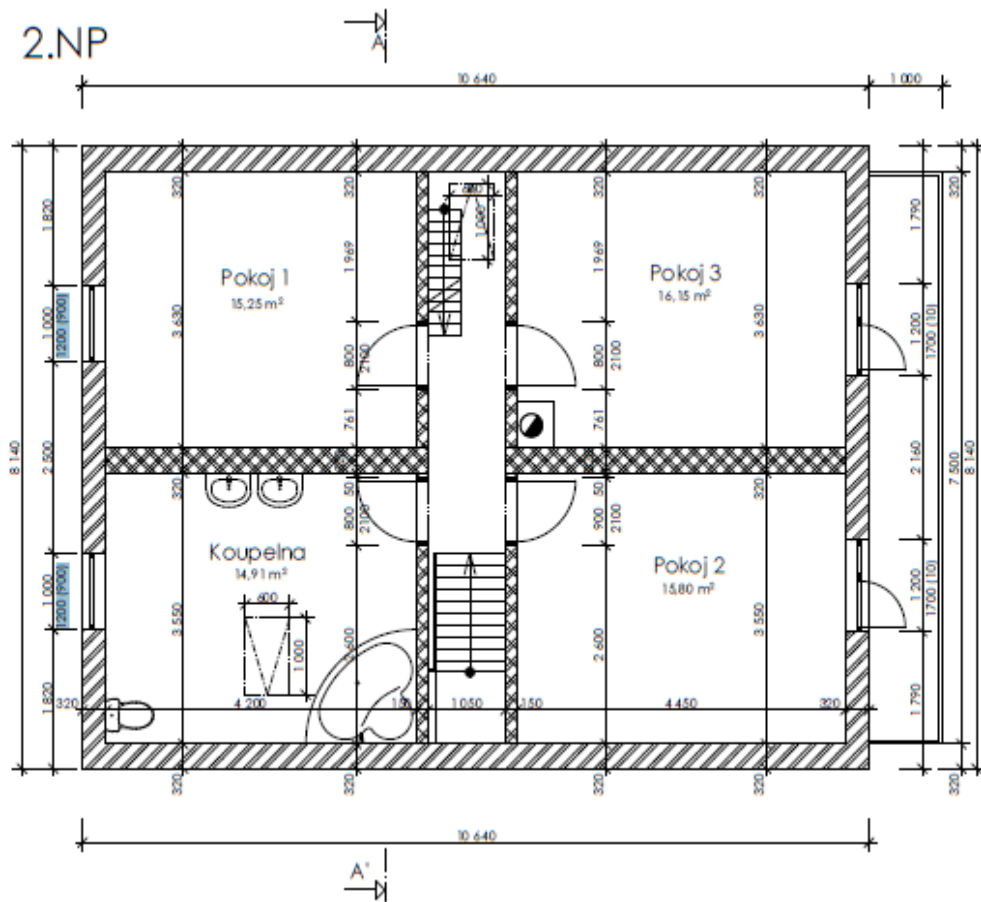
- Obvodové zdi - cihly piné
- Vnitřní nosné zdi - cihly piné
- Příčky - cihly piné



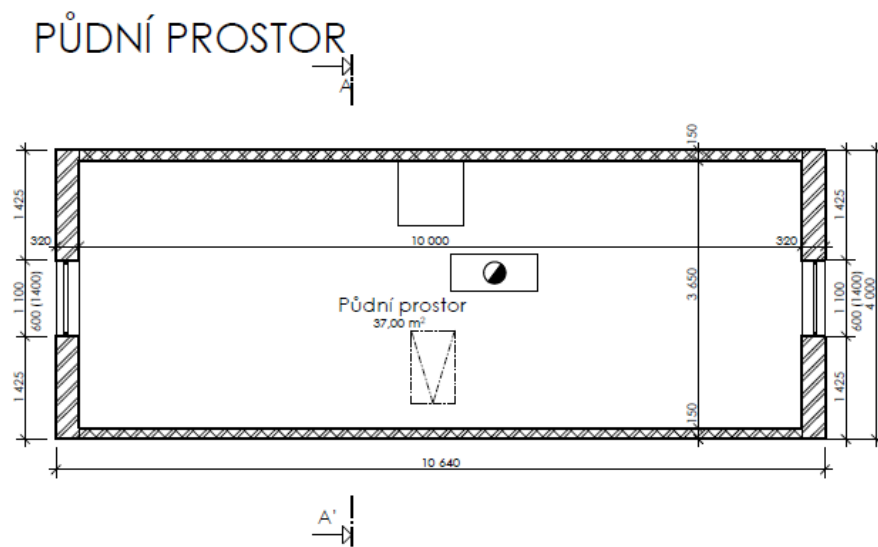
1.NP



2.NP



PŮDNÍ PROSTOR



9.3 Příloha 3 – Výpočtové teploty

Místo (klimatická stanice)	Výška nad mořem	Venkovní výpočtová teplota	Otopné období pro:								
			Střední denní venkovní teplota pro začátek a konec otopného období								
	h [m]	t _e [°C] v - větrno	t _{em} = 12 °C		t _{em} = 13 °C		t _{em} = 15 °C				
			t _{es} - Střední venkovní teplota za otopné období								
d - Počet dnů otopného období						t _{es} [°C]	d [dny]	t _{es} [°C]	d [dny]	t _{es} [°C]	d [dny]
Benešov	327	-15	3,5	234	3,9	245	5,2	280			
Beroun (Králov Dvůr)	229	-12	3,7	225	4,1	236	5,3	268			
Blansko (Dolní Lhota)	273	-15	3,3	229	3,7	241	5,1	275			
Břeclav (Lednice)	159	-12	4,1	215	4,4	224	5,2	253			
Brno	227	-12v	3,6	222	4	232	5,1	263			
Bruntál	546	-18v	2,7	255	3,3	271	4,8	315			
Česká Lípa	276	-15	3,3	232	3,8	245	5,1	282			
České Budějovice	384	-15	3,4	232	3,8	244	5,1	279			
Český Krumlov	489	-18v	3,1	243	3,5	254	4,6	288			
Děčín (Březiny, Libverda)	141	-12	3,8	225	4,2	236	5,5	269			
Domažlice	428	-15v	3,4	235	3,8	247	5,1	284			
Frydek-Místek	300	-15v	3,4	225	3,8	236	5,1	269			
Havlíčkův Brod	422	-15v	2,8	239	3,3	253	4,9	294			
Hodonín	162	-12	3,9	208	4,2	215	5,1	240			
Hradec Králové	244	-12	3,4	229	3,9	242	5,2	279			
Cheb	448	-15	3	246	3,6	262	5,2	306			
Chomutov (Ervěnice)	330	-12v	3,7	223	4,1	233	5,2	264			
Chrudim	276	-12v	3,6	225	4,1	238	5,9	276			
Jablonec nad Nisou (Liberec)	502	-18v	3,1	241	3,6	256	5,1	298			
Jičín (Libáň)	278	-15	3,5	223	3,9	234	5,2	268			
Jihlava	516	-15	3	243	3,5	257	4,8	296			

Jindřichův Hradec	478	-15	3	242	3,5	256	5	296
Karlovy Vary	379	-15v	3,3	240	3,8	254	5,1	293
Karviná	230	-15	3,6	223	4	234	5,3	267
Kladno (Lány)	380	-15	4	243	4,5	258	5	300
Klatovy	409	-15v	3,4	235	3,9	248	5,2	286
Kolín	223	-12v	4	216	4,4	226	5,9	257
Kroměříž	207	-12	3,5	217	3,9	227	5,1	258
Kutná Hora (Kolín)	253	-12v	4	216	4,4	226	5,9	257
Liberec	357	-18	3,1	241	3,6	256	5,1	298
Litoměřice	171	-12v	3,7	222	4,1	232	5,2	263
Louny (Lenešice)	201	-12	3,7	219	4,1	229	5,2	260
Mělník	155	-12	3,7	219	4,1	229	5,3	261
Mladá Boleslav	230	-12	3,5	225	3,9	235	5,1	267
Most (Ervěnice)	230	-12v	3,7	223	4,1	233	5,2	264
Náchod (Kleny)	344	-15	3,1	235	3,7	250	4,8	292
Nový Jičín	284	-15v	3,3	229	3,8	242	5,2	280
Nymburk (Poděbrady)	186	-12v	3,8	217	4,2	228	5,5	262
Olomouc	226	-15	3,4	221	3,8	231	5	262
Opava	258	-15	3,5	228	3,9	2329	5,2	274
Ostrava	217	-15	3,6	219	4	229	5,2	260
Pardubice	223	-12v	3,7	224	4,1	234	5,2	265
Pelhřimov	499	-15v	3	241	3,6	257	5,1	300
Písek	348	-15	3,2	235	3,7	247	5	284
Plzeň	311	-12	3,3	233	3,6	242	4,8	272
Praha (Karlovy)	181	-12	4	216	4,3	225	5,1	254
Prachatice	574	-18v	3,3	253	3,8	267	5,1	307
Přerov	212	-12	3,5	218	3,5	252	5,1	259
Příbram	502	-15	3	239	3,8	230	4,9	290
Prostějov	226	-15	3,4	220	3,9	228	5	261
Rakovník	332	-15	3,4	232	4	250	5,7	297
Rokycany (Příbram)	363	-15	3	239	3,5	252	4,9	290

Rychnov n/Kněžnou (Slatina)	325	-15	3	241	3,5	254	4,8	291
Semily (Libštát)	334	-18v	2,8	243	3,4	259	4,7	303
Sokolov	405	-15v	3,4	239	3,9	254	5,4	297
Strakonice	392	-15	3,3	236	3,8	249	5,2	288
Svidník	220	-18v	2,7	224	3	237	4,3	269
Svitavy	447	-15	2,9	235	3,4	248	4,8	286
Šumperk	317	-15v	3	230	3,5	242	5,2	277
Tábor	480	-15	3	236	3,5	250	5	289
Tachov (Stříbro)	496	-15	3,1	237	3,6	250	5	289
Teplice	205	-12v	3,8	221	4,1	230	5,3	261
Třebíč (Bítovánky)	406	-15	2,5	247	3,1	263	4,6	306
Trutnov	428	-18	2,8	242	3,3	257	5	298
Uherské Hradiště (Buchlovice)	181	-12v	3,2	222	3,6	233	5	266
Ústí nad Labem	145	-12v	3,6	221	3,9	229	5	256
Ústí nad Orlicí	332	-15v	3,1	238	3,6	251	4,9	289
Vsetín	346	-15	3,2	225	3,6	236	4,9	270
Vyškov	245	-12	3,3	219	3,7	229	4,9	260
Zlín (Napajedla)	234	-12	3,6	216	4	226	5,1	257
Znojmo	289	-12	3,6	217	3,9	226	5,2	256
Žďár nad Sázavou	572	-15	2,4	252	3,1	270	4,7	318

Tab. 9.2 – Venkovní výpočtové teploty a počet dní otopného období dle jednotlivých lokalit

9.4 Příloha 4 – Cenová nabídka tepelného čerpadla

STIEBEL ELTRON

TECHNICKÁ A CENOVÁ SPECIFIKACE

Obj. číslo	Popis zařízení - typové označení	Počet ks	Cena ks	Cena celkem
230236	WPL 10 AC - Kompaktní tepelné čerpadlo systém vzduch /voda, TF 3,36 při char. A2/W35	1	148 450,-	148 450,-
234922	WPMW 3 - Regulátor tepelného čerpadla a topné soustavy pro montáž na stěnu	1	12 830,-	12 830,-
074415	SD 25-1 - Pružné tlakové hadice	2	1 460,-	2 920,-
185443	SBP 100 - včetně montážního rámu - akumulční zásobník topné vody závěsný, 100 l	1	13 300,-	13 300,-
221360	SBB 301 WP - smaltovaný stacionární zásobník teplé vody o objemu 321 l	1	37 000,-	37 000,-
232943	UP 25/7,5 E - Oběhové čerpadlo UP 25/7,5 E	3	5 560,-	16 680,-
ceniková cena celkem :				231 180,-

všechny ceny jsou uvedeny v Kč bez DPH

Vytvořil

firma: STIEBEL ELTRON
jméno: Ing. David Šafránek
telefon : 251 116 127
mobil : 606 792 065
e-mail: david.safranek@stiebel-eltron.cz
funkce : technik

Zodpovídá

jméno: Petr Kodesš
telefon : 251 116 118
mobil : 602 231 207
e-mail: petr.kodes@stiebel-eltron.cz
funkce : obchodní zástupce

V Praze dne 16.3.2016

AEG HAUSTECHNIK

STIEBEL ELTRON

Tatramat

9.5 Příloha 5 – Nová zelená úsporám, oblast A

Tabulka 1: Požadované parametry v oblasti podpory A

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

Poznámky:

¹⁾ Jedná-li se o památkově chráněnou budovu dle definice uvedené v kapitole 11 a orgán památkové péče stanovil ve svém písemném stanovisku podmínky určující zvláštní postup při provádění některého z opatření, platí pro danou část opatření podmínka $U \leq U_N$

²⁾ Na realizaci tohoto opatření je možné čerpat současně podporu z podoblasti C.4.

Tabulka 2: Výše podpory v oblasti podpory A

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

Obr. 9.1 – Nová zelená úsporám, podmínky a výše podpory v oblasti A

9.6 Příloha 6 – Ukazatele energetické náročnosti budovy

Po realizaci varianty 1

UKAZATELE ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY							
	Obálka budovy	Vytápění	Chlazení	Větrání	Úprava vlhkosti	Teplá voda	Osvětlení
	U_{em} W/(m ² ·K)	Dílní dodané energie			Měrné hodnoty	kWh/(m ² ·rok)	
Mimořádně úsporná							
A							
B		68					
C						13	17
D	0,33						
E							
F							
G							
Mimořádně nevhospodárná							
Hodnoty pro celou budovu MWh/rok		14,35				2,75	3,55

Obr. 9.2 – Ukazatele energetické náročnosti budovy po realizaci varianty 1

Po realizaci varianty 2

UKAZATELE ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY							
	Obálka budovy	Vytápění	Chlazení	Větrání	Úprava vlhkosti	Teplá voda	Osvětlení
	U_{em} W/(m ² ·K)	Dílní dodané energie			Měrné hodnoty	kWh/(m ² ·rok)	
Mimořádně úsporná							
A							
B		74					
C						14	17
D	0,33						
E							
F							
G							
Mimořádně nevhospodárná							
Hodnoty pro celou budovu MWh/rok		15,59				2,83	3,55

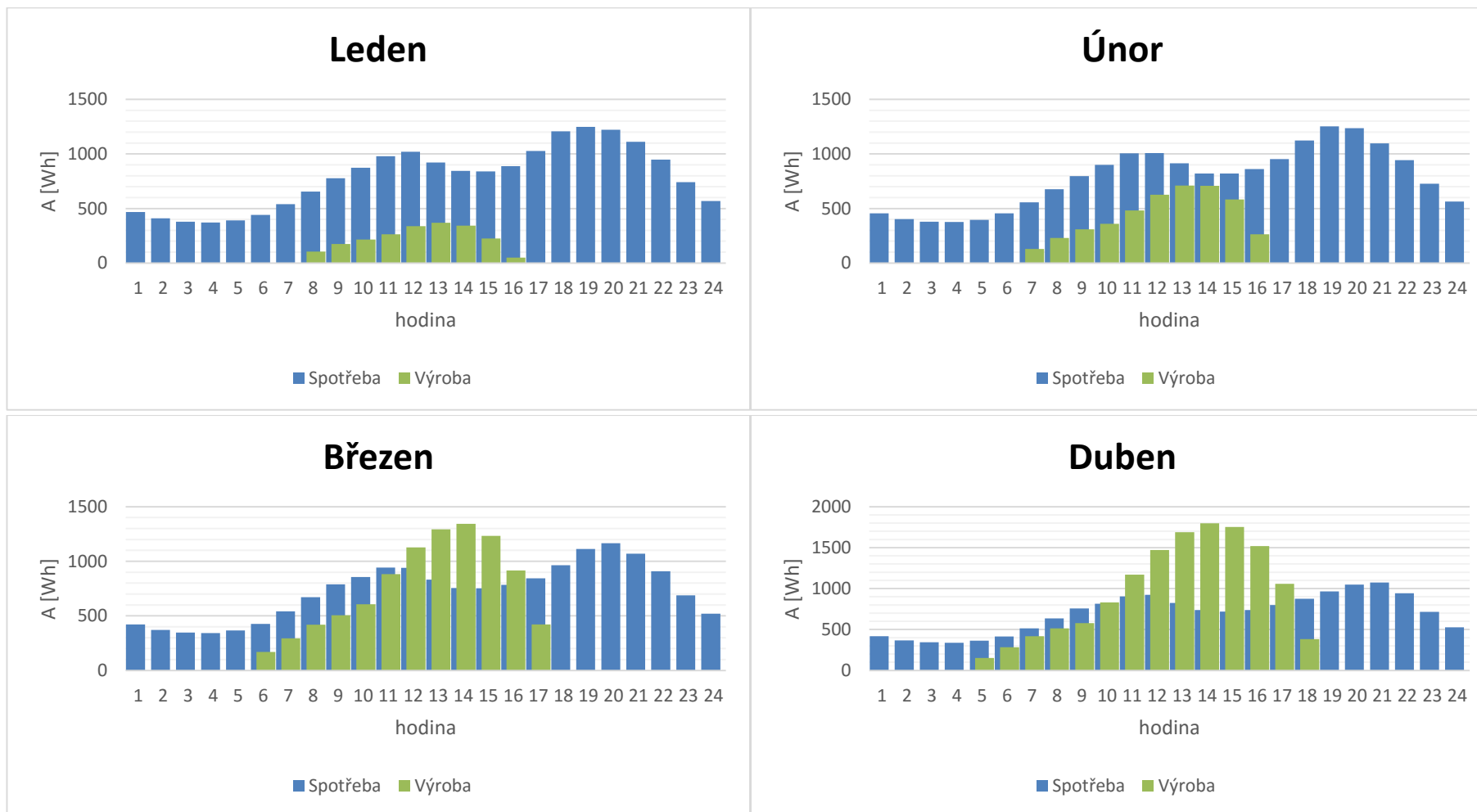
Obr. 9.3 – Ukazatele energetické náročnosti budovy po realizaci varianty 2

Po realizaci varianty 3

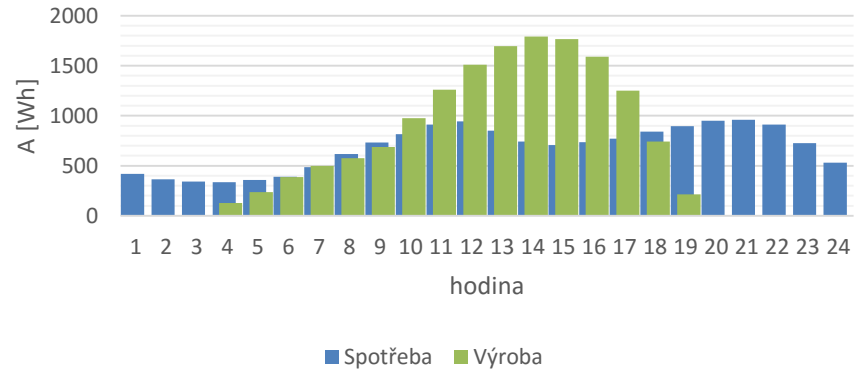
UKAZATELE ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY							
	Obálka budovy	Vytápění	Chlazení	Větrání	Úprava vlhkosti	Teplá voda	Osvětlení
	U_{em} W/(m ² ·K)	Dílčí dodané energie			Měrné hodnoty	kWh/(m ² ·rok)	
Mimořádně úsporná							
A							
B		73					
C						13	17
D	0,33						
E							
F							
G							
Mimořádně nevhospodárná							
Hodnoty pro celou budovu MWh/rok		15,26				2,75	3,55

Obr. 9.4 – Ukazatele energetické náročnosti budovy po realizaci varianty 3

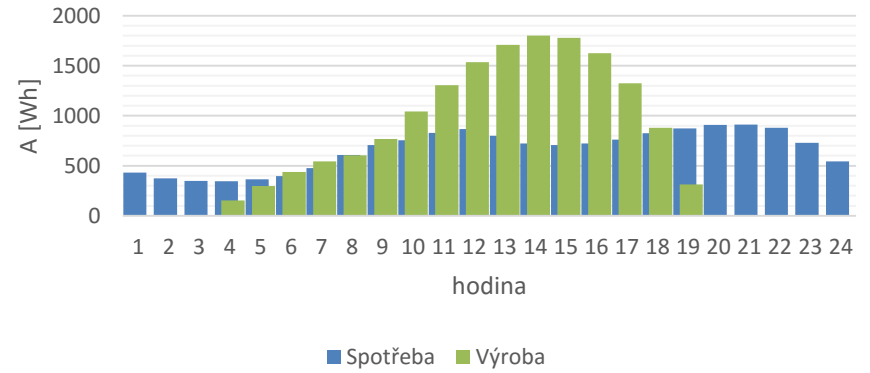
9.7 Příloha 7 – Průběhy výroby a spotřeby elektriny v D02d



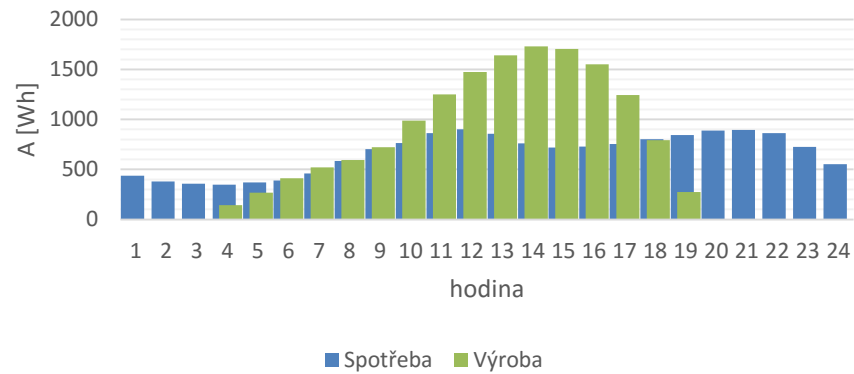
Květen



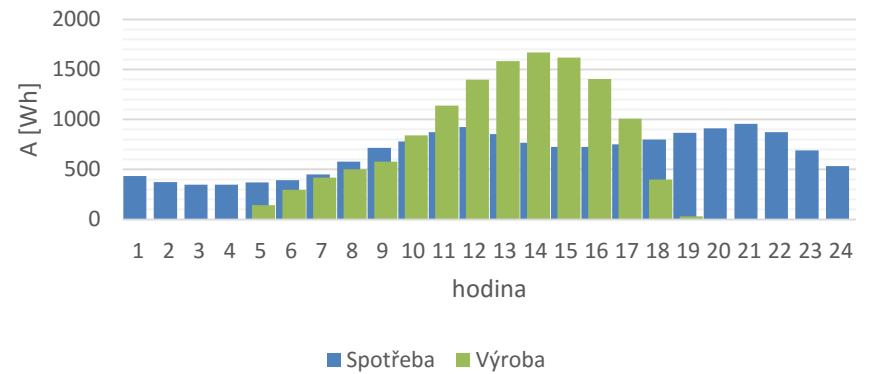
Červen



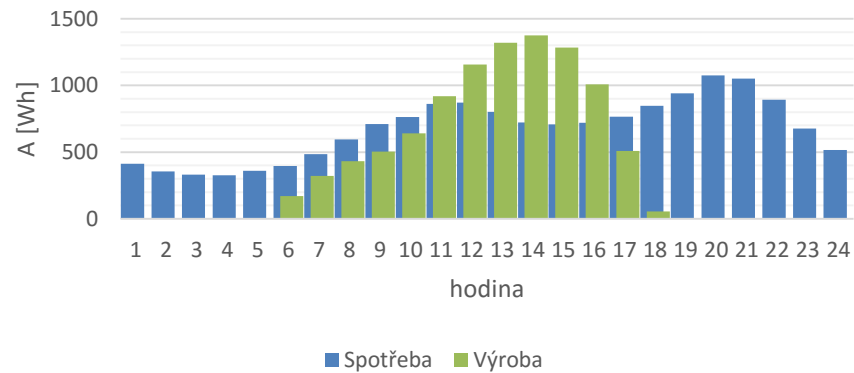
Červenec



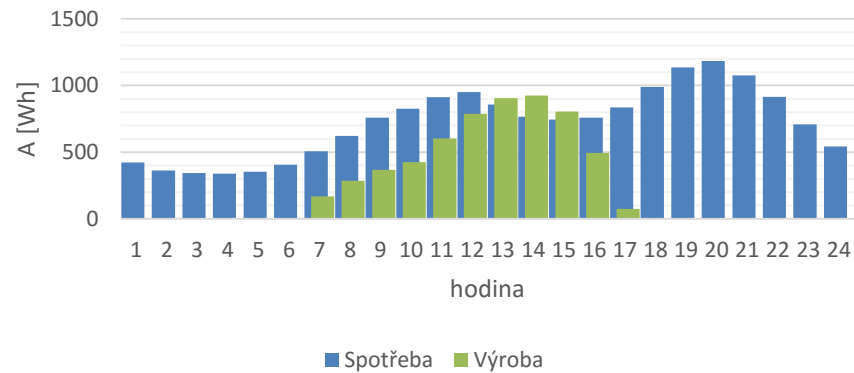
Srpen



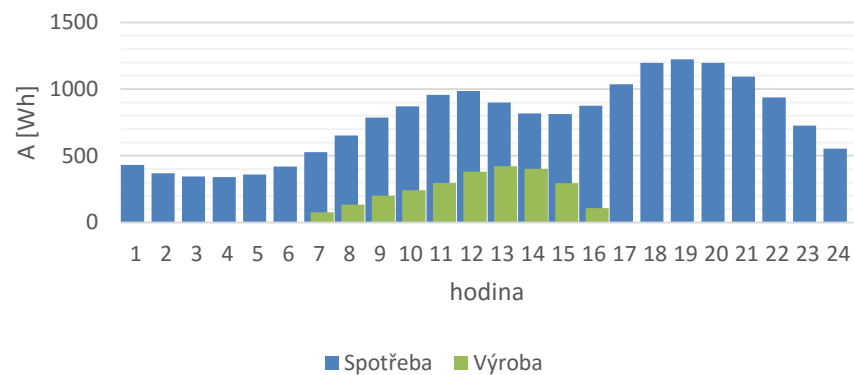
Září



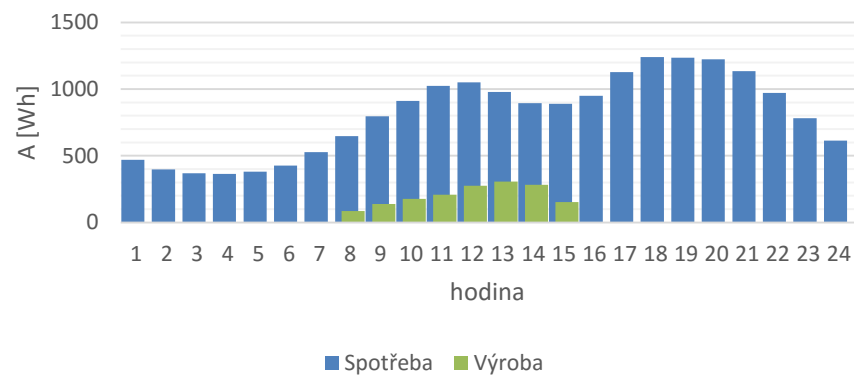
Říjen



Listopad



Prosinec



9.8 Příloha 8 – Data pro citlivostní analýzu

Varianta	1	2	3
Diskont	NPV		
%	tis. Kč		
0	653,24	604,81	91,82
0,3%	611,54	569,41	71,77
0,6%	571,92	535,83	52,84
0,9%	534,25	503,96	34,96
1,2%	498,43	473,70	18,06
1,5%	464,34	444,96	2,08
1,8%	431,91	417,65	-13,02
2,1%	401,02	391,69	-27,31
2,4%	371,60	367,01	-40,84
2,7%	343,57	343,52	-53,64
3,0%	316,85	321,16	-65,77
3,3%	291,36	299,87	-77,27
3,6%	267,05	279,59	-88,16
3,9%	243,84	260,27	-98,50
4,2%	221,69	241,84	-108,30
4,5%	200,52	224,27	-117,61
4,8%	180,30	207,50	-126,44
5,0%	167,31	196,75	-132,08

Tab. 9.3 – Citlivostní analýza na diskont

Varianta	1	2	3
Eskalace	NPV		
%	tis. Kč		
0,0%	210,52	247,36	-107,32
0,2%	225,68	258,65	-101,09
0,4%	241,23	270,23	-94,68
0,6%	257,18	282,14	-88,09
0,8%	273,55	294,36	-81,32
1,0%	290,35	306,92	-74,35
1,2%	307,60	319,83	-67,18
1,4%	325,30	333,09	-59,81
1,6%	343,46	346,71	-52,23
1,8%	362,11	360,71	-44,43
2,0%	381,25	375,10	-36,41
2,2%	400,91	389,89	-28,16
2,4%	421,08	405,08	-19,66
2,6%	441,80	420,71	-10,92
2,8%	463,07	436,77	-1,93
3,0%	484,91	453,28	7,33
3,2%	507,34	470,25	16,85
3,4%	530,38	487,70	26,66
3,6%	554,03	505,65	36,75
3,8%	578,33	524,10	47,14
4,0%	603,29	543,08	57,84

Tab. 9.4 – Citlivostní analýza na eskalaci cen energií

Varianta	1	2	3
Investice	NPV		
%	tis. Kč		
-15,0%	476,06	442,49	24,59
-13,0%	463,42	433,51	16,46
-11,0%	450,78	424,52	8,33
-9,0%	438,14	415,54	0,19
-7,0%	425,50	406,55	-7,94
-5,0%	412,85	397,56	-16,08
-3,0%	400,21	388,58	-24,21
-1,0%	387,57	379,59	-32,34
1,0%	374,93	370,61	-40,48
3,0%	362,29	361,62	-48,61
5,0%	349,65	352,63	-56,74
7,0%	337,01	343,65	-64,88
9,0%	324,37	334,66	-73,01
11,0%	311,73	325,67	-81,15
13,0%	299,09	316,69	-89,28
15,0%	286,45	307,70	-97,41

Tab. 9.5 – Citlivostní analýza na výši investici

Varianta	1	2	3
Účinnost FVE	NPV		
%	tis. Kč		
0,1%	396,43	393,93	-21,23
0,2%	395,29	392,51	-22,37
0,2%	394,16	391,11	-23,50
0,3%	393,04	389,71	-24,62
0,3%	391,93	388,33	-25,74
0,4%	390,82	386,96	-26,84
0,4%	389,73	385,60	-27,94
0,5%	388,64	384,25	-29,02
0,5%	387,56	382,91	-30,10
0,6%	386,49	381,58	-31,17
0,6%	385,43	380,26	-32,24
0,7%	384,37	378,96	-33,29
0,7%	383,32	377,66	-34,34
0,8%	382,28	376,37	-35,38
0,8%	381,25	375,10	-36,41

Tab. 9.6 – Citlivostní analýza na pokles účinnosti FVE

