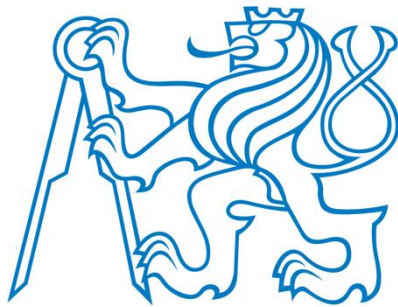


**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ**

KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV



Rekonstrukce technických systémů rodinného domu

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Martina Franková

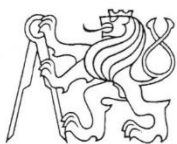
Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Miroslav Urban, Ph.D.,
K125**

Konzultant:

**Ing. Miroslav Urban, Ph.D.,
K125**

2016



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Franková Jméno: Martina Osobní číslo: 409632

Zadávací katedra: K125 - Katedra technických zařízení budov

Studijní program: Architektura a stavitelství

Studijní obor: Architektura a stavitelství

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Rekonstrukce technických systémů rodinného domu

Název bakalářské práce anglicky: Reconstruction of energy systems in a family house

Pokyny pro vypracování:

Práce se bude zabývat návrhem rekonstrukce systémů existujícího rodinného domu. Jejím cílem je dosáhnout snížení nákladů na energie pro uživatele domu s ohledem na ekonomickou návratnost rekonstrukce. Návrh bude zpracován ve více variantách - varianta s nejmenšími zásahy do systému, varianta s maximálními ekonomicky výhodnými změnami a nejpříznivější varianta v poměru ceny ku navrhovaným změnám. Předpokládá se přenostní využití obnovitelných zdrojů energie.

Práce bude řešena v rozsahu:

- zhodnocení stávajícího stavu objektu
- energetická bilance
- identifikace a návrh základních technicky realizovatelných variant
- energetická vyhodnocení a výběr vhodné varianty
- projekt řešení

Seznam doporučené literatury:

TNI 730331 - Energetická náročnost budov - typické hodnoty pro výpočet

Kaus Daniels - Technika budov

Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Miroslav Urban, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: 23. 2. 2016 Termín odevzdání bakalářské práce: 20. 5. 2016

to práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutně uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

9.3.2016

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

Prohlášení autora

Prohlašuji, že jsem svoji bakalářskou práci vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a podkladů.

V Praze, 18. 5. 2016

podpis

Poděkování

Ráda bych poděkovala Ing. Miroslavu Urbanovi, Ph.D. za ochotu a věcné rady při vedení mé bakalářské práce. Dále děkuji Ing. Martinu Frankovi za poskytnutí cenných informací a rad, bez kterých by tato práce nemohla vzniknout.

Obsah

1 Úvod	9
2 Zhodnocení stávajícího stavu objektu	10
2.1 Popis konstrukcí.....	11
2.2 Zdroje a spotřeba energie	11
2.2.1. Stanovení spotřeby plynu na ohřev TV	14
2.3. Energetická bilance.....	15
2.3.1. Budova – zónování	15
2.3.2. Katalog konstrukcí.....	16
2.3.3. Zóny – popis	18
2.3.4. Konstrukce – stavební část	18
2.3.5. Zdroje tepla – vytápění	18
2.3.6. Příprava teplé vody	19
2.3.7. Energetické potřeby budovy	19
2.4. Výměna oken.....	22
2.5. Závěrečné zhodnocení	22
3 Identifikace a návrh základních technicky realizovatelných variant	23
3.1. Varianta A – Solární ohřev TV.....	23
3.1.1. Solární soustavy.....	23
3.1.1.1. Solární soustava Regulus SOL 200Z.....	25
3.1.2. Solární kolektory	25
3.1.2.1. Solární kolektor Regulus KPS1+ANT	26
3.1.3. Solární zásobník tepla.....	27
3.1.3.1. Solární zásobník RDC200Z	27
3.1.4. Schéma zapojení solární soustavy Regulus SOL 200Z	28
3.2. Varianta B, B2 – Tepelné čerpadlo pro vytápění a ohřev TV/s podporou solárního systému	28
3.2.1. Tepelné čerpadlo	28
3.2.1.1. Tepelné čerpadlo Regulus EcoHeat 406.....	31
3.2.2. Schéma zapojení tepelného čerpadla EcoHeat406 a tepelného čerpadla EcoHeat 406 se solárními kolektory KPG1.....	33
3.3. Varianta C – Kotel na pelety.....	34
3.3.1. Kotel na pelety.....	34
3.3.1.1. Kotel na pelety Fröling PE1 Pellet.....	36
3.3.2. Schéma zapojení kotle PE1 Pellet	37

4 Energetická vyhodnocení a výběr vhodné varianty	38
4.1. Energetické potřeby budovy u jednotlivých variant rekonstrukce.....	38
4.1.1. Varianta A	39
4.1.2. Varianta B.....	40
4.1.3. Varianta B2.....	42
4.1.4. Varianta C.....	43
4.2. Provozní náklady rekonstrukce.....	44
4.3. Investiční náklady rekonstrukce	46
4.4. Finanční návratnost rekonstrukce	47
4.5. Bilance jednotlivých variant rekonstrukce.....	49
4.6. Výběr vhodné varianty, popis realizace.....	51
5 Závěr	52
Seznam použitých zkratk a veličin	53
Seznam použité literatury	55
Seznam obrázků.....	57
Seznam tabulek	59
Seznam příloh	60

Anotace

Práce se zabývá návrhem rekonstrukce technických systémů existujícího rodinného domu. Jejím cílem je dosáhnout snížení nákladů na energie pro uživatele domu s ohledem na ekonomickou návratnost rekonstrukce a využití obnovitelných zdrojů energie. Návrh je zpracován ve třech variantách podle druhu obnovitelného zdroje energie a výše pořizovacích nákladů systému.

Annotation

The thesis proposes a reconstruction of an existing house. Its aim is to achieve a reduction in energy costs for residents with regard to the economic reconstruction and the return on the use of renewable energy sources. The proposal is available in three variants depending on the type of renewable energy source and the cost of purchase of the system.

1 Úvod

V dnešní době cítíme stále rostoucí tlak na inženýry, architekty a všechny stavební profese, aby nově vznikající budovy splňovaly přísné nároky na spotřebu energií. Podobně je to také u již realizovaných staveb, které jsou zateplovány, dostávají nová okna a někdy i nový, ekonomičtější zdroj energie. Přestože se snažíme být v první řadě šetrnější k našemu životnímu prostředí, tím hlavním důvodem, proč se uchylujeme k těmto a dalším opatřením na snížení energetické náročnosti budov, je právě ekonomická stránka věci.

„V běžném starším domě spotřebujeme nejvíce energie na vytápění, dále na ohřev vody a poté teprve na vaření, provoz domácích spotřebičů a další položky. Z toho vyplývá, že největší potenciál snižování spotřeby energie je právě v energii na vytápění.

U nových či rekonstruovaných domů je spotřeba energie na vytápění relativně nižší, proto se ostatní spotřeby stávají významnějšími.“ (1, s. 12)

„Při rekonstrukci již existujícího objektu bychom si měli v první řadě ujasnit, kudy a jakými způsoby uniká z domu teplo a ve kterých místech dochází k největším únikům, to znamená, na která místa se nejvíce zaměřit. Poté můžeme vymýšlet úsporná opatření, určit si jejich finanční náročnost a dobu, za kterou se nám vynaložené prostředky vrátí.“ (1, s. 14)

Mezi nejčastější úsporná opatření patří výměna starých oken, zateplení fasády, střechy, eliminace tepelných mostů, výměna zdroje energie apod. Důležitým úsporným opatřením je také efektivní a úsporný provoz budovy šetřící energie. Vlastník/obyvatel by měl být s takovýmto životním stylem ztotožněn.

Hlavním smyslem této práce, a případné budoucí realizace jedné z navrhovaných variant rekonstrukce, je snížení budoucích výdajů domácnosti za vytápění a ohřev teplé vody. Mou snahou je využít současných příjmů domácnosti pro uskutečnění úsporných opatření, která v budoucnu, až se její příjmy pravděpodobně sníží, sníží také její výdaje na provoz domácnosti. Neboť nejzranitelnější skupinou obyvatelstva jsou z hlediska příjmů a výdajů právě lidé v důchodu. V mé práci se budu zabývat možnostmi a finanční návratnosti rekonstrukce zdroje energie v rodinném domě, ve kterém vlastník již provedl základní úsporná opatření na snížení energetické náročnosti budovy.

2 Zhodnocení stávajícího stavu objektu

Předmětem této práce je rodinný dům realizovaný v letech 1999/2000 v obci Chlumín v okrese Mělník. Jedná se o nepodsklepený jednopodlažní dům se sedlovou střechou a obytným podkrovím o celkové energeticky vztažené ploše 257 m² a objemu 668 m³.



obr. 1- Jihozápadní pohled



obr. 2 - Severní pohled

Byl postaven pro 4 člennou rodinu, v současné době je obýván pouze majiteli – manželským párem ve středních letech. Obyvatelé domu docházejí denně do práce, v jejich životním stylu a v režimu obývání domu nejsou žádné zvláštní okolnosti, které by zkreslovaly jednotlivé

měsíční spotřeby. Jediná věc, kterou jsem vzala při výpočtech v potaz, byl jiný režim v letních měsících, kdy manželka zůstává doma, protože je zaměstnaná jako učitelka, tím pádem má v létě dovolenou.

Od roku 2001 si majitel pravidelně zapisuje měsíční spotřeby plynu, vody a elektřiny (viz příloha 2). Na základě těchto přesných dat lze stanovit spotřebu energie a náklady na vytápění a ohřev vody.

2.1 Popis konstrukcí

Dům je založen na betonových základových pasech. Obvodové nosné stěny jsou vyzděny z cihelných bloků POROTHERM 38 P+D na vápenocementovou maltu MVC 2,5. Stropní konstrukce nad přízemím je provedena z keramických stropních desek CSD-HURDIS 2 a patek CSD-HURDIS 2Pa uložených na válcovaných ocelových profilech I 200, 160 a 140 mm. Strop a zkosené plochy v podkroví jsou ze sádkartonu na dřevěné konstrukci z latí připevněných ke krokvim nad vaznicí. Pod roštem pro sádkarton je připevněna parozábrana z hliníkové fólie ISOFOL. Strop v zádveři a kotelně, zkosený ve směru spádu střechy, je proveden ze sádkartonu s požární odolností a na dřevěné konstrukci opatřené protipožárním nátěrem FLAMGRAD. Soustava zastřešení je vaznicová, krov dřevěný tesařský. Přesah střechy je 600 mm přes obvodové stěny, z jižní strany nad balkonem 1 000 mm. Sloupky podporující vaznice jsou součástí příček oddělující obě obytné místnosti od chodby, WC a koupelny. Na krovkách je položena difusní fólie BRAMAC připevněna kontralatěmi. Krytina je z betonových tašek BRAMAC Alpská červená. Sklon střechy je 33° a nad zádveřím a kotelnou 22°. V podlahách je uložena tepelná izolace tl. 50 mm. Izolace střechy v podkroví a na části stropu nad přízemím je z parotěsné zábrany ISOFOL a tepelněizolačních pásů ISOVER 180 mm mezi krovky. Železobetonové věnce jsou izolovány lignoporem tl. 25 mm. Okna VEKRA jsou plastová s izolačním dvojsklem plněným argonem, střešní okna VELUX jsou dřevěná.

V roce 2008 byly obvodové stěny zatepleny kontaktní tepelnou izolací z EPS a byla přidána tepelná izolace – minerální vata v podkroví.

2.2 Zdroje a spotřeba energie

Pro vytápění a ohřev teplé vody byl instalován nástěnný plynový kotel DAKON DUA 28 BT s vestavěným 60 litrovým zásobníkem TV. Kotel je v provedení TURBO bez potřeby komínu.

Původní jmenovitý výkon 28 kW byl seřízen na 12 kW. Kotel ohřívá topnou vodu pro teplovodní systém vytápění s otopnými tělesy – stěnovými radiátory.



obr. 3 - Současný zdroj tepla



obr. 4 - Trubkové otopné těleso



obr. 5 - Deskové otopné těleso

První krokem při práci na tomto návrhu rekonstrukce byla analýza dat o spotřebě energií poskytnuta majitelem domu. Údaje o spotřebě jsou z let 2001 – 2015, jedná se o měsíční

spotřeby plynu, vody a elektřiny včetně informace o začátku otopného období a průměrné roční teploty (viz příloha 2). Pro tuto práci budou důležité hlavně údaje o spotřebě plynu.

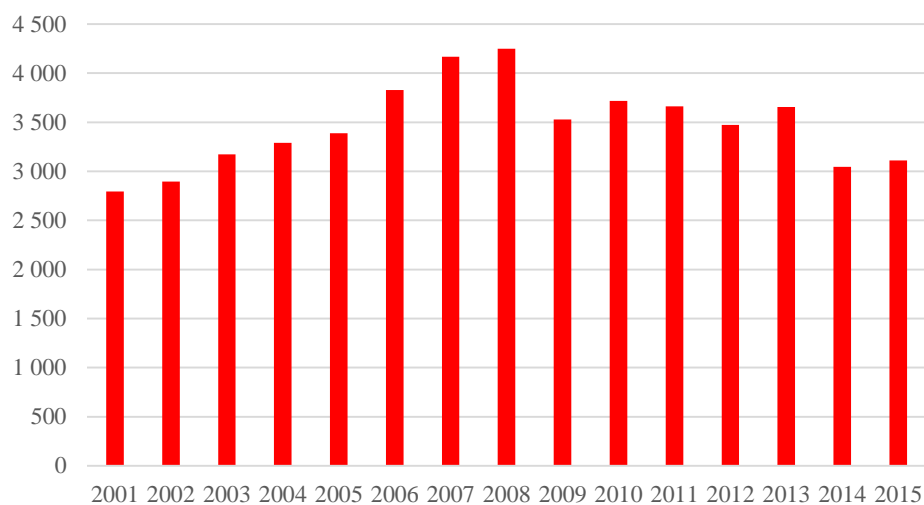
Spotřeba elektrické energie se pohybuje mezi 2 700 a 4 200 kWh/rok. Spotřeba plynu se mění, nejvyšší byla v prvním roce obývání domu (2 486 m³) a stále se snižuje.

ROK	SPOTŘEBA PLYNU [m3]	[%]	SPOTŘEBA ELEKTŘINY [kWh]	PRŮMĚRNÁ ROČNÍ TEPLOTA
1/2 2000	1 359	-	843	10,6
2001	2 486	100,0	2 794	9,1
2002	2 296	92,4	2 897	9,9
2003	2 350	94,5	3 171	9,7
2004	2 223	89,4	3 290	9,7
2005	2 265	91,1	3 389	9,4
2006	2 173	87,4	3 827	9,7
2007	1 879	75,6	4 166	10,5
2008	1 745	70,2	4 249	9,9
2009	1 609	64,7	3 529	9,6
2010	1 885	75,8	3 716	8,4
2011	1 621	65,2	3 663	9,2
2012	1 660	66,3	3 472	9,0
2013	1 649	66,3	3 656	8,4
2014	1 383	55,6	3 046	10,2
2015	1 377	55,4	3 112	10,1
průměrný rok	1 907	76,7	3 465	9,5

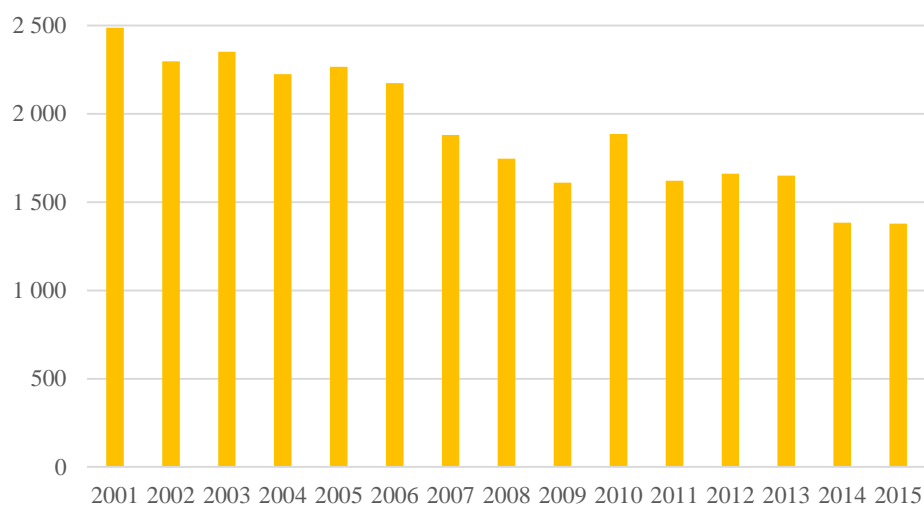
tab. 1 - Tabulka spotřeb v letech 2001 – 2015

Pro kontrolu správnosti výstupů získaných pozdějším výpočtem v Národním kalkulačním nástroji II jsem vybrala údaje z roku 2012. Vzhledem k tomu, že spotřeba plynu neustále klesá a pravděpodobně se nebude zvyšovat, neboť podle Českého hydrometeorologického ústavu se průměrná roční teplota v dané oblasti do roku 2030 zvýší o 1,2 až 1,3 °C (2), je tento rok pro odhad budoucí spotřeby plynu podle mého názoru adekvátní. Průměrná roční teplota uvedená

v tabulce spotřeb je stanovena pro Středočeský kraj na základě informací uvedených na stránkách Českého hydrometeorologického ústavu. (3)



obr. 6 - Graf spotřeby elektrické energie [kWh]



obr. 7 - Graf spotřeby plynu [m³]

2.2.1. Stanovení spotřeby plynu na ohřev TV

Pro stanovení spotřeby plynu na ohřev teplé vody jsem použila jednoduchou úvahu. Plyn využívaný pouze na ohřev TV bez vytápění lze v tabulce vyčíst z letních měsíců, je to také nejmenší měsíční spotřeba za celý rok. Vzhledem k povaze zaměstnání obyvatelů domu, jsem tuto hodnotu převzala z měsíce září. Ve většině let se začalo v domě topit na konci září/ začátku října, proto je zářijová hodnota spotřeby plynu na ohřev TV vypovídající. Při použití těchto

hodnot z tabulky spotřeb vyšla průměrná spotřeba plynu na ohřev TV 18 m³/měsíc a 216 m³/rok, což představuje 189 kWh/měsíc a 2 268 kWh/rok.

Pro přepočítání množství plynu v m³ na kWh jsem použila vzorec:

$$Q = V_p \cdot k \cdot H_s \text{ [kWh]} \quad (4)$$

kde je

Q množství energie [kWh]

V_p spotřeba zemního plynu změřená na plynoměru odběratele [m³]

k přepočítací objemový koeficient [-]; za normální podmínky k = 1

H_s objemové spalné teplo [kWh/m³]; podle dlouhodobých průměrných hodnot spalného tepla tranzitního plynu nabývá tato veličina přibližné hodnoty H_s = 10,5 kWh/m³.

2.3. Energetická bilance

Po převedení původní projektové dokumentace RD a tabulky spotřeb energií do digitální podoby jsem prostřednictvím Národního kalkulačního nástroje II vytvořila model budovy charakterizující její energetickou náročnost. Získala jsem podrobnější data o spotřebách energií v RD a také nástroj, pomocí něhož budu dále porovnávat jednotlivé varianty rekonstrukce. Porovnáním výsledků z NKN se spotřebami získanými od majitele domu jsem si zkontrolovala správné vyplnění všech charakteristik domu v tomto nástroji.

2.3.1. Budova – zónování

Dům jsem rozdělila do 6 zón podle charakteru provozu a vnitřní teploty (viz příloha 3).

Zóna Rodinný dům – obytné prostory je charakterizována každodenním 24 hodinovým provozem s vnitřní výpočtovou teplotou 20 °C. Provozní doba vytápění pro tuto zónu je 24 hodin denně. V zóně je počítáno s měrnými tepelnými zisky od osob a z vybavení. Je počítáno s 40 m² na osobu podlahové plochy.

Zóna Rodinný dům – ostatní neobývané prostory je také charakterizována každodenním 24 hodinovým provozem, vnitřní výpočtová teplota byla stanovena na 10 °C. Tato zóna není přímo vytápěna, proto doba vytápění je rovna 0 hod/den. V zóně není počítáno s podlahovou plochou na osoby (0 m² na osobu).

ČÍSLO ZÓNY	PROFIL TYPICKÉHO UŽÍVÁNÍ	NÁZEV ZÓNY
Zóna 1	RD – ostatní neobývané prostory	Vstup, garáž, kotelna
Zóna 2	RD – obytné prostory	Chodba, koupelna, WC 1. NP
Zóna 3	RD – obytné prostory	Ložnice, pokoj 1. NP
Zóna 4	RD – obytné prostory	Obývací pokoj, kuchyň
Zóna 5	RD – obytné prostory	Koupelna, WC podkroví
Zóna 6	RD – obytné prostory	Pokoje podkroví

tab. 2 - Tabulka zón

2.3.2. Katalog konstrukcí

V katalogu konstrukcí jsou charakterizovány všechny obalové konstrukce domu (podlahy, obvodové stěny, výplně otvorů a střešní plášť).

Neprůsvitné konstrukce jsou zde určeny součinitelem prostupu tepla U_1 [$W/m^2.K$], který jsem vypočítala pomocí výukové verze programu Teplo 2014 (viz příloha 4). Program stanovuje součinitel prostupu tepla, tepelný odpor, nejnižší vnitřní povrchovou teplotu, teplotní faktor, pokles dotykové teploty a roční bilanci zkondenzované a vypařené vodní páry podle EN ISO 6946, EN ISO 13788, ČSN 730540 a STN 730540.

Průsvitné konstrukce jsou charakterizovány propustností slunečního záření $g_{gl,l}$ [-], korekční činitele rámu $F_{gl,l}$ [-].

Identifikace konstrukce	Průsvitná konstrukce	Součinitel prostupu tepla	Propustnost slunečního	Korekční číselný rámu	Identifikace konstrukce referenční budovy podle ČSN 730540
-	-	U_1 [W/m ² .K]	$g_{gl,1}$ [-]	$F_{gl,1}$ [-]	-
Obvodová stěna (POROTHERM 38 PD, Isover EPS 70F)	NE	0,203	-	-	Stěna vnější
Střeška (Al folie, Isover Orsik, Jutafol)	NE	0,238	-	-	Střeška šikmá se sklonem do 45° včetně
Podlaha P1	NE	0,529	-	-	Podlaha vytápěného prostoru přilehlá k zemině
Podlaha P2	NE	0,595	-	-	Podlaha vytápěného prostoru přilehlá k zemině
Podlaha P3	NE	0,587	-	-	Podlaha vytápěného prostoru přilehlá k zemině
Podlaha P4	NE	2,31	-	-	Podlaha vytápěného prostoru přilehlá k zemině
Okno VEKRA	ANO	1,1	0,75	0,8	Výplň otvoru ve vnější stěně z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří
Střešní okno VELUX -00	ANO	2,5	0,75	0,8	Šikmá výplň otvoru se sklonem do 45°, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí
Střešní okno VELUX -59	ANO	1,7	0,75	0,8	Šikmá výplň otvoru se sklonem do 45°, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí
Balkonové dveře	ANO	1,7	0,75	0,8	Dveřní výplň otvoru z vytápěného prostoru do venkovního prostředí (včetně rámu)

tab. 3 - Katalog konstrukcí

2.3.3. Zóny – popis

Podrobný popis zón definovaných v listu Budova – zónování. Zóny jsou charakterizovány vnějším objemem $V_{a,z}$ [m^3], energeticky vztažnou plochou $A_{e,z}$ [m^2] stanovenou z vnějších rozměrů, užitnou plochou $A_{f,z}$ [m^2] odečtenou z vnitřních rozměrů a podílem vnitřních a obvodových konstrukcí [%] ze zadaného vnějšího objemu zóny. Ze zadaných parametrů nástroj vypočítá vnitřní objem zóny $V_{tot,z}$ [m^3] a počet osob v zóně $n_{p,z}$ [-] (určeno z profilu typického užívání). Podle ČSN EN ISO 13790 jsem stanovila vnitřní tepelnou kapacitu zóny $C_{m,z}$ [$kJ/m^2.K$] jako střední s hodnotou $165 \text{ kJ/m}^2.K$.

Dále jsem v tomto listu definovala typ osvětlení zón. Ve všech zónách je instalováno úsporné osvětlení, až na zónu 1 a 5 s žárovkovou osvětlovací soustavou.

V objektu není instalována vzduchotechnika, větrání probíhá přirozeně okny. Nucené podtlakové větrání v koupelně a WC v 1. NP zajišťují lokální ventilátory, v kuchyni odtahová digestoř. V koupelně a WC v podkroví probíhá větrání střešními okny.

Objekt nemá systém chlazení.

2.3.4. Konstrukce – stavební část

V tomto listu jsem identifikovala všechny konstrukce ohraničující zadané zóny. Výběr konstrukcí je z předdefinovaných skladeb v listu Katalog konstrukcí. Dále jsem konstrukce přiřadila k příslušným již definovaným zónám a stanovila okrajové podmínky – orientace ke světovým stranám a prostředí za konstrukcí. Ostatní okrajové podmínky jsou vázány ke konstrukci definované v listu Katalog konstrukcí (součinitel prostupu tepla, propustnost solární radiace, korekční činitel rámu).

2.3.5. Zdroje tepla – vytápění

Jak jsem již psala v kapitole 2.2. Zdroje a spotřeba energie, objekt je vytápěn nástěnným plynovým kotlem DAKON DUA 28 BT. V listu Zdroje tepla v NKN je popsán energetický systém budovy – zdroj tepla jmenovitým tepelným výkonem [kW], účinností výroby tepla zdrojem $\eta_{gen, H,sys}$ [-] a účinností regulace zdroje $\eta_{gen, H,ctl,sys}$ [-].

Výrobce udává 89-93 % účinnost výroby tepla u instalovaného plynového kotle DAKON. Tato hodnota odpovídá účinnosti, které kotel dosáhl v podmínkách laboratorní zkušebny. Proto jsem zadala hodnotu 85 %, která více odpovídá reálné účinnosti kotle při provozních podmínkách. Regulace zdroje tepla je ruční, nástroj určuje účinnost 95 %.

Dále jsem přiřadila zdroj tepla k vytápěným zónám. Protože tento plynový kotel je jediným zdrojem tepla v objektu, pokrývá ve všech zónách 100 % potřeby tepla na vytápění. Zónu 1 jsem také zařadila k vytápěným zónám, přestože zde nejsou instalována žádná topná tělesa. Učinila jsem tak z toho důvodu, že tato zóna sousedí se zónami vytápěnými otopným systémem, takže je jimi nepřímo vytápěna.

2.3.6. Příprava teplé vody

Základní popis systému pomocí údaje roční spotřeby teplé vody $V_{w,j}$ [m^3 /rok] a její teploty $\theta_{H,h,sys}$ [$^{\circ}C$], dále určení způsobu ohřevu. Příprava TV v budově je celoroční.

Z nabídky nástroje jsem vybrala energonositel zdroje – zemní plyn. Systém je dále popsán jmenovitým příkonem pro ohřev TV [kW], objemem zásobníku teplé vody $V_{w,st}$ [l], délkou rozvodů TV l_w [m], účinností zdroje přípravy TV $\eta_{w,gen}$ [%]. Dále je potřeba vyplnit denní měrnou ztrátu rozvodů TV $Q_{w,dis}$ [Wh/(m.den)], nástroj poté z délky rozvodů a měrné ztráty vypočítá denní ztrátu rozvodů TV $Q_{w,dis}$ [Wh/den].

Zdroj pro přípravu TV je stejný jako pro vytápění – plynový kotel DAKON. Parametry tohoto zdroje jsem uvedla v kapitole 2.2. Zdroje a spotřeba energie.

Zdroj ohřívá teplou vodu na $60^{\circ}C$. Přesná délka rozvodů není v původní projektové dokumentaci uvedena, určila jsem ji odhadem pomocí schématického umístění rozvodů v digitální verzi projektové dokumentace na 10 m. Potom denní ztráta rozvodů činí 447 Wh/den.

2.3.7. Energetické potřeby budovy

V této příloze NKN je přehledně zobrazeno hodnocení energetické náročnosti budovy a analýza jejích energetických potřeb. Uvádím zde údaje z této přílohy důležité pro vyhodnocení současného stavu objektu.

Základní geometrické údaje:

Energeticky vztažná plocha:	256,8 m ²
Celkový vnější objem budovy:	667,7 m ³
Ochlazovaná plocha obálky budovy:	267,3 m ²

Hodnocení ukazatelů energetické náročnosti (podle vyhlášky 78/2013 Sb.)

Budova je hodnocena jako:	Změna dokončené budovy po 1. 1. 2015
Typ budovy:	Rodinný dům

Průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy

Hodnocená budova:	$U_{em} = 0,61 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$
Třída energetické náročnosti ukazatele EN:	E – Nehospodárná

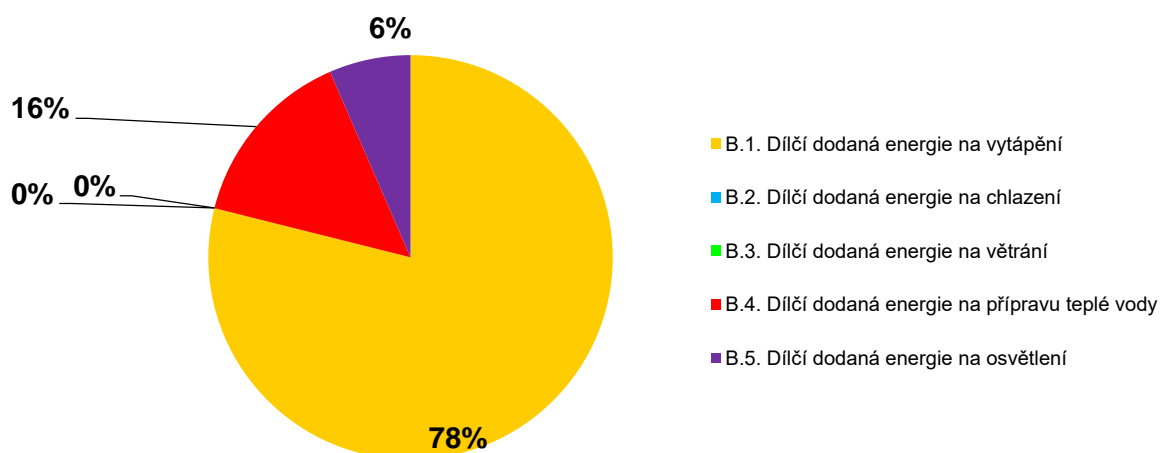
Celková dodaná energie do budovy

Hodnocená budova:	$Q_{fuel} = 18\,172,2 \text{ kWh/rok}$
Třída energetické náročnosti ukazatele EN:	D – Méně úsporná

Neobnovitelná primární energie

Hodnocená budova:	$E_{nP} = 23\,037,5 \text{ kWh/rok}$
Třída energetické náročnosti ukazatele EN:	C – úsporná

Hodnocení doplňujících ukazatelů



obr. 8 - Graf rozdělení celkové dodané energie do budovy

Dílčí dodaná energie na vytápění

Hodnocená budova: $E_H = 14\,198,2$ kWh/rok

Třída energetické náročnosti: D – Méně úsporná

Dílčí dodaná energie na přípravu teplé vody

Hodnocená budova: $E_W = 2\,819$ kWh/rok

Třída energetické náročnosti: C – úsporná

Dílčí dodaná energie na osvětlení

Hodnocená budova: $E_L = 1\,155$ kWh/rok

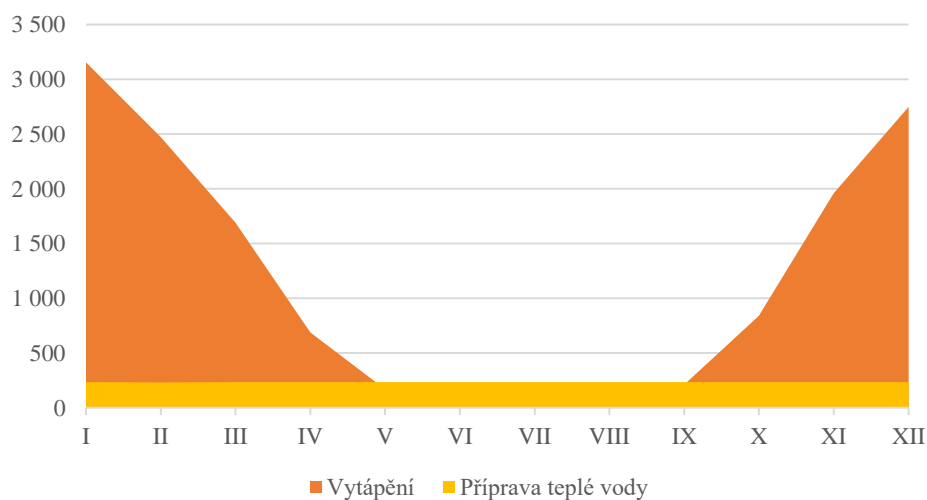
Třída energetické náročnosti: B – Velmi úsporná

Přehled potřeby energie a dodané energie do budovy

Dílčí dodaná energie

Měsíc	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	CELKEM
Vytápění	3 173	2 489	1 709	707	188	58	18	20	229	861	1 978	2 768	14 198
Příprava teplé vody	236	232	236	234	236	234	236	236	234	236	234	236	2 819
CELKEM	3 389	2 703	1 926	921	408	272	242	242	446	1 077	2 194	2 984	17 017

tab. 4 - Dílčí dodaná energie v kWh



obr. 9 - Graf dílčí dodané energie [kWh]

2.4. Výměna oken

Jednou z možných stavebních úprav je výměna starých oken a střešních oken za nové. Nechala jsem si zpracovat nabídku na základě dokumentace z roku 1999. Díky této kalkulaci jsem mohla stanovit přesně návratnost této rekonstrukce. Upravila jsem technické vlastnosti oken v modelu domu v NKN a novou spotřebu energie jsem porovnávala se stávající spotřebou.

Současná dodaná energie na vytápění:	14 198 kWh/rok
Dodaná energie na vytápění po výměně oken:	13 458 kWh/rok
Úspora energie:	740 kWh/rok
Úspora nákladů:	1 221,74 Kč/rok (1,651 Kč/kWh)

Náklady na výměnu oken

Střešní okna VELUX:	41 940 Kč
Okna VEKRA:	74 405 Kč (bez montáže)
Celkem:	116 345 Kč

Z této bilance je patrné, že výměna starých oken za nové je nerentabilní.

2.5. Závěrečné zhodnocení

Současný technický stav objektu odpovídá standardům z doby výstavby. Proto v porovnání s dnešními požadavky na tepelně technické vlastnosti a spotřebu energie nových budov vychází hodnocení jako méně úsporné a horší. Přesto si myslím, že se jedná o kvalitní dům s relativně nízkou spotřebou energie. Mým cílem bude využít potenciálu snížení spotřeby v takových oblastech, kde se investované prostředky mohou vrátit ve formě menších nákladů na provoz budovy.

3 Identifikace a návrh základních technicky realizovatelných variant

Rekonstrukce se týká systémů pro vytápění a ohřev teplé vody, konkrétně zdroje energie pro tyto systémy. Současný zdroj – plynový kotel jsem doplnila nebo úplně nahradila jiným zdrojem energie. Před výběrem zdroje pro jednotlivé varianty rekonstrukce jsem navštívila dva veletrhy prezentující současné trendy a poznatky z této oblasti (konkrétně Moderní vytápění a AQUATHERM Praha).

3.1. Varianta A – Solární ohřev TV

V první variantě rekonstrukce jsem současný plynový kotel, umístěný v koupelně v podkroví, doplnila solárními kolektory a solárním zásobníkem pro TV, konkrétně solární sestavou Regulus SOL 200Z.

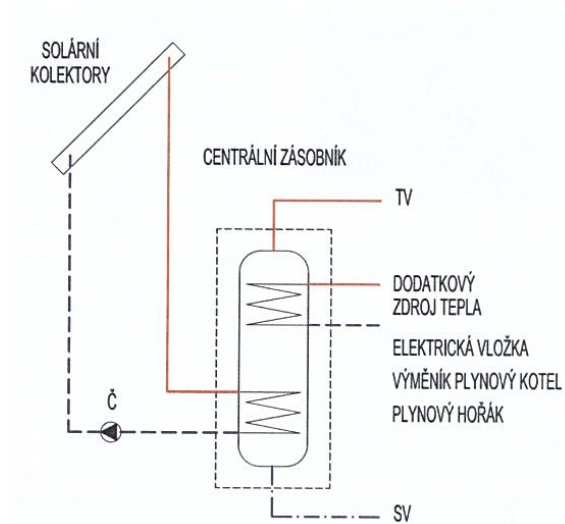
3.1.1. Solární soustavy

Podle oblasti využití můžeme solární soustavy dělit na:

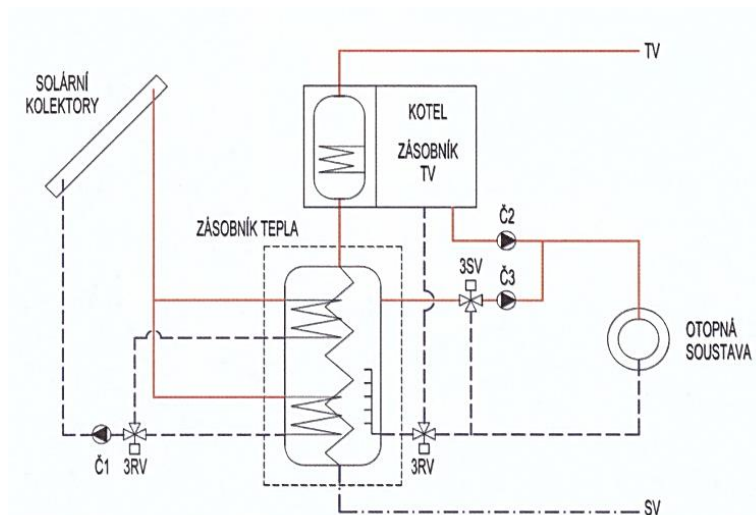
- ohřev bazénové vody
- předehřev nebo příprava TV
- kombinované solární soustavy pro přípravu TV a vytápění
- soustavy centralizovaného zásobování teplem
- solární chlazení (klimatizace)
- průmyslové aplikace

Podle velikosti kolektorové plochy lze rozlišit:

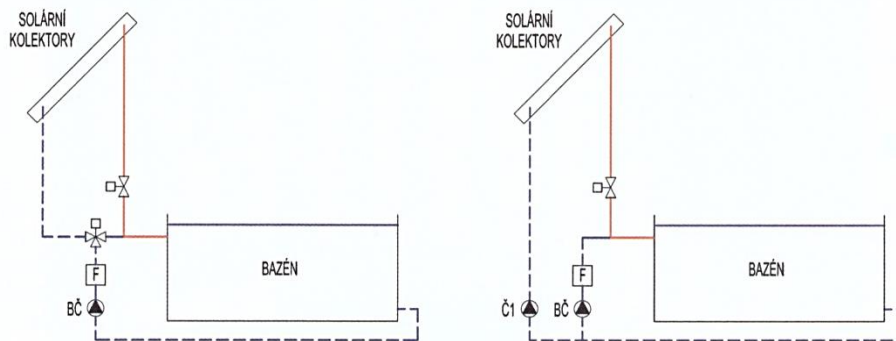
- malé solární soustavy (maloplošné) do 20 m²
- střední solární soustavy (středněplošné) od 20 m² do 200 m²
- velké solární soustavy (velkoplošné) nad 200 m². (5, s. 119, 120)



obr. 10 - Schéma malé solární soustavy pro přípravu TV s bivalentním zásobníkem (4, s. 153)



obr. 11 - Schéma malé solární kombinované soustavy s centrálním zásobníkem (4, s. 160)



obr. 12 - Schéma bazénové sezónní solární soustavy (4, s. 183)

Naprostá většina systémů solárních soustav provozovaných v ČR je uzavřená. Jedná se o druh konstrukce primárního okruhu solární kapalinové soustavy, jehož celoroční provoz vyžaduje nemrznoucí kapalinu chránící systém před zamrznutím, expanzní nádobu kompenzující roztažnost teplonosné kapaliny a pojistný ventil chránící systém proti nedovolenému tlaku. (5, s. 121)

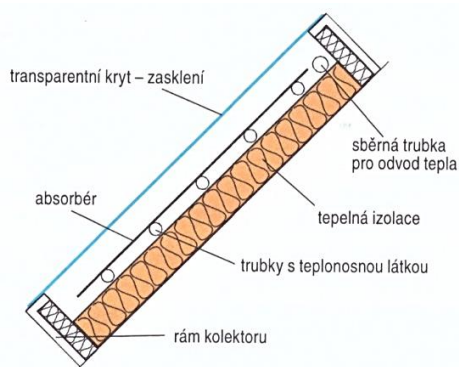
3.1.1.1. Solární soustava Regulus SOL 200Z

Solární sestava Regulus SOL 200Z se skládá ze dvou solárních kolektorů KPS1+ANT, solárního zásobníku RDC200Z s jedním výměníkem, solární čerpadlové skupiny se solárním regulátorem STDC E, expanzní nádoby SL018 a termostatického směšovacího ventilu TV.

3.1.2. Solární kolektory

„Solární tepelný kolektor je zařízení určené k pohlcení slunečního záření a jeho přeměně na tepelnou energii, která je předávána teplonosné látce, protékající kolektorem.“ (5, s. 33) Princip přeměny slunečního záření v tepelnou energii spočívá v pohlcení slunečního záření na povrch pevných látek a kapalin. Energie fotonů slunečního záření se mění v teplo – pohyb molekul. Sluneční kolektor se skládá z absorpční plochy (absorbéru), soustavy trubek s teplonosnou látkou, transparentního zasklení na přední straně a tepelné izolace na zadní straně. Vše je uchyceno v rámu kolektoru. Zasklení absorbéru snižuje tepelné ztráty sáláním a také vytváří vzduchovou vrstvu zvyšující tepelný odpor mezi absorbérem a okolním prostředím.

Solární tepelný kolektor je součástí aktivního solárního zařízení skládajícího se ze zmíněného solárního kolektoru = produkce tepla, zásobníku = místo spotřeby tepla, rozvodů teplonosné látky a čerpadla = hnací zařízení. Ve většině případů se v ČR využívají solární kapalinové kolektory, ve kterých je jako teplonosná látka používaná kapalina. (5, s. 33)



obr. 13 - Zjednodušené schéma solárního kolektoru (4, s. 33)

Podle konstrukčního uspořádání je můžeme rozdělit na:

- plochý nekrytý kolektor – např. plastová rohož nebo nerezový absorbér bez zasklení
- plochý neselektivní kolektor – zasklený deskový kolektor s kovovým absorbérem se spektrálně neselektivním povlakem (např. černým pohltivým nátěrem)
- plochý selektivní kolektor – zasklený deskový kolektor s kovovým absorbérem se spektrálně selektivním povlakem
- plochý vakuový kolektor – deskový kolektor s kovovým absorbérem se spektrálně selektivním povlakem a tlakem uvnitř kolektoru nižším než atmosférický tlak v kolektoru (absolutní tlak cca 1 až 10 kPa)
- trubkový vakuový kolektor – kolektor s plochým nebo válcovým selektivním absorbérem umístěným ve vakuované skleněné trubce (absolutní tlak nižší jak 1 mPa), s variantami předávání tepla do teplonosné látky
- koncentrační kolektor – obecně kolektor, ve kterém jsou použita zrcadla (reflektory), čočky (refraktory) nebo další optické prvky k usměrnění a soustředění přímého slunečního záření na absorbér. (5, s. 34)

3.1.2.1. Solární kolektor Regulus KPS1+ANT

Jedná se o plochý solární kolektor určený ke svislé montáži nad střešní krytinu. Absorpční plocha kolektoru je tvořena vysoce selektivním povrchem tvořeným sloučeninou keramiky a kovu (CERMET-TiNO_x), zajišťující vysokou absorpci slunečního záření, ale zároveň malé ztráty sáláním. Teplonosnou kapalinou je výrobcem dodávaná solární kapalina Solarten, vodní roztok propylenglykolu. Tepelnou izolaci tvoří 40mm vrstva minerální vlny. Soustava trubek s teplonosnou látkou je k rozvodům připojena nahoře a dole po stranách. (6)

parametr	označení	jednotka	hodnota
Plocha apertury	A_k	m ²	1,92
Optická účinnost	η_0	%	0,79
Lineární součinitel tepelné ztráty kolektoru	a_1	W/m ² .K	3,48
Kvadratický součinitel tepelné ztráty kolektoru	a_2	W/m ² .K	0,0056

tab. 5 - Parametry solárního kolektoru KPS1+ANT (6)

3.1.3. Solární zásobník tepla

Stejně jako ostatní soustavy s obnovitelným zdrojem tepla je u solární soustavy nutný zásobník tepla. Požadavek na akumulaci tepla je dán výkyvy sluneční radiace a nepravidelným odběrem teplé vody v průběhu dne, měsíce i roku. Kvalitní a vhodně navržený solární zásobník je jedním z nejdůležitějších prvků solární soustavy. (5, s. 91)

Solární zásobníky můžeme dělit podle principu využití fyzikálního děje při akumulaci tepla a podle druhu akumulační látky na:

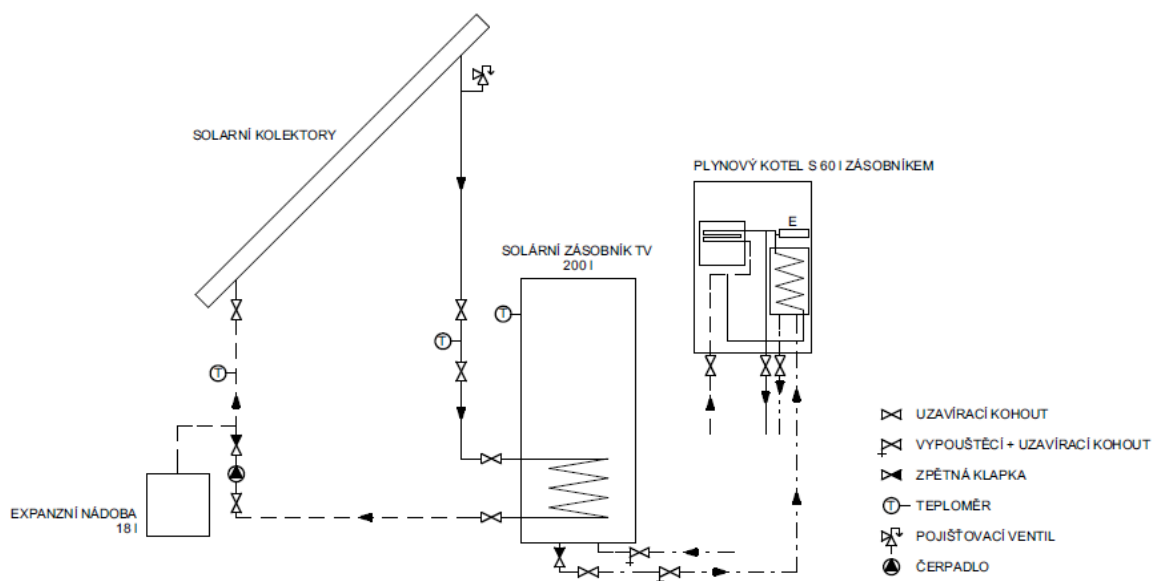
- tepelné
 - akumulace s využitím citelného tepla – využití tepelné kapacity látek
 - vodní – mono-/bivalentní, tlakové, netlakové, stratifikační, teplé/otopné vody
 - štěrkové – voda-štěrk, vzduch-štěrk
 - zemní vrty
 - akvifery (zvodně) – v tělese podzemní gravitační vody
 - akumulace s využitím skupenského tepla – využití skupenského (latentního) tepla tání-tuhnutí a tepelné kapacity látky (citelné teplo látky v kapalném a pevném stavu)
 - organické – parafíny, vosky, mastné kyseliny
 - anorganické – hydratované soli
- fyzikálně-chemické – termochemické zásobníky jsou v dnešní době pouze ve fázi výzkumu a vývoje, k akumulaci využívají sorpční teplo a chemické reakce. (5, s. 91, 92)

3.1.3.1. Solární zásobník RDC200Z

Jde o vodní monovaletní solární zásobník (1 topný výměník pro připojení solárního systému, možnost instalace elektrického topného tělesa) o objemu 200 l, užitečný objem je 196 l. Zásobník spadá do třídy energetické účinnosti ohřevu vody C, povrchová úprava je ze smaltu.

Teplo se ze solárního okruhu předává teplosměnnou plochou umístěnou uvnitř zásobníku. V tomto konkrétním případě jde o přehřev TV. Zásobník je zapojen před stávající plynový kotel, který zajišťuje dohřev TV podle aktuální potřeby.

3.1.4. Schéma zapojení solární soustavy Regulus SOL 200Z



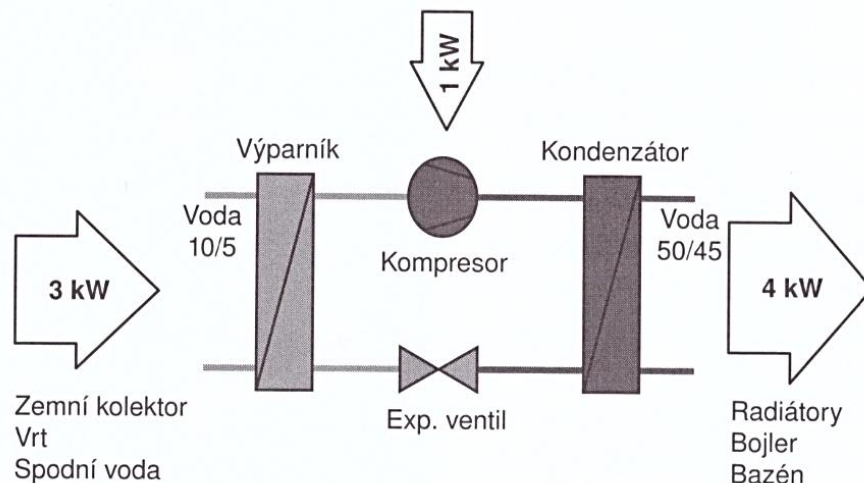
obr. 14 - Schéma zapojení solárního systému SOL 200Z

3.2. Varianta B, B2 – Tepelné čerpadlo pro vytápění a ohřev TV/s podporou solárního systému

Další variantou rekonstrukce systému vytápění a ohřevu TV je instalace tepelného čerpadla Regulus EcoHeat 406 ve variantě B a ve variantě B2 instalace TČ s celoroční podporou ohřevu TV solárními kolektory Regulus KPG1. Protože plocha pozemku RD je dostatečně velká, vybrala jsem tepelné čerpadlo země/voda. Zdrojem nízkopotenciálního tepla pro tento typ čerpadla je zemní plošný kolektor nebo geotermální vertikální vrt. Velkou výhodou tohoto typu čerpadla jsou především konstantní tepelné zisky bez velkých výkyvů.

3.2.1. Tepelné čerpadlo

Tepelné čerpadlo je alternativní zdroj energie, který odebírá teplo z okolního prostředí a převádí ho na vyšší teplotní hladinu. Princip je podobný jako u běžné chladničky. TČ má uzavřený oběh kapaliny – nemrznoucí látky (chladiiva), která proudí v okolním prostředí a absorbuje z něj energii. Při absorbování této energie prostředí se kapalina vypaří v části zvané výparník, poté je nasáta kompresorem a prudce stlačena. Toto stlačení, neboli komprese, ohřeje páry chladiva na cca 80 °C. Chladivo v plynném stavu o takto vysoké teplotě putuje do kondenzátoru, kde předá teplo do topné vody a změní svoje skupenství na kapalné. Z kondenzátoru je kapalina odváděna přes expanzní ventil, kde se prudce ochladí, zpět do výparníku a celý cyklus se znovu opakuje. (7, s. 8)



obr. 15 - Princip tepelného čerpadla (5, s. 8)

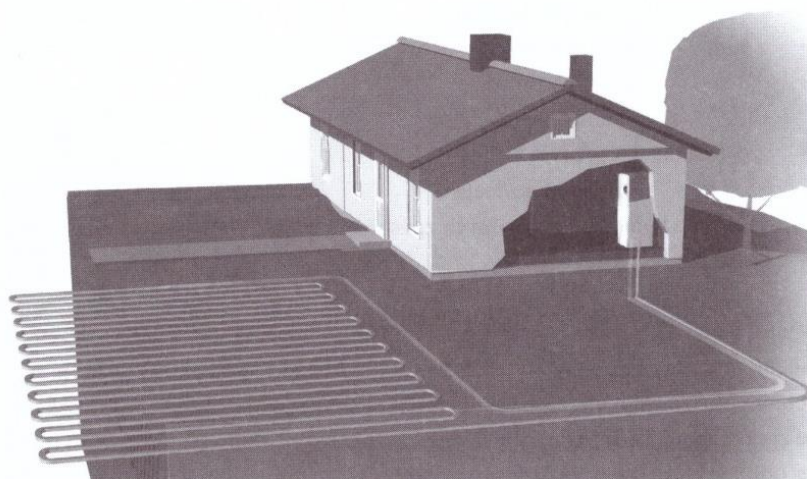
Tepelné čerpadlo využívá energii, která zůstává ze slunečního záření ve vzduchu, zemi a vodě. U tepelného čerpadla vzduch/voda prochází vzduch tepelným čerpadlem a přímo ohřívá chladivo ve výparníku. Tepelné čerpadlo země/voda používá k přenosu tepla ze země do tepelného čerpadla nemrznoucí kapalinu. Ta obíhá mezi zemním kolektorem a tepelným čerpadlem. Když kapalina přichází ze země do TČ, má teplotu asi 4 °C. Energie se z kapaliny předává chladivu, které cirkuluje v uzavřeném okruhu uvnitř TČ. (8)

„Základním parametrem TČ je topný faktor (COP – Coefficient of Performance). Toto bezrozměrné číslo vypovídá o účinnosti TČ. Jedná se o teoretický poměr mezi vyrobeným teplem a spotřebovanou elektrickou energií. Běžně se topný faktor pohybuje v rozmezí od 2,5 do 5. Hodnota topného faktoru daného TČ není neměnná, závisí na podmínkách, v nichž TČ pracuje.“ (7, s. 9)

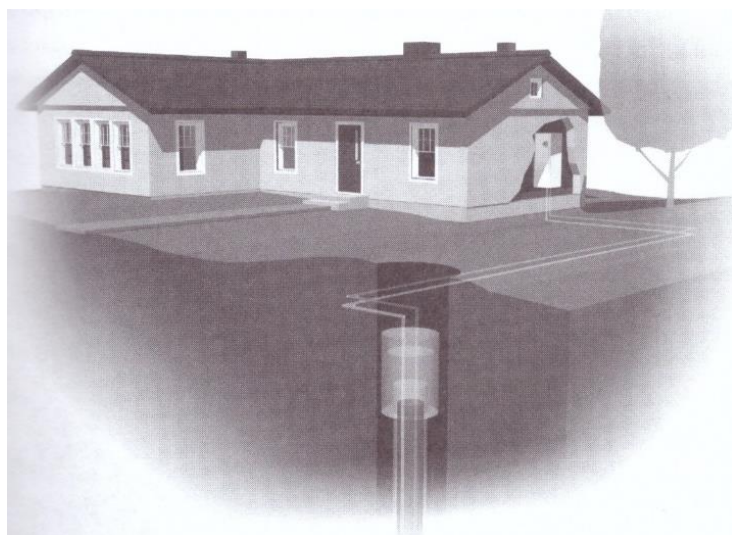
Tepelné čerpadlo země/voda je z hlediska provozu vůči venkovním klimatickým podmínkám nejstabilnější. Je většinou provozováno v bivalentním provozu, to znamená, že při velmi nízkých venkovních teplotách spouští doplňkový zdroj tepla (např. elektrokotel). Zařízení je umístěno uvnitř objektu, nejčastěji v technické místnosti. Vyrábí se v kompaktním provedení (TČ včetně bojleru na teplou vodu a doplňkového zdroje) nebo ve standartním provedení (pouze TČ).

Pro čerpání tepla ze země jsou potřeba buď zemní kolektory, nebo geotermální vrty (vertikální kolektory). Při výběru varianty kolektoru jsou rozhodující geologické podmínky a plocha pozemku domu. Zemní horizontální kolektory vyžadují dostatečný prostor pro dlouhé výkopy

určené pro uložení potrubí chladiva. Geotermální vrtvy se uplatňují tam, kde není dostatečná plocha pro horizontální kolektory a horninové podloží je kompaktní (nevyžaduje pažení). Teplo z kolektoru je možné čerpat celý rok. U geotermálních vrtů můžeme v letních měsících využít jeho chladícího výkonu, čímž dochází také k regeneraci vrtu. (7, s. 12) „Chlazením dodáme vrtu vyšší tepelnou energii, která se zhodnocuje ve formě regenerace tohoto vrtu pro zimní období. Teoreticky jde o ukládání tepelné energie k využití v letních měsících.“ (7, s. 30)



obr. 16 - Horizontální plošný kolektor (5, s. 20)



obr. 17 - Vertikální kolektor (geotermální vrt), (5, s. 31)

3.2.1.1. Tepelné čerpadlo Regulus EcoHeat 406

Jedná se o kompaktní jednotku, která obsahuje tepelné čerpadlo země/voda, tepelnou centrálu s akumulací nádrží otopné vody s žebrovaným trubkovým výměníkem TV včetně regulace systému. Topná voda v akumulaci nádrží je ohřívána tepelným čerpadlem. Uvnitř akumulaci nádrže je žebrovaný trubkový výměník TV. Jednotka je rozdělena na dvě části – ve spodní zóně dochází k předehřátí teplé vody a ohřátí otopné vody, ve vrchní zóně k dohřevu teplé vody. V případě většího odběru energie z akumulaci nádrže (např. velký odběr TV) spíná regulace systému elektrické topné těleso umístěné ve vrchní zóně akumulaci nádrže. (8)



obr. 18 - Tepelné čerpadlo EcoHeat 406 (8)

Variantu B jsem rozdělila a přidala variantu B2, ve které jsem TČ doplnila o 3 solární kolektory Regulus KPG1. Jedná se také o ploché kolektory, jako u systému KPS1+ANT ve variantě A, které budou celoročně podporovat ohřev TV.

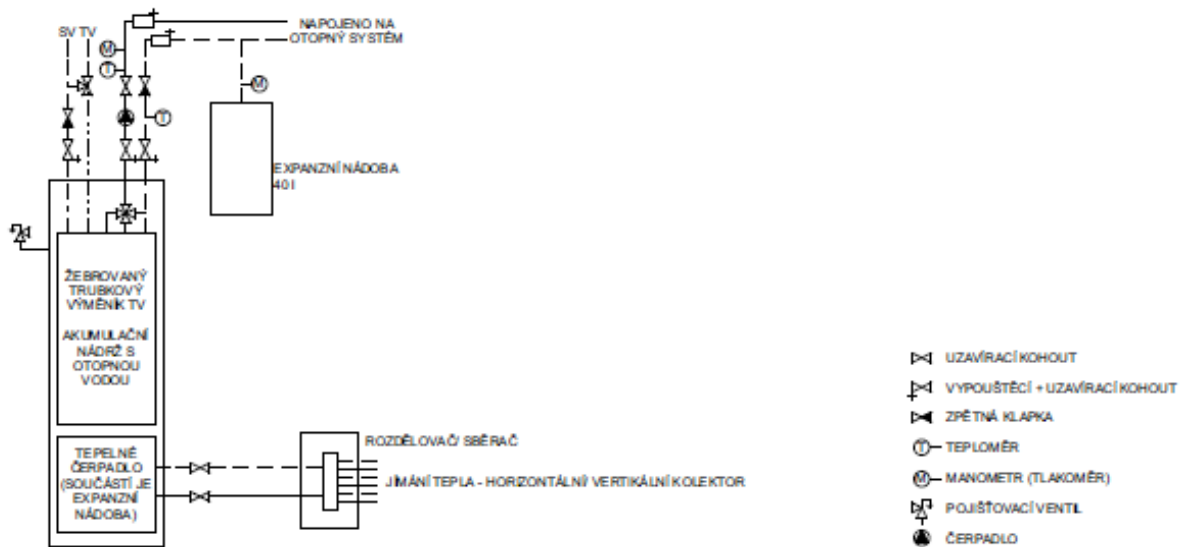
Provozní parametry [°C]	-5/25	-5/35	-5/45	-5/55
Výkon [kW]	-	-	4,68	-
Příkon [kW]	-	-	1,52	-
Topný faktor [-]	-	-	3,09	-
Provozní parametry [°C]	0/25	0/35	0/45	0/55
Výkon [kW]	6,10	5,90	5,48	5,17
Příkon [kW]	1,20	1,29	1,55	1,87
Topný faktor [-]	5,10	4,57	3,54	2,76
Provozní parametry [°C]	5/25	5/35	5/45	5/55
Výkon [kW]	-	6,81	6,49	6,08
Příkon [kW]	-	1,30	1,56	1,91
Topný faktor [-]	-	5,24	4,15	3,18

tab. 6 - Parametry tepelného čerpadla EcoHeat 406 (8)

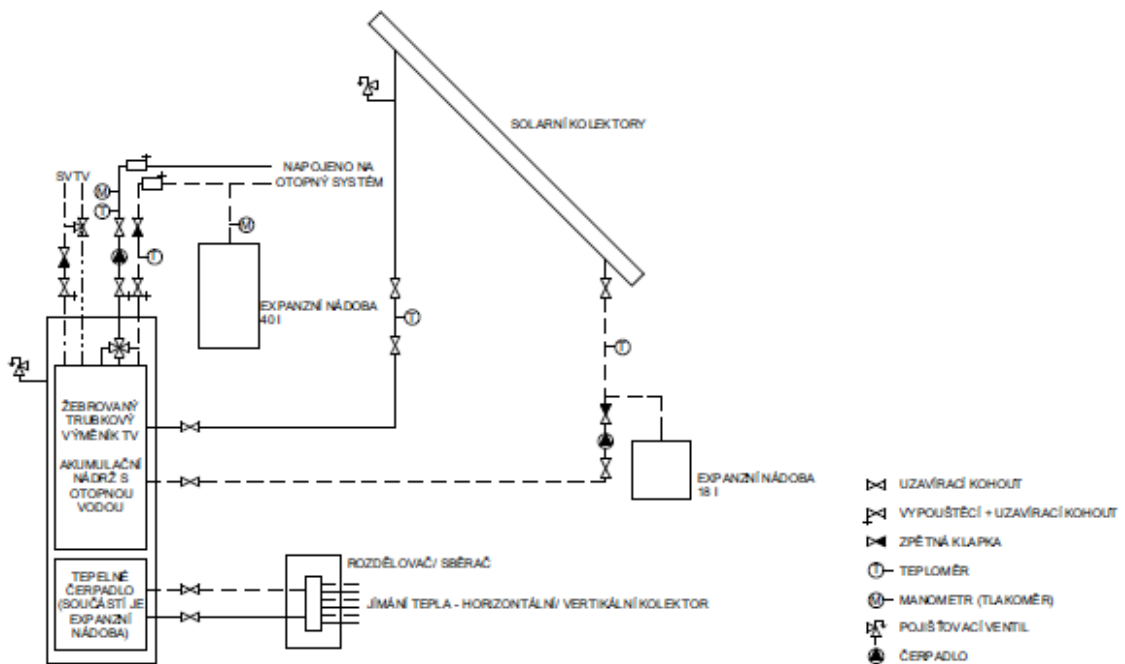
parametr	označení	jednotka	hodnota
Plocha apertury	A_k	m^2	2,392
Optická účinnost	η_0	%	0,759/0,794
Lineární součinitel tepelné ztráty kolektoru	a_1	$W/m^2.K$	3,48/3,639
Kvadratický součinitel tepelné ztráty kolektoru	a_2	$W/m^2.K$	0,0161/0,0168

tab. 7 - Parametry solárního kolektoru KPG1 (6)

3.2.2. Schéma zapojení tepelného čerpadla EcoHeat406 a tepelného čerpadla EcoHeat 406 se solárními kolektory KPG1



obr. 19 - Schéma zapojení TČ EcoHeat 406



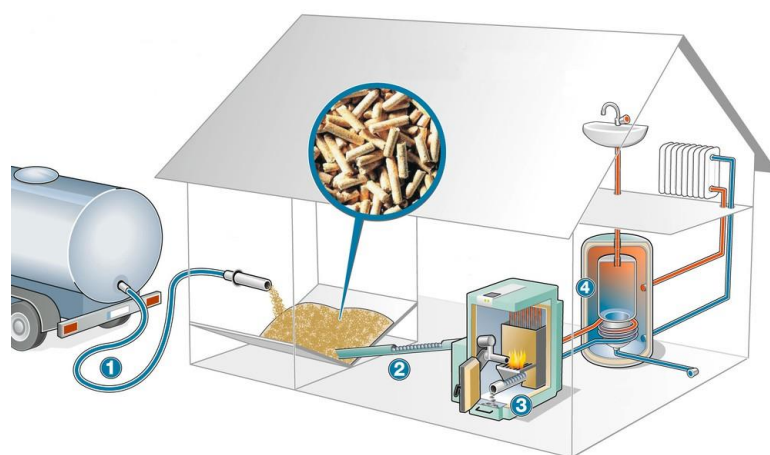
obr. 20 - Schéma zapojení TČ EcoHeat 406 se solárními kolektory KPG1

3.3. Varianta C – Kotel na pelety

Třetí varianta rekonstrukce využívá jako zdroj energie kotel na pelety. Tento druh zdroje jsem se rozhodla navrhnout proto, že sleduje energetický systém domu zamýšlený v původní projektové dokumentaci. V roce 1998, kdy vznikl projekt na tento RD, nebyl na jeho parcelu zaveden plyn, a proto byla v domě navržena kotelna, komín a kotel na tuhá paliva. Situace se ale do roku výstavby změnila a kotel na tuhá paliva mohl být vyměněn za plynový kotel. Původní kotelna slouží v současné době jako sklad sezónních věcí, sportovního vybavení a zahradního nářadí.

3.3.1. Kotel na pelety

Peletové kotle jsou plně automatizovaná zařízení s dobrými spalovacími vlastnostmi a nízkými emisemi. Jedná se tedy o ekologicky šetrné kotle s pohodlnou obsluhou. Peletový kotel je určen pro vytápění rodinných domů, kanceláří a dílen. Kotle na pelety lze řešit také přípravu teplé vody. „Zásadní výhodou kotle na pelety je menší peletový hořák než u kotle na kusové dřevo. Palivo je dávkováno po malých dávkách v závislosti na okamžité potřebě tepla. Peletové kotle proto mohou mít nižší výkon, který lze poměrně v širokém rozmezí regulovat. Na trhu můžeme najít také kombinované kotle na dřevo a pelety, které mají tři komory, vrchní dvě slouží pro spalování dřeva na principu zplynování a třetí spodní komora s trvale zabudovaným hořákem pro spalování pelet. Kotel může automaticky zapnout peletový hořák po dohoření dřeva. Tyto kotle se tak přibližují komfortem obsluhy kotlům na kapalná nebo plynná paliva, jejich provoz je však levnější díky nižší ceně paliva.“ (1, s. 87, 88)



obr. 21 - Systém vytápění peletami (1 – doprava pelet hadicí z cisterny přímo do skladovacího prostoru, 2 – dávkování pelet ze skladovacího prostoru do kotle, 3 – automatický kotel na pelety, 4 – akumuláční nádoba pro přípravu topné a teplé vody) (6)

Pelety (peletky) jsou ekologicky šetrné palivo vyráběné především z dřevní biomasy. Dodávají se v podobě slisovaných granulí kruhového průřezu, jsou skladné a snadno se s nimi manipuluje. Jejich výhřevnost se pohybuje okolo 18 MJ/kg. Jsou dodávány v pytlích o hmotnosti kolem 15 kg, ve velkých textilních vacích (Big Bag) o hmotnosti kolem 1 tuny nebo cisternovým automobilem s pneumatickou dodávkou pelet flexibilními hadicemi. Pelety můžeme skladovat ve speciálně upravené místnosti s pneumatickým nebo šnekovým dopravníkem ke kotli nebo ve speciálním textilním zásobníku, event. stačí pouze konstrukce na zavěšení Big Bagu. (9)



obr. 22 - Peletová kotelna se šnekovým dopravníkem (6)

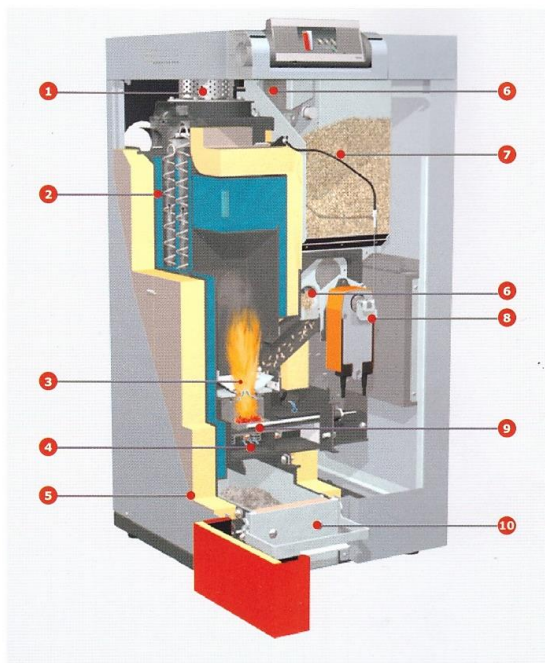


obr. 23 - Peletová kotelna s textilním zásobníkem (6)

3.3.1.1. Kotel na pelety Fröling PE1 Pellet

Zásadní problém, na který jsem narazila při výběru kotle pro řešený RD, byl nedostatek místa pro umístění zařízení. Všechny kotle potřebují prostor pro vlastní obsluhu, jakož i samotnou instalaci. Ve většině případů nesplňovala kotelna v RD nároky na minimální rozměry místnosti požadované výrobcem.

Do kotelny bylo možné umístit jedině kotel PE1 Pellet od firmy Fröling. Jeho hlavní výhodou jsou právě extrémně malé požadavky na prostor, kotel zaujímá plochu pouze 0,39 m² (0,60 x 0,65 m). Prívod venkovního vzduchu a odvod spalin je zajištěn komínovým tělesem. Součástí kotle je velkoobjemový zásobník na pelety s kapacitou 44 litrů. Doplnění zásobníku probíhá automaticky ze skladu pelet prostřednictvím vnější sací turbíny. Při dopravě paliva ze skladu do zásobníku v kotli dojde k automatickému uzavření přístupu k hořáku. Systém zapalování je automatický. Množství vzduchu potřebné ke spalování je nepřetržitě kontrolováno a automaticky regulováno tak, aby bylo zajištěno ideální množství vzduchu pro optimální průběh spalování. V potrubí výměníku tepla je integrován systém čistících kartáčů (technologie WOS) optimalizujících účinnost kotle. Peletový hořák je vybaven posuvným roštem, který automaticky odstraňuje popel do nádoby na popel. Tu je možné celou vyjmout a přemístit bez znečištění okolí.



obr. 24 - Kotel PE1 Pellet (1 – sací ventilátor, 2 – technologie WOS, 3 – peletový hořák, 4 – rošt na odstraňování popela, 5 – izolace, 6 – systém uzávěrů proti zpětnému prohoření, 7 – zásobník na pelety, 8 – elektronické ovládání WOS, 9 – automatické zapalování, 10 – nádoba na popel)

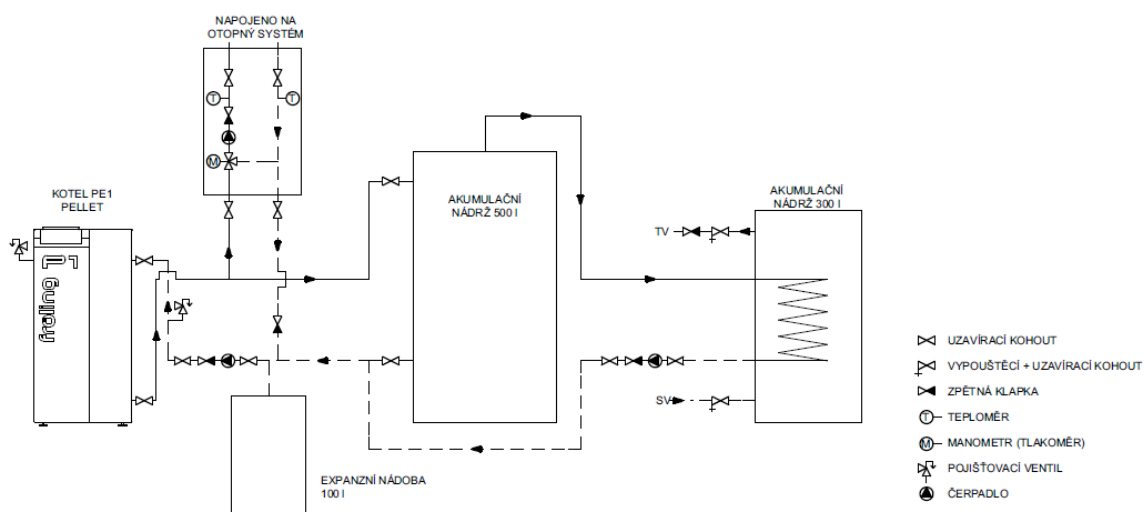
Jediná možnost skladování pelet pro tento RD je v textilním zásobníku v uzavřeném venkovním přístřešku. Zásobník je řešen jako konstrukce, do které je zavěšen textilní vak vyrobený z pevného materiálu se speciální vnitřní úpravou pro snížení pronikání vlhkosti do uskladněných pelet. Při venkovní instalaci je opatřen ochranou proti dešti a UV záření.



obr. 25 - Fröling Bag Silo System, textilní zásobník na pelety

Ke kotli jsou připojeny dvě akumulční nádrže. První 500 litrová akumulční nádrž zajišťuje akumulaci otopné vody, která slouží k vytápění RD a také k ohřevu teplé vody v druhé 300 litrové akumulční nádrži. Tímto způsobem je zajištěno dostatečné množství vody pro otopný systém a pro spotřebu TV.

3.3.2. Schéma zapojení kotle PE1 Pellet



obr. 26 - Schéma zapojení kotle PE1 Pellet

4 Energetická vyhodnocení a výběr vhodné varianty

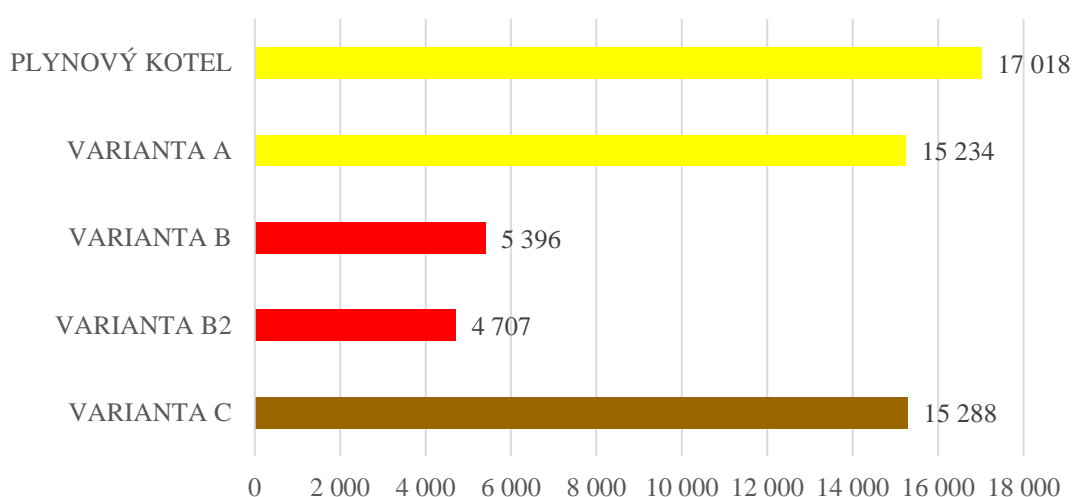
Prostřednictvím Národního kalkulačního nástroje (NKN) jsem vytvořila teoretický model řešeného rodinného domu. Tento model jsem použila k simulaci 3 variant zdroje pro vytápění a ohřev TV, resp. 4 variant:

- Varianta A – podpora současného systému ohřevu TV solárními kolektory
- Varianta B – tepelné čerpadlo země/voda
- Varianta B2 – tepelné čerpadlo země/voda s podporou ohřevu TV solárními kolektory
- Varianta C – kotel na pelety.

4.1. Energetické potřeby budovy u jednotlivých variant rekonstrukce

V této kapitole shrnuji výsledky jednotlivých variant rekonstrukce získané z NKN. Následující graf porovnává množství energie dodané zdrojem za rok na pokrytí tepla potřebného pro vytápění a ohřev TV.

Stávající plynový kotel spotřebuje 16 804 kWh/rok, s podporou ohřevu TV solárními kolektory (varianta A) 15 018 kWh/rok, tepelné čerpadlo (varianta B) 5 396 kWh/rok, tepelné čerpadlo se solárními kolektory (varianta B2) 3 205 kWh/rok a kotel na pelety 15 288 kWh/rok. V grafu jsou také barevně rozlišeny jednotlivé druhy paliva – plyn žlutě, elektřina červeně a pelety hnědě.



obr. 27 - Graf roční energie dodané zdrojem u jednotlivých variant [kWh/rok]

V podkapitolách uvádím výstupy z přílohy NKN Hodnocení energetické náročnosti budovy – analýzy energetických potřeb. Pro stanovení konkrétních hodnot spotřeby energií bylo nutné uvedené hodnoty přepočítat, neboť NKN v těchto ukazatelích nezohledňuje využití solárních soustav a tepelných čerpadel. Postup výpočtu komentuji u každé varianty pod titulkem Výpočet skutečně dodané energie. Následující číselné a grafické výstupy tento přepočet nezahrnují.

4.1.1. Varianta A

Hodnocení ukazatelů energetické náročnosti (podle vyhlášky 78/2013 Sb.)

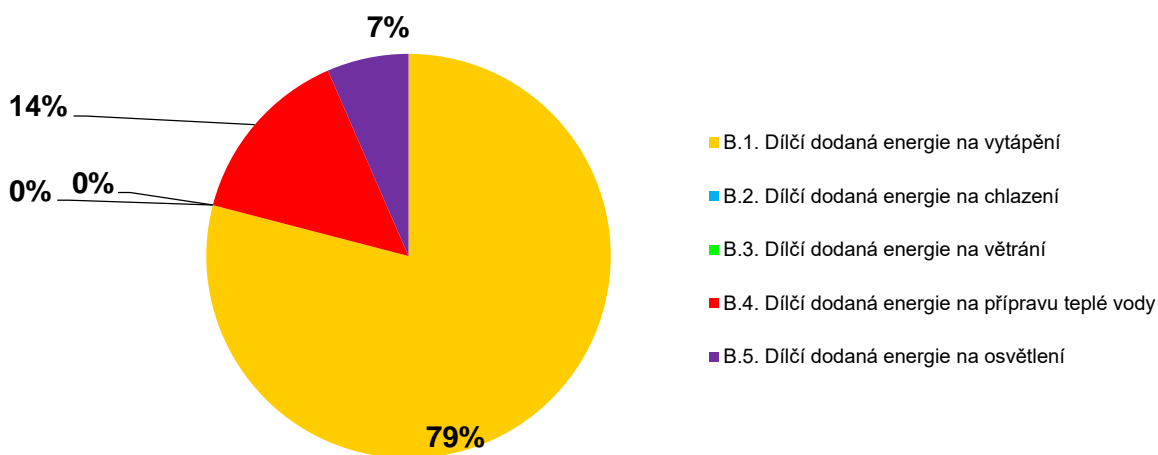
Celková dodaná energie do budovy (energie na vstupu do budovy)

Hodnocená budova: $Q_{\text{fuel}} = 17\,691,9 \text{ kWh/rok}$
 Třída energetické náročnosti ukazatele EN: C – úsporná

Neobnovitelná primární energie (vliv provozu budovy na životní prostředí)

Hodnocená budova: $E_{\text{nP}} = 20\,437,4 \text{ kWh/rok}$
 Třída energetické náročnosti ukazatele EN: C – úsporná

Hodnocení doplňujících ukazatelů



obr. 28 - Graf rozdělení celkové dodané energie do budovy, varianta A

Dílčí dodaná energie na vytápění

Hodnocená budova: $E_{\text{H}} = 13\,984 \text{ kWh/rok}$
 Třída energetické náročnosti: D – Méně úsporná

Dílčí dodaná energie na přípravu teplé vody

Hodnocená budova:	$E_W = 2\,551,4$ kWh/rok
Třída energetické náročnosti:	B – Velmi úsporná

Výpočet skutečně dodané energie

Při použití solárního systému jako podpory ohřevu TV jsem v části C.3 Hodnocená budova - Dílčí dodaná energie získala započitatelnou produkci energie ze solárních kolektorů. Tuto hodnotu jsem odečetla od dodané energie na přípravu TV a dostala jsem skutečnou spotřebu energie, v tomto případě plynu, na ohřev TV.

Vytápění:	13 984 kWh/rok
Příprava teplé vody:	2 551 kWh/rok
Termické solární kolektory:	1 516 kWh/rok
Skutečná energie pro přípravu TV:	1 034 kWh/rok
Skutečná dodaná energie (bez osvětlení):	15 018 kWh/rok

4.1.2. Varianta B

Hodnocení ukazatelů energetické náročnosti (podle vyhlášky 78/2013 Sb.)

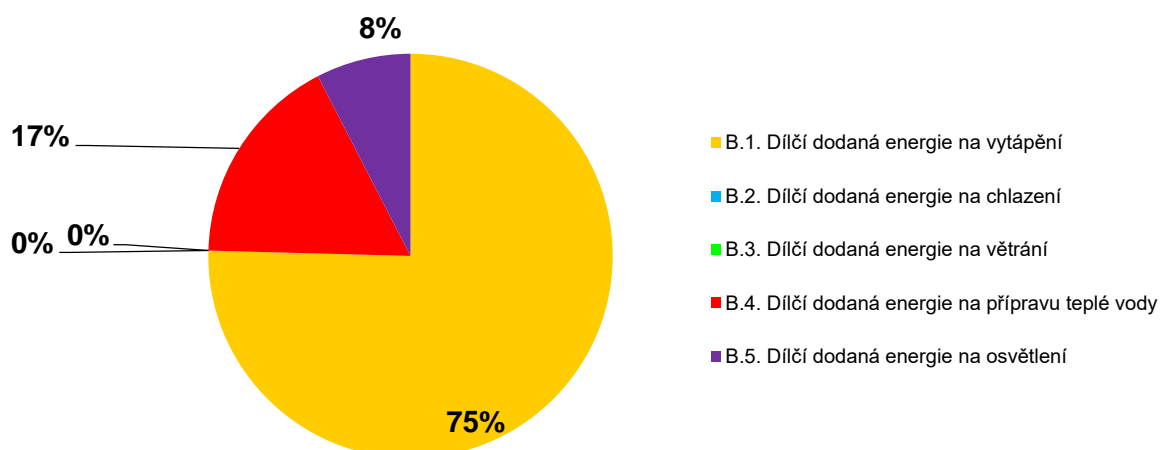
Celková dodaná energie do budovy (energie na vstupu do budovy)

Hodnocená budova:	$Q_{\text{fuel}} = 15\,255,8$ kWh/rok
Třída energetické náročnosti ukazatele EN:	C – úsporná

Neobnovitelná primární energie (vliv provozu budovy na životní prostředí)

Hodnocená budova:	$E_{\text{nP}} = 19\,651,4$ kWh/rok
Třída energetické náročnosti ukazatele EN:	C – úsporná

Hodnocení doplňujících ukazatelů



obr. 29 - Graf rozdělení celkové dodané energie do budovy, varianta B

Dílčí dodaná energie na vytápění

Hodnocená budova:

$E_H = 11\,506$ kWh/rok

Třída energetické náročnosti:

C – úsporná

Dílčí dodaná energie na přípravu teplé vody

Hodnocená budova:

$E_W = 2\,594,8$ kWh/rok

Třída energetické náročnosti:

B – Velmi úsporná

Výpočet skutečně dodané energie

V této variantě zajišťuje tepelné čerpadlo vytápění i ohřev TV. Pro stanovení skutečně dodané energie bylo potřeba od celkové dodané energie odečíst energii prostředí. Tato energie prostředí je uvedena v NKN v části C.3 Hodnocená budova – celková dodaná energie, rozdělení po energonositelích. Charakterizuje energii prostředí získanou TČ, konkrétně energii slunečního záření, která je uložena v zemi a je získávána pomocí zemních kolektorů (tento mechanismus je podrobně popsán v kapitole 3.2.1. Tepelné čerpadlo).

Celková dodaná energie (bez osvětlení):

14 101 kWh/rok

Energie prostředí:

8 705 kWh/rok

Skutečně dodaná energie:

5 396 kWh/rok

4.1.3. Varianta B2

Hodnocení ukazatelů energetické náročnosti (podle vyhlášky 78/2013 Sb.)

Celková dodaná energie do budovy (energie na vstupu do budovy)

Hodnocená budova: $Q_{\text{fuel}} = 15\,255,8 \text{ kWh/rok}$

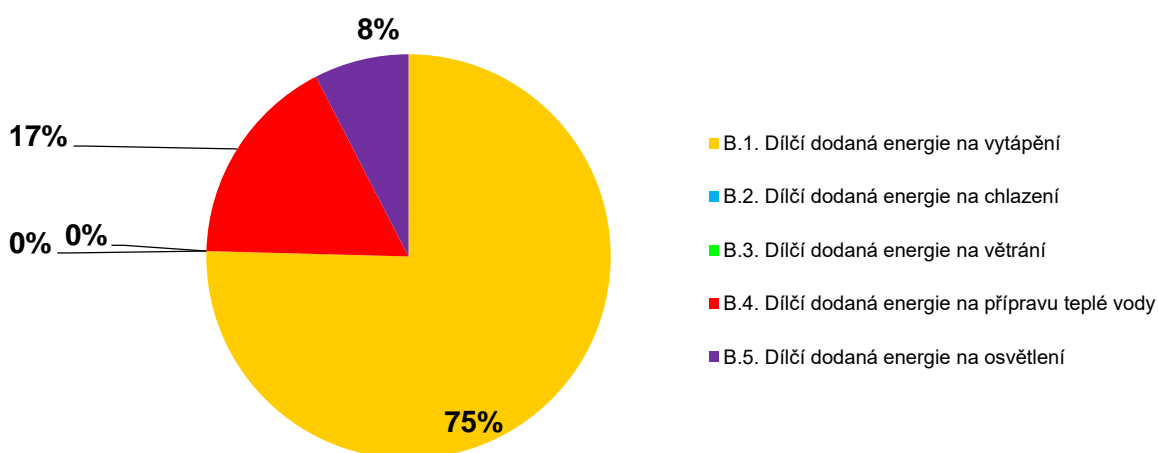
Třída energetické náročnosti ukazatele EN: C – úsporná

Neobnovitelná primární energie (vliv provozu budovy na životní prostředí)

Hodnocená budova: $E_{\text{nP}} = 17\,586,2 \text{ kWh/rok}$

Třída energetické náročnosti ukazatele EN: B – Velmi úsporná

Hodnocení doplňujících ukazatelů



obr. 30 - Graf rozdělení celkové dodané energie do budovy, varianta B2

Dílčí dodaná energie na vytápění

Hodnocená budova: $E_{\text{H}} = 11\,506 \text{ kWh/rok}$

Třída energetické náročnosti: C – úsporná

Dílčí dodaná energie na přípravu teplé vody

Hodnocená budova: $E_{\text{W}} = 2\,594,8 \text{ kWh/rok}$

Třída energetické náročnosti: B – Velmi úsporná

Výpočet skutečné dodané energie

Tepelné čerpadlo v této variantě zajišťuje vytápění a ohřev TV s podporou solárních kolektorů. Stejně jako u varianty B bylo potřeba od celkové dodané energie odečíst energii prostředí, která v tomto případě zahrnuje jak energii získanou prostřednictvím TČ tak pomocí solárních kolektorů.

Celková dodaná energie (bez osvětlení):	14 101 kWh/rok
Energie prostředí:	9 394 kWh/rok
Skutečná dodaná energie (bez osvětlení):	4 707 kWh/rok

4.1.4. Varianta C

Hodnocení ukazatelů energetické náročnosti (podle vyhlášky 78/2013 Sb.)

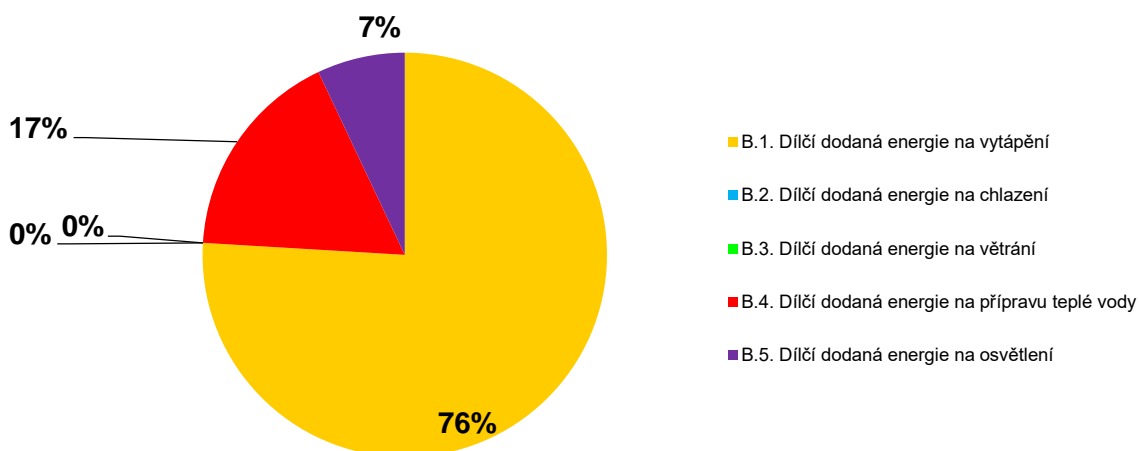
Celková dodaná energie do budovy (energie na vstupu do budovy)

Hodnocená budova:	$Q_{\text{fuel}} = 16\,442,8 \text{ kWh/rok}$
Třída energetické náročnosti ukazatele EN:	C – úsporná

Neobnovitelná primární energie (vliv provozu budovy na životní prostředí)

Hodnocená budova:	$E_{\text{nP}} = 7\,780,6 \text{ kWh/rok}$
Třída energetické náročnosti ukazatele EN:	A – Mimořádně úsporná

Hodnocení doplňujících ukazatelů



obr. 31 - Graf rozdělení celkové dodané energie do budovy, varianta C

Dílčí dodaná energie na vytápění

Hodnocená budova: $E_H = 12\,488$ kWh/rok

Třída energetické náročnosti: D – Méně úsporná

Dílčí dodaná energie na přípravu teplé vody

Hodnocená budova: $E_W = 2\,799,8$ kWh/rok

Třída energetické náročnosti: B – Velmi úsporná

U této varianty nebylo potřeba hodnoty z NKN nijak přepočítávat, protože do hodnoty celkové dodané energie nevstupuje žádný zdroj využívající energii okolního prostředí.

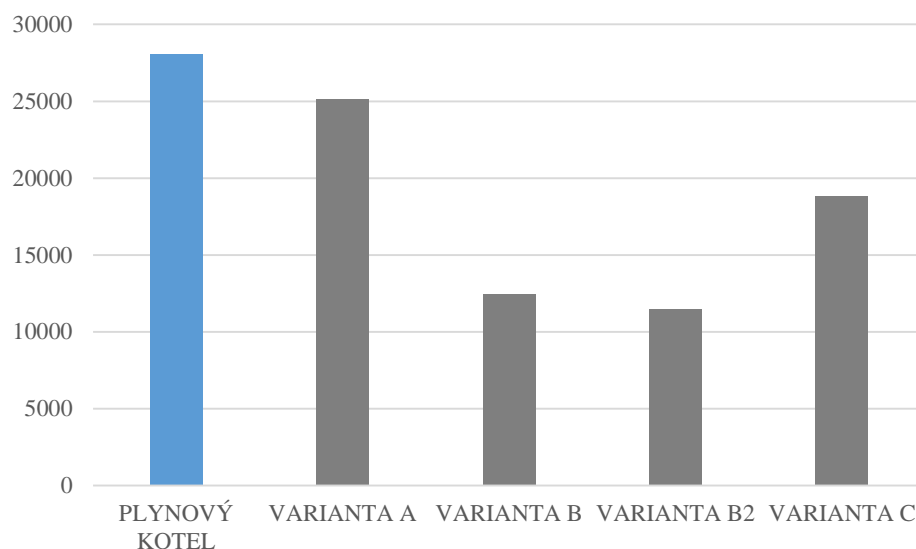
Celková dodaná energie: 15 287,8 kWh/rok

4.2. Provozní náklady rekonstrukce

Na základě zjištěných hodnot spotřeb energií jsem vytvořila následující tabulku. V tabulce jsou spotřeby rozlišeny podle druhu zdroje a jeho paliva (energonositele).

	Stávající plynový kotel	Varianta A	Varianta B	Varianta B2	Varianta C
Spotřeba zemního plynu na vytápění a ohřev TV	17 018 kWh	15 234 kWh	-	-	-
Spotřeba elektrické energie na vytápění a ohřev TV	-	-	5 396 kWh	4 707 kWh	-
Spotřeba pelet na vytápění a ohřev TV	-	-	-	-	15 288/4,6731 3 271,5 kg
Cena paliva	1,651 Kč/kWh	1,651 Kč/kWh	-	-	5 750 Kč/t
Cena elektrické energie	-	-	1,463 Kč/kWh	1,463 Kč/kWh	-
Měsíční poplatky	-	-	12 x 381,15 4 573,8 Kč	12 x 381,15 4 573,8 Kč	-
CELKOVÉ ROČNÍ NÁKLADY ZA ENERGIE	28 096,72 Kč	25 151,33 Kč	12 467,34 Kč	11 459,43 Kč	18 811,13 Kč

tab. 8 - Tabulka porovnání provozních nákladů



obr. 32 - Graf provozních nákladů

Uvedenou cenu plynu jsem určila z faktury za plyn získané od majitele domu. V jednotkové ceně za kWh je započítán i paušál za plynoměr, proto u těchto spotřeb není v tabulce uveden žádný měsíční poplatek.

Cenu za elektřinu a výši měsíční paušální platby jsem určila podle tabulek distributora elektrické energie uvedené na jeho webových stránkách. Pro vytápění a akumulční ohřev TV pomocí TČ umožňuje distributor využívat sazbu D55d nebo D56d, ve které je k dispozici nízký tarif po dobu minimálně 22 hodin denně. To znamená, že většina spotřeby elektrické energie domácnosti, nejenom provoz TČ, spadá na dobu nízkého tarifu. Tuto „výhodu“ jsem však do svých výpočtů nezahrnovala.

Pomocí Přehledu cen pelet uvedeném na webu TZB-info.cz (10) jsem našla nejvýhodnějšího prodejce pelet ve Středočeském kraji, jímž je certifikovaný výrobce BIOMAC Ing. Černý s.r.o. Pro určení roční potřeby paliva je důležité správné stanovení výhřevnosti konkrétního paliva. „Výhřevnost dřevní hmoty je závislá na její kvalitě a vlhkosti. Zcela zdravé a suché dřevo z listnatých stromů má výhřevnost 18 - 18,5 MJ/kg, u jehličnatých stromů se pak pohybuje na hranici 19 - 19,5 MJ/kg. Každé palivo z dřevní hmoty však vždy obsahuje jistý podíl vlhkosti, která její výhřevnost snižuje. Je-li výhřevnost v bezvodém stavu H_w [MJ/kg] a vlhkost dřeva w [%], pak skutečnou výhřevnost H_{MJ} získáme ze vztahu:“ (11)

$$H_{MJ} = \frac{H_w \cdot (100 - w) - 2,44 \cdot w}{100} \text{ [MJ/kg]} \quad (11)$$

Výrobce BIOMAC Ing. Černý s.r.o. uvádí u svých pelet výhřevnost $H_w = 18,34$ MJ/kg, vlhkost $w = 7,3$ %. Po dosazení do výše uvedeného vzorce vyjde skutečná výhřevnost pelet $H_{MJ} = 16,823$ MJ/kg. Pro stanovení výhřevnosti v kWh/kg poslouží jednoduchý převodní vztah:

$$H_{kWh} = \frac{H_{MJ}}{3,6} \text{ [kWh/kg]} \quad (11)$$

Výhřevnost pelet BIOMAC Ing. Černý s.r.o. je tedy $H_{kWh} = 4,6731$ kWh/kg.

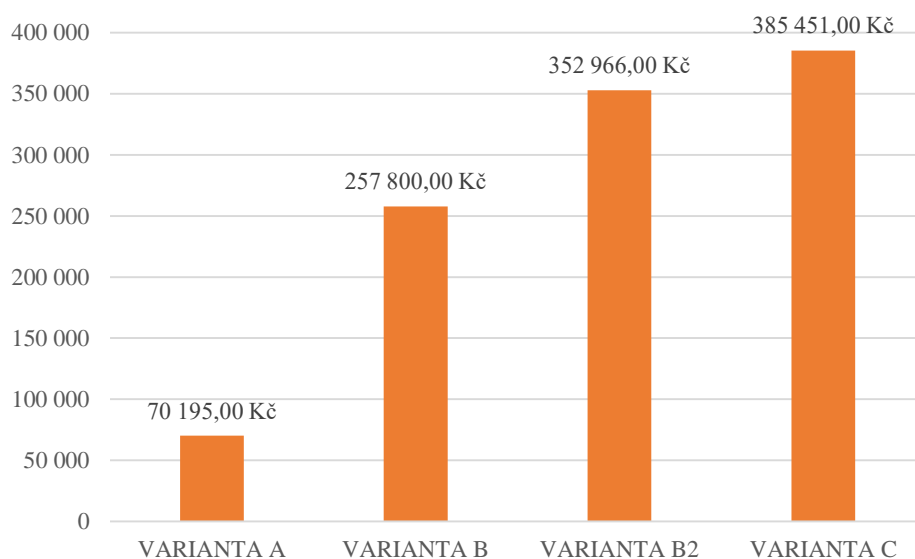
4.3. Investiční náklady rekonstrukce

Pro jednotlivé varianty návrhu jsem si nechala od dodavatelů vypracovat cenovou nabídku (viz přílohy 6/1, 6/2, 6/3), u ostatních jsem určila cenu podle nabídky dodavatele uvedené na webu (viz příloha 6/4). Cenu za primární okruh TČ, to znamená zemní horizontální kolektor, jsem určila na základě informací dostupných v literatuře (7, s. 90). Náklady na vybudování komínového tělesa jsem konzultovala s Ing. Martinem Frankem, majitelem domu. Cenu za příslušenství ke kotli na pelety, které nejsou uvedeny v cenové nabídce od dodavatele, konkrétně akumulční 500l nádrž a zásobník na pelety, jsem stanovila podle cen shodných výrobků jiných značek. (12) (13)

U variant B, B2 a C předpokládám stejné zásahy do stávajícího topného systému a rozvodu TV. Jedná se o napojení nového zdroje na stávající systém v koupelně v podkroví, kde je v současnosti umístěn plynový kotel. Varianta A vyžaduje pouze připojení solárního zásobníku na přívod studené vody do stávajícího plynového kotle. Stavební úpravy a práce související s novými rozvody jsem do nákladů nezapočítávala.

	Varianta A	Varianta B	Varianta B2	Varianta C
Zdroj	83 279 Kč	197 800 Kč	292 966 Kč	279 301 Kč
Primární okruh	-	60 000 Kč	60 000 Kč	-
Akumulační nádrž vč. izolace	-	-	-	18 000 Kč
Zásobník na pelety vč. přístřešku	-	-	-	60 000 Kč
Komín				40 000 Kč
CELKEM vč. 15% DPH	83 279 Kč	257 800 Kč	352 966 Kč	397 301 Kč

tab. 9 - Tabulka investičních nákladů



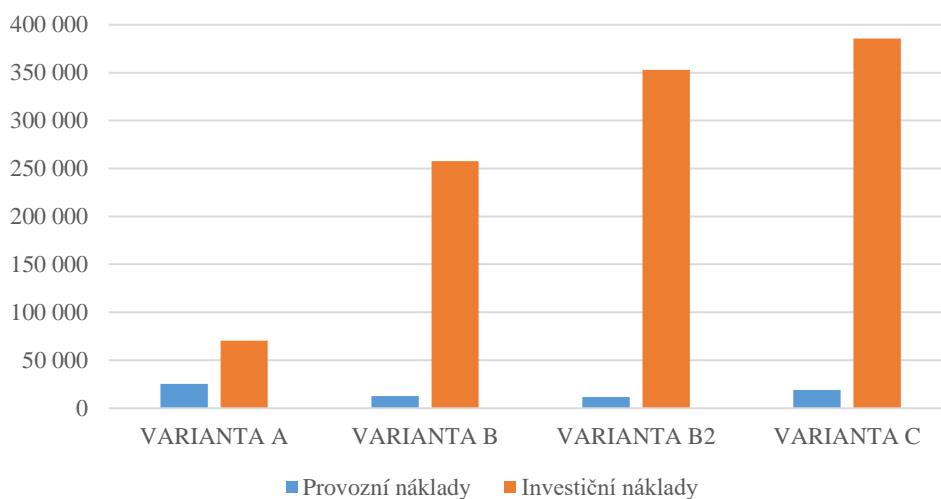
obr. 33 - Graf investičních nákladů

4.4. Finanční návratnost rekonstrukce

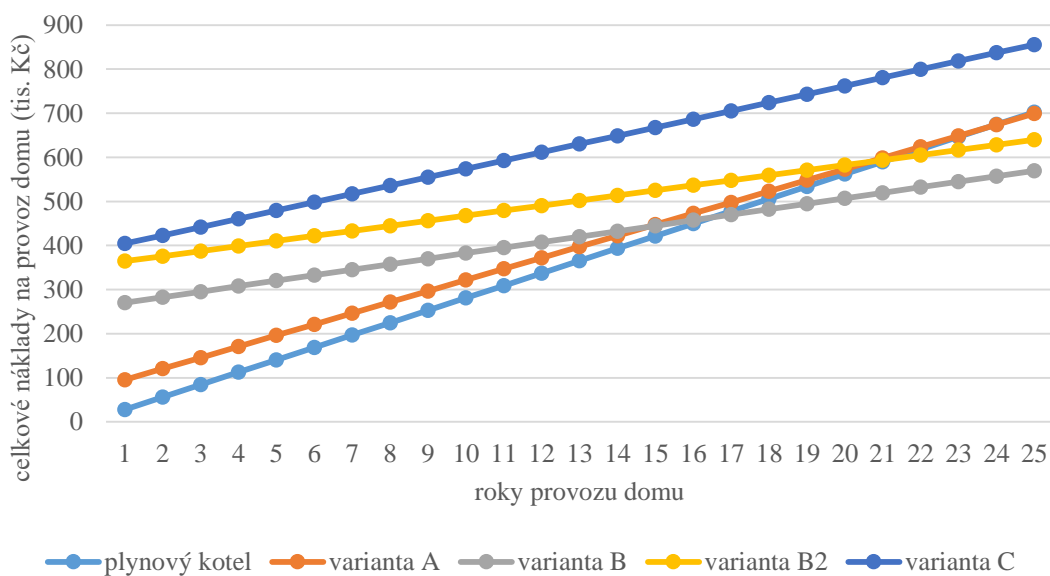
V této kapitole se dostávám ke stěžejnímu bodu práce a to k finanční návratnosti rekonstrukce. Náklady na provoz stávajícího systému, podle spotřeby energie stanovené NKN, jsou 28 096,72 Kč/rok. V následující tabulce jsou uvedeny provozní a investiční náklady jednotlivých variant rekonstrukce, dále roční úspora provozních nákladů a finanční návratnost rekonstrukce. Hodnotu návratnosti jsem získala podílem investičních nákladů roční úsporou provozních nákladů. Na obr. 30 vidíme porovnání nákladů jednotlivých variant rekonstrukce. Doba návratnosti investice do jednotlivých variant rekonstrukce je znázorněna na obr. 31.

	Varianta A	Varianta B	Varianta B2	Varianta C
Provozní náklady	25 151,33 Kč	12 467,34 Kč	11 459,43 Kč	18 811,13 Kč
Investiční náklady	70 195 Kč	257 800 Kč	352 966 Kč	397 300,67 Kč
Roční úspora	2 945,38 Kč	15 629,38 Kč	16 637,28 Kč	9 285,59 Kč
Návratnost	23,9 let	16,5 let	21,3 let	41,6 let

tab. 10 - Bilance finančních prostředků rekonstrukce



obr. 34 - Graf provozních a investičních nákladů rekonstrukce



obr. 35 - Doba návratnosti investice jednotlivých variant rekonstrukce

4.5. Bilance jednotlivých variant rekonstrukce

Varianta A – solární sestava Regulus SOL 200Z

- podpora současného systému na ohřev TV
- umístění – kolektory instalovány na střeše nad koupelnou v podkroví, zásobník vedle stávajícího zdroje tepla
- minimální stavební zásahy do současného systému
- nejnižší pořizovací náklady: 70 195 Kč
- nejméně výrazná úspora provozních nákladů: 2 945 Kč/rok
- návratnost investice: 23,9 let

Hlavním charakterem této rekonstrukce jsou nejnižší pořizovací náklady. Jedná se o rekonstrukci s nejmenšími zásahy do stávajícího systému. Výhodou je umístění sestavy v těsné blízkosti stávajícího zdroje tepla. Aby bylo možné instalovat kolektory na střeše nad koupelnou v podkroví, bylo by nutné umístit je na podpory. Střecha je totiž orientována na severozápad, podpory by nasměrovaly kolektory na jihozápad.

Návratnost investice do této rekonstrukce je téměř 24 let. Tato varianta je jednoznačně nevýhodná.

Varianta B – tepelné čerpadlo země/voda Regulus EcoHeat 406

- nový zdroj pro vytápění a ohřev TV
- umístění – kotelna v 1. NP
- primární okruh – zemní plošný kolektor, potřebná plocha odhadnuta na 300 m² (viz příloha 5/2)
- nové rozvody potrubí od zdroje ke stávajícím rozvodům v podkroví
- nutné stavební úpravy – prostup potrubí primárního okruhu obvodovou zdí/základy, instalace nového potrubí
- pořizovací náklady: 257 800 Kč
- úspora provozních nákladů: 15 629 Kč/rok
- nejkratší doba návratnosti investice: 16,5 let

Tato varianta rekonstrukce je jednoznačně nejvýhodnější. Doba její návratnosti je nejkratší a s tímto typem zdroje je docíleno téměř nejvyšší úspory provozních nákladů.

U této varianty jsou nutné stavební zásahy do objektu a vedlejší stavební práce. Pro vybudování zemního plošného kolektoru byla dodavatelem odhadnuta plocha cca 300 m². Jedná se pouze o odhad na základě zkušeností, který je pro tuto práci dostačující. Pro podrobnější výpočet a kalkulaci investičních nákladů by bylo nezbytné vypracování přesného výpočtu a projektu na zemní plošný kolektor.

Varianta B2 – tepelné čerpadlo země/voda Regulus EcoHeat 406 se solárními kolektory KPG1+

- nový zdroj pro vytápění a ohřev TV s podporou solárních kolektorů
- umístění – kotelna v 1. NP, kolektory instalovány na střeše nad kotelnu
- zemní plošný kolektor, potřebná plocha odhadnuta na 300 m² (viz příloha 5/2)
- nutné stavební úpravy – prostup potrubí primárního okruhu obvodovou zdí/základy, instalace nového potrubí, napojení solárního systému
- pořizovací náklady: 352 966 Kč
- úspora provozních nákladů: 16 637 Kč/rok
- návratnost investice: 21,3 let

U tohoto typu systému se ukázalo, že zapojení solárních kolektorů pro ohřev TV v kombinaci s tepelným čerpadlem je nevýhodné. Pořizovací náklady jsou o téměř 100 000 Kč vyšší, než u použití samostatného TČ, ale roční úspora provozních nákladů je téměř stejná.

Varianta C – kotel na pelety Fröling PE1 Pellet

- nový zdroj pro vytápění a ohřev TV
- umístění – kotelna v 1. NP
- nutné stavební úpravy – vybudování komínového tělesa, instalace nového potrubí, přístřešek pro zásobník na pelety
- nejvyšší pořizovací náklady: 384 451 Kč
- úspora provozních nákladů: 9 285 Kč/rok
- nejdelší doba návratnosti rekonstrukce: 41,6 let

Využití biomasy ze sekundárních zdrojů (zbytky z dřevozpracujícího nebo papírenského průmyslu apod.) v sobě nese velký potenciál. Toho jsou si výrobci vědomi, a proto dnes můžeme na trhu najít velké množství kvalitních kotlů na pelety. To byl jeden z hlavních důvodů, proč jsem tuto variantu rekonstrukce zahrнула do své práce. Kvůli nedostatku místa

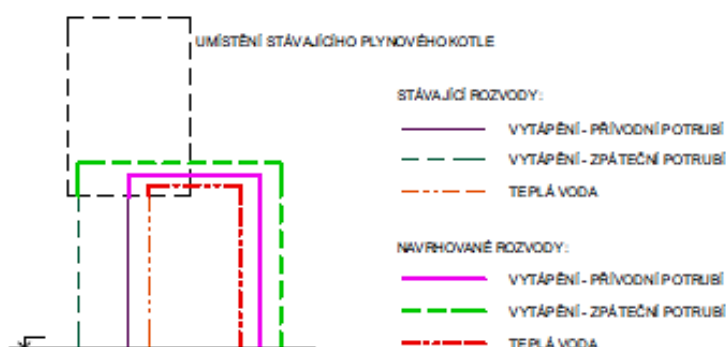
pro kotel v jediné možné místnosti v domě – v bývalé kotelně – jsem byla nucena vybrat kotel s minimálními nároky na prostor, ale vysokými nároky na pořizovací náklady. Proto vyšla doba návratnosti této varianty téměř na půl století...

4.6. Výběr vhodné varianty, popis realizace

Z poznatků uvedených v předchozí kapitole vyplývá, že nejvhodnější variantou je varianta B – tepelné čerpadlo země/voda. Provozní náklady varianty B se velmi blíží provozním nákladům varianty B2. Její pořizovací náklady jsou však téměř o 100 000 Kč nižší. Vzhledem k tomu je návratnost varianty B výrazně kratší než u varianty B2.

Pro variantu B jsem vypracovala projektovou dokumentaci napojení systému TČ na stávající systém vytápění a TV (viz přílohy 7/1 až 7/4).

Geometrie současných systémů umožňuje napojení nového zdroje bez nutnosti větších změn. Hlavní uzávěr vody je umístěn na WC v 1. NP. Potrubí studené vody je k TČ přivedeno od uzávěru vody přes chodbu a je vedeno v podlaze. Protože je v chodbě položen koberec, bude vyžadovat uložení nového potrubí do podlahy větší stavební zásah pouze na WC v 1. NP. Nové rozvody TV a přívodního a zpátečního potrubí vytápění jsou vedeny z kotelny, kde je umístěno TČ s vestavěným zásobníkem a zbylé vybavení, přes chodbu do podkroví, kde jsou napojeny na stávající systém. Vedení nových rozvodů v chodbě je částečně umístěno v prostoru pod schody, kde není nutné ho zapouštět do podlahy, ale je vedeno při vnitřní nosné stěně. Zbylá část rozvodů v chodbě je vedena pod stropem 1. NP. Stropy nejsou opatřeny podhledy, při instalaci potrubí by bylo nutné navrhnout estetický kryt těchto rozvodů. V koupelně v podkroví jsou nové rozvody napojeny na stávající potrubí v místě současného umístění plynového kotle.



obr. 36 - Schéma napojení nového potrubí na stávající systém

5 Závěr

Bakalářská práce má 3 části. V první zhodnocuji stávající stav objektu, popisuji jeho konstrukční systém, zdroje tepla a spotřebu energie na základě dostupných podkladů.

Stěžejní částí práce bylo vytvoření teoretického modelu domu v Národním kalkulačním nástroji II. Dostala jsem dostatečně přesný model pro simulaci jednotlivých variant rekonstrukce technických systémů domu.

Druhá část obsahuje obecné informace o jednotlivých zdrojích, které jsem dále použila. Po teoretickém popisu principu fungování zařízení navrhuji základní technicky realizovatelné varianty rekonstrukce. Součástí návrhu je schéma zapojení systému uvedené v textu, ověření technické proveditelnosti (viz přílohy 5/1, 5/2 a 5/3) a projektová dokumentace (viz přílohy 7/1 až 7/4).

Na základě vytvořených modelů nových systémů v *Národním kalkulačním nástroji II* jsem ve třetí části práce vyhodnotila energetické potřeby jednotlivých variant rekonstrukce. Dále jsem stanovila finanční náklady na pořízení a provoz jednotlivých variant. Výsledkem této práce je výběr varianty, která je energeticky i finančně nejvýhodnější.

Pro variantu B, kterou jsem určila jako celkově nejvýhodnější, jsem vypracovala projektovou dokumentaci napojení systému TČ na stávající systém vytápění a TV (viz přílohy 7/1 až 7/4).

Smyslem této práce bylo snížení provozních nákladů na vytápění a ohřev TV již existujícího domu. To se podařilo splnit ve všech variantách rekonstrukce. Dalším cílem bylo určit systém, který nejenom splní toto kritérium, ale bude také rentabilní. I takovýto systém se povedlo navrhnout.

Seznam použitých zkratek a veličin

NKN		Národní kalkulační nástroj
1. NP		první nadzemní podlaží
RD		rodinný dům
TČ		tepelné čerpadlo
tl.		tloušťka
TV		teplá voda
UV		ultrafialové záření
$A_{e,z}$	$[m^2]$	energeticky vztažná plocha budovy
$A_{f,z}$	$[m^2]$	užitná plocha budovy
$C_{m,z}$	$[kJ/m^2.K]$	tepelná kapacita zóny
E_H	$[kWh/rok]$	energie na vytápění
E_L	$[kWh/rok]$	energie na osvětlení
E_{nP}	$[kWh/rok]$	neobnovitelná primární energie
E_w	$[kWh/rok]$	energie na přípravu teplé vody
$F_{gl,l}$	$[-]$	korekční činitel rámu
$g_{gl,l}$	$[-]$	prostupnost slunečního záření
H_{kWh}	$[kWh/kg]$	výhřevnost
H_{MJ}	$[MJ/kg]$	výhřevnost
H_s	$[kWh/m^3]$	objemové spalné teplo (výhřevnost)
H_w	$[MJ/kg]$	výhřevnost
k	$[-]$	přepočtový objemový koeficient
l_w	$[m]$	délka rozvodů teplé vody
$n_{p,z}$	$[-]$	počet osob v zóně
Q	$[kWh]$	množství energie
Q_{fuel}	$[kWh/rok]$	celková dodaná energie do budovy
$Q_{w,dis}$	$[Wh/(m.den)]$	denní měrná ztráta rozvodů teplé vody
$Q_{w,dis}$	$[Wh/den]$	denní ztráta rozvodů teplé vody
U_{em}	$[W/m^2.K]$	průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy
U_1	$[W/m^2.K]$	součinitel prostupu tepla
$V_{a,z}$	$[m^3]$	vnější objem zóny

V_p	$[m^3]$	objem zemního plynu
$V_{tot,z}$	$[m^3]$	vnitřní objem zóny
$V_{w,j}$	$[m^3/rok]$	roční spotřeba teplé vody
$V_{w,st}$	$[l]$	objem zásobníku teplé vody
w	$[\%]$	vlhkost
$\eta_{gen, H,ctl,sys}$	$[-]$	účinnost regulace zdroje
$\eta_{gen, H,sys}$	$[-]$	účinnost výroby tepla zdrojem
$\eta_{w,gen}$	$[-]$	účinnost zdroje přípravy teplé vody
$\theta_{H,h,sys}$	$[^{\circ}C]$	teplota teplé vody v zásobníku

Seznam použité literatury

- (1) MURTINGER, Karel. *Úsporný rodinný dům*. Praha: Grada Publishing, 2013. ISBN 978-80-247-4559-6.
- (2) Změna klimatu v ČR. In: *Portál ČHMÚ: Historická data: Počasí: Změna klimatu: Základní informace* [online]. b.r. [cit. 2016-05-10]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/klimazmena/files/cc_chap10.pdf
- (3) Historická data: Počasí: Mapy charakteristik klimatu. *Portál ČHMÚ* [online]. b.r. [cit. 2016-05-10]. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/mapy-charakteristik-klimatu>
- (4) Přepočítání spotřeby zemního plynu na kWh - TZB-info. *TZB-info* [online]. b.r. [cit. 2016-05-15]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/95-prepocet-spotreby-zemniho-plynu-na-kwh>
- (5) MATUŠKA, Tomáš. *Solární zařízení v příkladech*. Praha: Grada Publishing, 2013, ISBN 978-80-247-3525-2.
- (6) *Regulus, Solární systémy: sluneční kolektory, čerpadlové skupiny a regulátory, příslušenství*. Praha, 2016. Dostupné také z: www.regulus.cz
- (7) KARLÍK, Robert. *Tepelné čerpadlo pro váš dům*. 1. Praha: Grada Publishing, 2009. ISBN 978-80-247-2720-2.
- (8) *Regulus, Tepelná čerpadla: země/voda, vzduch/voda*. Praha, 2016. Dostupné také z: www.regulus.cz
- (9) STUPAVSKÝ, Vladimír. O vytápění biomasou od A až do Z. In: *TZB-info* [online]. Česká peleta z.s.p.o., 2012 [cit. 2016-05-07]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/peletky/8814-o-vytapani-biomasou-od-a-az-do-z>
- (10) Přehled cen pelet. *TZB-info* [online]. b.r. [cit. 2016-05-10]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energii/43-prehled-cen-pelet>
- (11) LYČKA, Zdeněk. Náklady na vytápění dřevními peletami. In: *TZB-info* [online]. 2010 [cit. 2016-05-10]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/biomasa/6263-naklady-na-vytapani-drevnimi-peletami>
- (12) Akumulační nádrž Ökocell. *Fröling - kotle na pelety, kotle na dřevo: Rioni, s.r.o.* [online]. b.r. [cit. 2016-05-12]. Dostupné z: http://www.rioni.cz/akumulacni_nadrz_Okocell.htm

(13) Ceník ATMOS pelety: Textilní zásobník pelet ATMOS. In: *K.T.O. International spol.s r.o.* [online]. b.r. [cit. 2016-05-12]. Dostupné z: http://www.kto.cz/picture/pdf/cenik_atmos_pelety.pdf

Seznam obrázků

obr. 1- Jihozápadní pohled _____	10
obr. 2 - Severní pohled _____	10
obr. 3 - Současný zdroj tepla obr. 4 - Trubkové otopné těleso _____	12
obr. 5 - Deskové otopné těleso _____	12
obr. 6 - Graf spotřeby elektrické energie [kWh] _____	14
obr. 7 - Graf spotřeby plynu [m ³] _____	14
obr. 8 - Graf rozdělení celkové dodané energie do budovy _____	20
obr. 9 - Graf dílčí dodané energie [kWh] _____	21
obr. 10 - Schéma malé solární soustavy pro přípravu TV s bivalentním zásobníkem _____	24
obr. 11 - Schéma malé solární kombinované soustavy s centrálním zásobníkem _____	24
obr. 12 - Schéma bazénové sezónní solární soustavy _____	24
obr. 13 - Zjednodušené schéma solárního kolektoru _____	25
obr. 14 - Schéma zapojení solárního systému SOL 200Z _____	28
obr. 15 - Princip tepelného čerpadla _____	29
obr. 16 - Horizontální plošný kolektor _____	30
obr. 17 - Vertikální kolektor (geotermální vrt) _____	30
obr. 18 - Tepelné čerpadlo EcoHeat 406 _____	31
obr. 19 - Schéma zapojení TČ EcoHeat 406 _____	33
obr. 20 - Schéma zapojení TČ EcoHeat 406 se solárními kolektory KPG1 _____	33
obr. 21 - Systém vytápění peletami _____	34
obr. 22 - Peletová kotelná se šnekovým dopravníkem _____	35
obr. 23 - Peletová kotelná s textilním zásobníkem _____	35
obr. 24 - Kotel PE1 Pellet _____	36
obr. 25 - Fröling Bag Silo System, textilní zásobník na pelety _____	37
obr. 26 - Schéma zapojení kotle PE1 Pellet _____	37
obr. 27 - Graf roční energie dodané zdrojem u jednotlivých variant [kWh/rok] _____	38
obr. 28 - Graf rozdělení celkové dodané energie do budovy, varianta A _____	39
obr. 29 - Graf rozdělení celkové dodané energie do budovy, varianta B _____	41
obr. 30 - Graf rozdělení celkové dodané energie do budovy, varianta B2 _____	42
obr. 31 - Graf rozdělení celkové dodané energie do budovy, varianta C _____	43
obr. 32 - Graf provozních nákladů _____	45

obr. 33 - Graf investičních nákladů _____	47
obr. 34 - Graf provozních a investičních nákladů rekonstrukce _____	48
obr. 35 - Doba návratnosti investice jednotlivých variant rekonstrukce _____	48
obr. 36 - Schéma napojení nového potrubí na stávající systém _____	51

Seznam tabulek

tab. 1 - Tabulka spotřeb v letech 2001 – 2015 _____	13
tab. 2 - Tabulka zón _____	16
tab. 3 - Katalog konstrukcí _____	17
tab. 4 - Dílčí dodaná energie v kWh _____	21
tab. 5 - Parametry solárního kolektoru KPS1+ANT _____	26
tab. 6 - Parametry tepelného čerpadla EcoHeat 406 _____	32
tab. 7 - Parametry solárního kolektoru KPG1 _____	32
tab. 8 - Tabulka porovnání provozních nákladů _____	44
tab. 9 - Tabulka investičních nákladů _____	47
tab. 10 - Bilance finančních prostředků rekonstrukce _____	48

Seznam příloh

- 1 Projektová dokumentace stavby
 - 1/1 Situace
 - 1/2 Půdorys 1. NP
 - 1/3 Půdorys podkroví
 - 1/4 Řez A-A'
 - 1/5 Pohledy
- 2 Tabulka měsíčních spotřeb v letech 2001-2015
- 3 Zóny
- 4 Výstup z programu Teplo 2014
- 5 Schémata proveditelnosti
 - 5/1 Schéma proveditelnosti – varianta A
 - 5/2 Schéma proveditelnosti – varianta B2
 - 5/3 Schéma proveditelnosti – varianta C
- 6 Cenové nabídky
 - 6/1 Cenová nabídka – solární systém Regulus SOL 200Z
 - 6/2 Cenová nabídka – tepelné čerpadlo země/voda Regulus EcoHeat 406 se solárními kolektory KPG1
 - 6/3 Cenová nabídka – kotel na pelety Fröling PE1 Pellet
 - 6/4 Sezónní nabídka – tepelné čerpadlo Regulus EcoHeat 406
- 7 Projektová dokumentace rekonstrukce – varianta B
 - 7/1 Vytápění – půdorys 1. NP
 - 7/2 Vytápění – půdorys podkroví
 - 7/3 Vnitřní vodovod – půdorys 1. NP
 - 7/4 Vnitřní vodovod – půdorys podkroví
- 8 CD – Národní kalkulační nástroj II
 - 8/1 CD – nkn_v_3-21_chlumin 173_stavajici.xlsx
 - 8/2 CD – nkn_v_3-21_chlumin 173_nova okna.xlsx
 - 8/3 CD – nkn_v_3-21_chlumin 173_varianta a.xlsx
 - 8/4 CD – nkn_v_3-21_chlumin 173_varianta b_b2.xlsx
 - 8/5 CD – nkn_v_3-21_chlumin 173_varianta c.xlsx