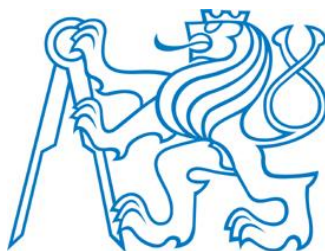


ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra konstrukcí pozemních staveb



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Energetická optimalizace horské chaty Jizerka č. p. 2

Energy optimization of Jizerka č. p. 2 hut

Studijní program: Budovy a Prostředí

Studijní obor: Budovy a Prostředí

Vedoucí práce: Ing. Pavel Kopecký, Ph.D.

Praha, Leden 2017

Bc. Michal Mazanec



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Thákuřova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Mazanec	Jméno: Michal	Osobní číslo: 396561
Zadávací katedra: Konstrukcí pozemních staveb K124		
Studijní program: Budovy a prostředí		
Studijní obor: Budovy a prostředí		

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Energetická optimalizace horské chaty Jizerka č.p.2	
Název diplomové práce anglicky: Energy optimization of Jizerka č.p.2 hut	
Pokyny pro vypracování: Diplomová práce bude rozdělena na tyto dílčí kroky: 1) Posouzení stávajícího stavu objektu a spotřeby energií (výchozí stav). 2) Návrh možných variant zlepšujících opatření, které by vedly k úspoře energie potřebné na provoz objektu (stavební úpravy, úpravy systémů tzb - vytápění, ohřev TUV). V jedné z variant bude provedena možnost využití tradičních kachlových kamen. 3) Ekonomická analýza navržených variant (počáteční investice, doba návratnosti, celková přiměřenost řešení).	
Seznam doporučené literatury: -	
Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Pavel Kopecký, Ph.D.	
Datum zadání diplomové práce: 3.10.2016	Termín odevzdání diplomové práce: 8.1.2017
Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku	
Podpis vedoucího práce	Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové 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“.

3.10.2016	
Datum převzetí zadání	Podpis studenta(ky)

Čestné prohlášení:

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

V Praze dne 2. 1. 2017

Mazanec Michal

Poděkování

Děkuji Ing. Pavlu Kopeckému, Ph.D. za odborné vedení práce, věcné připomínky, dobré rady a vstřícnost při konzultacích během vypracovávání diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat paní Ing. Kateřině Bednářové za poskytnutí podkladů pro výpočet spotřeby energie, Ing. Miroslavu Urbanovi, Ph.D. za konzultace v oblasti technických systémů budov a kamnáři Ing. Janu Křivonožkovi za odborné rady při návrhu varianty kamen a cenovou kalkulaci daného řešení.

Klíčová slova

energetická náročnost objektu, optimalizace zdroje tepla,
kachlová akumulční kamna, ohřev teplé vody, ekonomická návratnost

Key words

energy performance of building, optimization of heating system,
tiled accumulative stove, preparing of hot water, economic return

Abstrakt

Diplomová práce je zaměřena na energetickou optimalizaci horské chaty Jizerka č. p. 2. V práci byl posouzen stávající stav objektu a instalovaných technických systémů, které jsou využívány při jeho provozu. Byl proveden výpočet potřeby tepla na vytápění a potřeby tepla na ohřev teplé vody tak, aby mohly být vyčísleny náklady na provoz chaty. Cílem práce bylo prověřit možné varianty způsobů vytápění a ohřevu teplé vody, které by při své realizaci zajistily finanční úsporu provozních nákladů chaty. Jedna z variant je zaměřena na návrh a integraci kachlových akumulčních kamen s teplovodním výměníkem do prostor chaty. Varianty obsahují technické řešení navržených systémů, posouzení přiměřenosti opatření, výpočet úspory energie, finanční analýzu počáteční investice a výpočet doby návratnosti. V závěru jsou jednotlivé varianty hodnoceny s ohledem na množství spotřebované primární neobnovitelné energie, zohledňující šetrnost návrhu k životnímu prostředí.

Summary

This thesis is focused on the optimization of energy consumption of the hut Jizerka no. 2. As a starting point, an evaluation was carried out of the existing condition of the building and all installed technical devices in use. A basic calculation of heating needs for heating and preparing hot water was made in order to quantify the current running costs of the hut. The main goals of the work were to explore different variants of heating systems and solutions for preparing hot water, which can reduce running costs. One of the variants focuses on designing and integration a tiled accumulative stove with a water bearing fireplace into the building. All variants presented include a technical solution, assessment of suitability, calculation of energy saving, financial analysis of the initial investment and calculation of the return on investment. At the final stage, each variant is evaluated taking into consideration the amount of consumption of non-renewable primary energy and the environmental aspect of each solution.

Obsah

<i>Obsah</i>	7
<i>Použité symboly a zkratky</i>	10
1 Úvod	11
2 Popis objektu	12
2.1 Umístění stavby.....	12
2.2 Tvar.....	13
2.3 Dispozice objektu	13
2.4 Konstrukční řešení.....	14
2.5 Provoz chaty a její obsazenost	18
2.6 Způsob vytápění a ohřevu teplé vody	19
3 Energetická náročnost současného stavu	21
3.1 Tepelná Bilance – MS Excel (vlastní model).....	22
3.1.1 Popis modelu.....	22
3.1.2 Validace modelu – porovnání s programem Energie	24
3.1.3 Výpočet potřeby tepla na ohřev teplé vody	26
3.1.4 Shrnutí vypočítaných potřeb a spotřeb energie objektu	27
3.2 Další výpočetní nástroje	28
3.2.1 Design Builder	28
3.2.2 NKN – Národní kalkulační nástroj	30
3.2.3 Energetika – DEK soft.....	31
3.3 Porovnání jednotlivých modelů	32
3.4 Finanční analýza energetické náročnosti	33
3.4.1 Rozbor plateb za energie dle faktur	34
3.4.2 Výpočet plateb za energie dle modelu (MS Excel).....	35
4 Návrhová opatření ke snížení energetické náročnosti	38
4.1 Redukce jističe objektu	38
4.2 Varianta 1 - Kachlová akumulční kamna s elektrokotlem	40
4.2.1 Rozbor funkčních požadavků	40
4.2.2 Dispoziční uspořádání společenské místnosti.....	41
4.2.3 Schéma technického řešení a vysvětlení funkcí systému	46
4.2.4 Navržená kamna.....	48

4.3	Varianta 2 - Tepelné čerpadlo s elektrokotlem.....	50
4.3.1	Princip fungování tepelného čerpadla	50
4.3.2	Rozbor funkčních požadavků	51
4.3.3	Schéma technického řešení a vysvětlení funkce systému	52
4.3.4	Navržené čerpadlo	53
4.4	Návrh velikosti akumulčního zásobníku a zásobníku TV	54
4.4.1	Zjednodušený návrh akumulční nádrže	54
4.4.2	Standartní návrh zásobníku TV	54
4.4.3	Dynamický model.....	56
4.4.4	Porovnání výsledků	59
4.4.5	Navržené zásobníky.....	60
5	<i>Spotřeba energie navrhovaných variant.....</i>	<i>61</i>
5.1	Teorie výpočtu	61
5.2	Varianta 1 – Kachlová akumulční kamna s elektrokotlem	62
5.3	Varianta 2 - Tepelné čerpadlo s elektrokotlem.....	63
6	<i>Potřeba primární neobnovitelné energie</i>	<i>64</i>
6.1	Teorie výpočtu	64
6.2	Stávající stav	65
6.3	Varianta 1 – Kachlová akumulční kamna s elektrokotlem	65
6.4	Varianta 2 - Tepelné čerpadlo s elektrokotlem.....	66
6.5	Porovnání environmentální zátěže	66
7	<i>Finanční analýza energetické náročnosti provozu variant.....</i>	<i>68</i>
7.1	Provozní náklady	68
7.1.1	Varianta 1 – Kachlová akumulční kamna s elektrokotlem	69
7.1.2	Varianta 2 - Tepelné čerpadlo s elektrokotlem.....	70
7.1.3	Porovnání provozních nákladů.....	70
7.2	Investice	71
7.2.1	Varianta 1 – Kachlová akumulční kamna s elektrokotlem	71
7.2.2	Varianta 2 - Tepelné čerpadlo s elektrokotlem.....	72
7.2.3	Porovnání investic	72
7.3	Návratnost investice a další ekonomická hlediska.....	73
7.3.1	Teorie výpočtu.....	73
7.3.2	Varianta 1 – Kachlová akumulční kamna s elektrokotlem	75
7.3.3	Varianta 2 - Tepelné čerpadlo s elektrokotlem.....	76
7.3.4	Ekonomické porovnání variant	77

8	Závěr.....	79
	Použité programy.....	81
	Seznam grafů	81
	Seznam obrázků	82
	Seznam tabulek.....	83
	Použitá literatura a zdroje.....	84
	Přílohy	86

Použité symboly a zkratky

Symboly

Q	-	<i>Teplo</i>	[kWh]
H	-	<i>Měrný tepelný tok</i>	[W/K]
θ	-	<i>Teplota</i>	[°C]
U	-	<i>Součinitel prostupu tepla</i>	[W/m ² K]
d	-	<i>Tloušťka konstrukce</i>	[m]
I	-	<i>Elektrický proud</i>	[A]
A	-	<i>Plocha</i>	[m ²]
V	-	<i>Objem</i>	[l, m ³]
η	-	<i>Účinnost, využití</i>	[%]
c	-	<i>Měrná tepelná kapacita</i>	[J/KgK]
ρ	-	<i>Hustota</i>	[Kg/m ³]

Indexy

nd	-	<i>potřeba</i>
g	-	<i>zisk</i>
l	-	<i>ztráta</i>
v	-	<i>větrání</i>
t	-	<i>prostup</i>
i, set	-	<i>interiér, návrh</i>
e	-	<i>exteriér</i>

Zkratky

TV	-	<i>teplá voda</i>
AKU	-	<i>akumulační zásobník</i>
$PENB$	-	<i>průkaz energetické náročnosti budovy</i>
NKN	-	<i>národní kalkulační nástroj</i>
$Occup$	-	<i>součinitel obsazenosti</i>
NT	-	<i>nízký cenový tarif elektrické energie</i>
VT	-	<i>vysoký cenový tarif elektrické energie</i>
IN	-	<i>investiční výdaje (pořizovací náklady)</i>
CF	-	<i>roční přínosy projektu (úspora provozních nákladů, cash flow)</i>
IRR	-	<i>vnitřní výnosové procento</i>

1 Úvod

Cílem diplomové práce je posoudit a optimalizovat energetickou náročnost objektu horské chaty Jizerka tak, aby byly ušetřeny náklady za energie. Chata se nachází v Libereckém kraji, nedaleko obce Kořenov. V úvodu práce bude nejprve posouzen stávající stav objektu a vypočítána energetická bilance, která poslouží jako výchozí stav pro následující modely a návrhy zlepšujících opatření. Součástí práce by mělo být technické posouzení stávajícího stavu systému vytápění a jeho následná optimalizace ve variantních řešeních, která by umožnila porovnat jednotlivé výhody a nevýhody navržených variant.

Jednou z preferovaných variant, kterou by se práce měla zabývat, je návrh kachlových kamen. Tato varianta je vhodná vzhledem k charakteru objektu a práce by měla prověřit přínos a přiměřenost daného návrhu. Kamna by měla sloužit jako primární zdroj tepla na vytápění a na ohřev teplé vody. Avšak kamna by mohla být doplněna o další sekundární zdroj, se kterým by kombinovala pokrytí spotřeby tak, aby bylo dosaženo co největší hospodárnosti při provozu objektu.

Práce by měla shrnout a porovnat možné systémy vytápění a ohřevu teplé vody pro objekt. U návrhu kachlových kamen půjde o určení jejich velikosti, výkonu, umístění v objektu a způsobu funkčního využití, vzhledem k potřebám uživatelů. Všechny návrhy by měly být optimalizovány po energetické stránce tak, aby bylo dosaženo úspory za provozní energie, které jsou v současné době značně nevhodné. Součástí by měla být ekonomická kalkulace počáteční investice a doby návratnosti při charakteristickém užívání objektu.

Jedná se o objekt, který se nachází v Jizerských horách a je vystaven dosti specifickým klimatickým podmínkám, které mají značný dopad na jeho způsob užívání a fungování. Objekt je v současnosti využíván jako centrum ekologického vzdělávání mládeže a kromě vzdělávání slouží převážně k rekreaci.

Téma jsem si vybral z důvodu zájmu o danou problematiku energetické náročnosti, modelování chování budov, optimalizace spotřeby a využití energií. Téma je pro mne zajímavé i proto, že bych si chtěl rozšířit znalosti v oblasti fungování akumulčních kachlových kamen, jako jednoho, v dnešní době nepříliš rozšířeného, zdroje tepla. Nejzajímavější na celé práci považuji možnost vytváření výpočetních modelů a porovnávání technických systémů objektu, které snad prohloubí mé znalosti v dané problematice a přispějí k lepšímu pochopení způsobu fungování objektu v návaznosti na zdroj tepla.

V závěru práce bych chtěl porovnat původní variantu a mnou navržené alternativy, které by měly objektu uspořit provozní náklady, zlepšit jeho fungování a přispět k celkové spokojenosti všech uživatelů chaty.

2 Popis objektu

Následující část práce slouží jako jednoduchý popis objektu a jeho konstrukcí, ze kterých budeme vycházet při tvorbě energetické bilance. Ta nám nadále poslouží jako výchozí referenční stav pro porovnání s nově navrhovanými variantami optimalizace objektu. Tento stručný popis slouží pro celkovou představu charakteru objektu a způsobu jeho užívání. Následující část práce vychází z informací o budově, které jsem získal z různých zdrojů. Hlavním zdrojem je projektová dokumentace, jež je částečně uvedena v samotné textové části práce. Kompletní dokumentace je dostupná v příloze na CD.

2.1 Umístění stavby

Stavba se nachází v Jizerských horách nedaleko obce Kořenov v Libereckém Kraji. Jedná se o jeden z nejstarších objektů v dané lokalitě. Objekt byl přestavěn v roce 2005, rekonstrukce zachovává charakter a tvar původní chaty, většina konstrukcí je však nová, což je patrné i z projektové dokumentace, kterou jsem měl k dispozici. Přesto je zde relativně velký potenciál pro zlepšení parametrů konstrukcí i samotného fungování objektu. Je nutné si však uvědomit, že objekt patří neziskovému sdružení pro Jizerské hory, a tudíž je potřeba brát ohled na možnou výši investic.



Obr. 2-1 Pohled na objekt 1



Obr. 2-2 Pohled na objekt 2



Obr. 2-3 Pohled na objekt 3



Obr. 2-4 Pohled na objekt 4

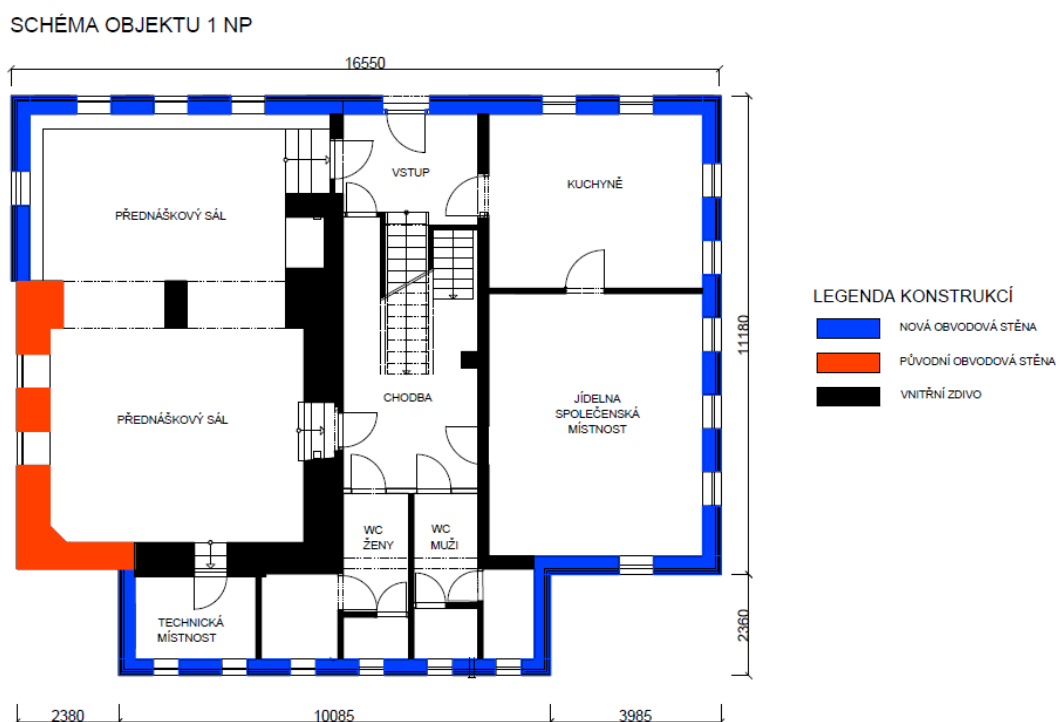
2.2 Tvar

Jedná se o dvoupodlažní objekt historické zástavby v dané lokalitě. Tvar objektu vychází z návaznosti na jeho umístění, kdy jsou zde po většinu roku specifické klimatické podmínky a objekt se jim tak svým tvarem snaží přizpůsobit.

Dominantním prvkem celého objektu je sedlová šikmá střecha, která má na obě strany sklon 40° tak, aby se na ní v zimě drželo co nejméně sněhu. Obvodové stěny objektu jsou tvořeny ze dvou částí, kdy je zde zachována malá část původní stěny o tloušťce 770 mm. Většina objektu je postavena z nového zdiva Porotherm, které je následně dodatečně zatepleno. Vstup do chaty se nachází na severovýchodní straně objektu. Po celé fasádě a převážně na dvou štítových stěnách jsou rozmístěna malá okna, která respektují charakter místní zástavby. Detailní skladby jednotlivých konstrukcí jsou rozepsány v kapitole 2.4.

2.3 Dispozice objektu

Z výkresu půdorysu je názorně vidět dispoziční uspořádání objektu. Po vstupu do objektu se ocitneme v komunikačním prostoru chodby, odkud je přístup do kuchyně a společných prostor, hygienického zázemí a přednáškového sálu. Prostor plynule navazuje na schodiště vedoucí do 2.NP. V druhém podlaží se nachází hygienické zázemí, dva pokoje sloužící jako noclehárny pro ubytované hosty a pokoj správce. Celý objekt je uspořádán tak, aby hlavní obytné místnosti byly prosvětleny denním světlem. V 2.NP v noclehárnách se pak nachází okna už pouze na štítových stěnách, která slouží k prosvětlení interiéru.



Obr. 2-5 Schéma 1NP

SCHÉMA OBJEKTU 2 NP



Obr. 2-6 Schéma 2NP

2.4 Konstruktivní řešení

Jedná se o zděný objekt se stěnovým nosným systémem. Jsou zde použity dva druhy zdiva. V 1.NP je část původního zdiva, jedná se pravděpodobně o cihlu plnou pálenou, zdivo má tloušťku 770 mm. Větší část objektu je však postavena z pálených cihelných bloků ze zdiva Porotherm 30 P+D. Stěna je následně zateplena 100 mm minerální tepelné izolace. Přes zateplovací systém je pak realizován dřevěný obklad, který plní hlavně estetickou funkci tak, aby byl zachován charakter objektu vzhledem k okolní zástavbě. V 2.NP se nachází noclehárna, jedná se o prostor podkroví. Boční štítové stěny jsou realizovány jako sendvičová konstrukce a jsou vyplněny tepelnou izolací. Nosnou konstrukcí pro boční štítové stěny jsou sloupky krovy doplněné o další prvky. Střecha se pak skládá ze sádkokartonového podhledu přichyceného na konstrukční rošt, dále je zde realizována tepelná izolace z MV mezi krokve 60 mm a nad krokevní izolace v tloušťce 100 mm. Střešní krytinu tvoří plech, na kterém se v zimě drží méně sněhu než na klasické krytině. V budově se nacházejí tři různé skladby podlahy na terénu. Základní parametry konstrukcí uvažované ve výpočetních modelech jsou uvedeny níže, včetně grafického znázornění jejich skladeb.

V tabulce č. 1 jsou uvedeny základní parametry modelovaných konstrukcí vstupujících do výpočtu energetické náročnosti objektu. Jedná se o vnější obálku objektu. Níže pod tabulkou jsou uvedeny skladby příslušných konstrukcí.

Konstrukce v modelech	d [m]	U [W/m ² K]	A [m ²]	Skladba
Stěna Nová obvodová	0,435	0,29	125	ST1
Stěna Původní obvodová	0,790	0,97	64	ST2
Stěna Boční Štítová	0,280	0,28	70	ST3
Střecha k venkovnímu prostoru	0,303	0,24	103	STR1
Strop k nevytápěnému prostoru	0,255	0,34	109	STR2
Podlaha Z1	0,265	0,40	64	PDL1
Podlaha Z2	0,262	0,54	56	PDL2
Podlaha Z3	0,262	0,40	86	PDL3
Okna	/	1,70	17	O
Dveře	/	2,40	2	D

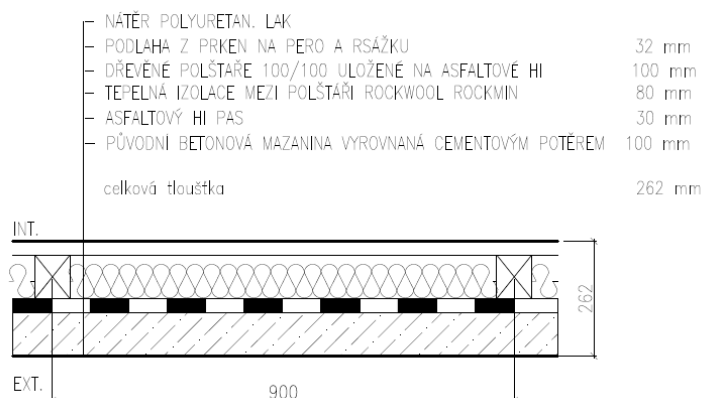
Tab. 1: Výpis modelovaných konstrukcí

Podlaha Z1 $U=0,403 \text{ W/m}^2\text{K}$



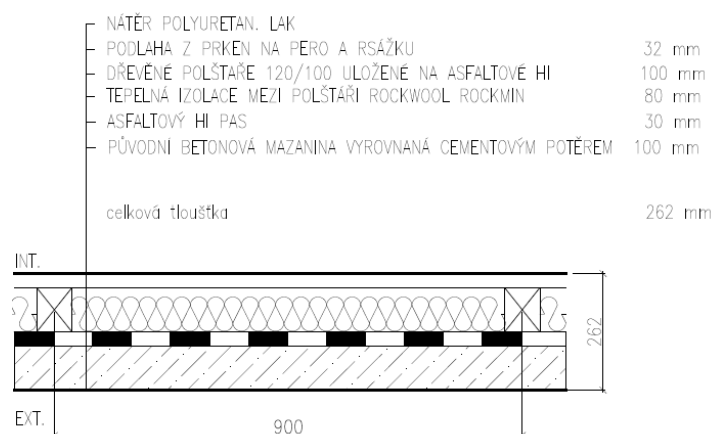
Obr. 2-7 Skladba podlahy – PDL 1

Podlaha Z2 $U=0,544 \text{ W/m}^2\text{K}$



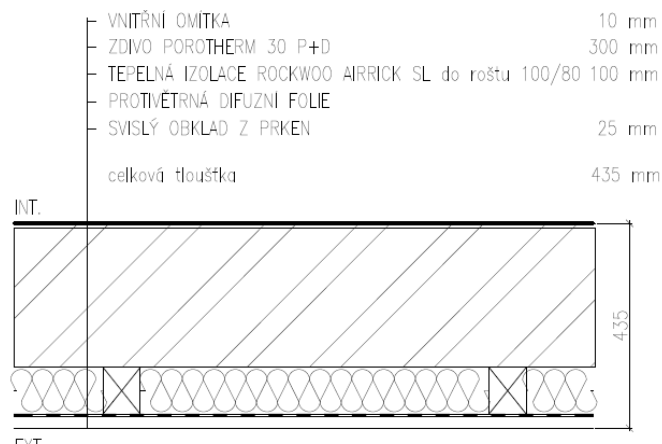
Obr. 2-8 Skladba podlahy – PDL 2

Podlah Z3 $U=0,403 \text{ W/m}^2\text{K}$



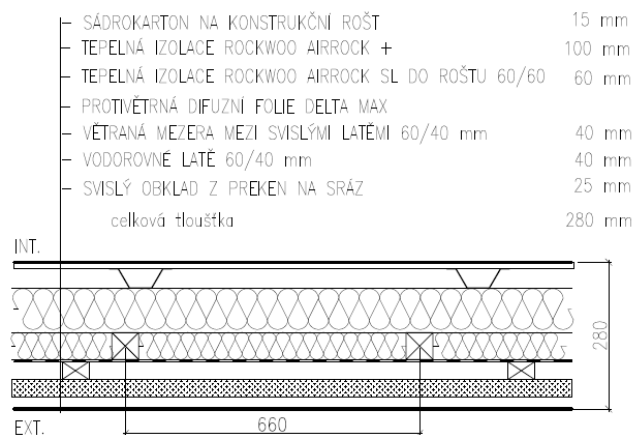
Obr. 2-9 Skladba podlahy – PDL 3

Obvodová stěna Nová $U=0,299 \text{ W/m}^2\text{K}$



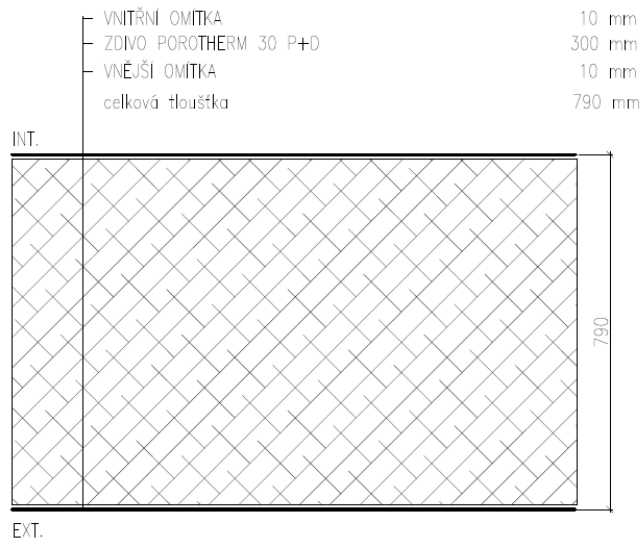
Obr. 2-10 Skladba stěny – STR 1

Boční štítová stěna $U=0,288 \text{ W/m}^2\text{K}$



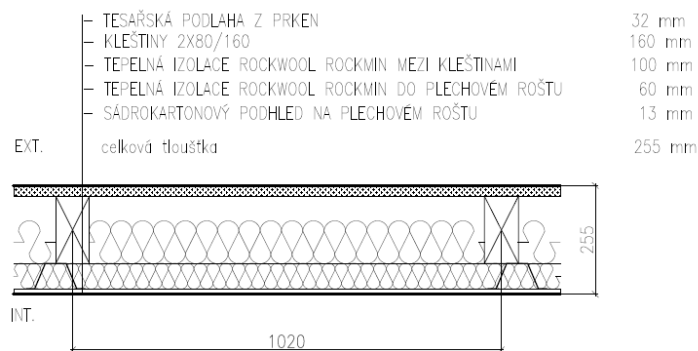
Obr. 2-11 Skladba stěny – STR 3

Obvodová stěna Původní $U=0,970 \text{ W/m}^2\text{K}$



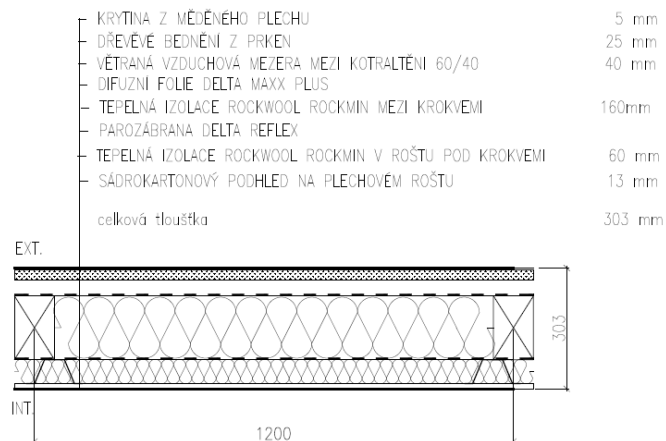
Obr. 2-12 Skladba stěny – STR 2

Strop k nevytápěnému prostoru $U=0,340 \text{ W/m}^2\text{K}$



Obr. 2-13 Skladba stropu – STR 2

Střešní konstrukce k exteriéru $U=0,240 \text{ W/m}^2\text{K}$



Obr. 2-14 Skladba střechy – STR 1

2.5 Provoz chaty a její obsazenost

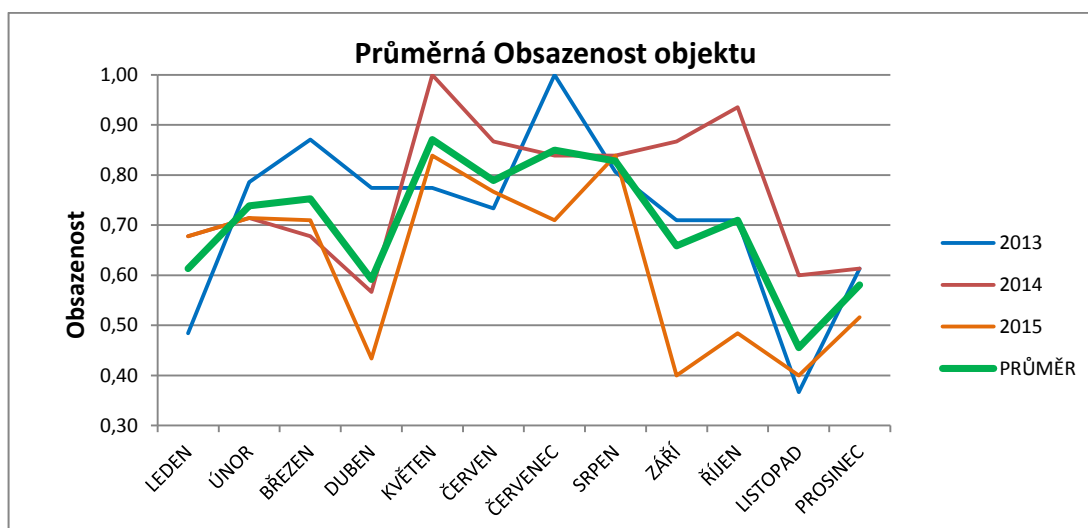
Chata je provozována Nadací pro záchranu a obnovu Jizerských hor. Objekt je po většinu roku využíván pro rekreaci, kdy jsou zde ubytovány menší školní zájezdy. Chatu je však možné si pronajmout v době jejího menšího obsazení. Lze tedy říct, že objekt je v průběhu roku obsazen z větší části. Lůžková kapacita chaty je 20 míst. V rámci práce byla detailněji zkoumána obsazenost, která má zásadní vliv na fungování technických systémů a provozní náklady na fungování objektu.

Pro přesnější představu fungování a užívání byla vypracována jednoduchá studie obsazenosti, která vycházela z dat převzatých z rezervačního kalendáře za poslední tři roky provozu objektu. Je však nutno brát na vědomí, že takto zpracovaná studie nezohledňuje počet ubytovaných lidí v chatě, ale pouze zdali na chatě někdo je, či nikoliv.

Z prvotních úvah se dalo předpokládat, že chata je nejvíce vytížená v zimních a letních měsících, v období prázdnin (prosinec, leden, únor, březen, červenec, srpen), kdy je využívána k rekreaci. Naopak menší obsazenost je v době přechodných období (duben, květen, červen, září, říjen, listopad), kdy je využívána spíše přes víkendy pro rekreaci a některé dny v týdnu pro vzdělávání školních zájezdů. V níže uvedené tabulce je spočítán koeficient obsazenosti *occup* pro jednotlivé měsíce v roce. Z tabulky a grafu je patrné, že chata bývá v průměru obsazena ze 70 %.

ROK	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec	PRŮMĚR
2013	0,48	0,79	0,87	0,77	0,77	0,73	1,00	0,81	0,71	0,71	0,37	0,61	0,72
2014	0,68	0,71	0,68	0,57	1,00	0,87	0,84	0,84	0,87	0,94	0,60	0,61	0,77
2015	0,68	0,71	0,71	0,43	0,84	0,77	0,71	0,84	0,40	0,48	0,40	0,52	0,62
PRŮMĚR	0,61	0,74	0,75	0,59	0,87	0,79	0,85	0,83	0,66	0,71	0,46	0,58	0,70

Tab. 2: Činitel obsazenosti objektu *occup* během roku



Graf č. 1: Průměrná obsazenost objektu v čase

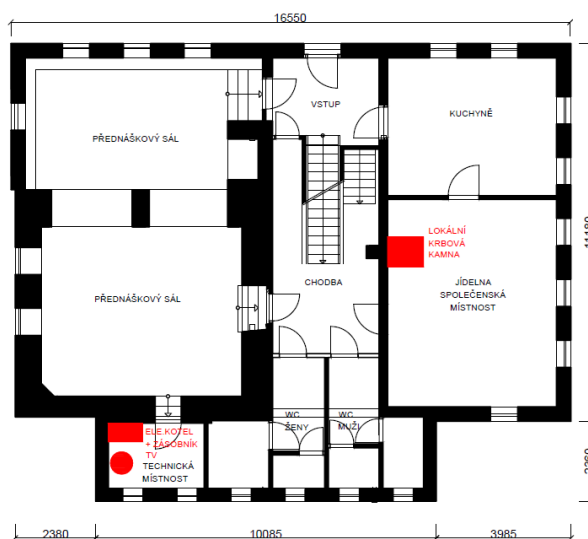
2.6 Způsob vytápění a ohřevu teplé vody

Objekt je v současném stavu vytápěn pomocí ústředního topení, které je připojeno ke zdroji tepla. Zdrojem tepla pro objekt je elektrokotel, který ohřívá vodu jak pro potřeby vytápění, tak pro potřebu ohřevu teplé vody. Otopná tělesa jsou umístěna pod okny ve vytápěných prostorech. Jedná se o desková otopná tělesa Radik s termostatickými regulačními hlavicemi. Objekt je doplněn o krbová kamna, která jsou umístěna ve společenské místnosti (světnici) a slouží jako doplňkový zdroj tepla v zimním období.



Obr. 2-15 Systémy vytápění objektu

Níže na obrázku je schéma dispozice objektu s umístěním jednotlivých systémů vytápění. V současném stavu je elektrokotel s bojlerem umístěn v zadní části objektu v technické místnosti. Při návštěvě objektu jsem se bohužel nedostal do technické místnosti, takže konkrétnější informace k systému vytápění a ohřevu teplé vody nejsou k dispozici.

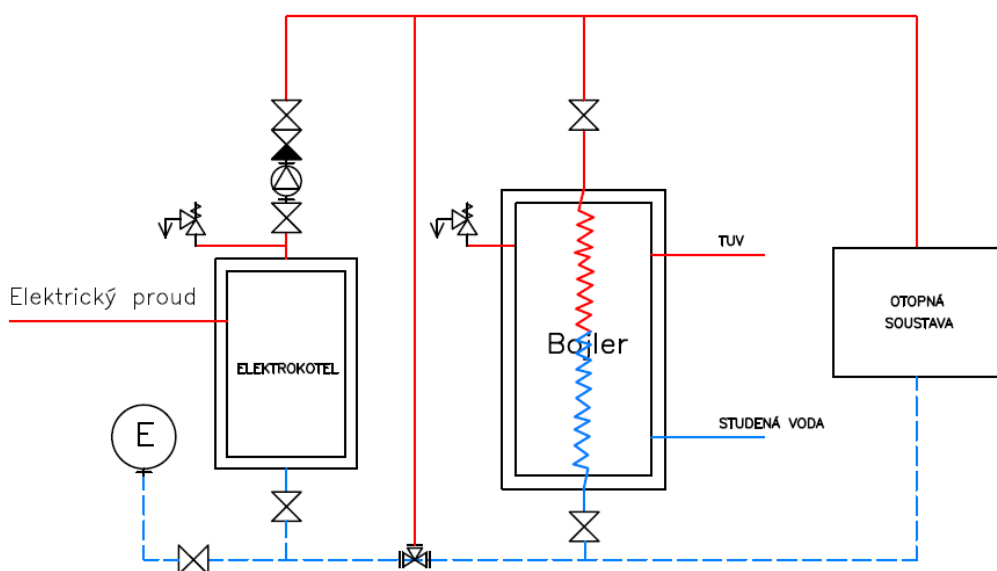


Obr. 2-16 Schéma rozmístění TZB v objektu

Níže na obrázku je znázorněné schéma zapojení systému. Schéma není řešeno do detailu, nejsou zde tedy znázorněny veškeré potřebné ventily a armatury. Jedná se o ideové schéma znázorňující propojení jednotlivých prvků systému.

Elektrokotel je pravděpodobně napojen přímo na otopnou soustavu s odbočnou k bojleru pro ohřev teplé vody. V systému se v současnosti nenachází akumulční nádrž, která by zlepšovala fungování systému a tlumila odběrové špičky. Velikost bojleru na přípravu TV se pravděpodobně pohybuje okolo 250 l, což je ve vzhledem k fungování v současném stavu málo a bylo by vhodné zásobník zvětšit.

STÁVAJÍCÍ STAV – (Předpoklad)



Obr. 2-16 Schéma rozmístění TZB v objektu

Lze konstatovat, že současný systém vytápění objektu je značně finančně náročný. Je tedy otázkou, zda lze nalézt vhodnější systém fungování tak, aby byly ušetřeny finance za provozní energie na vytápění a ohřev TV a bylo tak docíleno hospodárnějšího provozu chaty.

3 Energetická náročnost současného stavu

Následující část práce obsahuje výpočet energetické náročnosti objektu a jeho tepelnou bilanci. Výpočet potřeby tepla objektu byl proveden různými metodami s využitím různých kalkulačních nástrojů. Jako výchozí model je uvažován vlastní model teplené bilance sestavený v programu MS Excel, který byl naladěn pomocí výpočetního programu Energie. Program Energie byl k naladění vybrán z důvodu jeho přívětivého uživatelského rozhraní a jednoduchého způsobu kontroly vstupních a výstupních dat. Proto posloužil k naladění modelu MS Excel a ke kontrole získaných výsledků.

Dále jsou zde uvedeny další výpočetní modely, které byly zhotoveny v práci pomocí různých programů především kvůli možnosti srovnání výstupů. Vytvoření těchto modelů přispělo k mé vlastní, lepší orientaci v dané problematice.

Objekt byl modelován v programu Design Builder, který je dostupný v počítačových učebnách fakulty, dále pak byl proveden výpočet za pomoci programu NKN (národního kalkulačního nástroje), ze kterého byl výstupem energetický štítek objektu. Stejný výpočet byl proveden také softwarem Energetika od společnosti DEK soft.

Tyto modely mají různou úroveň podrobnosti, a proto lze očekávat výraznější rozdíly ve výsledcích. Rozdíly jsou způsobeny zavedenými zjednodušujícími předpoklady a nepřesnostmi v zadaných vstupních datech. Každý použitý výpočetní program má své vlastní uživatelské rozhraní, a ve výpočtu zohledňuje různé parametry, proto není snadné kontrolovat všechna data vstupující do výpočtu. Výsledky se liší v závislosti na přesnosti vstupních dat a přesnosti jednotlivých modelů. Proto s těmito modely nebude nadále počítáno a jsou zde uvedeny jen pro možnost porovnání.

Výstupem z této části jsou potřeby tepla objektu na vytápění a potřeby energie na ohřev teplé vody. Tyto výsledky jsou za pomoci finanční analýzy převedeny na přibližné provozní náklady objektu, které následně slouží jako referenční výchozí stav objektu pro jeho další úpravy. Vypočtené hodnoty byly porovnány se skutečnými spotřebami objektu, které jsem měl k dispozici ze získaných faktur za energie. Snahou bylo naladit výpočetní model tak, aby co nejpřesněji odpovídal realitě a mohl tak sloužit jako reference pro návrhová opatření.

3.1 Tepelná Bilance – MS Excel (vlastní model)

V programu MS Excel byl vytvořen výpočetní model tepelné bilance a výpočet potřeby energie na ohřev teplé vody, který by měl vystihovat charakteristický provoz objektu. Výpočet byl sestaven dle obecně platných vztahů uvedených níže v kapitole.

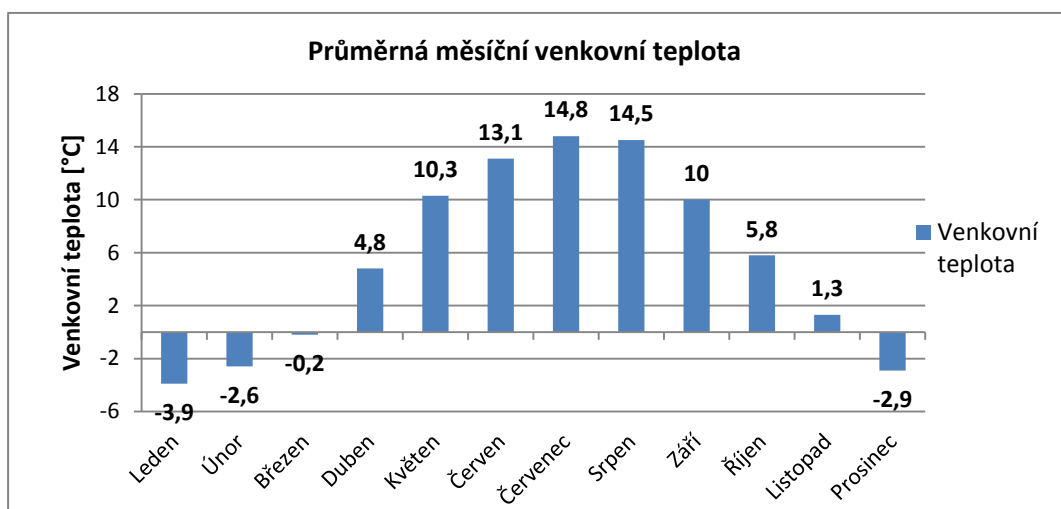
3.1.1 Popis modelu

Objekt je uvažován zjednodušeně jako jednozónový, aby bylo možné výsledky snadněji kontrolovat. Ve výpočtu je uvažován objekt nepodsklepený s podlahou na terénu. Vzhledem k velikosti sklepních prostorů se dá předpokládat, že nebudou mít na tepelnou bilanci zásadní vliv a jsou proto zanedbány. Stěna, která je ve skutečnosti z části přilehlá k zemině, je uvažována jako obvodová v kontaktu s exteriérem. Uvedený předpoklad by měl být na straně bezpečnosti s ohledem na klimatické podmínky dané lokality. V modelu je pak dále zanedbáno střešní vikýřové okno v pokoji správce, které také samotnou bilanci výrazněji neovlivní a v objektu je situováno z důvodu zabezpečení komfortu uživatele s ohledem na světelné podmínky.

Snahou bylo vytvořit výpočetní model, který by postihl hlavní charakter objektu a vycházel z klasického způsobu výpočtu tepelné bilance. Zároveň byla snaha o jeho snadnou kontrolovatelnost při zadávání vstupních parametrů a výstupů v průběhu výpočtu.

V modelu jsou uvažovány konstrukce, jejichž parametry a skladby jsou uvedeny v kapitole 2.4. Jsou modelovány pouze dvě podlahy, jelikož podlahy Z1 (PDL-1) a Z3 (PDL-3) mají obdobné parametry a ve výpočtu tento rozdíl nehraje znatelnou roli.

Klimatická data teplot byla získána pro danou lokalitu za pomoci programu Meteonorm. Níže v grafu jsou znázorněny průměrné měsíční venkovní teploty uvažované ve výpočtu.



Graf č. 2: Průměrné venkovní teploty z programu Meteonorm

Data pro výpočet solárních zisků jsou uvažována dle vyhlášky MPO ČR č. 70/2013 sbírky ve znění podle TNI 730331.

Vnitřní návrhová teplota byla operativně dopočítána tak, aby zohledňovala různorodost jednotlivých prostor budovy. Byla stanovena pomocí objemového přepočtu teplot jednotlivých prostor, ve kterých jsou uvažovány různé vnitřní návrhové teploty. Výsledná teplota uvažovaná v modelu je pak průměrnou vnitřní teplotou, a ta je 17,6°C.

Výpočetní model zohledňuje tepelné ztráty prostupem, tepelné ztráty větráním, vnitřní tepelné zisky a solární tepelné zisky, které vstupují do bilance a výstupem je potřeba energie na vytápění. Všechny vstupní parametry jsou zadány tak, aby co možná nejpřesněji vystihovaly reálné klimatické podmínky dané lokality. Výpočet v programu MS Excel je sestaven dle níže uvedených vzorců, vycházejících z normy ČSN EN 13790 [18]. Jedná se o měsíční bilanci.

Základní výpočetní vztahy uvažované v bilanci jsou uvedeny níže:

Potřeba tepla na vytápění

$$Q_{nd} = Q_l - \eta_g * Q_g \quad [kWh] \quad (1.1)$$

Q_{nd} - potřeba tepla na vytápění

Q_l - tepelné ztráty

Q_g - tepelné zisky

η_g - faktor využitelnosti tepelných zisků

Tepelné ztráty

$$Q_l = Q_T + Q_V \quad [kWh] \quad (1.2)$$

Q_T - tepelné ztráty prostupem

Q_V - tepelné ztráty větráním

Tepelné ztráty prostupem

$$Q_T = H_T * (\theta_{i,set} - \theta_e) * t \quad [kWh] \quad (1.3)$$

Tepelné ztráty větráním

$$Q_V = H_V * (\theta_{i,set} - \theta_e) * t \quad [kWh] \quad (1.4)$$

H_T - měrný tepelný tok prostupem skrz konstrukci

H_V - měrný tepelný tok větráním

$\theta_{i,set}$ - vnitřní návrhová teplota

θ_e - venkovní teplota vzduchu

t - čas

Využitelné tepelné zisky

$$Q_g = Q_{int} + Q_{sol} \quad [kWh] \quad (1.5)$$

Vnitřní tepelné zisky

$$Q_{int} = (Q_{os} + Q_{el}) * t \quad [kWh] \quad (1.6)$$

Q_{os} - vnitřní zisky od osob

Q_{el} - vnitřní zisky od spotřebičů – dle podrobnějšího výpočtu provozu Ele. Spot.

t - čas

$$Q_{os} = n_{os} * 0,1 * occup_d \quad [kW] \quad (1.7)$$

n_{os} - počet osob

$occup_d$ - denní součinitel obsazenosti objektu

Solární tepelné zisky

$$Q_{sol} = \sum H_j \sum A_{s,n,j} \quad [kWh] \quad (1.8)$$

H_j - měsíční dávka ozáření na j-tou orientaci

$A_{s,n,j}$ - účinná sběrná plocha n-tého transparentního prvku s j-tou orientací

3.1.2 Validace modelu – porovnání s programem Energie

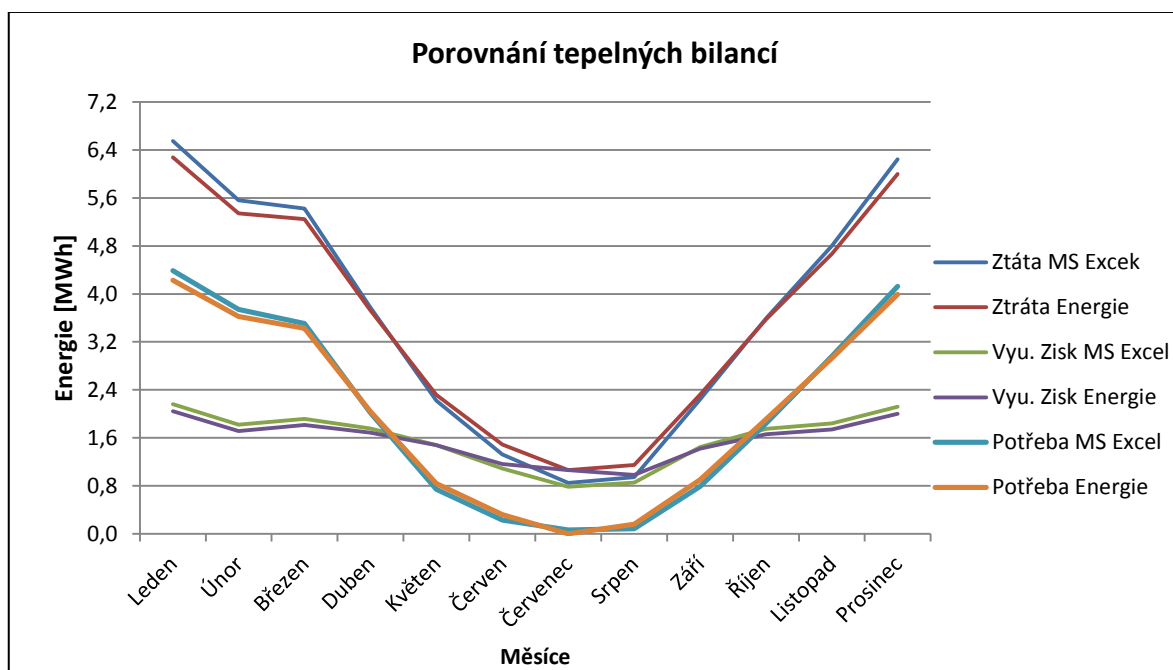
Pro kontrolu vlastního výpočetního modelu byla provedena validace za pomoci výpočetního programu Energie, kdy byly sledovány zadané vstupní parametry a jednotlivé mezivýpočty, aby byly vyladěny výstupy z bilance. Snahou bylo co nejvíce zpřesnit namodelovaný stav v programu MS Excel.

V rámci validace modelu byly porovnávány velikosti tepelných zisků a tepelných ztrát objektu. V níže uvedené tabulce č. 3 jsou uvedeny porovnávané parametry z modelu MS Excel s modelem z programu Energie. Jako další výstup z modelu je zde pak uveden graf znázorňující tepelnou bilanci objektu v průběhu roku a tabulka porovnávající další jednotlivé mezivýpočty.

Naladění výstupů MS Excel s programem Energie

Parametr	Značka	Model		Jednotka
		MS Excel	Energie	
Tepelná ztráta prostupem	Q_T	28477	28 485	[kWh/rok]
Teplená ztráta větráním	Q_V	15057	14696	[kWh/rok]
Celková tepelná ztráta	Q_L	43535	43 182	[kWh/rok]
Vnitřní tepelný zisk	Q_{INT}	19304	18 428	[kWh/rok]
Solární tepelný zisk	Q_{SOL}	4375	4 119	[kWh/rok]
Celkový tepelný zisk	Q_g	23680	22 547	[kWh/rok]
Využitelný tepelný zisk	$Q_{využ}$	19033	18 793	[kWh/rok]
Potřeba tepla na vytápění	Q_{nd}	24501	24 388	[kWh/rok]

Tab. 3: Porovnání výpočetních modelů při ladění MS Excel



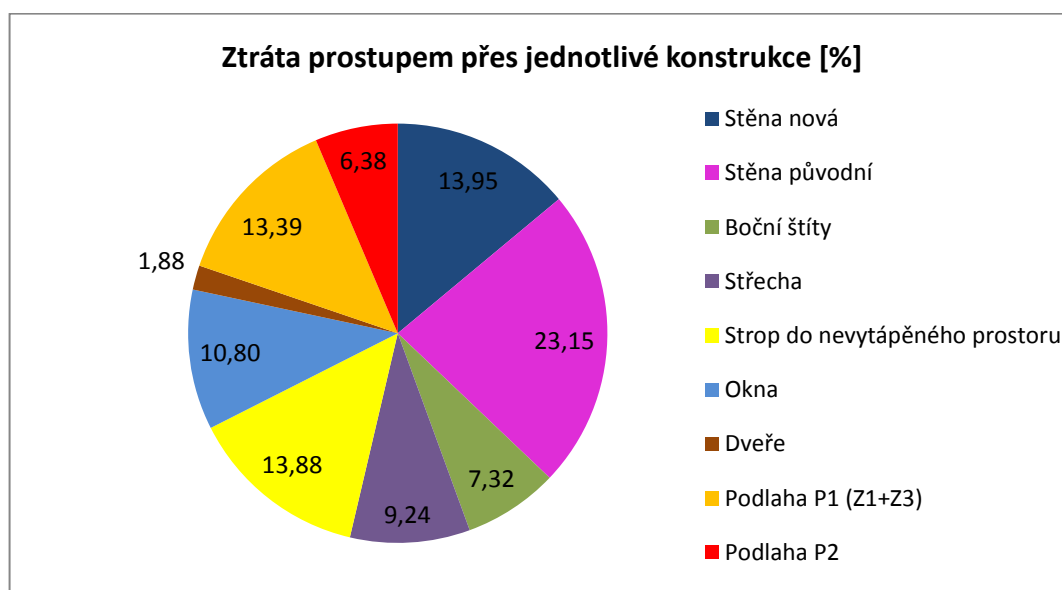
Graf č. 3: Grafické znázornění tepelné bilance objektu

Sledovaný parametr	Značka	Jednotka	Model	
			MS Excel	Energie
Měrný tepelný tok větráním	H_V	[W/K]	141,6	137,4
Měrný tepelný tok prostupem	H_T	[W/K]	267,8	267,9
Celkový měrný tepelný tok	H_C	[W/K]	409,4	405,3
Průměrný součinitel prostupu tepla	U_{em}	[W/m ² K]	0,38	0,38

Tab. 4: Porovnávané parametry při ladění MS Excel

Při porovnání výše uvedených dat, lze konstatovat, že vlastní model výpočtu (MS Excel) byl naladěn na potřebnou přesnost a poslouží nám i k dalším výpočtům.

Ze získaných hodnot bilance byl vypracován přehledný graf, znázorňující tepelné ztráty prostupem skrze jednotlivé konstrukce. Tento graf nám může posloužit pro posouzení kvality skladeb stávajících konstrukcí a zároveň nám ukazuje konstrukce s největším vlivem na tepelné ztráty objektu. Tyto konstrukce mají největší potenciál pro zlepšení a mohou být součástí návrhových opatření.



Graf č. 4: Procentuální ztráta prostupem skrze jednotlivé konstrukce

Z grafu je jasně vidět že největší vliv na tepelné ztráty objektu má původní nezateplená stěna a dále pak podlaha, která dohromady tvoří přes 40 % celkové ztráty prostupem.

3.1.3 Výpočet potřeby tepla na ohřev teplé vody

Výpočet potřeby teplé vody vychází z normy ČSN 06 0320 [2]. Normový postup je však při výpočtu potřeby teplé vody značně nadsazený. Norma uvažuje specifickou potřeby vody 82 l na osobu za den. Proto byl v práci zaveden předpoklad vycházející ze znalosti fungování objektu a dostupných faktur za energie. Specifická potřeba vody byla uvažována 35 l na osobu za den.

Výpočet potřeby energie na ohřev teplé vody byl proveden dle platných vztahů uvedených níže v kapitole. Je pravděpodobné, že skutečná spotřeba se bude od výpočtu lišit v závislosti na reálné obsazenosti chaty. Výpočet byl proveden pro trvalý provoz a předpokládá plnou kapacitní obsazenost chaty, spotřeba je následně ponížena za pomoci koeficientu časové obsazenosti *occup* spočítaného v kapitole 2.5.

Potřeba teplé vody

$$V_{w,day} = V_{w,f day} * f \quad [m^3/den] \quad (1.8)$$

$V_{w,f day}$ - specifická potřeba vody na měrnou jednotku

f - počet měrných jednotek (osob)

Potřeba energie pro přípravu TV

$$Q_{w,gen,out} = Q_W + Q_{W,dis,ls} + Q_{W,st,ls} + Q_{W,pls} \quad [kWh/den] \quad (1.9)$$

Q_W - potřeba tepla pro přípravu teplé vody

$Q_{W,dis,ls}$ - tepelné ztráty rozvodu teplé vody

$Q_{W,st,ls}$ - tepelné ztráta nepřímo ohřívání zásobníkového ohříváče TV

$Q_{W,p,ls}$ - tepelná ztráta přívodního a zpětného potrubí topné vody k ohříváči vody

Výpočet potřeby energie na ohřev TV

Specifická potřeba TV na jednotku	$V_{w,f day}$	35	[l/osoba*den]
Počet měrných jednotek (osoby)	f	20	[osob]
Specifická potřeba TV	$V_{w, day}$	0,7	[m ³ /den]

Potřeba tepla pro přípravu TV	Q_W	40,7	[kWh/den]
Tepelné ztráty rozvodu TV	$Q_{W,dis,ls}$	0,1	[kWh/den]
Tepelná ztráta zásobníkového ohříváče TV	$Q_{W,st,ls}$	0,0	[kWh/den]
Tepelná ztráta přívodního potrubí zdroje	$Q_{W,dis, ls, col,on}$	0,4	[kWh/den]

Spotřeba energie pro TV	$Q_{w,gen,out}$	41,2	[kWh/den]
Počet dní (čas)	t	365,0	[den]
Roční činitel obsazenosti	η_{ocupp}	0,7	[-]

Roční spotřeba energie na ohřev TV	10 527	[kWh]
------------------------------------	--------	-------

Tab. 5: Výpočet potřebné energie na ohřev TV

3.1.4 Shrnutí vypočítaných potřeb a spotřeb energie objektu

Po validaci výpočetního modelu a výpočtu energie na ohřev TV byly vypočtené hodnoty shrnuty do níže uvedené tabulky. Pro výpočet celkové spotřeby je v současném stavu zaveden předpoklad 100% účinnosti přeměny energie ve stávajícím zdroji tepla. Při této úvaze, lze říci, že potřeba energie se rovná spotřebě energie. Jedná se o hodnoty vypočítané ve výpočetním modelu MS Excel. S hodnotami bude dále počítáno ve finanční analýze provozu objektu.

Roční spotřeba energie na ohřev TV	10 527	[kWh]
Roční spotřeba energie na vytápění	24 502	[kWh]
Celková dodaná energie do objektu	35 029	[kWh]

Tab. 6: Rekapitulace vypočtených hodnot spotřeb energie – MS Excel

3.2 Další výpočetní nástroje

Výpočet byl proveden i dalšími výpočetními programy především kvůli možnosti porovnání vypočítaných hodnot.

3.2.1 Design Builder

Už na začátku výpočtu bylo očekáváno, že hodnoty vypočítané v programu Design Builder v rámci diplomového semináře se budou výrazněji lišit od zbylých variant výpočtu, neboť množství parametrů vstupujících do výpočetního modelu bylo výrazně vyšší a některé parametry byly pouze odhadovány. Program navíc počítá s přesnějším výpočetním krokem jednoho dne, takže získané hodnoty by měly být přesnější vzhledem k dynamice modelu. Je však nutné si uvědomit, že s vyšší přesností modelu hrají důležitější roli data vstupující do výpočtu, a tím může být přesnost celého modelu výrazně ovlivněna.

Program více zohledňuje charakter užívání jednotlivých prostor a obsazenosti místností. Program mnohem přesněji modeluje akumulaci vlastností jednotlivých konstrukcí. Jedním z mnoha dalších rozdílů je způsob zadání materiálových parametrů konstrukcí obálky budovy, které vzhledem ke katalogu materiálů byly modelovány zjednodušeně. Lze tedy očekávat rozdíly ve vypočtených hodnotách oproti ostatním modelům.

Zónování objektu – popis modelu

V rámci modelu byly uvažovány celkem čtyři zóny s různými parametry.

- Světnice – Vytápěné prostory (20°C)
- Společné prostory – vytápěná zóna (16°C)
- Sál – nevytápěná zóna (12°C)
- Podkroví – vytápěná zóna (20°C)

Tři zóny jsou v přízemí objektu a v modelu je zahrnut specifický způsob jejich užívání. V přízemí se nachází světnice, ve které je kuchyně a společenská místnost (jídelna). Dále pak společné komunikační prostory zahrnující toalety a schodišťový prostor. A poslední zónou je sál, který slouží jako středisko ekologické výchovy, konají se zde prezentace a společné akce. Ve stávajícím modelu je uvažován sál jako nevytápěný prostor na rozdíl od ostatních výpočetních modelů, kde je uvažováno s jeho vytápěním. Prostor je temperován z okolních místností.

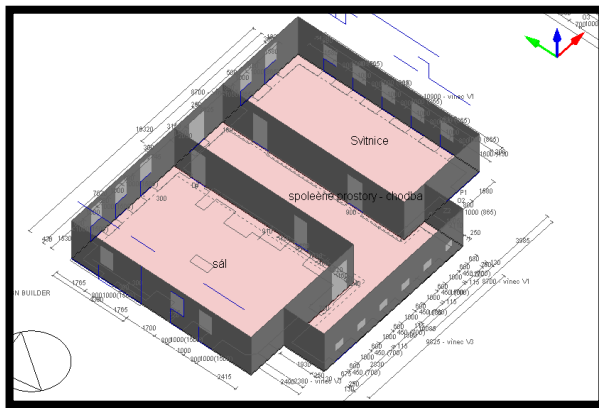
Okrajové podmínky

Do simulace byla použita klimatická data získaná přímo pro danou lokalitu. Klimatická data byla do programu vložena ve formátu Energy plus (zdroj dat: Program Meteonorm). Výpočtem jsou posouzeny tři varianty provozu objektu.

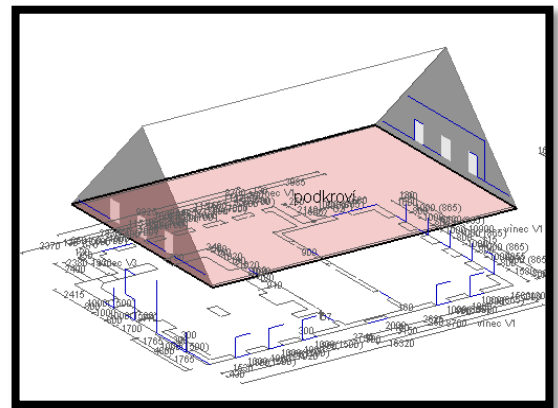
- VAR 1 – Trvalý provoz
- VAR 2 – Víkendový provoz
- VAR 3 – Kombinovaný provoz

Jako zdroj tepla pro objekt byl uvažován elektrokotel a ve výpočtu nebyla zohledněna krbová kamna, která slouží jako druhý doplňkový zdroj tepla pro světnici.

Výstupem z výpočtu je souhrn základních parametrů, které jsou vzájemně porovnány pro jednotlivé druhy provozů.



Obr. 3-1 Schéma modelu přízemí



Obr. 3-2 Schéma modelu podkroví

V podkroví se nachází dvě místnosti, které slouží jako noclehárna pro uživatele chaty, proto je celý prostor uvažovaný jako jedna společná vytápěná zóna.

Skladby konstrukcí

Skladby v tomto modelu byly uvažovány zjednodušeným způsobem, tak aby respektovaly charakter konstrukcí dle projektové dokumentace. Je možné, že některé parametry se budou mírně odchylovat od parametrů v kapitole 2.4, jelikož výpočet byl vypracován v rámci diplomového semináře, před detailním upřesněním parametrů konstrukcí. Parametry konstrukcí použité v modelu jsou uvedeny níže v tabulce.

Konstrukce	d	U_i
	[m]	[W/m ² K]
Skladba stěny – nová stěna	0,43	0,27
Původní konstrukce 770 mm	0,77	0,86
Boční štít	0,18	0,26
Skladba střechy	0,24	0,19
Podlaha P1	0,26	0,35
Podlaha P2	0,24	0,41
Podlaha P3	0,23	0,48

Tab. 7: Vstupní parametry konstrukcí

Výsledky simulací - Roční potřeba tepla na vytápění

Výstupem z toho programu je tabulka shrnující vybrané hodnoty získané výpočtem. Níže v tabulce jsou uvedeny velikosti tepelných zisků, tepelné ztráty a potřeby tepla.

Porovnání ročních hodnot				
Sledovaný parametr	Provoz			Jednotka
	Kombinovaný	Víkendový	Trvalý	
Heating (Electricity)	15 331,94	9 786	17 642,63	kWh/rok
External Infiltration	32 471,46	20 711,99	41 911,59	kWh/rok
Occupancy gains	39 441,38	19 777,62	56 456,38	kWh/rok
Solar Gains Exterior Windows	5 281,29	5 281,29	5 281,29	kWh/rok

Tab. 8: Výstupy z programu Design Builder

3.2.2 NKN – Národní kalkulační nástroj

Národní kalkulační nástroj je jednou z možností, jak spočítat energetickou náročnost objektu. Tento výpočetní nástroj je volně dostupný a slouží k výpočtu PENB. Výstupem jsou spočítané hodnoty dodané energie objektu, pro zajištění vnitřního komfortu a jeho fungování. Jedná se o výpočet s měsíčním výpočetním krokem.

Popis modelu

Objekt byl modelován jako trojzónový s různými teplotami v zónách.

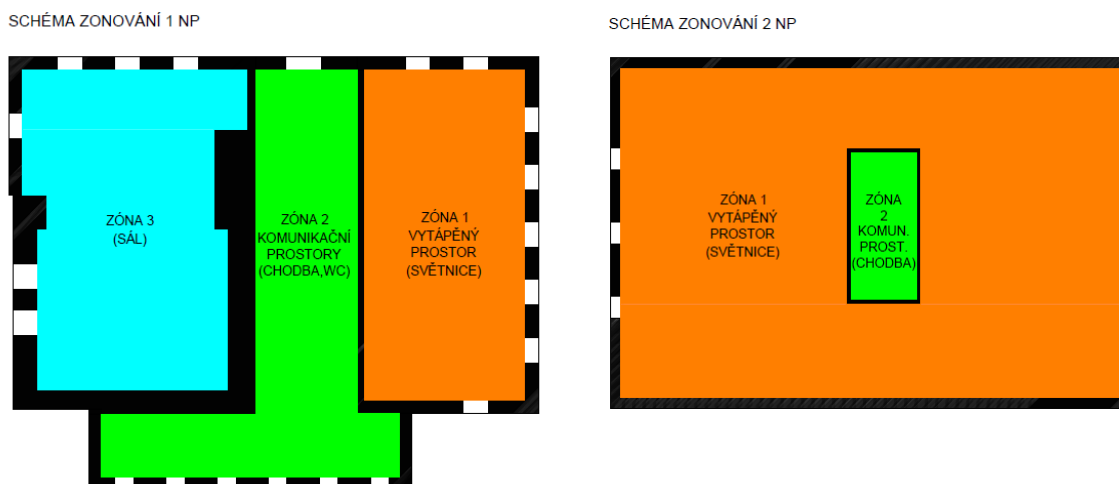
Zóna 1 – Vytápěný prostor světnice	(20°C)
Zóna 2 – Komunikační prostory	(16°C)
Zóna 3 – Přednáškový sál	(12°C)

Vstupní parametry byly zadávány obdobně jako u programu Energie a MS Excel. Ve výpočtu jsou použity konstrukce uvedené v kapitole 2.4. V objektu je uvažováno přirozené větrání. Ohřev TV je zásobníkový v bojleru o objemu 250 l. V níže uvedené tabulce jsou shrnuty vybrané výstupy z výpočetního programu.

Vypočtené hodnoty – NKN měsíční krok			
Měrná tepelná ztráta prostupem	H_T	279,12	[W/K]
Měrná tepelná ztráta větráním	H_V	193,38	[W/K]
Průměrný součinitel prostupu tepla	U_{em}	0,40	[W/m ² K]
Potřeba tepla	Q_{nd}	25 475	[kWh/rok]
Potřeba tepla na ohřev TV	$Q_{W,gen,out}$	12 816	[kWh/rok]

Tab. 9: Vybrané hodnoty z programu NKN

Níže je schéma uvažovaného zónování objektu.



Obr. 3-3 Schéma zónování objektu

3.2.3 Energetika – DEK soft

Energetická náročnost současného stavu objektu byla spočítána také v programu Energetika od společnosti DEK soft. Výpočet je obdobný jako u nástroje NKN. Objekt byl modelován jako trojzónový viz obrázek č.: 3-3. Výpočet byl počítán s měsíčním výpočetním krokem. Výstupem z programu Energetika, je protokol a grafické znázornění energetické náročnosti objektu. Z podrobného protokolu jsme schopni vyčíst konkrétní údaje o potřebách energie na jednotlivé vnitřní systémy. Kompletní výpočtové protokoly jsou přiloženy v přílohách na CD. V níže uvedené tabulce jsou shrnuty některé vypočtené hodnoty programem Energetika.

Vypočtené hodnoty – Energetika měsíční krok			
Měrná tepelná ztráta prostupem	H_T	266,56	[W/K]
Měrná tepelná ztráta větráním	H_V	143,20	[W/K]
Průměrný součinitel prostupu tepla	U_{em}	0,37	[W/m ² K]
Potřeba tepla	Q_{nd}	23 092	[kWh/rok]
Potřeba tepla na ohřev TV	$Q_{W,gen,out}$	10 205	[kWh/rok]

Tab. 10: Vybrané hodnoty z programu Energetika

3.3 Porovnání jednotlivých modelů

Pro přehledné porovnání výsledků z jednotlivých modelů byly do tabulky shrnuty vybrané hodnoty, získané výpočtem energetické náročnosti stávajícího stavu objektu.

Porovnání ročních hodnot potřeby tepla na vytápění								
Přesnost	Denní krok			Měsíční krok				Jednotka
Program	Design Builder			Energetika	NKN	MS Excel	Energie	
Provoz	Kombinovaný	Víkendový	Trvalý	Trvalý	Trvalý	Trvalý	Trvalý	
Potřeba tepla	15 332	9 786	17 643	23092	25479	24 502	24 389	kWh/rok
Ztráta prostupem	32 471	20 712	41 912	25447	19785	28 477	28 486	kWh/rok
Vnitřní zisky	39 441	19 778	56 459	19589	8354	19 305	18 428	kWh/rok
Solární zisky	5 281	5 281	5 281	2597	7031	4 375	4 119	kWh/rok

Tab. 11: Celkové porovnání výpočtů stávajícího stavu

Z výsledků je jasně patrné, že hodnoty se liší v závislosti na použitém programu a vložených vstupních parametrech. Spotřeba energie se pohybuje, vyjma modelu z programu Design Builder, na velice podobných hodnotách. Rozdíl je způsobený druhem výpočtu, kdy je nutné si uvědomit, že program Design Builder pracuje jako dynamický model. Z předchozích zkušeností vycházejících z práce s tímto modelem víme, že v tomto typu modelu vycházejí potřeby energií nižší než u klasického měsíčního způsobu výpočtu.

Mám-li vyjádřit svůj osobní názor, považoval bych výstupy z programu Design Builder spíše jako orientační, jelikož zvládnutí programu a nastavení potřebných parametrů na vstupu do výpočtu je značně složité, a je tedy velice snadné udělat chybu v zadávaných datech. Výpočet v programu Design Builder byl proveden v rámci diplomového semináře a v modelu bylo uvažováno mnoho zjednodušujících předpokladů. Přesto považuji právě tento program za výborný nástroj pro řešení uvedené problematiky. Avšak bylo by potřeba mnohem více času na detailnější řešení daného modelu objektu. A na získání mnohem přesnějších informací pro samotné vstupy do modelu.

3.4 Finanční analýza energetické náročnosti

Součástí práce by mělo být finanční vyčíslení provozních nákladů objektu, které budou sloužit jako jeden z ukazatelů vhodnosti při porovnání a výběru optimální varianty nového řešení.

Jak bylo zmíněno v úvodu, objekt je vlastněn a provozován Nadací pro záchranu a obnovu Jizerských hor, která je neziskovou organizací. Je proto snahou, aby vybrané peníze z příspěvků za ubytování mohly posloužit k činnosti nadace a nebyly z větší části vyčerpány za provoz objektu.

Kalkulace provozních nákladů je spočítána z hodnot vypočtených spotřeb energie, které jsou vyčísleny v kapitole 3.1.4. v Tab. 6. Pro přesnost výpočtu je však důležité si uvědomit, že cena elektrické energie je proměnná v čase a závislá na příslušné cenové sazbě. Pro kalkulaci bylo z dostupných podkladů zjištěno, že pro řešený objekt se jedná o sazbu C45d pro přímotop.

Příslušná sazba se odvíjí od konkrétních parametrů spotřeby objektu a způsobu jeho užívání. Do celkové ceny za spotřebovanou elektrickou energii jsou promítnuty položky, jakými jsou např.:

- platba za rezervovaný příkon dle velikosti jističe
- cena za systémové služby
- cena za spotřebované množství energie (VT + NT)
- složka ceny na podporu výkupu elektřiny z obnovitelných zdrojů energie
- cena za činnost operátora trhu

Ve finanční kalkulaci nákladů je počítáno s jednotkovými cenami vysokého a nízkého tarifu, které jsou převzaty z ceníku společnosti ČEZ pro rok 2016 [17]. Dalšími položkami na fakturách jsou poplatky, které jsou účtovány ve spojitosti se spotřebovanou energií. Tyto poplatky nejsou v práci dále rozepisovány položkově. Z konkrétních faktur, které jsem měl k dispozici, je operativně dopočítána jednotková cena těchto regulačních poplatků při současné spotřebě objektu.

Z dostupných faktur je zřejmé, že cena těchto služeb tvoří nemalou část celkových nákladů za energie a je tedy potřeba ji zohlednit v kalkulaci tak, aby dosažené výsledky byly co možná nejpřesnější. V níže uvedené tabulce je přehled jednotkových cen složek silové elektřiny pro naši konkrétní sazbu C45d.

Složky ceny elektrické energie 2016 - sazba C 45d		
Cena silové elektřiny NT	1,389	[Kč/kWh]
Cena silové elektřiny VT	1,576	[Kč/kWh]
Poplatky spojené se spotřebou energie	1,667	[Kč/kWh]

Tab. 12: Cena silové elektřiny

3.4.1 Rozbor plateb za energie dle faktur

Pro přesné vyčíslení finanční náročnosti provozu chaty, byly použity dostupné faktury za energie, které posloužily k přesnějšímu naladění výpočetních modelů. Vypočtené spotřeby energie byly porovnány se skutečnými spotřebami uvedenými na získaných fakturách. Přepis faktury je uvedený v Příloze 1. Originál faktury je dostupný na přiloženém CD.

Při porovnání bylo uvažováno, že veškerá fakturovaná energie je spotřebována na vytápění objektu a ohřev teplé vody. Tento předpoklad není pravdivý, neboť nezahrnuje část energie spotřebovanou ostatními spotřebiči a osvětlením využívaným v objektu. Takto uvažovaný výpočet je však na straně bezpečnosti. Energie spotřebovaná spotřebiči a na svícení tvoří dle předpokladu přibližně 10-15 % celkové účtované spotřeby, proto bude ve výpočtu zanedbána.

V níže uvedené tabulce jsou uvedeny skutečné spotřeby energie za poslední tři roky provozování objektu.

Historie spotřeby elektřiny					
Období	počet dní	VT (MWh)	NT (MWh)	Celkem (MWh)	Provozní náklady včetně DPH (Kč)
18.7.2015 - 25.7.2016	374	2,641	29,504	32,145	119 467
18.7.2014 - 17.7.2015	365	1,621	32,414	34,035	126 226
19.7.2013 - 17.7.2014	364	0,628	30,970	31,598	116 989
Průměr	368	1,630	30,963	32,593	120 894

Tab. 13: Souhrn historie spotřeby dle faktur

Z tabulky je patrné, že spotřeba energie v čase je vyrovnaná a nedochází k velkým výkyvům. Hodnoty spotřebované energie vypočítané v modelu MS Excel přibližně odpovídají skutečným spotřebám.

Z detailního rozboru faktury (Příloha 1) bylo zjištěno, že největší část poplatků tvoří platba za rezervovaný příkon. Ta je závislá na velikosti instalovaného jističe. V tomto případě se jedná o položku faktury, u které je možné ovlivnit jednotkovou cenu a dosáhnout tak úspory. Většina ostatních poplatků má fixně danou jednotkovou cenu, a tudíž není možné ovlivňovat jejich fakturované částky. V našem případě je možné zamyslet se nad velikostí instalovaného jističe, na kterém by byla možná úspora.

Jedná se o jistič 3x63 A, který by bylo pravděpodobně možné redukovat na jistič menší velikosti a dosáhnout tak úspory v platbě za rezervovaný příkon.

3.4.2 Výpočet plateb za energii dle modelu (MS Excel)

Výpočet nákladů byl proveden pro modelovaný stav stávajícího objektu. Poměr mezi odběrem vysokého a nízkého tarifu byl operativně přepočítán dle skutečných spotřeb energie dostupných z faktury (Příloha 1) tak, aby odpovídal. Vypočítané částky by se měly blížit skutečným financím vynaloženým za spotřebované energie na provoz objektu.

Roční spotřeba energie na ohřev TV	10 527	[kWh]
Roční spotřeba energie na vytápění	24 502	[kWh]
Celková spotřebovaná energie objektu	35 029	[kWh]
Množství energie v nízkém tarifu (NT)	32 157	[kWh]
Množství energie ve vysokém tarifu (VT)	2 872	[kWh]
Složky ceny elektrické energie 2016 - sazba C 45d		
Cena silové elektřiny NT	1,389	[Kč/kWh]
Cena silové elektřiny VT	1,576	[Kč/kWh]
Regulační poplatky za veškerou energii	1,667	[Kč/kWh]
Cena za spotřebované množství ele. NT	44 666	[Kč]
Cena za spotřebované množství ele. VT	4 526	[Kč]
Regulační poplatky za veškerou energii	58 397	[Kč]
Cena (bez DPH) za spotřebované energie	107 589	[Kč]
Cena s DPH (21%)	130 183	[Kč]

Tab. 14: Vypočtené náklady stávajícího stavu modelu MS Excel

Studie nejistoty

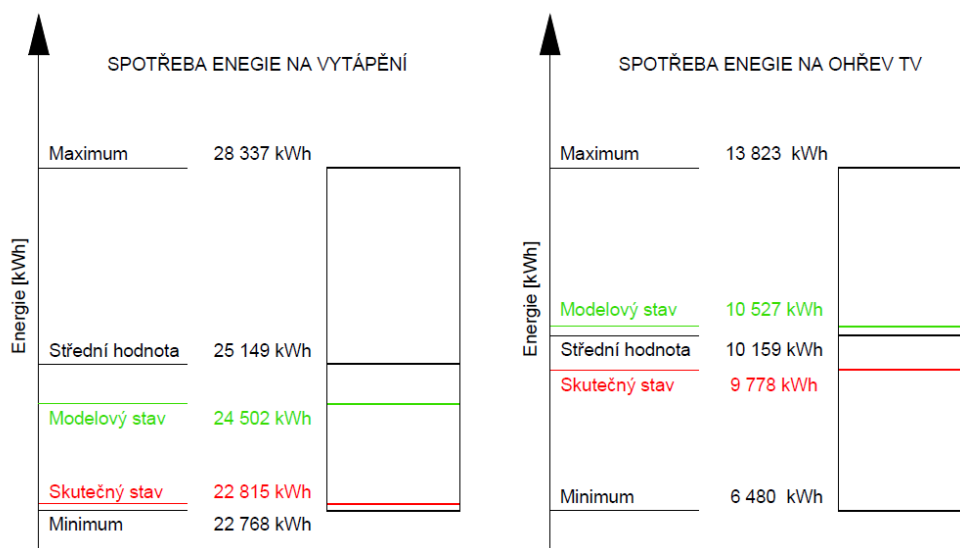
V rámci kalkulace provozních nákladů byla vypracována studie nejistoty výsledků. Tato studie měla za cíl prozkoumat vliv zadaných vstupních parametrů na velikost odchylky výsledků. Slouží nám pro názornost možného rozptylu výsledků a ukazuje důležitost přesnosti zadaných vstupních parametrů.

Studie byla provedena tak, že na vstupu do výpočetního modelu byly měněny předem vytipované parametry a následně byl sledován jejich vliv na možný rozptyl vypočtených hodnot. Byla určena směrodatná odchylka výpočtu, čímž byl stanovený rozsah možných relevantních výsledků.

Ve výpočtu potřeby tepla byl měněn parametr součinitele násobnosti výměny vzduchu n_{50} , jenž má zásadní vliv na velikost tepelné ztráty větráním, tudíž i na samotnou energetickou náročnost objektu. Dále byl zkoumán vliv součinitele průměrné denní obsazenosti objektu $occup$, který zohledňuje kapacitní obsazenost chaty během dne. Jako výchozí hodnota byla uvažována 50% časová obsazenost během dne při plné kapacitě objektu. Tento parametr má zásadní vliv na vnitřní tepelné zisky vstupující do tepelné bilance.

Ve výpočtu potřeby tepla na ohřev TV byl měněn parametr obsazenosti chaty, vycházející ze studie v kapitole 2.5 a dále parametr specifické měrné potřeby teplé vody na osobu. Tento parametr má zásadní vliv na množství spotřebované energie.

V níže uvedených grafech jsou znázorněny vypočítané potřeby energie na vytápění a na ohřev TV. V grafech je znázorněno vypočítané minimum, maximum, střední hodnota a porovnání se skutečným stavem a námi uvažovaným modelovým stavem.



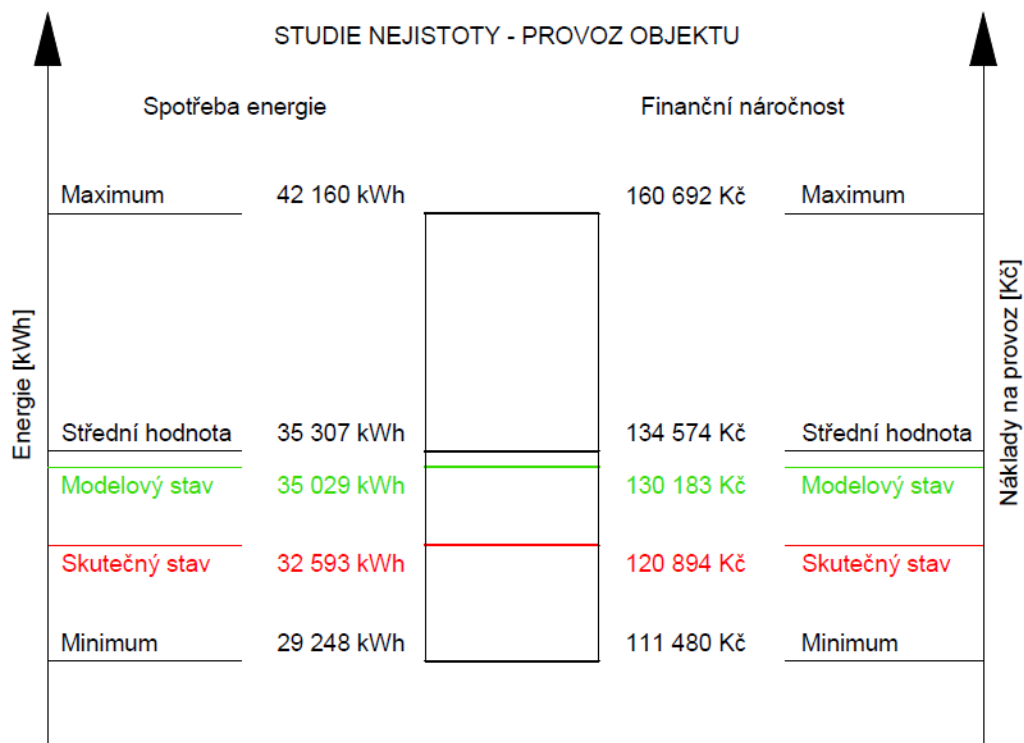
Graf č. 5: Studie nejistoty – Spotřeba energií na provoz objektu

V následující tabulce jsou shrnuty hodnoty vypočítané v rámci studie nejistoty. Jde o vypočítanou střední hodnotu náročnosti provozu objektu a směrodatnou odchylku.

Výpočet nejistoty		Jednotka
Spotřeba energie – střední hodnota	35 467	[kWh]
Celková možná odchylka – energie (+,-)	3 949	[kWh]
Cena za provoz – střední hodnota (včetně DPH)	135 190	[Kč]
Celková možná odchylka – peníze (+,-)	15 052	[Kč]

Tab. 15: Studie nejistoty – vypočítané hodnoty

Níže je uveden graf vypočtených hodnot studií nejistoty. Jsou zde znázorněny hodnoty celkových spotřeb energie objektu a následná finanční náročnost provozu.



Graf č. 6: Studie nejistoty – Finanční náročnost provozu objektu

Z výše uvedených grafů nejistoty je patrné, že skutečná spotřeba energií je spíše nižší než vypočítaná střední hodnota, a nižší než uvažovaný modelový stav. Přihlédneme-li však k velikosti vypočítané odchylky, která je uvedena výše v tabulce, lze konstatovat, že modelový stav se blíží skutečnosti.

Je nutné vzít do úvahy, že vypočítaná maxima jsou značně nadsazena skutečnosti, neboť jich bylo docíleno současnou změnou více vstupních parametrů a tyto kombinace jsou v reálném provozu méně pravděpodobné.

4 Návrhová opatření ke snížení energetické náročnosti

Po výpočtu energetické náročnosti stávajícího stavu objektu a vyčíslení nákladů za provoz, přistoupíme k návrhům opatření, která mají za cíl úsporu energie a financí. Jednotlivá opatření by měla prověřit možnost použití navrhovaných vnitřních systémů tak, aby bylo docíleno úspory a zároveň aby byl zajištěn komfort vnitřního prostředí pro uživatele.

Změny v objektu realizované v rámci opatření budou vzhledem k současnému dobrému stavu konstrukcí zaměřeny hlavně na vnitřní technické systémy, výměnu zdroje energie a optimalizaci fungování systému. Nově navrhované varianty by měly zlepšit celkové fungování objektu. Dá se předpokládat, že nejvhodnějším řešením pro současný stav objektu bude kombinace více zdrojů, čímž se dosáhne vyšší efektivity při fungování jednotlivých systémů.

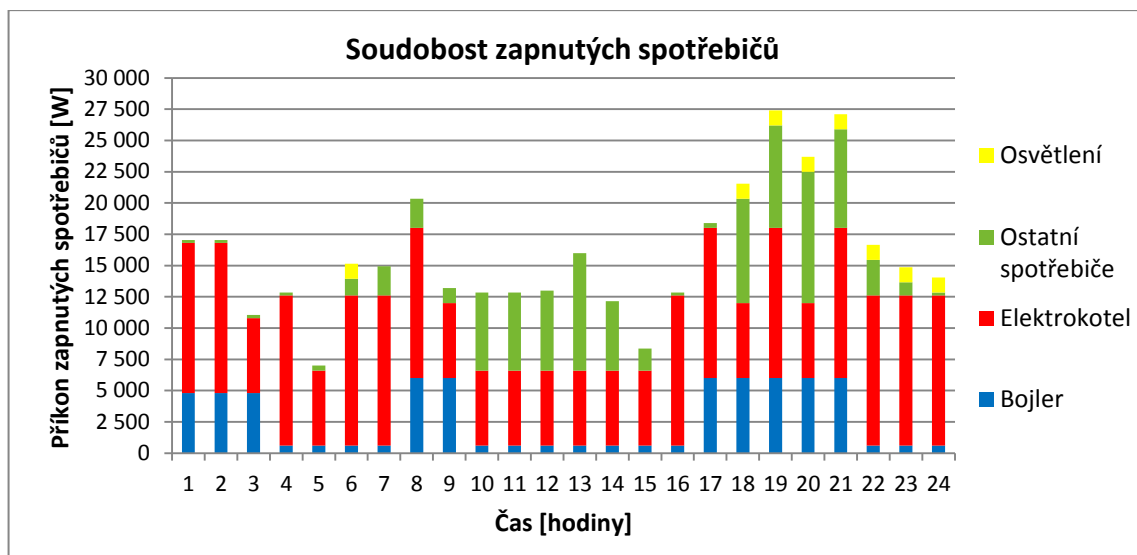
4.1 Redukce jističe objektu

V rámci všech návrhových variant by bylo možné přistoupit k redukci velikosti jističe objektu, který je v současném stavu značně předdimenzovaný. Paušální poplatky spojené s rezervovaným příkonem pro objekt, které jsou závislé na velikosti jističe, tvoří značnou část nákladů za spotřebovanou energii. V rámci opatření navrhuji redukci jeho velikosti, tak aby mohla být účtována nižší cena, dle velikosti nově navrhovaného jističe.

Současná velikost jističe je 3x63 A, a jistič je při současné spotřebě značně předdimenzovaný. Byla vypracována jednoduchá studie, jejíž snahou bylo určení velikosti nově navrhovaného jističe. Jedná se o velice zjednodušenou úvahu.

Byl sepsán seznam spotřebičů užívaných v objektu a následně byl zkoumán jejich provoz a soudobost odběru proudu. Ze součtu příkonů, současně běžících spotřebičů, jsme získali maximální příkon, z kterého byla následně spočítána velikost odebíraného proudu, na který je navržen nový jistič.

V níže uvedeném grafu je znázorněn denní profil užívaných spotřebičů. Jedná se o zjednodušenou metodu, která nám může poskytnout informaci, v kterou hodinu je pravděpodobný největší odběr proudu, a s kterou hodnotou příkonu tedy počítat při návrhu nového jističe. Jedná se ovšem o velmi zjednodušenou úvahu a je tedy pravděpodobné, že vypočítané hodnoty jsou stále značně předdimenzovány.



Graf č. 7: Studie možné soudobosti odběru elektrického proudu

Z grafu je patrné, že k odběrovému maximu dochází ve večerních hodinách mezi 19 – 21 hodinou. Níže v tabulce je následně vypočítána velikost nového jističe, vycházející z výše uvedené studie soudobosti odběru proudu.

Maximální příkon spotřebičů	P_{nd}	27 419	W
Napětí v síti	U_{el}	230	V
Celková velikost proudu	I	119,21	A
Počet fází	n	3	-
Proud procházející jističem	I	39,74	A
Navržená velikost jističe	I	3 x 40	A

Tab. 16: Výpočet velikosti nového jističe

Při navrženém jističi o velikosti 3x40 A by došlo ke značné úspoře financí. V níže uvedené tabulce je pro názornost vypočítána úspora na jističi za předchozí půlrok provozu. Počet jednotek spotřeby je převzat dle skutečnosti z dostupné faktury (Příloha 1). Jednotkové ceny za rezervovaný příkon jsou převzaty z ceníku společnosti ČEZ pro rok 2016 [17]. Úspora je vypočítána pro fakturační období půl roku a velikost možné úspory je uvedena včetně DPH.

Období 1.1.2016 - 25.7.2016			
Velikost jističe	Jednotková cena [Kč/jednotku]	Počet jednotek [-]	Částka za rezervovaný příkon [Kč]
<i>Současný stav</i>			
nad 3 x 50 A do 3 x 63 A včetně	2424	6,806	19 962
<i>Návrhový stav</i>			
nad 3 x 32 A do 3 x 40 A včetně	1539	6,806	12 674
Možná úspora			7 288

Tab. 17: Kalkulace finanční úspory při redukci jističe

V případě potřeby je možné objekt doplnit o zařízení hlídající velikost odebíraného proudu. Hlídač proudového maxima kontroluje celkový odběr a počet zapnutých spotřebičů v reálném čase a v případě překročení limitní hodnoty odebíraného proudu odpojí některý ze spotřebičů tak, aby nebyla překročena hodnota instalovaného jističe. Při návrhu optimální velikosti jističe a využití tohoto zařízení může objekt efektivněji fungovat i s menším jističem bez zásadního vlivu na komfort uživatelů.

Cenové náklady na pořízení hlídače proudového maxima se pohybují v řádech několika tisíc korun, lze tedy předpokládat, že investice se velice rychle vrátí. Je však nutné nechat si zpracovat projekt elektroinstalace, kde by byl nově navrhovaný jistič nadimenzován odborníkem kompetentním v dané problematice.



Obr. 4-1 Hlídač proudového maxima - zdroj technický list BMR [4]

4.2 Varianta 1 - Kachlová akumulční kamna s elektrokotlem

V rámci první varianty výměny zdroje byla navržena kachlová akumulční kamna. Níže v kapitole jsou popsány jednotlivé funkční požadavky, dispoziční uspořádání, samotné technické řešení a návrh konkrétních kamen.

4.2.1 Rozbor funkčních požadavků

Na začátku je nutné nadefinovat si jaké veškeré funkce a parametry by daná kamna měla splňovat. Kamna by měla sloužit jako hlavní zdroj vytápění objektu a měla by být schopna připravovat teplou vodu pro pokrytí potřeb uživatelů. Je tedy nutné navrhnout kamna s teplovodním výměníkem. Umístění kamen je uvažováno v hlavní společenské místnosti a je předpokládáno, že budou využívána i pro přípravu pokrmů. Součástí kamen by tedy měl být sporák. Jelikož se má jednat o akumulční kamna, která mají současně sloužit pro vaření, je vhodné navrhnout jako součást kamen kobku, v které bude umístěna trouba. Kobka bude sloužit jako akumulční prvek a bude uvolňovat teplo do prostoru postupně i v době, kdy už se v kamnech nebude topit. Ideálně by součástí řešení měl být způsob regulace, který by umožňoval měnit poměr odváděného tepla mezi teplovodním výměníkem a sporákovými akumulčními tahy.

Z rozboru je vidět, že je nutné kombinovat více funkcí, čímž se samotný návrh stává problematickým. Daná problematika byla konzultována s kamnářem Ing. Janem Křivonožkou a nejprve si dovolím vyjasnit některé pojmy.

Akumulační kachlová kamna

Jedná se o velká, masivní kamna s velkým topeništěm a množstvím akumulční hmoty. Akumulační hmota je rozložena kolem spalinové cesty ke komínovému tahu a energie uvolněná spalováním dřeva se ukládá do této hmoty. Kamna fungují na principu uvolnění velkého množství energie naráz. Veškerá uvolněná energie prochází akumulacími komínovými tahy ve formě spalin. Teplota těchto spalin je vysoká a energie je postupně akumulována do hmoty kamen. Toto teplo je pak postupně uvolňováno do prostoru přes kachlový povrch kamen. Akumulační schopnost hmoty je výhodná z pohledu časového rozložení uvolňované energie. Teplo se uvolňuje do prostoru se zpožděním a není tedy nutné často přikládat. Přikládá se velké množství paliva najednou, přibližně dvakrát za den v dlouhých časových rozestupech.

Sporáková kachlová kamna

Jedná se o menší kamna, jejichž součástí je plotna na přípravu pokrmů. Sporák mívá většinou výrazně menší topeniště a je potřeba v něm přikládat častěji s ohledem na fungování kuchyně. Většina uvolněné energie přechází přes plotnu sporáku do místnosti ihned a nedochází tak k efektivnímu časovému rozložení uvolňované energie. Teplota spalin na výstupu u komínových tahů má výrazně nižší teplotu, a kamna proto nemají velkou akumulací schopnost. Nejzřetelnější rozdíl je v časovém profilu užívání, což má zásadní vliv na spotřebu paliva.

Z výše uvedeného popisu je jednoznačně patrný rozdíl ve fungování jednotlivých druhů kamen. Naše varianta bude kombinací těchto dvou systémů a navíc bude doplněná o teplovodní výměník. Bude se tedy jednat o velice sofistikované řešení.

4.2.2 Dispoziční uspořádání společenské místnosti

V rámci řešení bylo nutné promyslet i samotné geometrické uspořádání a umístění kamen v prostoru kuchyně a jídelny. Jednalo se spíše o úkol pro architekta, kdy bylo nutné zamyslet se nad fungováním místnosti a přemýšlet prakticky tak, aby bylo docíleno efektivního rozvržení prostoru.

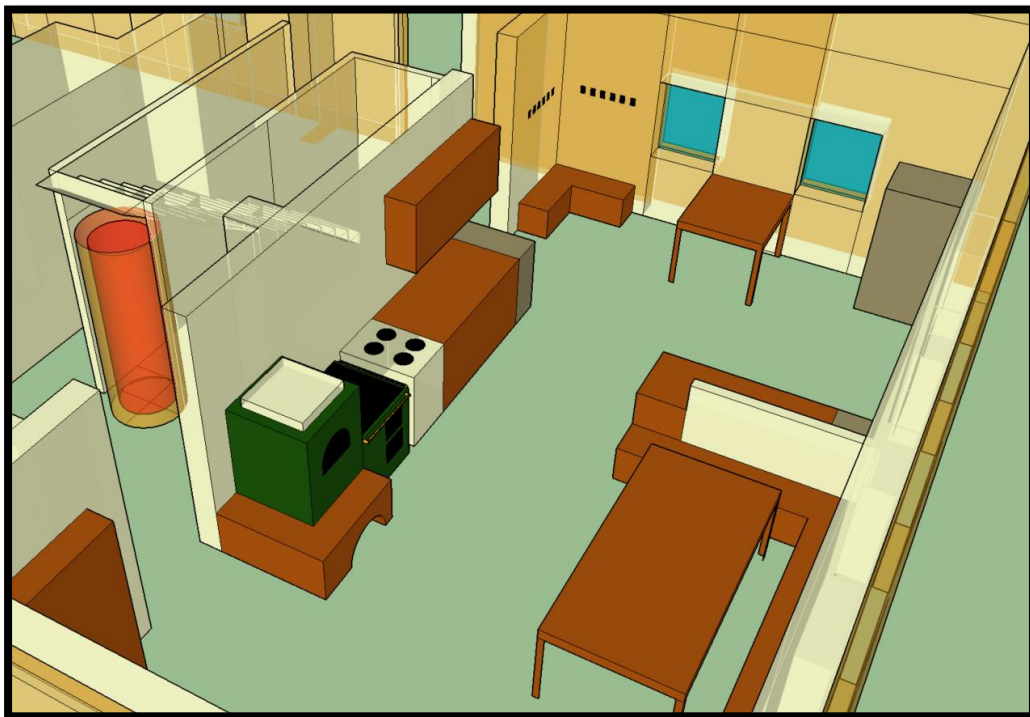
Pro názornost byly vypracovány vizualizace variant prostorového uspořádání. Níže jsou znázorněny jednotlivé vizualizace, jak by mohlo navrhované uspořádání vypadat.

V současné dispozici objektu je hlavní obytný prostor přízemí rozdělen na dvě místnosti, kuchyni a společenskou místnost (jidelnu). V navrhovaných variantách je uvažováno s vybouráním střední příčky tak, aby došlo ke sjednocení a otevření prostoru. Část střední příčky by byla zachována, ne však v celé výšce. V kuchyni by měla zůstat zachována kuchyňská linka a současný elektrický sporák, který by byl využíván v době mimo provoz kamen. Je však možné uvažovat o jeho přemístění. Dále by zde měla být umístěna nová větší lednice a myčka nádobí, která by nejen uspořila spotřebu vody, ale zároveň by pozvedla komfort kuchyně a celého ubytování.

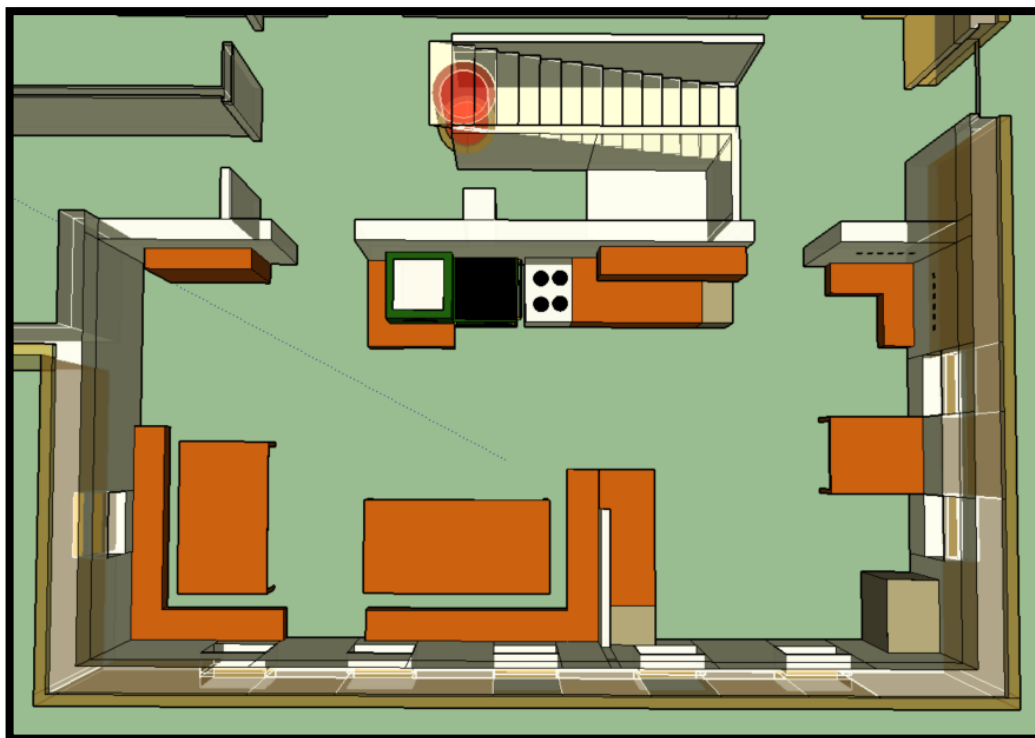
Uspořádání - Varianta 1

Tato varianta byla vybrána jako nejvhodnější řešení nově navrhované dispozice. Jedná se o uspořádání, které vychází z praktických poznatků Ing. Pavla Kopeckého o fungování objektu. Ve variantě je přemístěn elektrický sporák do blízkosti nových kamen. Je tak vytvořena nová, druhá část kuchyňské linky. Za dveřmi by mělo být umístěno sezení, které je vhodné pro převlékání dětí po návratu z výletu. V kuchyni je situován menší stůl, který slouží ke kolektivní přípravě jídel. Na původním místě sporáku se předpokládá instalace nové myčky nádobí. V rohu místnosti by měla být umístěna nová větší lednice pro potřeby uživatelů. Skříňky na nádobí jsou přesunuty nad novou část kuchyňské linky, která je doplněna o odpadkový koš. Otevřený prostor kuchyně poskytuje uživatelům vyšší komfort a jednoduchost při kolektivním vaření pokrmů.

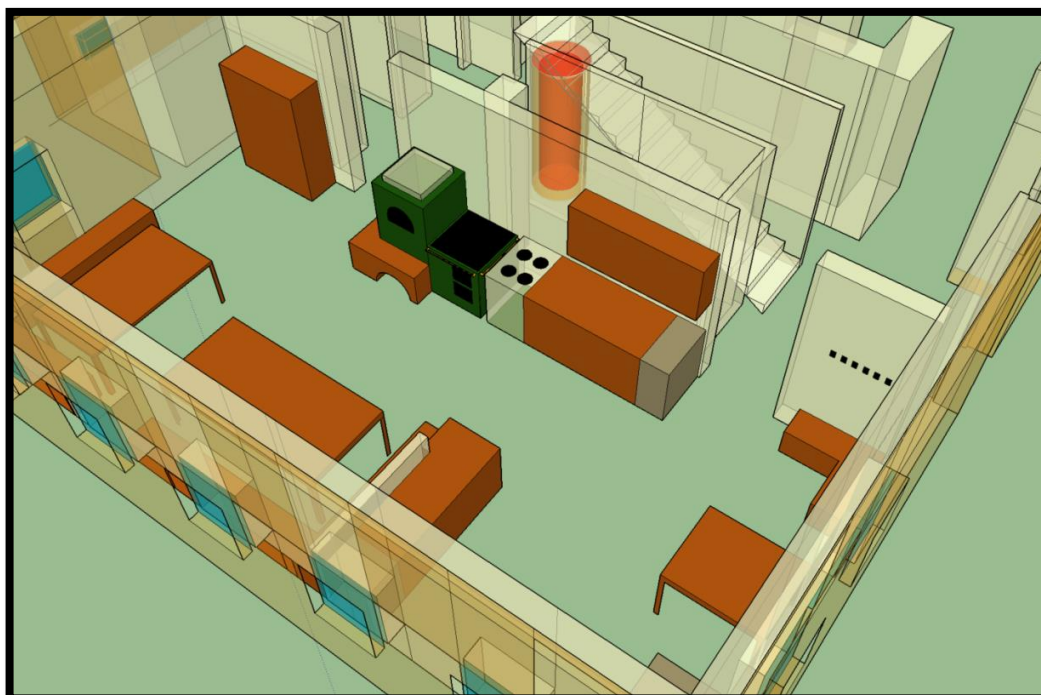
Níže na obrázcích jsou znázorněny grafické vizualizace vytvořené v programu Sketch Up.



Obr. 4-2 Vizualizace prostorového uspořádání – Var 1



Obr. 4-3 Vizualizace prostorového uspořádání – Var 1



Obr. 4-4 Vizualizace prostorového uspořádání – Var 1

Kromě vizualizací byla vypracována schémata řešené dispozice. Níže znázorněná schémata jsou zde uvedena pro lepší porovnání stávajícího stavu a nově navrhované varianty, včetně popisu jednotlivých změn.

SCHÉMA DISPOZICE - STÁVAJÍCÍ STAV

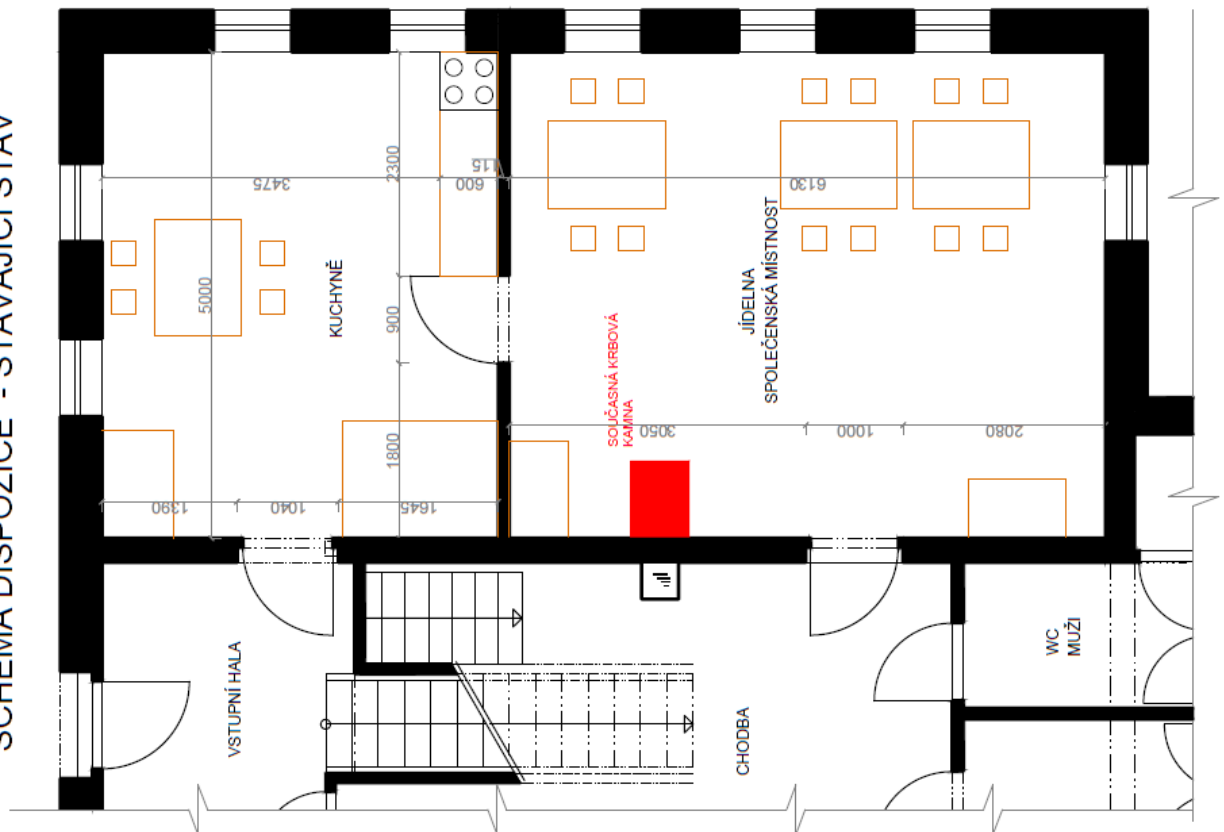
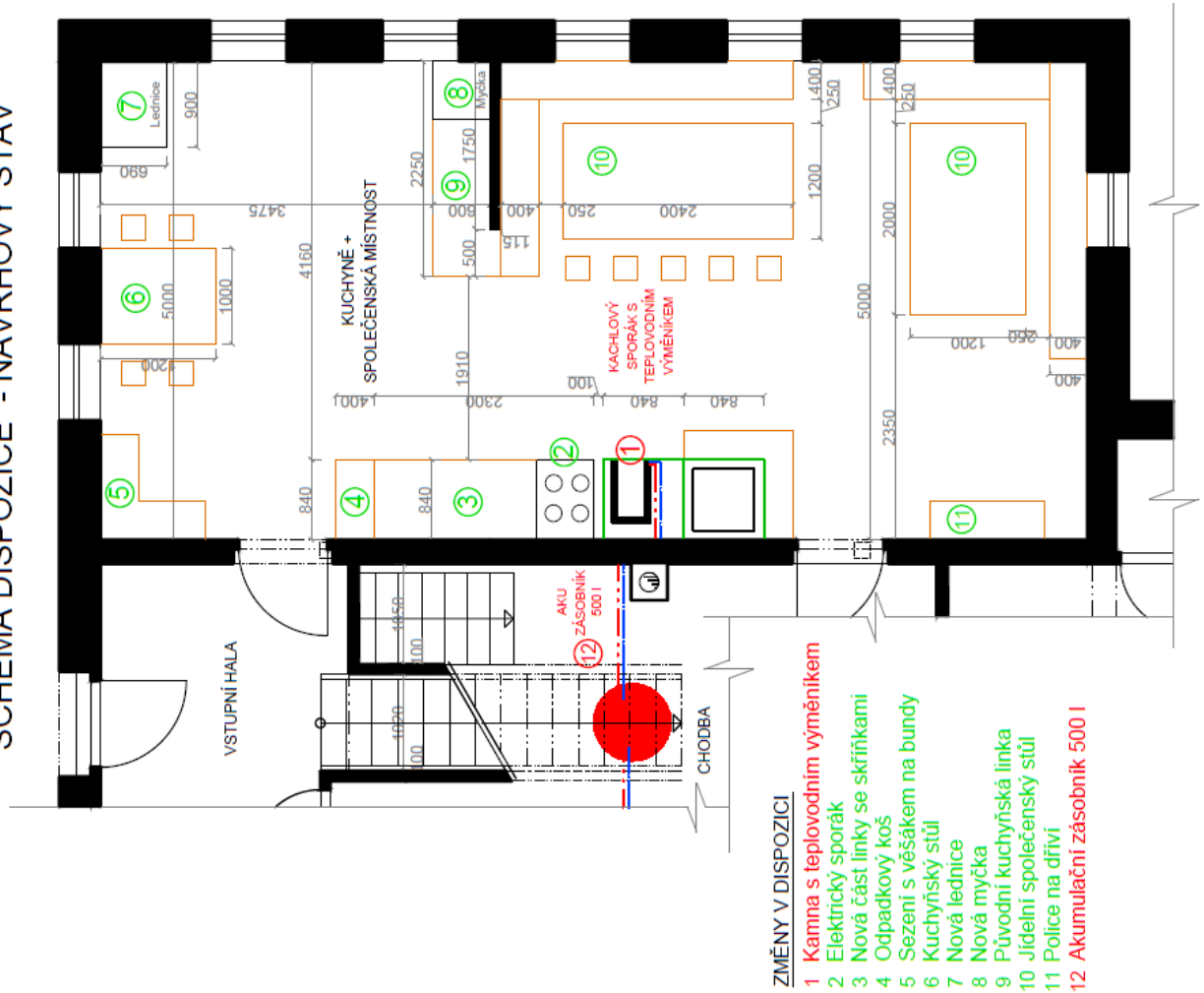


SCHÉMA DISPOZICE - NÁVRHOVÝ STAV



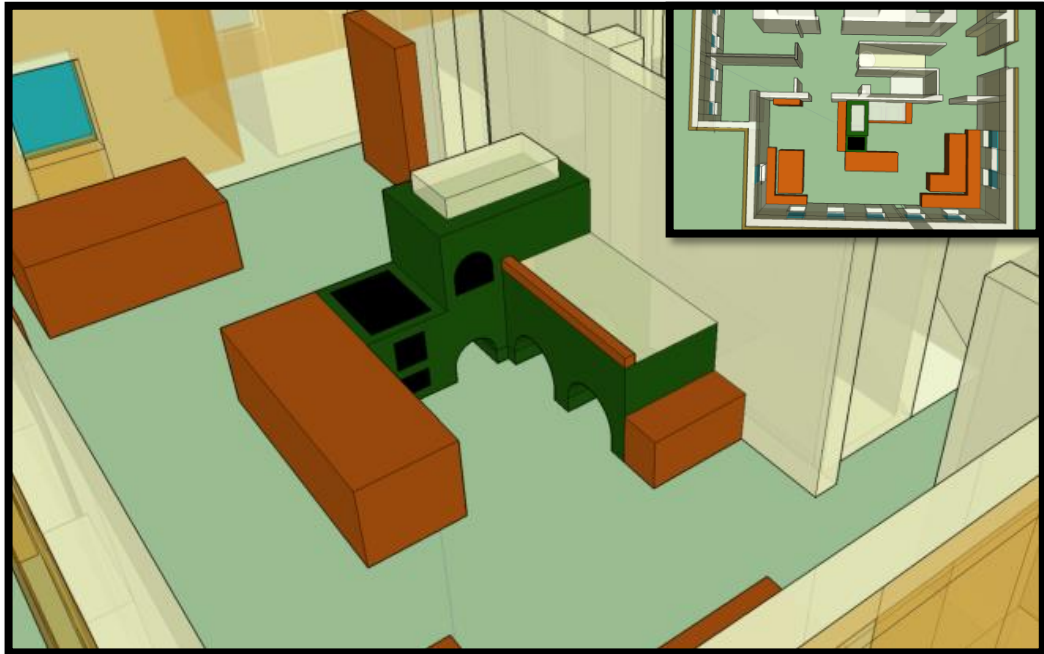
ZMĚNY V DISPOZICI

- 1 Kamna s teplovodním výměníkem
- 2 Elektrický sporák
- 3 Nová část linky se skříňkami
- 4 Odpadkový koš
- 5 Sezení s věšákem na bundy
- 6 Kuchyňský stůl
- 7 Nová lednice
- 8 Nová myčka
- 9 Původní kuchyňská linka
- 10 Jídelní společenský stůl
- 11 Police na dříví
- 12 Akumulační zásobník 500 l

Obr. 4-5 Stávající a nově navrhovaná dispozice – Var 1

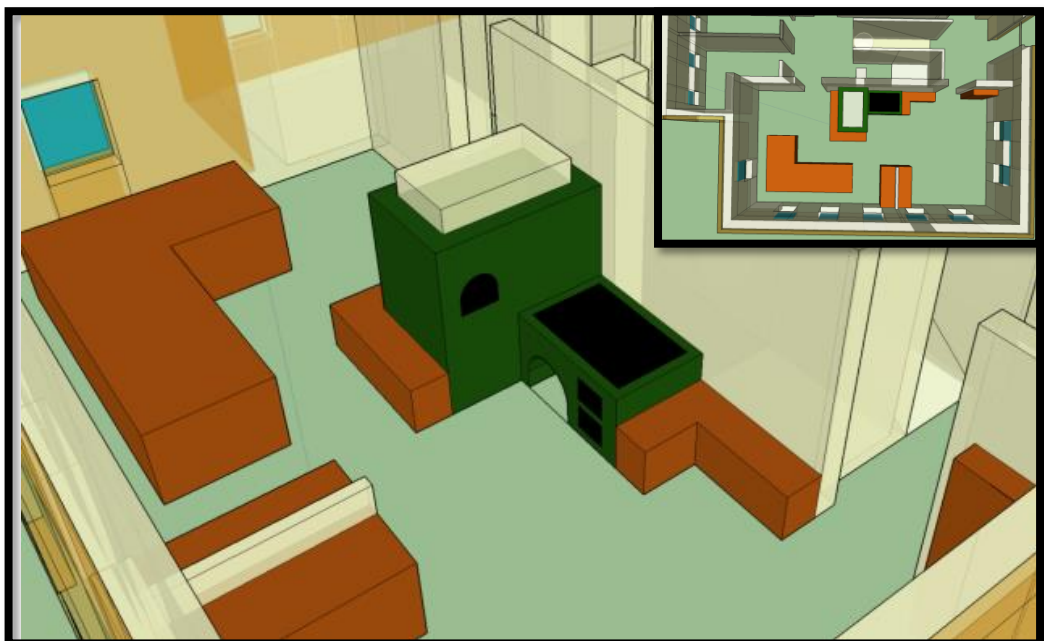
V rámci práce byly vypracovány a prověřovány i další varianty. Níže jsou uvedené jejich vizualizace. Jsou zde však uvedeny jen pro zajímavost a představu, neboť po detailnější studii byly zavrženy z různých technických či praktických důvodů.

Uspořádání - Varianta 2



Obr. 4-6 Vizualizace prostorového uspořádání – Var 2

Uspořádání - Varianta 3

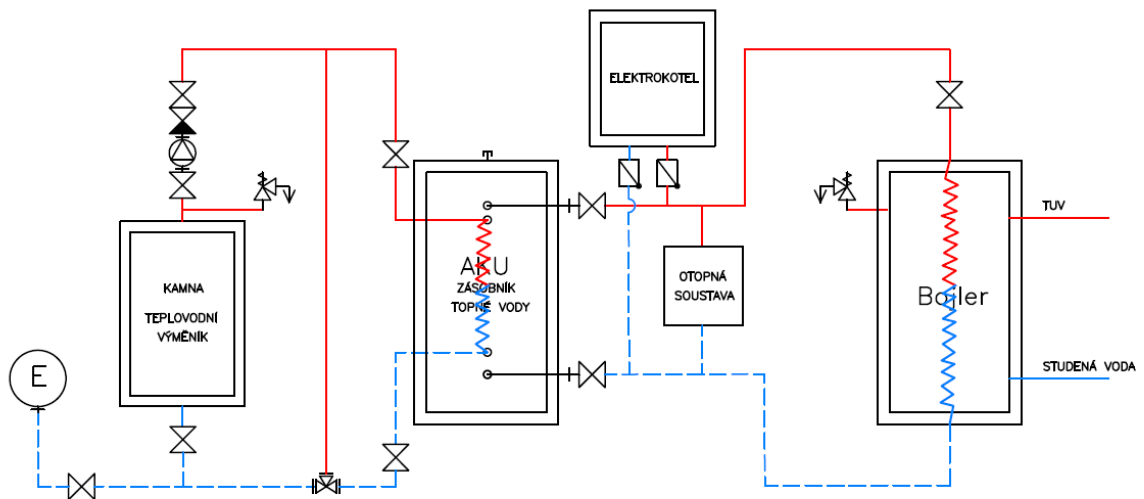


Obr. 4-7 Vizualizace prostorového uspořádání – Var 3

4.2.3 Schéma technického řešení a vysvětlení funkcí systému

Kamna by obsahovala teplovodní výměník, kterým by byla část uvolněné energie při spalování dřeva odváděna do akumulární nádrže, pro možnost vytápění objektu. Akumulační nádrž by současně mohla být zdrojem tepla pro ohřev teplé užitkové vody v dalším zásobníku. Do systému vytápění by byl následně připojen i stávající elektrokotel, který by pokrýval potřeby objektu v době nedostatku energie, v obdobích, kdy by kamna nebyla plně využívána. Níže je znázorněno zjednodušené ideové schéma možného zapojení systému.

VARIANTA 1 KAMNA S TEPLOVODNÍM VÝMĚNÍKEM + ELEKTROKOTEL



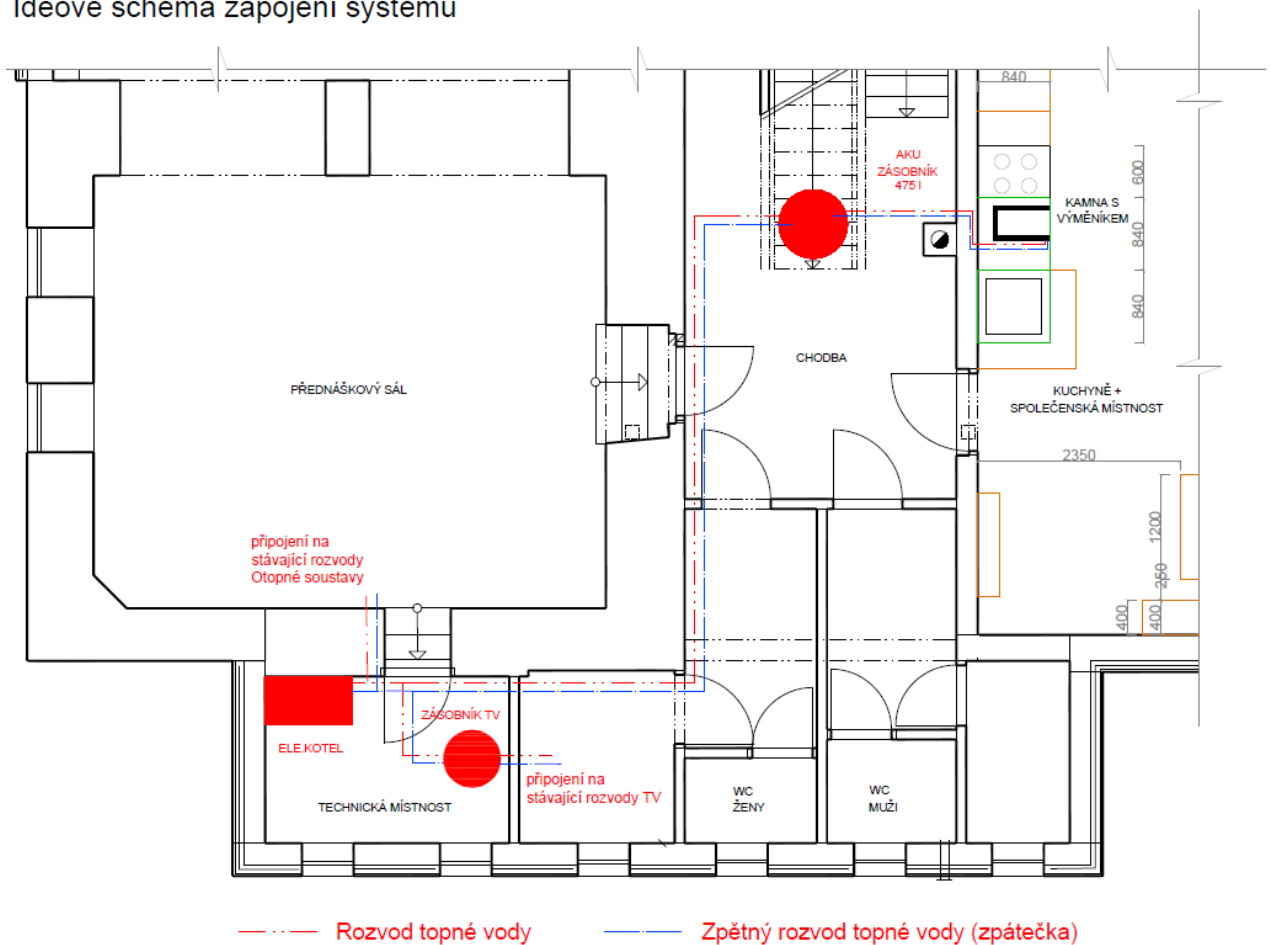
Obr. 4-8 Ideové schéma zapojení systému – Var 1

System byl koncipován tak, aby v průběhu hlavní sezóny, kdy je chata z větší části obsazená, byla většina potřeb objektu zajištěna kamny. Kamna slouží jako zdroj tepla přímo pro společenskou místnost a je možné na nich vařit. Současně část uvolněné energie jde přes teplovodní výměník do akumulárního zásobníku, odtud je topná voda rozváděna do zbytku otopné soustavy objektu a vytápí další místnosti. Voda z akumulární nádrže je také použita pro ohřev zásobníku teplé vody. V soustavě zůstává zapojen stávající elektrokotel, který pokrývá potřeby energie v případě nedostatku, při velkém odběru tepla z akumulárního zásobníku. Zároveň slouží jako záložní zdroj.

Pro toto konkrétní řešení bylo zpracováno schématické znázornění zapojení systému v kontextu s dispozicí objektu. Systém je zakreslen tak, jak je uvažováno jeho předpokládané umístění.

Kamna jsou situována v prostoru kuchyně a společenské místnosti. Z kamen vede potrubí od výměníku do akumulční nádrže, jejíž umístění se předpokládá ve výklenku pod schody. Od akumulční nádrže je vedeno potrubí do technické místnosti, kde je připojen stávající elektrokotel a nový zásobník TV. Zde je celý systém napojen ke stávající otopné soustavě a rozvodům teplé vody. Vedení všech potrubí je uvažováno v drážce v podlaze. Jedná se však o principiální řešení a cílem práce není detailní zpracování technického návrhu rozvodů potrubí. V případě realizace by bylo nutné nechat si vypracovat podrobnější projektovou dokumentaci specialistou z oboru topenářství.

Ideové schéma zapojení systému



Obr. 4-9 Umístění systému v dispozici objektu

4.2.4 Navržená kamna

Samotná realizace kamen, není jednoduchou záležitostí, přihlédneme-li k nutnosti instalace teplovodního výměníku. Celý systém má životnost závislou na kvalitě provedení samotné stavby a na kvalitě použitých komponentů. Při návrhu kamen byl orientačně počítán výkon dle tepelné ztráty objektu a potřeby energie na ohřev teplé vody. Vzhledem k potřebám objektu byl výkon kamen stanoven přibližně 12 -14 kW.

Po konzultaci dané problematiky s kamnářem Ing. Janem Křivonožkou, bylo pro náš objekt zvoleno řešení instalace těžké sporákové vložky s teplovodním výměníkem. Toto řešení je výhodné hned z více hledisek.

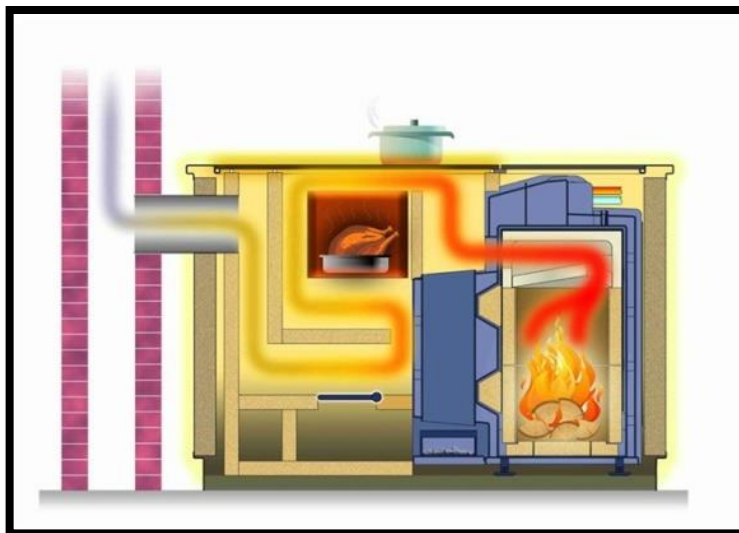
Samotná kamna budou realizována po osazení těžké litinové vložky s teplovodním výměníkem, která bude zakoupena jako jeden kus. Vložka má garantovanou životnost výrobcem, a vztahuje se na ni záruka. Není tak nutné realizovat stavbu komplikovaného topeniště s teplovodním výměníkem přímo na místě, čímž by měla být zaručena potřebná účinnost kamen, která se odvíjí právě od kvality provedení topeniště. Z tohoto důvodu je prefabrikovaná vložka vhodným řešením.

Výhodou je, že po osazení vložky jde už o tradiční kamnářskou práci a kamna je možné dostavět okolo vložky přesně na míru daného objektu. Kamnář pak dle přání investora navrhne a postaví kobku včetně spalinových tahů tak, aby bylo možné naakumulovat co největší množství tepla. Výhodou vybrané sporákové vložky je možnost jednoduché regulace toku spalín. Při používání sporáku je možné měnit poměr spalín proudících kolem teplovodního výměníku a spalín proudících do sporákových a následně akumulčních tahů komínové cesty.

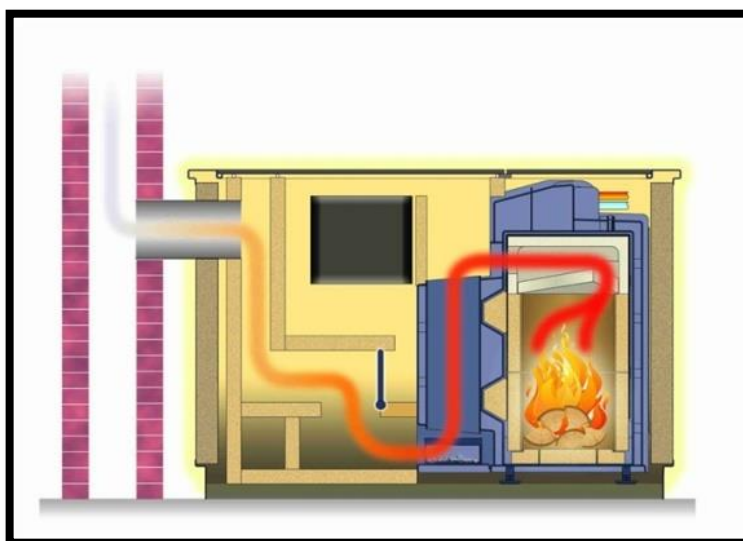
Takovéto řešení je optimální variantou, kdy je zajištěna potřebná životnost kamen i požadovaný výkon. Zároveň je varianta zajímavá i z hlediska ceny, kdy nevychází tak draze jako realizace obdobných kamen včetně samotného topeniště.

Konkrétně byla pro uvedený objekt vybrána sporáková vložka Herd-Kessel dodávaná německou firmou Brunner. Vložka by byla k dostání po domluvě s kamnářem, který by ji musel objednat. Firma Brunner má po České Republice mnoho distributorů, takže zakoupit vložku na českém trhu není problém. V případě realizace doporučuji kontaktovat kamnáře Ing. Jana Křivonožku, se kterým byla problematika dané varianty podrobně konzultována.

Níže je na obrázcích znázorněn princip fungování kamen. Topeniště je umístěno ve sporákové vložce s teplovodním výměníkem. Spalinové cesty jsou ilustrativní, ty lze postavit na míru po konzultaci s kamnářem, který bude kamna kolem vložky stavět.



Obr. 4-10 Schéma fungování vložky – sporáková spalinová cesta [5]



Obr. 4-11 Schéma fungování vložky – výměňková spalinová cesta [5]

Schématy jsou převzata z katalogu firmy Brunner a znázorňují princip regulace toku spalin. Jednoduchým pohybem klapky, která je součástí kamen, je možné měnit cestu odvodu spalin a způsob využití energie. Energie jde buď přes sporák kolem trouby v době přípravy pokrmů v kuchyni. Nebo je klapka nastavena tak, aby většina energie šla přes teplovodní výměník do akumulčních spalinových tahů a byla ukládána na pozdější možné využití. Konkrétní technické parametry jsou uvedeny v technickém listu výrobku [6] dostupného na CD.

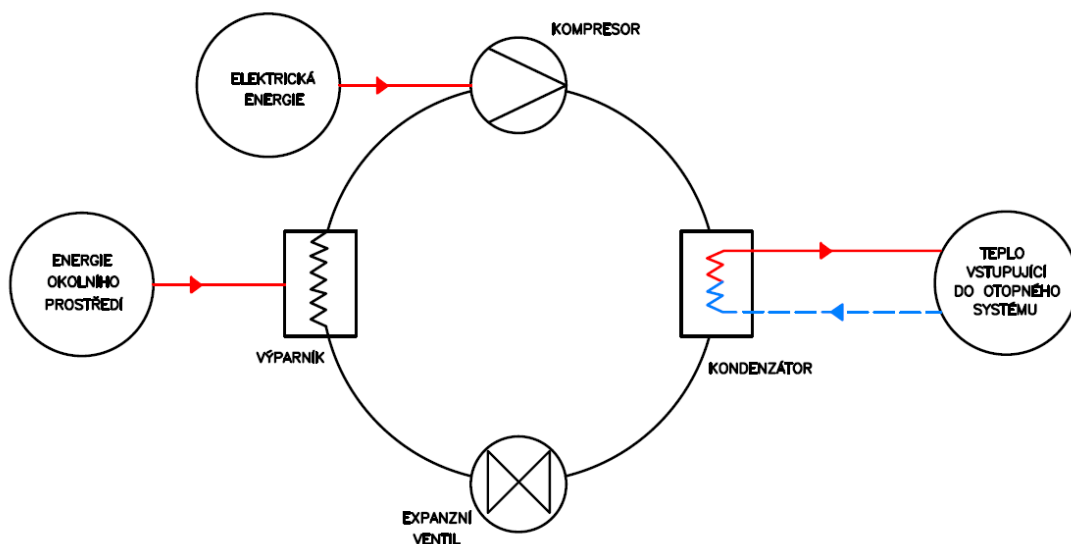
4.3 Varianta 2 - Tepelné čerpadlo s elektrokotlem

Jednou z variant zdroje vytápění objektu je možnost využití tepelného čerpadla. Otázkou zůstává volba vhodného typu čerpadla, způsob jeho využití a vhodnosti pro stávající stav objektu.

Klasické tepelné čerpadlo funguje jako nízko potenciální zdroj tepelné energie a je třeba mít pro jeho využití přizpůsobené i ostatní navazující systémy topného okruhu. Lze však najít i taková řešení, která nevyžadují větší zásahy do systému a umožňují komfortní užívání.

4.3.1 Princip fungování tepelného čerpadla

Níže na obrázku je znázorněn princip fungování tepelného čerpadla, které se výrazněji liší od fungování elektrokotle. Tepelné čerpadlo funguje stejně jako elektrokotel na elektrický proud, ale elektrická energie není přímo přeměňována na teplo. Je využívána na pohon kompresoru čerpadla. Výhoda spočívá ve využití energie okolního prostředí, která je odebírána z okolí za pomoci kompresorového cyklu. Energie na pohon kompresoru je výrazně menší, než množství dodaného tepla čerpadlem. Tím je dosaženo vysoké účinnosti a nižší spotřeby elektrické energie při současném pokrytí potřeb objektu.



Obr. 4-12 Principiální schéma fungování tepelného čerpadla

4.3.2 Rozbor funkčních požadavků

Tepelné čerpadlo by mělo sloužit jako primární zdroj tepla pro vytápění objektu a na ohřev teplé vody. Jedná se o nízkopotenciální zdroj tepla, který je vhodný především pro podlahové systémy vytápění, kdy stačí nižší teploty topné vody vstupující do soustavy. Ve stávajícím objektu je však instalován vysokoteplotní systém. Objekt je vytápěn za pomoci deskových otopných těles, které vyžadují vyšší teploty vstupní vody. Zůstává tedy otázkou, jak daný problém řešit. Zda uvažovat o přizpůsobení otopné soustavy a konstrukcí včetně provedení nutných stavebních zásahů, což je značně problematické realizovat při provozu objektu. Nebo hledat systém, který bude lépe vyhovovat stávajícímu stavu objektu i za cenu vyšších investičních nákladů.

Technicky je možné uvažovat o využití tepelných čerpadel, které jsou schopné připravovat topnou vodu o vyšších teplotách. Nebyl by tedy nutný zásah do samotné otopné soustavy. Teplota výstupní vody tepelného čerpadla je závislá na topném faktoru. Topný faktor čerpadla udává poměr mezi množstvím vyrobené tepelné energie a množstvím energie spotřebované na pohon kompresoru. S rostoucí teplotou výstupní vody a s klesající teplotou primárního okruhu čerpadla (venkovní vzduch, zemní kolektor), klesá topný faktor čerpadla.

Při samotném výběru je pak nutné zvážit i další kritéria, která budou hrát značnou roli při volbě konkrétního zařízení. Druhů tepelných čerpadel je větší množství a ne všechny jsou vhodné pro náš konkrétní případ. Níže jsou sepsány a rozděleny druhy tepelných čerpadel.

- TČ vzduch/voda
- TČ země/voda s horizontálním výměníkem (kolektor)
- TČ země/voda se svislým zemním vrtem
- TČ voda/voda

Náš objekt se nachází na horách ve velmi specifických klimatických podmínkách a vzhledem k nadmořské výšce objektu by bylo vhodné uvažovat o tepelném čerpadlu země – voda. Lze však předpokládat, že vybudovat zemní kolektor daný pro potřebný výkon čerpadla bude vzhledem k umístění objektu v chráněné krajinné oblasti značně problematické. Zcela jistě by bylo zapotřebí sehnat příslušná povolení. Čerpadlo země/voda je též možné realizovat za pomoci zemních vrtů. Tato varianta je však nevhodná z důvodu velké finanční náročnosti, kdy by bylo nutné realizovat dva až tři 100 metrové vrty. Cena jednoho metru vrtu se pohybuje kolem 1000 Kč.

Proto by bylo nevhodnějším řešením tepelné čerpadlo vzduch voda. Při zvážení velikosti investic a konzultaci technického řešení s Ing. Miroslavem Urbanem Ph.D. bylo tepelné čerpadlo vzduch voda vybráno jako optimální varianta pro náš objekt.

Zůstává i nadále otázkou optimální způsob zapojení čerpadla, nastavení výkonových parametrů a celkové rozložení potřeb mezi čerpadlo a elektrokotel. Poměr mezi provozem tepelného čerpadla a elektrokotle by měl být stanoven tak, aby systém fungoval co možná nejefektivněji. Součástí řešení by měl být i návrh velikosti akumulčního zásobníku, který výrazně zvýší efektivitu fungování celého systému.

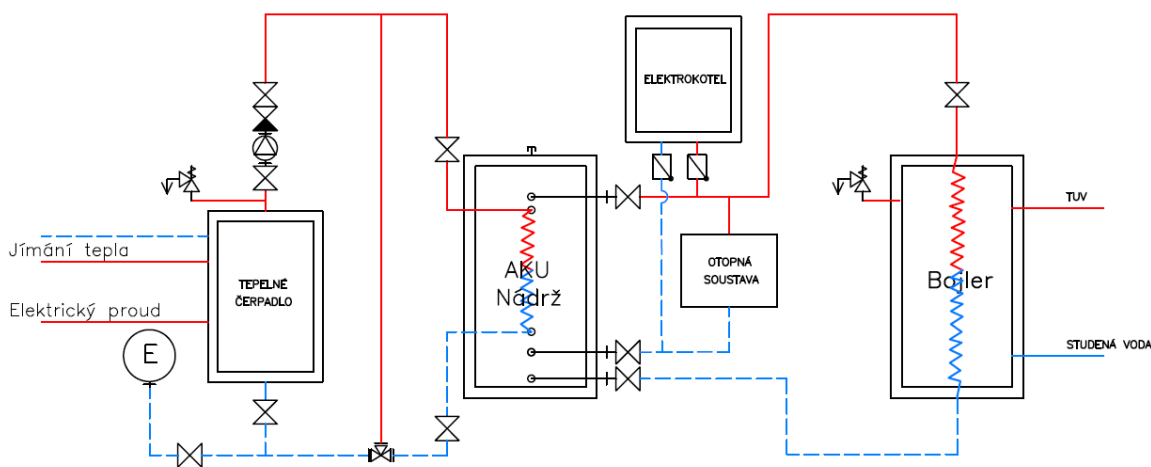
4.3.3 Schéma technického řešení a vysvětlení funkce systému

Navrhované tepelné čerpadlo nemusí být nutně vysokoteplotní a i přesto nebude nutné výrazně upravovat otopnou soustavu. Teplota výstupní vody z čerpadla se dá nastavit tak, aby bylo možné dosáhnout potřebné teploty 55°. Při takovémto požadavku však výrazněji klesá topný faktor čerpadla, čímž se snižuje jeho účinnost.

Pro takovéto případy by bylo vhodné systém doplnit o další zdroj, jímž by mohl být stávající elektrokotel, který by pokrýval potřeby objektu v době nepříznivých podmínek pro chod čerpadla. Čerpadlo by bylo ideálním zdrojem v přechodných obdobích a při teplotách kolem 0°C.

Níže na obrázku je znárodněno schéma zapojení systému. Jedná se o ideové schéma znázorňující propojení jednotlivých prvků systému. Schéma není řešeno detailně, nejsou zde tedy znázorněny veškeré potřebné ventily a armatury.

VARIANTA 2 TEPLNÉ ČERPADLO



Obr. 4-13 Ideové schéma zapojení systému s tepelným čerpadlem

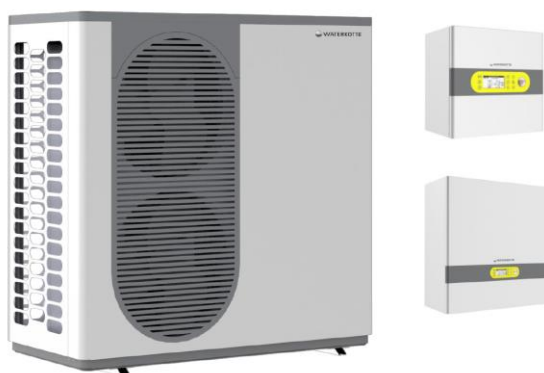
Předpokládá se připojení čerpadla k akumulční nádrži, ze které bude dále dodáváno teplo do otopné soustavy a zásobníku TV. Za akumulční nádrží by byl připojen elektrokotel. Elektrokotel bude schopný v případě potřeby zajistit požadované parametry topné vody v době nepříznivých podmínek pro chod tepelného čerpadla.

4.3.4 Navržené čerpadlo

Do objektu bylo navrženo tepelné čerpadlo vzduch/voda. Konkrétně jde o čerpadlo Basic Line BM 7010 o výkonu 6 -12 kW (výkon je závislý na exteriérových podmínkách). V České republice je čerpadlo dodávané společností G-Term, která zajišťuje distribuci a servis. Samotná konstrukce čerpadla je formou monobloku, který by při realizaci byl osazen do venkovního prostředí poblíž objektu. Je důležité vhodně zvážit výběr místa pro osazení čerpadla tak, aby nemohla nastat situace, kdy by čerpadlo zapadalo sněhem, a byl tak znemožněn jeho provoz. Konkrétní parametry navrženého čerpadla jsou uvedeny v technickém listu, který je k nahlédnutí v přílohách na CD.

Navržené čerpadlo má dle parametrů udávaných výrobcem široký pracovní rozsah a je schopné pracovat i při extrémní venkovní teplotě $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Samozřejmě je tím značně ovlivněn jeho výkon, a proto je vhodné v objektu ponechat i elektrokotel. Součástí čerpadla může být i integrovaný elektrokotel pro krytí nedostatků při nevhodných podmínkách pro chod čerpadla.

Zůstává otázkou, zda ponechat stávající elektrokotel nebo tepelné čerpadlo pořídit s integrovanou jednotkou elektrokotle. Vzhledem k vyšší efektivitě regulace systému se doporučuje zakoupit čerpadlo včetně integrovaného elektrokotle. Vhodnou kombinací provozu těchto zdrojů lze docílit optimálního fungování systému tak, aby bylo docíleno finanční úspory na provozu objektu. Konkrétní technické parametry jsou uvedeny v technickém listu výrobku [8] a jsou dostupné na CD.



Obr. 4-14 Vybrané tepelné čerpadlo - Basic Line BM 7010 [7]

4.4 Návrh velikosti akumulčního zásobníku a zásobníku TV

Součástí každé varianty je instalace nově navržené akumulční nádrže a zásobníku teplé vody. V následující kapitole byla snaha o optimalizaci velikosti jednotlivých zásobníků. Lze předpokládat při podobném schématu zapojení a fungování jednotlivých variant, že velikosti zásobníků pro akumulaci a pro potřeby TV budou ve VAR 1 i ve VAR 2 vycházet podobně veliké.

4.4.1 Zjednodušený návrh akumulční nádrže

Obvyklý návrh velikosti akumulční nádrže vychází z empirie, dle velikosti výkonu zdroje. Obvykle se uvažuje 20 – 50 l na 1 kW výkonu zdroje. Níže v tabulkách jsou uvedeny výpočty velikosti akumulčního zásobníku v závislosti na výkonu navrhovaného zdroje.

Kamna		
<i>Parametr</i>	<i>Hodnota</i>	<i>Jednotka</i>
Výkon kamen	14	kW
Součinitel výkonu výměníku	0,7	-
Výkon zdroje pro akumulaci	9,8	kW
Množství media pro akumulaci	50	l/kW
Objem akumulčního zásobníku	0,49	m³

Tab. 18: Výpočet velikosti akumulční nádrže – kamna

Tepelné čerpadlo		
<i>Parametr</i>	<i>Hodnota</i>	<i>Jednotka</i>
Výkon tepelného čerpadla	10	kW
Množství media pro akumulaci	50	l/kW
Objem akumulčního zásobníku	0,5	m³

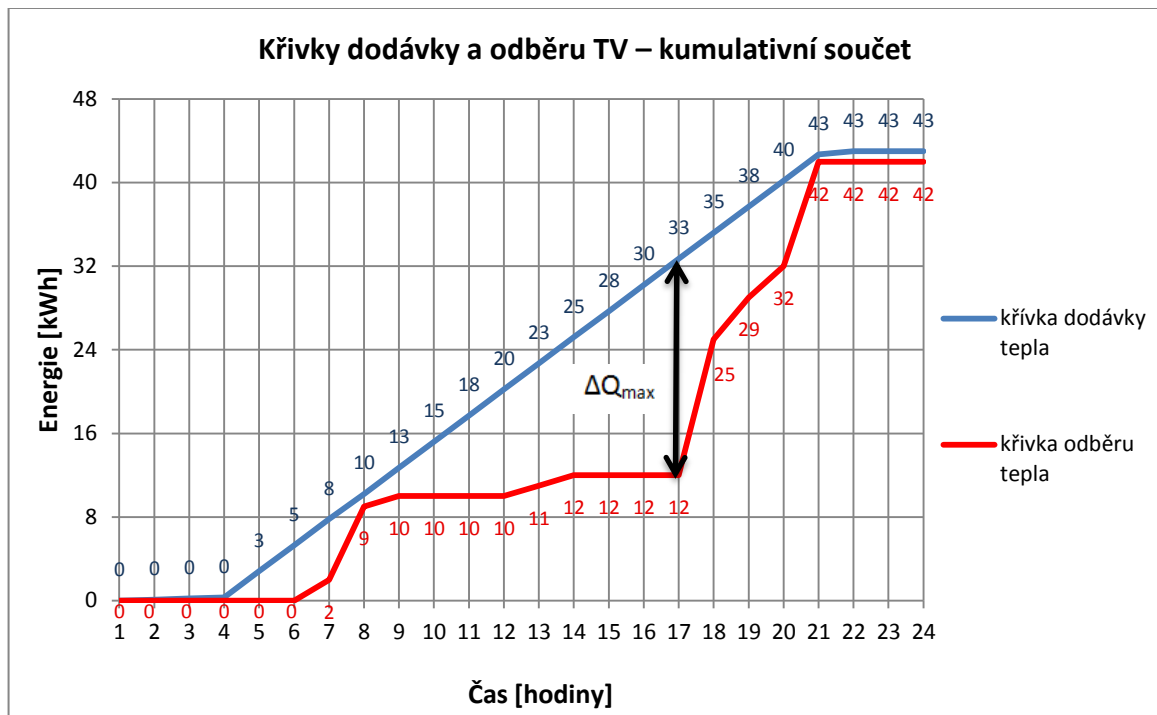
Tab. 19: Výpočet velikosti akumulční nádrže – tepelné čerpadlo

Velikost akumulční nádrže byla také počítána za pomoci dynamického modelu uvedeného níže v kapitole 4.4.3.

4.4.2 Standartní návrh zásobníku TV

Velikost zásobníku TV se běžně navrhuje dle normy ČSN 06 0320 [2], kdy je na základě vypočítané potřeby tepla na ohřev vody a znalosti fungování objektu sestavena křivka odběru a dodávky tepla. Ze zhotovených křivek je následně určena velikost zásobníku TV. Tento výpočet byl proveden pro možnost srovnání s dynamickým modelem a pro přesnější návrh velikosti zásobníku TV.

V níže uvedeném grafu jsou znázorněny předpokládané křivky dodávky a odběru tepla. Je uvažováno s konstantní velikostí dodávky tepla tak, aby byl zásobník nahříván průběžně a nebylo potřeba vysokého špičkového výkonu zdroje.



Graf č. 8: Dimenzování velikosti zásobníku TV dle křivek

V grafu jsou uvažována data, která byla použita následně i do dynamického modelu tak, aby bylo možné vypočtené hodnoty velikosti zásobníku TV porovnat.

V níže uvedené tabulce je vypočítaná velikost zásobníku TV dimenzovaného podle výše uvedeného grafu dle normy ČSN 06 0320 [2].

Dimenzování velikosti zásobníku			
Max rozdíl v dodávce a odběru	ΔQ_{max}	20,7	kWh
Měrná tepelná kapacita	c	4186	J/KgK
Hustota vody	ρ	1000	Kg/m ³
Studená voda	θ_1	10	°C
Teplá voda	θ_2	60	°C
Rozdíl teplot	$\Delta\theta$	50	°C
Potřebná velikost zásobníku	V_z	0,356	m³

Tab. 20: Výpočet velikosti zásobníku TV

Je zřejmé, že hodnoty velikosti zásobníku vycházejí obdobně jako u dynamického modelu, a optimální velikost zásobníku se pohybuje kolem 350 l.

4.4.3 Dynamický model

V rámci práce byl vytvořen zjednodušený dynamický model s hodinovým krokem pro detailnější představu fungování systému s kamny. Model byl naprogramován v programu MS Excel. Cílem modelu bylo z předpokládaného profilu fungování kamen a předpokládaných křivek odběru energie určit velikost nově navrhovaných zásobníků (AKU, TV).

Bylo počítáno s průměrným zimním lednovým dnem a model simuloval provoz sedmi po sobě jdoucích dní. Zároveň byly sledovány toky energií v čase a odběry z jednotlivých zásobníků. Cílem bylo eliminovat provoz elektrokotle návrhem vhodné velikosti akumulčního zásobníku tak, aby byly pokryty potřeby objektu.

Model byl sestaven tak, aby zohledňoval jednotlivé provozní stavy, které mohou nastat. Do modelu vstupovalo hned několik parametrů.

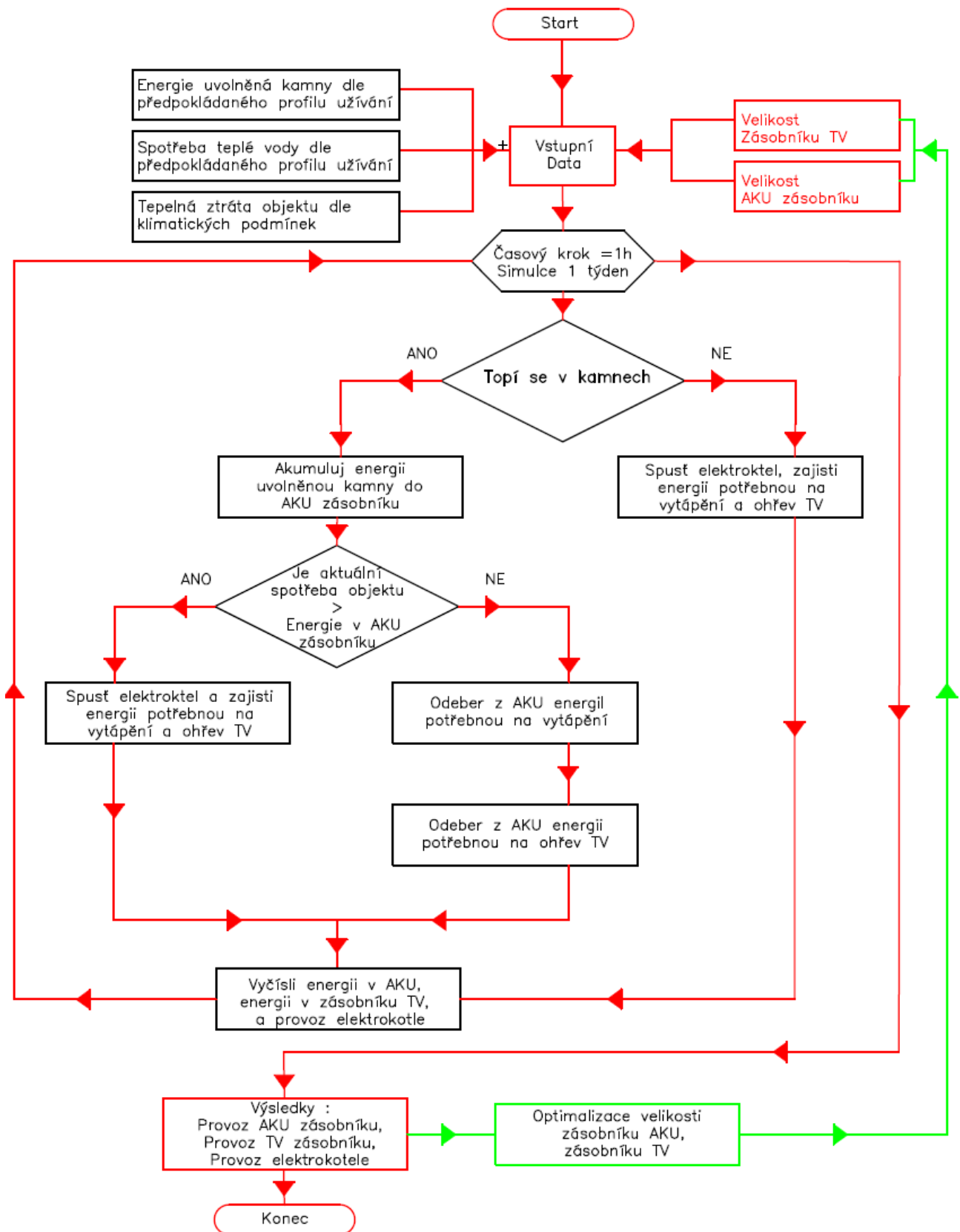
Jednalo se o vypočítané potřeby tepla na vytápění objektu z tepelné bilance, které byly upraveny pro denní výpočetní krok. Dále pak byla ve výpočtu uvažována křivka odběru teplé vody. Jedná se o množství energie potřebné na ohřev teplé vody pro jeden den. Křivka odpovídá předpokládanému odběru teplé vody, který byl uvažován ve standardním výpočtu velikosti zásobníku TV, viz kapitola 4.4.2, graf č. 8. Důležitým parametrem v modelu je energie uvolněná kamny. Ta vychází ze zjednodušeného předpokladu užívání během modelového dne. Dalšími vstupními parametry jsou samotné velikosti navrhovaných zásobníků, které umožňují akumulaci uvolněné energie a přispívají k plynulému chodu systému.

Model funguje zjednodušeně a základní podmínkou je provoz kamen. Pokud se v kamnech netopí, veškerá energie je dodávána elektrokotlem a akumulční nádrž není natápěna. Pokud se v kamnech topí, je rozhodující podmínkou velikost aktuální spotřeby, která je porovnávána s energií uloženou v akumulčním zásobníku. Je-li v akumulčním zásobníku dost energie, jsou veškeré potřeby tepla kryty ze zásobníku AKU. Zároveň je energie uvolněná kamny akumulována zpět do nádrže. Je-li množství energie v AKU menší než aktuální spotřeba, energie uvolněná kamny je akumulována do zásobníku. Veškeré potřeby objektu jsou však kryty provozem elektrokotle.

Z vypočítaných hodnot byly interaktivně stanoveny optimální velikosti jednotlivých zásobníků tak, aby byl minimalizován provoz elektrokotle.

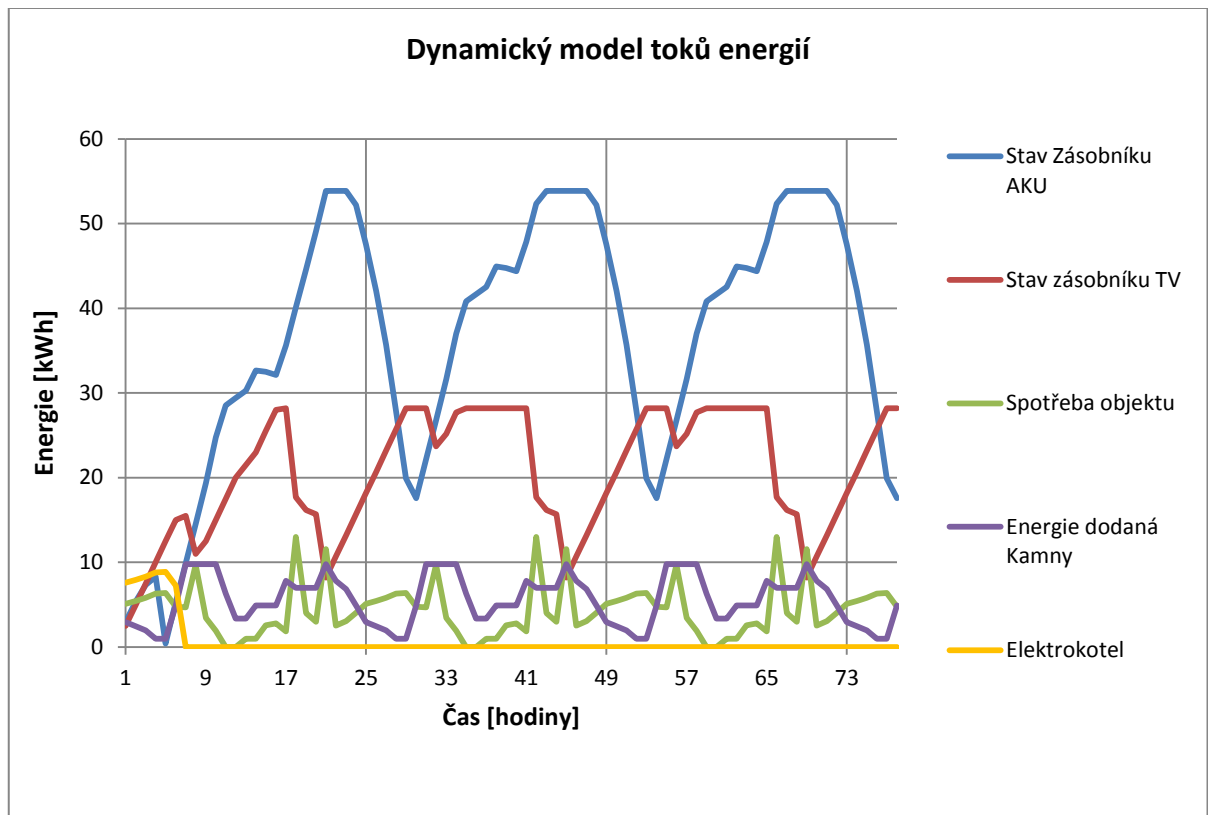
Fungování výpočetního modelu je znázorněno na níže uvedeném, zjednodušeném, vývojovém diagramu.

Zjednodušený vývojový diagram fungování dynamického modelu



Obr. 4-15 Vývojový diagram fungování dynamického modelu

Za pomoci modelu byly navrženy velikosti jednotlivých zásobníků. Níže je uvedena část grafu znázorňující provoz objektu. Výřez znázorňuje dynamické fungování modelu VAR 1 s akumulací nádrží o objemu 475 l a zásobníkem TV 350 l.



Graf č. 9: Graf fungování systému – dynamický model

Z grafu je patrné fungování systému. Nachází se zde celkem pět křivek, které nám znázorňují dynamické změny jednotlivých parametrů v čase. Při pohledu na graf je vidět, že křivky stavu akumulárního zásobníku (modrá) a stavu zásobníku TV (červená) dosahují výrazně vyšších extrémů. To je způsobeno velikostí navržených zásobníků, do kterých je možné akumulovat energii dodanou kamny. Nabízí se tedy otázka, zda nejsou jednotlivé zásobníky navrženy zbytečně velké ve srovnání s křivkou spotřeby. Snahou modelu bylo navrhnout zásobníky tak velké, aby nedocházelo během provozu ke spínání elektrokotle (žlutá). Ten je potřeba pouze na počátku, kdy je voda v akumulární nádrži studená. Při provozu kamen po nahřátí akumulární nádrže už systém funguje samostatně bez nutnosti spínání elektrokotle. Provoz kamen je zobrazen fialovou křivkou. Zohledňuje charakteristický způsob užívání související s nastavením klapky, která určuje množství tepla odvedeného přes výměník. Na křivce spotřeby (zelená) jsou jasně zobrazeny odběrové špičky, které jsou způsobeny spotřebou teplé vody osobami v průběhu dne. Špička nastává ráno kolem osmé hodiny a pak ve večerních hodinách, kdy se většina uživatelů chaty chce umýt po návratu z výletu.

Je však nutné si uvědomit, že jde o zjednodušený model, který předpokládá charakteristický způsob užívání objektu. Je nutné však připustit, že skutečný stav fungování by se pravděpodobně od zavedených předpokladů mohl lišit. Při takto specifickém způsobu užívání předpokládaném v modelu, kdy je snaha o maximalizaci využití kamen, lze předpokládat dosažení vyšší úspory ve srovnání s jinými možnými způsoby fungování navrhovaného systému.

Dynamickým modelem byly zjištěny limitní velikosti jednotlivých zásobníků s přihlédnutím na navržený výkon zdroje. Při snaze o minimalizaci chodu elektrokotle je vhodné instalovat akumulací zásobník o minimální velikosti 390 l.

Minimální velikost zásobníku TV při předpokládaném užívání byla stanovena na 275 l.

4.4.4 Porovnání výsledků

Z dynamického modelu i standartního výpočtu velikosti akumulací nádrže je patrné, že optimální velikost akumulací zásobníku pro obě navrhované varianty se pohybuje kolem 500 l.

Při výběru akumulací nádrže však budou hrát velkou roli její rozměry, které se mohou tvarově lišit v závislosti na uvažování umístění zásobníku.

Pro případ kachlových akumulací kamen (VAR 1), kdy je předpokládáno umístění zásobníku v prostoru přízemí do výklenku pod schodištěm je nutné ověřit rozměry zásobníku, zda se do daného prostoru vejde. S ohledem na tuto skutečnost je nutné volit geometrii zásobníku.

Umístění zásobníku do výklenku pod schodištěm je vhodné z hlediska vzdáleností. Blízkostí akumulací nádrže k teplovodnímu výměníku bude eliminována ztráta tepla způsobená délkou potrubí. Dalším pozitivem je, že při samotné tepelné ztrátě zásobníku, bude teplo unikat do prostoru chodby, která tak bude tímto způsobem temperována a energie nebude ztracena úplně.

Velikost zásobníku TV vychází dle standartního výpočtu a po optimalizaci modelem také velice podobně. Předpokládá se, že by bylo vhodné instalovat pro obě varianty zásobník o objemu 375 l.

4.4.5 Navržené zásobníky

Po vypočítání potřebné velikosti jednotlivých zásobníků, bylo zvoleno následující řešení. Níže v tabulce jsou shrnuty objemy vybraných zásobníků dle parametrů udávaných výrobcem.

Akumulační zásobník	475	l	0,475	m ³
Zásobník TV	373	l	0,373	m ³

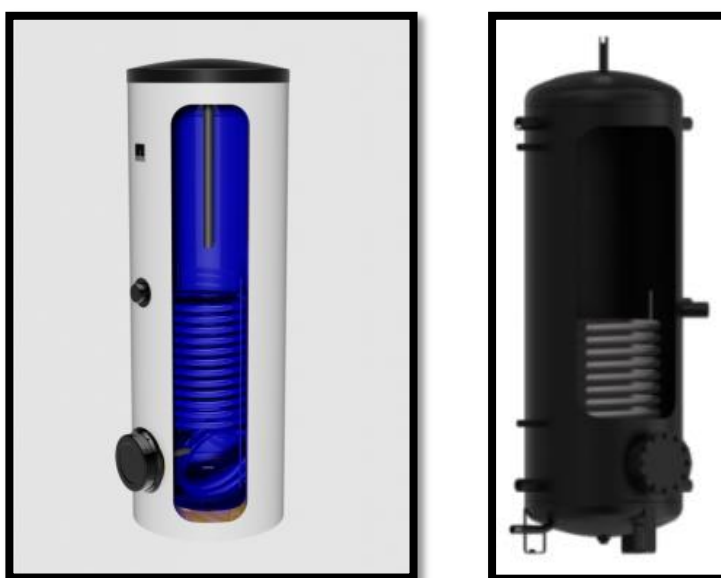
Tab. 21: Shrnutí velikosti navržených zásobníků

Pro obě navrhované varianty (kamna/tepelné čerpadlo) byly vybrány zásobníky o shodné velikosti. Konkrétní vybrané řešení je jednou z možností a uvažuje se dodání zásobníků od Družstevních Strojírenských závodů Dražice. Níže jsou uvedeny konkrétní uvažované výrobky.

- Zásobník TV 373 l - OKC 400 NTR/BP
- AKU zásobník 475 l - NAD 500 v4

Součástí obou dvou vybraných zásobníků je jeden integrovaný spodní výměník. Součástí zásobníku TV je i tepelně izolační plášť, který je v ceně zařízení. K akumulční nádobě je nutné dokoupit izolaci zvlášť. Ta se však nachází také v sortimentu Družstevních Strojírenských závodů Dražice. Níže jsou uvedeny ilustrativní obrázky zvolených zásobníků převzaté z technických listů, které jsou dostupné v přílohách na CD.

Akumulační nádoba byla rozměrově volena s ohledem na umístění a měla by se do prostoru pod schody bez komplikací vejít. Při ověřování rozměrů byla brána do úvahy i nadstandartní šířka tepelné izolace zásobníku.



Obr. 4-15 Vybrané zásobníky (TV, AKU) [9,10]

5 Spotřeba energie navrhovaných variant

Pro finanční analýzu provozních nákladů je třeba definovat provozní stavy jednotlivých navrhovaných variant. Jde o stanovení poměru krytí potřeb objektu mezi uvažované zdroje tak, aby následným výpočtem spotřeby energií a paliva bylo možné stanovit finanční náročnost provozu dané varianty. Níže v kapitole je vysvětlena teorie výpočtu, jakým byly spotřeby objektu počítány.

5.1 Teorie výpočtu

Při výpočtu spotřeby jsou převzaty vypočítané potřeby objektu z úvodu práce. Hodnoty byly získány výpočtem tepelné bilance a výpočtem potřeby energie na ohřev teplé vody v kapitolách 3.1.2 a 3.1.3. Pro přehlednost práce jsou uvedeny níže v tabulce.

Roční potřeba energie na ohřev TV	10 527	[kWh]
Roční potřeba energie na vytápění	24 502	[kWh]

Tab. 22: *Shrnutí potřeb objektu*

Je třeba si uvědomit rozdíl mezi potřebou a spotřebou. Potřeba je množství energie, které je třeba dodat objektu k dosažení požadovaného komfortu. Spotřeba je však vždy vyšší než potřeba, neboť v sobě zahrnuje další parametry systému. Zohledňuje sezónní účinnost zdroje a efektivitu fungování systému. Při přeměně a distribuci energie dochází k její částečné ztrátě, proto je nutné tyto parametry zohlednit. Ve výpočtu je počítáno se sezonními účinnostmi jednotlivých zdrojů, jsou tak dopočítány spotřeby pro fungované navržených systémů.

Pro samotný výpočet musíme ještě stanovit poměrové rozdělení pokrytí potřeb mezi jednotlivé zdroje. K přesnému stanovení tohoto poměru by bylo zapotřebí detailní dynamické simulace, která by zohledňovala velké množství parametrů a výsledky by i tak byly značně nejisté. Proto bylo v rámci práce přistoupeno k odhadu tohoto poměru. Je však nutné mít na paměti, že tento poměr má zásadní vliv na další výpočty. Konkrétně na níže uvedené výpočty provozních nákladů v kapitolách 7.1.1 a 7.1.2 a na výpočty spotřeby primární neobnovitelné energie v kapitole 6.3 a 6.4.

5.2 Varianta 1 – Kachlová akumulční kamna s elektrokotlem

Při výpočtu spotřeby energie, bylo uvažováno s výhřevností 4 kWh z 1 kg dřeva. Aby mohl být zaveden tento předpoklad, je nutné, aby použité dřevo na vytápění bylo suché. Je proto vhodné zamyslet se v případě realizace varianty 1 nad místem pro jeho skladování. Dřevo by mělo být uskladněno tak, aby se do něj nedostávala vlhkost a nebyla tím ovlivněna jeho výhřevnost. V rámci práce nebylo detailněji řešeno skladování palivového dřeva. Je však možné uvažovat, že dřevo by mohlo být skladováno v blízké budově naproti objektu, která slouží jako dílna. Případně by bylo možné dřevo skladovat v přístřešku nedaleko vstupu do objektu.

Níže v tabulce jsou uvedeny spotřeby paliva a energie na provoz systému.

Potřeby objektu		
Roční potřeba energie na vytápění	24 502	kWh
Roční potřeba energie na ohřev TV	10 527	kWh
Poměr krytí potřeb objektu		
Kamna	80	%
Elektrokotel	20	%
Potřeba energie pokrytá kamny		
Vytápění	19 601	kWh
Ohřev TV	8 421	kWh
Potřeba energie pokrytá elektrokotlem		
Vytápění	4 900	kWh
Ohřev TV	2 105	kWh
Účinnost zdrojů		
Kamna	80	%
Elektrokotel	100	%
Spotřeba energie		
Kamna	35 029	kWh
Elektrokotel	7 006	kWh
Množství paliva/energie		
Výhřevnost - energie z 1kg dřeva	4	kWh
Množství palivového dřeva za rok	8 757	kg
Spotřebovaná elektrická energie	7 006	kWh

Tab. 23: Výpočet spotřeby energií Varianty 1 – Kamna a elektrokotel

5.3 Varianta 2 - Tepelné čerpadlo s elektrokotlem

Při výpočtu spotřeby elektrické energie na krytí potřeb je důležitým parametrem vstupujícím do výpočtu topný faktor tepelného čerpadla. Spotřeba energie tepelného čerpadla se spočítá dělením potřeby energie sezonním topným faktorem. Topný faktor je hodnota, která udává poměr mezi velikostí energie vyrobené čerpadlem a energie spotřebované na chod kompresoru. Nelze ho ovšem brát jako sezónní účinnost zdroje, je totiž proměnný v čase, závislý na podmínkách okolního prostředí a nastavených parametrech výstupní vody.

Je tedy nutné uvažovat s nižší účinností tepelného čerpadla, neboť podmínky pro konkrétní topný faktor udávaný výrobcem nastávají pouze v některých částech roku, je-li systém užíván dle pokynů výrobce. Topný faktor čerpadel se běžně udává pro normou stanovené parametry. V našem případě, kdy požadujeme vyšší teplotu výstupní vody, budeme sezónní účinnost čerpadla uvažovat redukcí konkrétního topného faktoru. Jedná se o velice zjednodušený předpoklad, ale jak bylo zmíněno výše, k přesnému určení těchto hodnot by bylo zapotřebí náročné dynamické simulace, jejíž výsledky by byly taktéž značně nejisté. V níže uvedené tabulce jsou vypočítány spotřeby energie na provoz systému.

Potřeby objektu		
Roční potřeba energie na vytápění	24 502	kWh
Roční potřeba energie na ohřev TV	10 527	kWh
Poměr krytí potřeb objektu		
Tepelné čerpadlo	80	%
Elektrokotel	20	%
Potřeba energie pokrytá tepelným čerpadlem		
Vytápění	19 601	kWh
Ohřev TV	8 421	kWh
Potřeba energie pokrytá elektrokotlem		
Vytápění	4 900	kWh
Ohřev TV	2 105	kWh
Účinnost zdrojů		
Tepelné čerpadlo - topný faktor COP A2/W35	3,6	-
Tepelné čerpadlo - SCOP (0,75*COP)	2,7	-
Elektrokotel	100	%
Spotřeba elektrické energie		
Tepelné čerpadlo	10 379	kWh
Elektrokotel	7 006	kWh
Celkové množství spotřebované ele .energie	17 385	kWh
Energie okolního prostředí dodaná čerpadlem		
Energie okolního prostředí	17 644	kW

Tab. 24: Výpočet spotřeby energií Varianty 2 – Tepelné čerpadlo a elektrokotel

6 Potřeba primární neobnovitelné energie

Zajímavou částí práce může být environmentální vyhodnocení provozu navrhovaných variant v porovnání se stávajícím stavem objektu. Objekt slouží jako centrum ekologického vzdělávání mládeže, bude tedy velice zajímavé vyčíslit environmentální zátěž spojenou s provozem objektu.

6.1 Teorie výpočtu

Vyčíslení environmentální náročnosti provozu bude provedeno pomocí přepočtu spotřebované energie na primární energii. Primární energie je energie, která doposud neprošla žádným procesem přeměny a je jí možné rozdělit na energii obnovitelnou a neobnovitelnou. V našem výpočtu se zaměříme na neobnovitelnou primární energii, která je hlavním ukazatelem při posuzování energetické náročnosti objektu s ohledem na zatížení životního prostředí.

Výpočet je proveden vynásobením spotřebované energie konverzním faktorem neobnovitelné primární energie pro daný energonositel, kterým jsou kryty spotřeby objektu. Konverzní faktory přeměny jsou stanoveny vyhláškou. Každý z faktorů by měl zohledňovat environmentální náročnost pro přípravu dané energie, která je následně určena ke spotřebě. Je to vysvětleno na příkladu elektrické energie.

Lze říci, že na jednu kWh elektrické energie, která je dostupná spotřebiteli, je nutné v elektrárně vyrobit tři kWh. Ke ztrátě energie dochází při samotné přeměně z primárního energonositele (př.: černého uhlí), následně je část energie ztracena při distribuci k spotřebiteli.

V tabulce jsou uvedeny konverzní faktory primární neobnovitelné energie převzaté z vyhlášky MPO ČR 78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov [12].

Ergonositel	Konverzní faktor
	$F [kWh/kWh]$
Zemní plyn, černé uhlí, hnědé uhlí	1,1
Propan. Butan, LPG, topný olej	1,2
Elektrická energie	3
Dřevo, ostatní Biomasa	0,1
Dřevěné pelety	0,2
Energie okolního prostředí	0

Tab. 25: Konverzní faktory primární neobnovitelné energie - vyhláška MPO ČR 78/2013 Sb. [12]

Je však nutné podotknout, že množství spotřebované primární neobnovitelné energie je značně závislé na uvažovaném poměru využití jednotlivých zdrojů a spotřebách, viz kapitoly 3.1.4, 5.2, 5.3.

6.2 Stávající stav

Lze předpokládat, že současný stav vzhledem k užitému systému vytápění a způsobu ohřevu teplé vody, kdy je veškerá spotřeba kryta pomocí elektrického proudu, bude vycházet nejhůře z posuzovaných variant. V níže uvedené tabulce je proveden výpočet primární neobnovitelné energie.

Stávající stav		
Spotřeba elektrické energie - elektrokotel	35 029	[kWh/rok]
Konverzní faktor pro elektrický proud	3	-
Spotřeba primární neobnovitelné energie	105 086	[kWh/rok]
Celková spotřeba primární neobnovitelné energie	105 086	[kWh/rok]

Tab. 26: Výpočet primární neobnovitelné energie – stávající stav

6.3 Varianta 1 – Kachlová akumulční kamna s elektrokotlem

Varianta kachlových kamen doplněná o elektrokotel by měla dle předpokladů vycházet výrazně lépe ve srovnání se současným stavem objektu. Je to způsobeno tím, že většina spotřeby je kryta provozem kamen, která nejsou tak výraznou environmentální zátěží pro životní prostředí. V níže uvedené tabulce je proveden výpočet primární neobnovitelné energie.

Varianta 1		
Spotřeba dřeva - kamna	35 029	[kWh/rok]
Konverzní faktor pro dřevo a biomasu	0,1	-
Spotřeba primární neobnovitelné energie	3 503	[kWh/rok]
Spotřeba elektrické energie - elektrokotel	7 006	[kWh/rok]
Konverzní faktor pro elektrický proud	3	-
Spotřeba primární neobnovitelné energie	21 017	[kWh/rok]
Celková spotřeba primární neobnovitelné energie	24 520	[kWh/rok]

Tab. 27: Výpočet primární neobnovitelné energie – Var 1

6.4 Varianta 2 - Tepelné čerpadlo s elektrokotlem

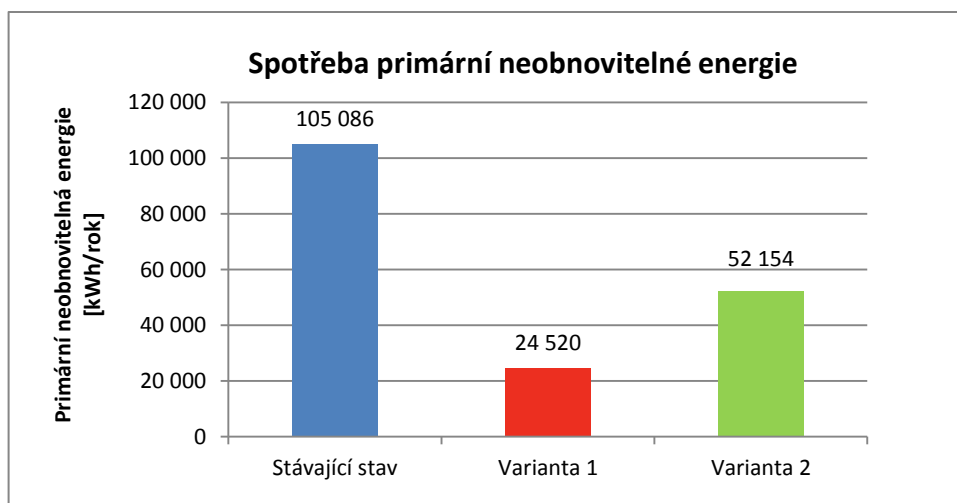
Poslední posuzovanou variantou je varianta tepelného čerpadla s elektrokotlem, která by měla vycházet také výrazně lépe ve srovnání se stávajícím stavem. Výhodou tepelného čerpadla je využití obnovitelné energie okolního prostředí, která nepředstavuje žádnou environmentální zátěž. Množství této využití energie je závislé na účinnosti tepelného čerpadla (sezonním topném faktoru).

Varianta 2		
Spotřeba elektrické energie - tepelné čerpadlo	10 379	[kWh/rok]
Konverzní faktor pro elektrický proud	3	-
Spotřeba primární neobnovitelné energie	31 137	[kWh/rok]
Spotřeba energie okolního prostředí	17 644	[kWh/rok]
Konverzní faktor pro energii okolního prostředí	0	-
Spotřeba primární neobnovitelné energie	0	[kWh/rok]
Spotřeba elektrické energie - elektrokotel	7 006	[kWh/rok]
Konverzní faktor pro elektrický proud	3	-
Spotřeba primární neobnovitelné energie	21 017	[kWh/rok]
Celková spotřeba primární neobnovitelné energie	52 154	[kWh/rok]

Tab. 28: Výpočet primární neobnovitelné energie – Var 2

6.5 Porovnání environmentální zátěže

V níže uvedeném grafu je znázorněna spotřeba primární neobnovitelné energie za rok provozu jednotlivých variant.



Graf č. 10 : Environmentální náročnost provozu

Z grafu je patrné, že současný stav je z environmentálního hlediska největší zátěží pro životní prostředí. Obě nově navrhované varianty redukují environmentální zátěž provozu a podílejí se větší měrou na využití obnovitelných zdrojů energie.

Varianta 1 předpokládající využití kachlových kamen na krytí potřeb objektu je k životnímu prostředí nejšetrnější. Jedná se o využití částečně obnovitelného zdroje energie, který nemá ve srovnání s elektrickou energií tak zásadní vliv na životní prostředí. Využitím tohoto systému by se environmentální zátěž provozu zredukovala přibližně na čtvrtinu stávajících hodnot.

Varianta 2 s využitím tepelného čerpadla redukuje spotřebu primární neobnovitelné energie přibližně na polovinu. Je zde využita část energie okolního prostředí, o které se dá říci, že je environmentálně čistá. Je však nutné říci, že je zde stále značná část energie kryta za pomoci elektrické energie, proto daná varianta vychází hůře v porovnání s variantou 1.

Obě nově navrhované varianty jsou šetrnější k životnímu prostředí ve srovnání se stávajícím stavem.

7 Finanční analýza energetické náročnosti provozu variant

Po vyčíslení spotřeb energií jednotlivými zdroji v kapitole 5.2 a 5.3, je nyní možné vypočítat finanční náročnost provozu jednotlivých variant. V kapitole jsou řešena veškerá ekonomická hlediska související s realizací, provozem a vhodností navrhovaných řešení.

Jsou zde vyčísleny velikosti potřebných investic na realizaci, doby návratnosti a finanční úspory za provoz vztahované k současnému stavu objektu.

7.1 Provozní náklady

Provozní náklady jsou vyčísleny v níže uvedených tabulkách pro jednotlivé varianty. Do kalkulací není zahrnut předpoklad výměny jističe objektu, který je tak další možností, jak daný provoz ještě zlevnit. Viz kapitola 4.1.

Velikost úspory za provoz objektu je součástí vyčíslení provozních nákladů každé z variant. Úspora je vztahována k finanční náročnosti provozu stávajícího stavu, vypočítané v kapitole 3.4.2. Pro připomenutí jsou hodnoty shrnuty níže v tabulce.

Celková spotřebovaná energie objektu	35 029	[kWh]
Množství energie v nízkém tarifu (NT)	32 157	[kWh]
Množství energie ve vysokém tarifu (VT)	2 872	[kWh]
Složky ceny Elektrické Energie 2016 - sazba C 45d		
Cena silové elektřiny NT	1,389	[Kč/kWh]
Cena silové elektřiny VT	1,576	[Kč/kWh]
Regulační poplatky za veškerou energii	1,667	[Kč/kWh]
Cena za spotřebované množství ele. NT	44 666	[Kč]
Cena za spotřebované množství ele. VT	4 526	[Kč]
Regulační poplatky za veškerou energii	58 397	[Kč]
Cena (bez DPH) za spotřebované energie	107 589	[Kč]
Cena s DPH (21%)	130 183	[Kč]

Tab. 29: Finanční náročnost provozu stávajícího stavu – MS Excel

7.1.1 Varianta 1 – Kachlová akumulční kamna s elektrokotlem

Pro výpočet provozních nákladů byly použity ceny elektrické energie dle stávající sazby uvažované v současném stavu objektu. Poměr spotřeby mezi vysokým a nízkým tarifem je předpokládán obdobný a je převzatý z kalkulace stávajícího stavu objektu. Cena palivového dřeva byla odhadnuta přibližně a její výše byla stanovena na základě přehledu cen krbového dříví uvedeného na webu tzb-info [11]. Cena uvažovaná ve výpočtu je mírně nadsazená tak, aby byl výpočet na straně bezpečnosti a byla ponechána případná rezerva.

Množství spotřebovaného palivového dřeva	8 757	[kg/rok]
Cena palivového dřeva	5000	[Kč/t]
Cena za spotřebované dřevo bez DPH	36 187	[Kč/rok]
Cena za palivo s DPH (21%)	43 786	[Kč/rok]
Cena silové elektřiny NT	1,39	[Kč/kWh]
Cena silové elektřiny VT	1,58	[Kč/kWh]
Regulační poplatky	1,67	[Kč/kWh]
Spotřebovaná elektrická energie	7 006	[kWh]
Množství energie v nízkém tarifu (NT)	6 431	[kWh]
Množství energie ve vysokém tarifu (VT)	574	[kWh]
Cena za spotřebované množství ele. NT	8 933	[Kč]
Cena za spotřebované množství ele. VT	905	[Kč]
Regulační poplatky za veškerou energii	11 679	[Kč]
Cena za spotřebovanou ele. energii bez DPH	21 518	[Kč/rok]
Cena s DPH (21%)	26 037	[Kč/rok]
Celkem za spotřebované energie bez DPH	57 704	[Kč/rok]
Cena s DPH (21%)	69 822	[Kč/rok]
Roční úspora oproti stávajícímu stavu	60 360	[Kč/rok]

Tab. 30: Finanční náročnost provozu - Varianta 1

7.1.2 Varianta 2 - Tepelné čerpadlo s elektrokotlem

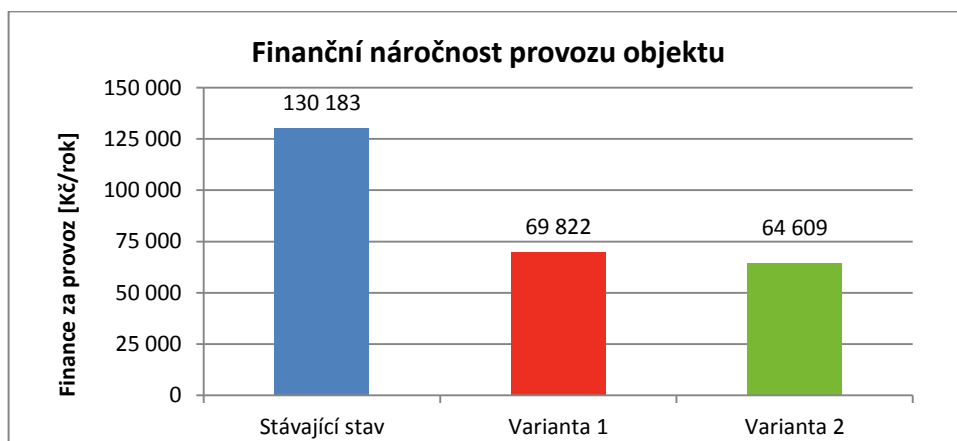
Stejně jako u předchozí varianty byly ve výpočtu uvažovány ceny elektrické energie dle stávající sazby. V rámci této varianty by však bylo možné při splnění stanovených požadavků uvažovat o využití levnější sazby pro teplená čerpadla. Tato sazba má zvýhodnit spotřebitele využívající tento zdroj energie a motivovat je ke zvážení jeho instalace. Lze tedy předpokládat, že vyčíslené náklady by mohly být ještě o něco nižší.

Spotřebovaná elektrická energie	17 385	[kWh/rok]
Cena za spotřebované množství ele. NT	1,39	[Kč]
Cena za spotřebované množství ele. VT	1,58	[Kč]
Regulační poplatky za veškerou energii	1,67	[Kč]
Množství energie v nízkém tarifu (NT)	15 959	[kWh]
Množství energie ve vysokém tarifu (VT)	1 425	[kWh]
Cena za spotřebované množství ele. NT	22 168	[Kč]
Cena za spotřebované množství ele. VT	2 246	[Kč]
Regulační poplatky za veškerou energii	28 982	[Kč]
Celkem za spotřebované energie bez DPH	53 396	[Kč/rok]
Cena s DPH (21%)	64 609	[Kč/rok]
Roční úspora oproti stávajícímu stavu	65 574	[Kč/rok]

Tab. 31: Finanční náročnost provozu - Varianta 2

7.1.3 Porovnání provozních nákladů

Níže v grafu je znárodněná finanční náročnost provozu jednotlivých variant. Z grafu je patrné, že finance za provoz nově navrhovaných variant jsou téměř poloviční oproti stávajícímu stavu.



Graf č. 11: Srovnání finanční náročnosti provozu

7.2 Investice

V rámci práce byly vyčísleny potřebné investice pro realizaci daných variant navrhovaných řešení. Kalkulace obsahují ceny jednotlivých systémů, které jsou získány z ceníků výrobců a dodavatelů. U varianty kamen se jedná o předběžné nacenění navrhovaného stavu kamnářem Ing. Janem Křivonožkou, který byl velice ochotný při spolupráci a věnoval čas našemu konkrétnímu navrhovanému řešení. Všechny použité ceníky a kalkulace jsou dostupné v přílohách na CD.

7.2.1 Varianta 1 – Kachlová akumulční kamna s elektrokotlem

Investice - Varianta 1				
Ohniště a tahový systém	ks	cena/kus	celkem [Kč]	Cena s DPH [Kč]
Sporáková teplovodní vložka	1	108 094	108 094	130 794
Dodatečný šamot a konstrukční prvky sporáku	1	10 900	10 900	13 189
Kouřovina na zaústění	2	990	1 980	2 396
Roztápěcí klapka a přepínání - tahy/voda	1	3 890	3 890	4 707
Sporákové kování				
Velká plotna + rám	1	14 570	14 570	17 630
Trouba	1	8 900	8 900	10 769
Lepidla, omítky, plášť				
Akumulční plášť včetně omítek	2	3 300	6 600	7 986
Lepidla, tmely, výmazové hmoty	1	7 950	7 950	9 620
Kachle a další materiál				
Šamotové čistící otvory	1	3 890	3 890	4 707
Kachloví na kobku a pod plotnu	1	28 900	28 900	34 969
Izolace				
Izolace stropů, podlah, stěn	1	2 450	2 450	2 965
Práce na stavbě, příprava materiálu			32 000	38 720
Projekt a dimenzování stavby			3 000	3 630
Doprava na stavbu, dovoz materiálu			8 900	10 769
Zásobníky připojené do systému (AKU, TV)				
Zásobník TV 373 I - OKC 400 NTR/BP	1	25 115	25 115	30 389
AKU zásobník 475 I - NAD 500 v4	1	10 744	10 744	13 000
Izolace zásobníků				
Izolace TV 373 I - OKC 400 NTR/BP	1	0	0	0
Izolace AKU zásobník 475 I - NAD 500 v4	1	5 041	5 041	6 100
Potrubí a materiál pro propojení soustavy				
Nová potrubí	1	3 000	3 000	3 630
Izolace potrubí	1	2 500	2 500	3 025
Přizpůsobení soustavy, zapojení výměníku, zprovoznění systému			12 000	14 520
Projekt a dimenzování úprav			3 000	3 630
Doprava na stavbu, dovoz materiálu			5 000	6 050
Celková investice včetně DPH				373 193

Tab. 32: Výpočet velikosti počáteční investice – Varianta 1

7.2.2 Varianta 2 - Tepelné čerpadlo s elektrokotlem

Při nacenění této varianty byla do výpočtu zahrnuta jednotka Hydroboxu. Jedná se o integrovaný elektrokotel do jednotky tepelného čerpadla. V kalkulaci je zahrnut, neboť je předpokládáno jeho pořízení pro lepší fungování regulace systému. Tvoří tak nemalou rezervu, o kterou je možné počáteční investici snížit, v případě zachování stávajícího elektrokotle.

Investice - Varianta 2				
Systémové součásti tepelného čerpadla	ks	cena/kus	celkem [Kč]	Cena s DPH [Kč]
Tepelné čerpadlo	1	211 750	211 750	256 218
Regulátor	1			
Oběhové čerpadlo	1			
Hydrobox pro TV a Aku s výměníkem	1			
Zásobníky připojené do systému (AKU, TV)				
Zásobník TV 373 I - OKC 400 NTR/BP	1	25 115	25 115	30 389
AKU zásobník 475 I - NAD 500 v4	1	10 744	10 744	13 000
Izolace zásobníků				
Izolace TV 373 I - OKC 400 NTR/BP	1	0	0	0
Izolace AKU zásobník 475 I - NAD 500 v4	1	5 041	5 041	6 100
Potrubí a materiál na propojení soustavy				
Nová potrubí	1	3 000	3 000	3 630
Izolace potrubí	1	2 500	2 500	3 025
Přizpůsobení soustavy, zapojení čerpadla, zprovoznění systému			12 000	14 520
Projekt a dimenzování stavby			3 000	3 630
Doprava na stavbu, dovoz materiálu			5 000	6 050
Celková investice včetně DPH				336 562

Tab. 33: Výpočet velikosti počáteční investice – Varianta 2

7.2.3 Porovnání investic

Po vyčíslení velikosti investic obou variant je možné konstatovat, že obě navrhované varianty se zdají být rovnocenné jak z pohledu investice, tak z pohledu provozní úspory. Je patrné, že část peněz v obou rozpočtech zabírají finance za vypracování projektu, dopravu materiálu a samotnou práci při realizaci projektu kamnářem, či topenářem. Tyto náklady by bylo možné pravděpodobně snížit při vhodné volbě řemeslníka z blízkého okolí.

Obě varianty vycházejí obdobně a při jejich realizaci by byl značně pozvednut celkový komfort ubytování. V této souvislosti by bylo možné uvažovat o zvýšení částky vybírané za pronájem chaty.

7.3 Návratnost investice a další ekonomická hlediska

Posledním bodem práce je ekonomické vyhodnocení navrhovaných variant zahrnující dobu návratnosti, čistou současnou hodnotu a vnitřní výnosové procento. Finanční návratnost investice nám může posloužit jako jeden z ukazatelů vhodnosti řešení. Není to však jediné kritérium, podle kterého by se měla posuzovat vhodnost navrhované varianty. Cílem práce bylo dosáhnout snížení finanční náročnosti provozu. Tohoto cíle bylo dosaženo u obou variant dle vypočítaných hodnot v kapitole 7.1.1 a 7.1.2.

Doba návratnosti investice je běžně posuzována pro období 20 let. Toto kritérium je stanoveno vyhláškou MPO ČR č. 480/2012 Sb., pro ekonomické hodnocení návratnosti projektu v rámci energetického auditu [13]. V našem případě se však nejedná o energetický audit a je nutné brát zřetel na životnost navrhovaného systému řešení.

Lze předpokládat, že životnost a funkčnost systému může být o něco kratší. Není vyloučeno, že v průběhu času bude nutné vynaložit další finance na údržbu jednotlivých systémů, případně výměnu jejich součástí. Ve výpočtech jsou proto uváděny hodnoty po deseti letech provozu, kdy je možné očekávat další nutné investice na prodloužení životnosti systému.

Životnost kamen bude pravděpodobně výrazně delší ve srovnání s tepelným čerpadlem. U tepelného čerpadla bude vše záviset na způsobu jeho užívání a životnosti samotného kompresoru čerpadla. Nutnost větší investice na prodloužení životnosti tepelného čerpadla se dá předpokládat přibližně po 10 letech užívání systému, kdy bude pravděpodobně nutné vyměnit kompresor čerpadla. Výše těchto dodatečných investic nejsou ve výpočtu uvažovány.

7.3.1 Teorie výpočtu

Ekonomická výhodnost dané varianty byla posouzena pomocí více hodnotících kritérií. Výpočet těchto posuzovaných parametrů je proveden dle níže uvedených vztahů vycházejících z vyhlášky MPO ČR č. 480/2012 Sb., o energetickém auditu a energetickém posudku [13].

Ve výpočtu je zohledněna časová hodnota peněz zahrnující možnou inflaci pomocí diskontní úrokové sazby, která je uvažována 3%. Dále je ve výpočtu uvažováno s nárůstem cen energií v čase, který je předpokládán ve výši 1% ročně. Tento parametr má zásadní vliv na celkové výnosy projektu. S rostoucí cenou energií lze předpokládat dosažení vyšší úspory na provozu objektu při nově navržených variantách.

Z metodiky výpočtu lze předpokládat, že vypočítané hodnoty pro obě varianty budou vycházet velice podobně. Lze tak usuzovat z velikostí počátečních investic a velikostí dosažených úspor za provoz u každé varianty.

Výsledky obou variant jsou shrnuty níže do tabulek. Při výpočtu se vychází z velikosti pořizovacích nákladů a předpokladu nulové úspory v roce realizace investice.

Prostá doba návratnosti

$$T_S = \frac{IN}{CF} \quad [roky] \quad (1.10)$$

IN – Investiční výdaje (pořizovací náklady)

CF – Roční přínosy projektu (úspora provozních nákladů, cash flow)

Reálná doba návratnosti T_{sd}

$$\sum_{t=1}^{T_{sd}} CF_t * (1+r)^{-t} - IN = 0 \quad [roky] \quad (1.11)$$

IN – Investiční výdaje (pořizovací náklady)

CF – Roční přínosy projektu (úspora provozních nákladů, cash flow)

r – diskont (úroková míra za dané období)

t – počet období (roky)

$(1+r)^t$ – odúročitel

Čistá současná hodnota

$$NPV = \sum_{t=1}^{T_z} CF_t * (1+r)^{-t} - IN \quad [kč] \quad (1.12)$$

IN – Investiční výdaje (pořizovací náklady)

CF – Roční přínosy projektu (úspora provozních nákladů, cash flow)

T_z – uvažovaná doba životnosti projektu (20let)

$(1+r)^t$ – odúročitel

Vnitřní výnosové procento IRR

$$\sum_{t=1}^{T_z} CF_t * (1+IRR)^{-t} - IN = 0 \quad [%] \quad (1.13)$$

IN – Investiční výdaje (pořizovací náklady)

CF – Roční přínosy projektu (úspora provozních nákladů, cash flow)

$(1+r)^t$ – odúročitel

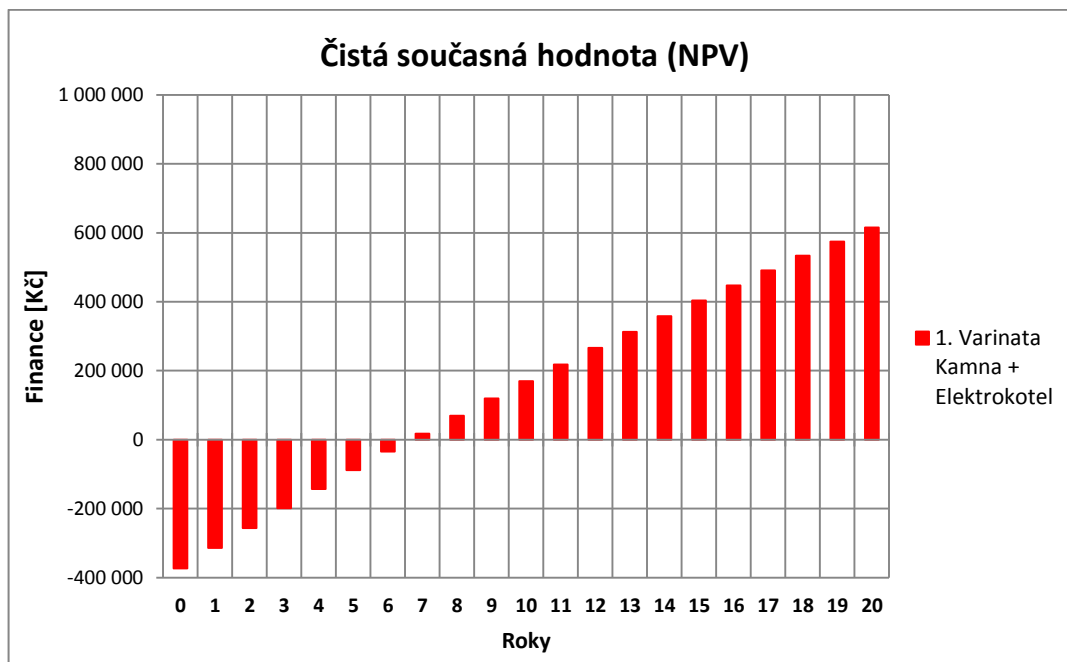
7.3.2 Varianta 1 – Kachlová akumulční kamna s elektrokotlem

Níže v tabulce jsou uvedeny hodnoty vstupující do výpočtu a vybrané výsledky získané výpočtem daných ekonomických kritérií.

Ekonomická kritéria - Varianta 1		
Vstupy		
Výše předpokládané investice	373 193	[Kč]
Úroková míra za dané období (Diskont)	3	[%]
Doba hodnocení projektu	20	[roky]
Růst cen energií za každé období (rok)	3	[%]
Výstupy		
Cash flow - úspora po 1. roce provozu	60 964	[Kč/rok]
Prostá doba návratnosti	6,2	[roky]
Reálná doba návratnosti	7	[roky]
Čistá současná hodnota (NPV) po 10 letech	169 562	[Kč]
Vnitřní výnosové procento (IRR) po 10 letech	7,7	[%]
Čistá současná hodnota (NPV) po 20 letech	615 676	[Kč]
Vnitřní výnosové procento (IRR) po 20 letech	13,0	[%]

Tab. 34: Vypočítané parametry ekonomického hlediska – Var 1

V níže uvedeném grafu je znázorněna čistá současná hodnota (NPV) varianty 1 s předpokládanou dobou životnosti 20 let. Z grafu je patrné, že k navrácení počáteční investice potřebné na realizaci varianty dojde v průběhu 7. roku provozu systému.



Graf č. 12: Ekonomická návratnost projektu – varianta 1

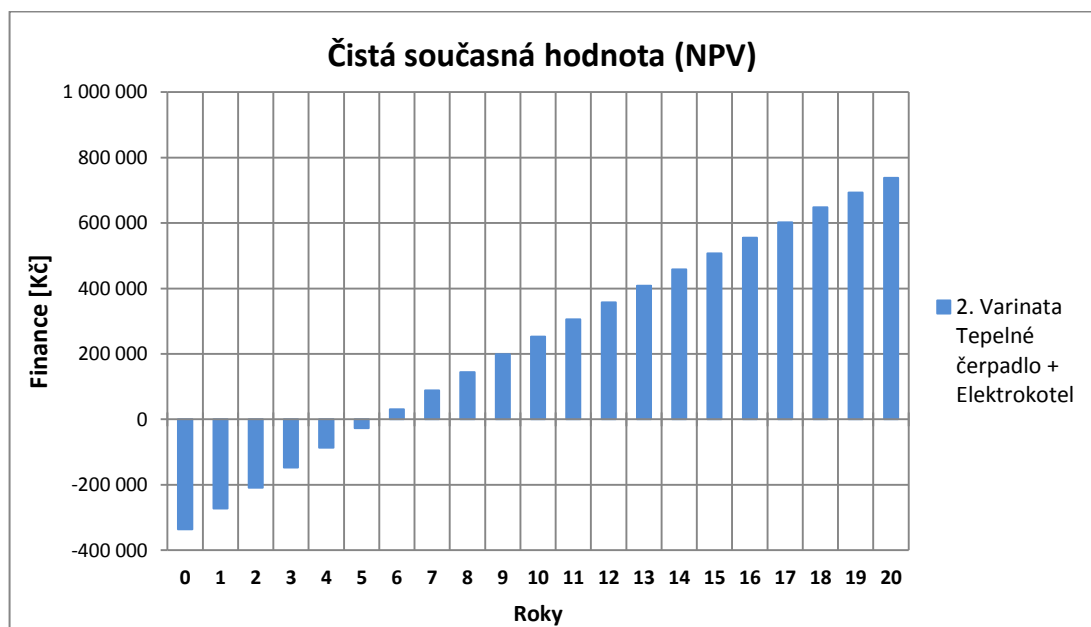
7.3.3 Varianta 2 - Tepelné čerpadlo s elektrokotlem

Níže v tabulce jsou uvedeny hodnoty vstupující do výpočtu a vybrané výsledky získané výpočtem daných ekonomických kritérií.

Ekonomická kritéria - Varianta 2		
Vstupy		
Výše předpokládané investice	336 562	[Kč]
Úroková míra za dané období (Diskont)	3	[%]
Doba hodnocení projektu	20	[roky]
Růst cen energií za každé období (rok)	3	[%]
Výstupy		
Cash flow - úspora po 1. roce provozu	66 229	[Kč/rok]
Prostá doba návratnosti	5,1	[roky]
Reálná doba návratnosti	6	[roky]
Čistá současná hodnota (NPV) po 10 letech	253 069	[Kč]
Vnitřní výnosové procento (IRR) po 10 letech	12,2	[%]
Čistá současná hodnota (NPV) po 20 letech	737 712	[Kč]
Vnitřní výnosové procento (IRR) po 20 letech	16,6	[%]

Tab. 35: Vypočítané parametry ekonomického hlediska – Var 2

V níže uvedeném grafu je znázorněna čistá současná hodnota (NPV) varianty 2 s předpokládanou dobou životnosti 20 let. Z grafu je patrné, že k navrácení počáteční investice potřebné na realizaci varianty, dojde v průběhu 6. roku provozu systému.



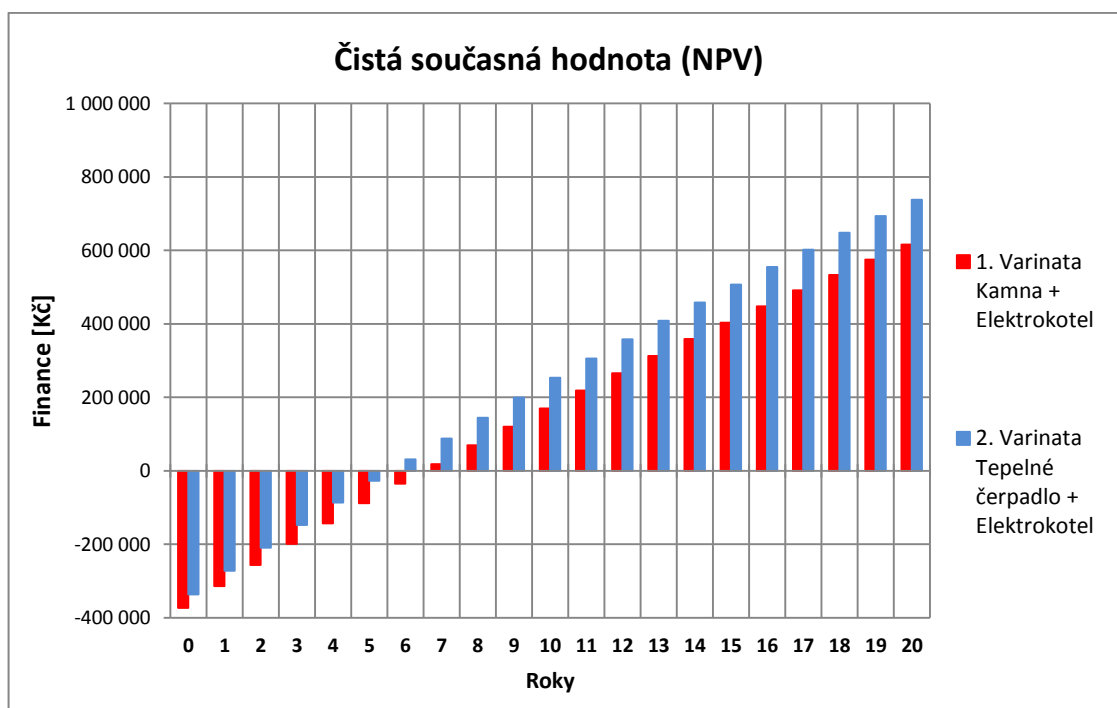
Graf č. 13: Ekonomická návratnost projektu – varianta 2

7.3.4 Ekonomické porovnání variant

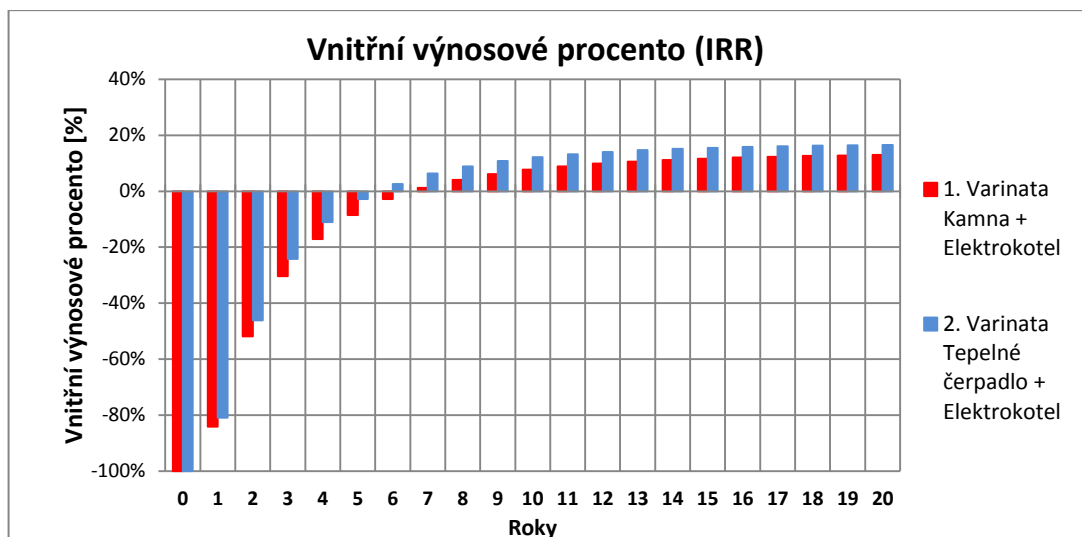
Na základě výše vypočítaných ekonomických kritérií, lze obě varianty porovnat a zvolit optimální řešení z ekonomického hlediska. V níže uvedené tabulce a grafech jsou porovnány vypočítané hodnoty obou variant.

Ekonomické porovnání			
Parametr	Varianta 1	Varianta 2	Jednotka
Výše předpokládané investice	373 193	336 562	[Kč]
Úroková míra za dané období (Diskont)	3,00	3,00	[%]
Doba hodnocení projektu	20	20	[roky]
Růst cen energií za každé období (rok)	3	3	[%]
Výstupy			
Cash flow - úspora po 1. roce provozu	60 964	66 229	[Kč/rok]
Prostá doba návratnosti	6,2	5,1	[roky]
Reálná doba návratnosti	7	6	[roky]
Čistá současná hodnota (NPV) po 10 letech	169 562	253 069	[Kč]
Vnitřní výnosové procento (IRR) po 10 letech	7,7	12,2	[%]
Čistá současná hodnota (NPV) po 20 letech	615 676	737 712	[Kč]
Vnitřní výnosové procento (IRR) po 20 letech	13,0	16,6	[%]

Tab. 36: Ekonomické porovnání navržených variant



Graf č. 15: Porovnání variant – Vývoj čisté současné hodnoty



Graf č. 14: Porovnání variant – Vnitřní výnosové procento

Na základě zjištěných ekonomických kritérií lze konstatovat, že s ohledem na dobu návratnosti počátečních investic a výši předpokládaných úspor za provoz je ve všech sledovaných ukazatelích ekonomicky výhodnější varianta č. 2 (tepelné čerpadlo s elektrokotlem).

Při celkovém hodnocení a volbě optimálního řešení je však nutné zvažovat nejen ekonomická kritéria, ale komplexně posoudit řešení každé varianty včetně technických parametrů. Při rozhodování je třeba brát v úvahu rovněž reálnou dobu životnosti systému a prostředky potřebné na údržbu zvoleného systému.

U varianty č. 2 lze předpokládat, že životnost systému bude pravděpodobně o něco kratší a finance potřebné na údržbu systému vyšší oproti variantě č. 1 (kachlová kamna s elektrokotlem). Tyto parametry nebyly ve výpočtech uvažovány a nelze je opomenout.

Varianta č. 1 je vhodnější při zohlednění dalších hledisek. Například přehlédneme-li k aspektu současné závislosti objektu na elektrické energii, je v případě nově navrhovaného řešení při výpadku elektrické energie objekt soběstačný a mohl by fungovat bez větších omezení. S ohledem na tyto hlediska se naopak jeví varianta č. 1 (kachlová kamna s elektrokotlem) vhodnějším řešením.

Na závěr lze říci, že obě navrhované varianty vycházejí dle ekonomických hledisek pozitivně ve srovnání se stávajícím stavem. Návratnost uvažovaných investic, výnosnost a úspory financí za provoz jsou velmi podobné. Obě varianty řešení nabízejí technické i ekonomické zlepšení současného stavu. Každá z variant má své klady a zápory a nelze tedy jednoznačně říci, která je výhodnější. Je proto pouze na investorovi, aby dle vlastních preferencí upřednostnil jednu z nich.

8 Závěr

Rekapitulace

Cílem práce bylo optimalizovat spotřebu energií na vytápění a ohřev teplé vody v objektu. Byla snaha o dosažení úspory na provozních nákladech za fungování chaty. V práci byl posouzen stávající stav objektu a byla zjištěna slabá místa současného fungování. Při posuzování současného stavu bylo přihlédnuto k faktu, že chata byla rekonstruována v roce 2005. Bylo tedy snahou výrazněji nezasahovat do stávajících konstrukcí objektu a řešení bylo zaměřené na vnitřní technické systémy objektu.

Při rozboru faktur za spotřebované energie bylo zjištěno, že v současném stavu objektu je výrazně předimenzovaný elektro jistič. Ve fakturách jsou účtovány výrazně vyšší sumy za rezervovaný příkon, než by bylo nezbytně nutné. Příkon nakonec není plně využit. Po tomto zjištění bylo navrženo zjednodušené řešení, které je možné realizovat bez ohledu na další varianty návrhových opatření.

Po výpočtu energetické a finanční náročnosti provozu stávajícího stavu objektu bylo překročeno k návrhu úsporných opatření. Byly detailněji řešeny dvě varianty, které uvažovaly výměnu hlavního zdroje tepla objektu.

V rámci varianty 1 byla navržena kachlová akumulční kamna s teplovodním výměníkem. Součástí návrhu bylo řešení dispozičního uspořádání dané varianty. Systém byl detailněji navrhnout po technické stránce a byly ověřovány předpoklady jeho fungování.

Varianta 2 vycházela z návrhu tepelného čerpadla, které bylo vybráno jako další možný zdroj energie místo současného elektrokotle. Při návrhu tepelného čerpadla byla detailněji řešena problematika vhodnosti navrženého řešení. Zdroj byl vybírán s ohledem na podmínky okolního prostředí a na předpokládaný způsob fungování objektu.

Po detailnějším rozboru fungování objektu bylo zjištěno, že v obou variantách je vhodné kombinovat nově navrhovaný zdroj s elektrokotlem tak, aby bylo dosaženo optimálního a efektivního fungování. Součástí navrhovaných variant bylo dimenzování nových zásobníků instalovaných do systému. Byl vypracován dynamický model, který umožnil optimalizovat velikost navrženého akumulčního zásobníku a zásobníku teplé vody a přiblížil nám uvažovaný způsob fungování systému.

Po navržení jednotlivých variant byla vyčíslena spotřeba energie na jejich provoz. Následně byla vypočítána finanční náročnost provozu jednotlivých systémů.

Pro zajímavost byl v práci proveden výpočet primární neobnovitelné energie. Ta nám umožnila porovnat nově navrhované varianty se současným stavem objektu z hlediska šetrnosti provozu systému k životnímu prostředí. Obě nové varianty vycházejí výrazně lépe a větší měrou využívají obnovitelné zdroje energie.

Poslední část práce se zabývala ekonomickými kritérii návrhu. Byla zhotovena kalkulace velikosti investice na realizaci navržených řešení, vypočítána doba návratnosti a další ekonomická kritéria. Obě nově navrhované varianty vycházejí po ekonomické stránce výhodně a je tedy jen na investrovi, kterou z daných variant by upřednostnil.

Zhodnocení dosažených cílů

Lze konstatovat, že všechny cíle stanovené zadáním jsou v práci obsaženy. Byly prověřeny možné systémy vytápění a ohřevu teplé vody vhodné pro objekt. Byly navrženy nové konkrétní systémy a vypracovány kalkulace dokládající jejich výhodnost.

Je však nutné konstatovat, že ne všechny přínosy navrhovaných variant se dají vyjádřit pomocí čísel. Při realizaci uvažovaných kachlových kamen, z varianty 1, bych chtěl upozornit na přínos v podobě vytvoření příjemné atmosféry v prostoru objektu. Jednalo by se o skloubení tradičního způsobu vytápění v dané oblasti s efektivním způsobem využití získané energie. Kamna jsou zároveň vhodným řešením s ohledem na nezávislost objektu na elektrickém proudu, při jehož výpadku by objekt mohl dále fungovat.

Možnosti navázání

Dle mého osobního názoru tato práce ukazuje směr, jak by daná problematika mohla být řešena v budoucích letech provozu objektu. Záleží však pouze na provozovateli chaty, zda využije poznatků získaných v rámci této práce.

V průběhu práce byl učiněn poznatek, že by bylo vhodné v rámci navrhovaných opatření zkusit do systému zahrnout způsob vzdálené regulace vytápění. Myšlenka nebyla nadále rozvíjena, ale ve variantě tepelného čerpadla by se daný způsob regulace dal určitě aplikovat. Bylo by vhodné mít systém, kterým by bylo možné vzdáleně regulovat vytápění objektu. Odpadla by tím nutnost přítomnosti správce a chata by mohla fungovat efektivněji.

Práce pro mne byla velkým přínosem. Umožnila mi rozšířit si znalosti v oblasti vnitřních systémů budov. Získal jsem detailnější představu o fungování kachlových kamen a problematice spojené s jejich návrhem. Ujasnil jsem si parametry potřebné pro návrh tepelného čerpadla a jednotlivé součásti systému. Největší přínos však vidím ve vytvořených modelech a studiích, které přispěly k mému lepšímu pochopení dané problematiky.

Použité programy

Design Builder
MS Excel
DEK Soft - Energetika
Svoboda software - Energie 2014
NKN – Národní kalkulační nástroj
Sketch Up

Seznam grafů

Graf č. 1: Průměrná obsazenost objektu v čase	18
Graf č. 2: Průměrné venkovní teploty z programu Meteonorm	22
Graf č. 3: Grafické znázornění tepelné bilance objektu.....	25
Graf č. 4: Procentuální ztráta prostupem skrze jednotlivé konstrukce	26
Graf č. 5: Studie nejistoty – Spotřeba energií na provoz objektu	36
Graf č. 6: Studie nejistoty – Finanční náročnost provozu objektu	37
Graf č. 7: Studie možné soudobosti odběru elektrického proudu	39
Graf č. 8: Dimenzování velikosti zásobníku TV dle křivek.....	55
Graf č. 9: Graf fungování systému – dynamický model.....	58
Graf č. 10 : Environmentální náročnost provozu.....	66
Graf č. 11: Srovnání finanční náročnosti provozu	70
Graf č. 13: Ekonomická návratnost projektu – varianta 2	76
Graf č. 15: Porovnání variant – Vývoj čisté současné hodnoty	77
Graf č. 14: Porovnání variant – Vnitřní výnosové procento	78

Seznam obrázků

Obr. 2-1 Pohled na objekt 1	12
Obr. 2-2 Pohled na objekt 2	12
Obr. 2-3 Pohled na objekt 3	12
Obr. 2-4 Pohled na objekt 4	12
Obr. 2-5 Schéma 1NP	13
Obr. 2-6 Schéma 2NP	14
Obr. 2-7 Skladba podlahy – PDL 1	15
Obr. 2-8 Skladba podlahy – PDL 2	15
Obr. 2-9 Skladba podlahy – PDL 3	16
Obr. 2-10 Skladba stěny – STR 1	16
Obr. 2-11 Skladba stěny – STR 3	16
Obr. 2-12 Skladba stěny – STR 2	17
Obr. 2-13 Skladba stropu – STR 2	17
Obr. 2-14 Skladba střechy – STR 1	17
Obr. 2-15 Systémy vytápění objektu	19
Obr. 2-16 Schéma rozmístění TZB v objektu	20
Obr. 3-1 Schéma modelu přízemí	29
Obr. 3-2 Schéma modelu podkroví	29
Obr. 3-3 Schéma zónování objektu	31
Obr. 4-1 Hlídač proudového maxima - zdroj technický list BMR [4]	40
Obr. 4-2 Vizualizace prostorového uspořádání – Var 1	42
Obr. 4-3 Vizualizace prostorového uspořádání – Var 1	43
Obr. 4-4 Vizualizace prostorového uspořádání – Var 1	43
Obr. 4-5 Stávající a nově navrhovaná dispozice – Var 1	44
Obr. 4-6 Vizualizace prostorového uspořádání – Var 2	45
Obr. 4-7 Vizualizace prostorového uspořádání – Var 3	45
Obr. 4-8 Ideové schéma zapojení systému – Var 1	46
Obr. 4-9 Umístění systému v dispozici objektu	47
Obr. 4-10 Schéma fungování vložky – sporáková spalinová cesta [5]	49
Obr. 4-11 Schéma fungování vložky – výměňková spalinová cesta [5]	49
Obr. 4-12 Principiální schéma fungování tepelného čerpadla	50
Obr. 4-13 Ideové schéma zapojení systému s tepelným čerpadlem	52
Obr. 4-14 Vybrané tepelné čerpadlo - Basic Line BM 7010 [7]	53

Obr. 4-15 Vývojový diagram fungování dynamického modelu	57
---	----

Seznam tabulek

Tab. 1: Výpis modelovaných konstrukcí	15
Tab. 2: Činitel obsazenosti objektu occup během roku	18
Tab. 3: Porovnání výpočetních modelů při ladění MS Excel	25
Tab. 4: Porovnávané parametry při ladění MS Excel	25
Tab. 5: Výpočet potřebné energie na ohřev TV	27
Tab. 6: Rekapitulace vypočtených hodnot spotřeb energie – MS Excel	27
Tab. 7: Vstupní parametry konstrukcí	29
Tab. 8: Výstupy z programu Design Builder	30
Tab. 9: Vybrané hodnoty z programu NKN	30
Tab. 10: Vybrané hodnoty z programu Energetika	31
Tab. 11: Celkové porovnání výpočtů stávajícího stavu	32
Tab. 12: Cena silové elektřiny	33
Tab. 13: Souhrn historie spotřeby dle faktur	34
Tab. 14: Vypočtené náklady stávajícího stavu modelu MS Excel	35
Tab. 15: Studie nejistoty – vypočítané hodnoty	36
Tab. 16: Výpočet velikosti nového jističe	39
Tab. 17: Kalkulace finanční úspory při redukci jističe	39
Tab. 18: Výpočet velikosti akumulární nádrže – kamna	54
Tab. 19: Výpočet velikosti akumulární nádrže – tepelné čerpadlo	54
Tab. 20: Výpočet velikosti zásobníku TV	55
Tab. 21: Shrnutí velikosti navržených zásobníků	60
Tab. 22: Shrnutí potřeb objektu	61
Tab. 23: Výpočet spotřeby energií Varianty 1 – Kamna a elektrokotel	62
Tab. 24: Výpočet spotřeby energií Varianty 2 – Tepelné čerpadlo a elektrokotel	63
Tab. 25: Konverzní faktory primární neobnovitelné energie - vyhláška MPO ČR 78/2013 Sb. [12] ..	64
Tab. 26: Výpočet primární neobnovitelné energie – stávající stav	65
Tab. 27: Výpočet primární neobnovitelné energie – Var 1	65
Tab. 28: Výpočet primární neobnovitelné energie – Var 2	66
Tab. 29: Finanční náročnost provozu stávajícího stavu – MS Excel	68
Tab. 30: Finanční náročnost provozu - Varianta 1	69

Použitá literatura a zdroje

- [1] *Metodika výpočtu tepelné bilance: Potřeba tepla* [online]. ČVUT, FSv: Ing. Kamil Staněk Ph.D., 2010 [cit. 2016-12-19]. Dostupné z: http://kps.fsv.cvut.cz/file_download.php?fid=1666
- [2] ČSN 06 0320 *Tepelné soustavy v budovách: Příprava teplé vody - Navrhování a projektování*. ČNI, 2006.
- [3] ČSN EN 15316-3 *Tepelné soustavy v budovách: Výpočtová metoda pro stanovení potřeb energie a účinností soustavy*. ČNI, 2010.
- [4] *BMR: Technický list - Hlídač proudového maxima* [online]. [cit. 2016-12-19]. Dostupné z: <http://www.bmr.cz/ke-stazeni/menu-navody/menu-navody-hlidani-el-odberu?download=25:navod-hlidac-jistice-hj>.
- [5] *Brunner: Obrázek sporákové kamnové vložky- Schéma fungování* [online]. [cit. 2016-12-19]. Dostupné z: <http://cz.brunner.eu/products/products.aspx?group=62&subgroup=78>
- [6] *Brunner: Technický list sporákové vložky* [online]. [cit. 2016-12-19]. Dostupné z: <http://www.brunner.eu/kitchen-stove/kitchen-stove-gb.pdf>
- [7] *Waterkotte: Tepelné čerpadlo Basic Line BM 7010* [online]. 2016 [cit. 2016-12-19]. Dostupné z: <http://www.waterkotte.eu/heat-pumps/product/basic-line-bm-7010-luft-waermepumpe-6-12-kw/>
- [8] *Technický list: Tepelné čerpadlo Basic Line BM 7010* [online]. 2016 [cit. 2016-12-19]. Dostupné z: http://veo-energy.com/wp-content/uploads/Dokumentai/Waterkotte/BasicLine_BM7010_E.pdf
- [9] *Dražice: Obrázek Akumulační nádrže* [online]. [cit. 2016-12-19]. Dostupné z: <http://www.dzd.cz/cs/ohrivace-vody-bojler/akumulacni-nadrze/bez-vnitriho-zasobniku>
- [10] *Dražice: Obrázek Zásobníku TV* [online]. [cit. 2016-12-19]. Dostupné z: <http://www.dzd.cz/cs/ohrivace-vody-bojler/zasobniky-teple-vody/stacionarni-1-mpa>
- [11] *TZB Info: Přehled cen krbového dřeva* [online]. 2016 [cit. 2016-12-19]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energie/118-prehled-cen-krboveho-dreva>
- [12] *Vyhláška č. 78/2013 Sb.: O energetické náročnosti budov*. Dostupné také z: <http://www.tzb-info.cz/download.py?file=docu/predpisy/download/V78-2013.pdf>
- [13] *Vyhláška č. 480/2012 Sb.: O energetickém auditu a energetickém posudku*. Dostupné také z: <http://www.tzb-info.cz/download.py?file=docu/predpisy/download/V480-2012.pdf>
- [14] ZÁVACKÝ, Jaroslav. *Kachlové sporáky nejen s teplovodním výměníkem: stavba a rekonstrukce*. Praha: Grada, 2013. ISBN 978-80-247-4660-9.
- [15] VLK, Václav. *Kachlová kamna: vytápění chat, chalup a venkovských domků*. 2., rozš. vyd. Praha: Grada, 2002. Profi. ISBN 80-247-0308-4.
- [16] *TZB Info: Výběr tepelného čerpadla* [online]. [cit. 2016-12-19]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/10822-vyber-tepelneho-cerpadla-do-rodinneho-domu>

- [17] *Ceník společnosti ČEZ pro rok 2016* [online]. [cit. 2016-12-19]. Dostupné z:
https://www.cez.cz/edee/content/file/produkty-a-sluzby/obcane-a-domacnosti/elektrina-2016/cez_cz_ele_cenikmop_2016-01-01_comfort.pdf
- [18] *Norma ČSN EN ISO 13790: Energetická náročnost budov - Výpočet potřeby energie na vytápění a chlazení*. 2009.

Přílohy

Příloha 1 – Přepis faktury za spotřebované energie (originál v podkladech na CD)

Regulované platby související s dodávkou elektřiny (bez DPH)			
OBDOBÍ	22.7.2015 - 31.12.2015	Distribuční sazba c45D	
Parametr	počet jednotek	cena za jednotu	základ daně
	měs, MWh	Kč/ jednotku	Kč
Stálý měsíční plat za příkon (jistič 3 x 63 A)	5,323	2 552,00	13 584,30
Spotřeba elektřiny vysoká tarif (VT)	1,148	264,74	303,92
Spotřeba elektřiny nízký tarif (NT)	12,456	59,66	743,12
Cena za systémové služby (VT+NT)	13,604	105,27	1 432,09
Cena na úhradu nákladů spojená s podporou elektřiny	13,604	495,00	6 733,98
Cena OTE za činnost zúčtování (VT+NT)	13,604	6,94	94,41
CELKEM			22 891,83

Regulované platby související s dodávkou elektřiny (bez DPH)			
OBDOBÍ	1.1.2016 - 25.7.2016	Produkt PŘÍMOTOP	
Parametr	počet jednotek	cena za jednotu	základ daně
	měs, MWh	Kč/ jednotku	Kč
Stálý měsíční plat za příkon (jistič 3 x 63 A)	6,806	2 424,00	16 497,74
Spotřeba elektřiny vysoká tarif (VT)	1,476	256,38	378,42
Spotřeba elektřiny nízký tarif (NT)	16,929	60,96	1 031,99
Cena za systémové služby (VT+NT)	18,405	99,71	1 835,16
Složka ceny na podporu elektřiny z podporovaných zdrojů energie	18,405	495,00	9 110,48
Cena za činnost operátora trhu	6,806	6,58	44,78
CELKEM			28 898,57

Platby za silovou elektřinu (Bez DPH)			
OBDOBÍ	22.7.2015 - 25.7.2016	Distribuční sazba c45D	
Parametr	počet jednotek	cena za jednotu	základ daně
	měs, MWh	Kč/ jednotku	Kč
Pevná cena za měsíc	12,129	55	667,095
Spotřeba elektřiny vysoká tarif (VT)	2,624	1576	4135,424
Spotřeba elektřiny nízký tarif (NT)	29,385	1389	40815,765
Daň z elektřiny	32,009	28,3	905,8547
CELKEM			46 524,14

Celkem za období 22.7.2015 - 25.7.2016	Spotřeba VT + NT (MWh)	32,009
	Základ daně (Kč)	98 314,54

Daň z přidané hodnoty DPH	21	%
Celkem uhrazeno (Kč)		118 960,59

Další přílohy nejsou uváděny v tištěné podobě a jsou dostupné na přiloženém CD.

- **Příloha 2** - Výkresová dokumentace
- **Příloha 3** - Faktura za spotřebované energie
- **Příloha 4** - Metodika výpočtu a použité vyhlášky
- **Příloha 5** - Výpočetní modely a výstupy z výpočtů
- **Příloha 6** - Technické listy navrhovaných zařízení
- **Příloha 7** - Použité ceníky a kalkulace
- **Příloha 8** - Vytvořené vizualizace