



# Analýza možnosti vytápění Lysečinské boudy tepelným čerpadlem

Analysis of heating possibilities of Lysečinská bouda by  
heat pump

## Diplomová práce

Martin Knápek

Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management

Specializace: Elektroenergetika

Vedoucí práce: Doc. Dr. Ing. Jan Kyncl



## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Knápek** Jméno: **Martin** Osobní číslo: **457009**  
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**  
Zadávající katedra/ústav: **Katedra elektroenergetiky**  
Studijní program: **Elektrotechnika, energetika a management**  
Specializace: **Elektroenergetika**

## II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

**Analýza možnosti vytápění Lysečinské boudy tepelným čerpadlem**

Název diplomové práce anglicky:

**Analysis of heating possibilities of Lysečinská bouda by heat pump**

Pokyny pro vypracování:

- Seznamte se s problematikou vytápění a přípravy teplé vody v rekreačních objektech.
- Pro Lysečinskou boudu proveďte identifikaci tepelných vlastností budovy, současného stavu otopného systému a systému přípravy teplé vody.
- Navrhněte potřebné úpravy otopné soustavy pro použití tepelného čerpadla.
- Navržený systém energeticky a ekonomicky zhodnoťte.

Seznam doporučené literatury:

BROŽ, Karel, Vytápění. Praha, skriptum ČVUT 1995  
Webové stránky předmětu B1M15ETT: Elektrotepelná technika [online]. [cit. 2019-05-13].  
Přednáškový materiál. ČVUT v Praze. Dostupné z: <http://www.powerwiki.cz/wiki/ETT2017>  
TZB-info - stavebnictví, úspory energií, technická zařízení budov (<http://tzb-info.cz/>)  
ČSN 06 0210, Výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění  
ČSN EN 12831, Tepelné soustavy v budovách - Výpočet tepelného výkonu  
[MICHEJEV, Michail Aleksandrovič. Základy sdílení tepla: určeno pro posluchače vys. škol a pro tepelné techniky. 2. upr. vyd. Praha: SNTL, 1953. Řada theoretické literatury.  
PETRÁK, Miroslav. Chladicí technika a tepelná čerpadla pro inteligentní budovy: výpočtové podklady. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2013. ISBN 978-80-01-05341-6.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

**doc. Dr. Ing. Jan Kyncl, katedra elektroenergetiky FEL**

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: **10.02.2020** Termín odevzdání diplomové práce: **05.01.2021**

Platnost zadání diplomové práce: **30.09.2021**

\_\_\_\_\_  
doc. Dr. Ing. Jan Kyncl  
podpis vedoucí(ho) práce

\_\_\_\_\_  
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

\_\_\_\_\_  
prof. Mgr. Petr Páta, Ph.D.  
podpis děkana(ky)

## III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

\_\_\_\_\_  
Datum převzetí zadání

\_\_\_\_\_  
Podpis studenta



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

V Praze, dne 5. 1. 2020

podpis studenta

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval Doc. Dr. Ing. Janu Kynclovi za odborné vedení, za vstřícnost při konzultacích a za cenné rady při zpracování této bakalářské práce.

Děkuji také Václavu Helebrantovi a firmě STIEBEL-ELTRON spol. s r.o., za poskytnuté podklady a konzultace

## ABSTRAKT

Cílem této práce je posoudit potřebu energie a tepla horské chaty „Lysečinská bouda“ a optimalizovat systém vytápění pro tento objekt. V teoretické části práce je popsán postup stanovení tepelných ztrát objektu, postup návrhu systému na přípravu TV, stanovení celkové spotřeby tepla na vytápění a základní informace o tepelných zdrojích a jejich návrhu. V praktické části jsou popsány konkrétní parametry a vlastnosti objektu, je určena jeho tepelná ztráta a roční potřeba na vytápění. Dále jsou stanoveny možné alternativní zdroje tepla. V závěrečné kapitole jsou jednotlivé varianty porovnány z hlediska jejich ročních průměrných výdajů.

## KLÍČOVÁ SLOVA

Tepelné ztráty, potřeba energie a tepla, otopná soustava, dimenzování, ohřev teplé vody, posouzení nákladů na provoz zdrojů tepla.

## ABSTRACT

The aim of this work is to assess the need for energy and heat of the mountain cottage "Lysečinská bouda" and to optimize the heating system for this building. The theoretical part describes the procedure for determining the heat loss of the building, the design process of the system for the preparation of TV, determining the total heat consumption for heating and basic information about heat sources and their design. The practical part describes the specific parameters and properties of the building, determines its heat loss and annual need for heating. Furthermore, possible alternative heat sources are determined. In the final chapter, the individual variants are compared in terms of their annual average expenditures.

## KEYWORDS

Heat losses, energy and heat demand, heating system, dimensioning, hot water heating, cost of space heating and hot water preparation.

## Obsah

1	Úvod:.....	13
2	Klasifikace tepelných ztrát.....	14
3	Metody stanovení tepelných ztrát a potřeby tepla .....	15
3.1	Výpočet tepelného výkonu .....	15
3.2	Návrhová tepelná ztráta větráním.....	17
3.2.1	Požadavky na výměnu vzduchu ve varné kuchyni.....	18
3.3	Výpočtové hodnoty teploty .....	18
3.4	Stanovení celkové potřeby energie pro vytápění .....	19
3.4.1	Vnitřní tepelné zisky .....	22
3.4.2	Pasivní solární zisky.....	22
4	Příprava teplé užitkové vody .....	24
4.1.1	Návrh zásobníku TV .....	24
4.1.2	Návrh systému s využitím stejného zdroje tepla pro vytápění i přípravu TV .....	28
5	Zdroje pro zajištění potřeby tepla pro objekt .....	30
5.1	Kamna a kotle na tuhá paliva .....	30
5.1.1	Krby a kamna s přirozenou cirkulací .....	32
5.1.2	Krby a kotle s výměníkem .....	32
5.2	Elektrické přímotopy .....	33
5.3	Tepelná čerpadla .....	34
5.3.1	Princip fungování Tepelných čerpadel .....	34
5.3.2	Tepelné čerpadlo Vzduch/voda .....	37
5.3.3	Tepelné čerpadlo země/voda .....	37
5.3.4	Topná soustava pro tepelná čerpadla.....	43
5.4	Využití fotovoltaických panelů pro ohřev teplé užitkové vody .....	44
5.4.1	Navrhování FV systému s akumulací do teplé vody.....	46
6	Popis uvažovaného objektu.....	49
6.1	Stavební řešení objektu .....	49
6.2	Posouzení současného stavu z hlediska realizovatelných technických variant.....	51
6.3	Metody určení reálných tepelných ztrát objektu .....	52
6.4	Stanovení potřeby TV pro potřeby rekreantů.....	59
6.5	Stanovení celkové potřeby tepla na vytápění.....	60
6.5.1	Odhad tepelné kapacity objektu.....	60
6.5.2	Výpočet pasivních solárních zisků.....	61



6.5.3	Výpočet vnitřních tepelných zisků objektu .....	61
6.5.4	Stanovení průměrné měsíční potřeby tepla na pokrytí tepelných ztrát .....	62
6.6	Současný stav otopného systému .....	63
7	Varianty řešení topného systému.....	66
7.1	Výchozí varianta: Topný systém bez změn .....	67
7.2	Opatření A: Využití FV systému pro přípravu TV mimo topné období .....	67
7.3	Diskuze použitelnosti současného topného systému pro varianty s TČ.....	67
7.4	Opatření B1: Využití TČ země/voda pro vytápění i pro přípravu teplé vody .....	68
7.5	Opatření B2: Využití TČ vzduch/voda pro vytápění i pro přípravu teplé vody .....	68
7.1	Opatření C: Náhrada kotle na dřevo kotlem na pelety .....	69
8	Parametry uvažovaných opatření:.....	70
8.1	Opatření A: Využití FV systému pro přípravu TV mimo topné období .....	70
8.2	Opatření B1: Využití TČ země/voda pro vytápění i pro přípravu teplé vody .....	72
8.3	Opatření B2: Využití TČ vzduch/voda pro vytápění i pro přípravu teplé vody .....	75
8.4	Opatření C: Náhrada kotle na dřevo kotlem na pelety .....	77
9	Metodika hodnocení jednotlivých variant .....	79
9.1	Hlediska hodnocení .....	79
9.2	Predikce cen elektrické energie .....	81
9.2.1	Aktuální stav a vývoj sektoru elektroenergetiky .....	81
9.2.2	Predikce cen elektrické energie .....	84
9.3	Vývoj spotřeby dřeva pro energetické účely a odhad budoucí ceny dřeva.....	86
9.3.1	Aktuální ceny palivového dřeva a pelet .....	90
9.4	Predikce osobních nákladů spojených s jednotlivými variantami vytápění .....	91
10	Ekonomické zhodnocení variant.....	93
10.1	Odhad spotřeby elektrické energie .....	93
10.2	Sumarizace vstupních dat:.....	94
10.3	Výpočet spotřeby elektrické energie v jednotlivých posuzovaných variantách. ....	96
10.4	Výsledky ekonomického hodnocení jednotlivých variant.....	97
10.5	Citlivostní analýza .....	98
11	Závěr.....	99
12	Reference .....	101
13	Přílohy .....	107
13.1	Příloha - Cenová nabídka firmy Stiebel-Eltron pro zemní variantu TČ .....	107
13.2	Příloha - Cenová nabídka firmy Stiebel-Eltron pro variantu TČ vzduch-voda.....	108
13.3	Příloha – Současný stav technického řešení otopné soustavy .....	109
13.4	Příloha – Výsledky simulace cash flow jednotlivých variant .....	113

13.5	Příloha – Očekávaná výroba z FV systému .....	116
13.6	Příloha – Geologická situace v lokalitě.....	117
13.7	Příloha – plocha pro umístění FVE .....	120

## Seznam obrázků:

Obrázek 1: Příklad křivek odběru a dodávky tepla do zásobníku TV (12) .....	28
Obrázek 2: Příklad doporučeného zapojení kotle firmy ATMOS (22) .....	34
Obrázek 3: Zjednodušené schéma tepelného čerpadla (23) .....	35
Obrázek 4: Doporučené umístění chrániček pro potenciální rozvody potřebné pro realizaci FV panelů (39) .....	44
Obrázek 5: Propagační obrázek k bateriovému systému pro FV elektrárny nabízený společností ČEZ Solární (40) .....	45
Obrázek 6: Výnos energie v závislosti na sklonu a orientaci panelu (42) .....	46
Obrázek 7: Ilustrace stanovení minimálního odstupu FV panelů (43) .....	47
Obrázek 8: Pohled na objekt ze severovýchodu .....	49
Obrázek 9: Foto vnitřních zdí původní části objektu .....	53
Obrázek 10: Štítek stávajícího kotle .....	56
Obrázek 11: Krbová kamna v objektu      Obrázek 12: Nová kamna v bytu správce .....	57
Obrázek 13: Přehled zapojení Kerberos Power (53) .....	72
Obrázek 14: Struktura trhu s elektřinou v podobě „energy only market“ (61) .....	82
Obrázek 15: Vývoj cen povolenek v rámci EU ETS (67) .....	84
Obrázek 16: Vývoj cen elektřiny pro koncové zákazníky se spotřebou 2,5-4 MWh/rok (včetně daní) (70) .....	85
Obrázek 17: Vývoj hrubé výroby tepla z biomasy bez sektoru domácností, převzato z (71) .....	86
Obrázek 18: Stav kúrovcové kalamity k 12/2020 dle geoportálu Kúrovcová mapa (72) .....	88
Obrázek 19: Zobrazení katastrálního území dle mimořádného stavu škůdců (73) .....	88
Obrázek 20: Vývoj těžby dřeva v tis. m <sup>3</sup> b.k. (bez kůry), zdroj dat: (74) a (75) .....	89

## Seznam grafů:

Graf 1: Tepelná ztráta prostupem tepla obálkou konstrukce .....	54
Graf 2: Průměrné denní teploty z lokality Labská bouda v letech 1979 až 2019 (46) .....	58
Graf 3: Křivka odběru vody a tepla ze zásobníku TV .....	59
Graf 4: Výkonové křivky uvažovaného TČ země-voda při soustavě 65/50 °C, zdroj: Cenová nabídka Stiebel-Eltron (54) .....	73
Graf 5: Výkonové křivky uvažovaného TČ země-voda při soustavě 55/45 °C, zdroj: Cenová nabídka Stiebel-Eltron (54) .....	73
Graf 6: Křivky odběru a dodávky tepla ze zásobníků .....	74
Graf 7: Výkonové křivky uvažovaného TČ vzduch-voda při soustavě 65/50 °C, zdroj: Cenová nabídka Stiebel-Eltron (54) .....	76
Graf 8: Výkonové křivky uvažovaného TČ vzduch-voda při soustavě 55/45 °C, zdroj: Cenová nabídka Stiebel-Eltron (54) .....	76
Graf 9: Vývoj cen kontraktů baseload 1 rok (63) .....	83

## Seznam tabulek:

Tabulka 1: Smluvní odpory při přestupu tepla na vnitřní a venkovní straně objektu (1) .....	16
Tabulka 2: Zohlednění tepelných vazeb dle ČSN EN 12831-1 (1).....	16
Tabulka 3: Orientační hodnoty intenzity větrání ve vybraných kuchyňských provozech (4) .....	18
Tabulka 4: Korekce venkovní výpočtové teploty pro vyšší nadmořskou výšku.....	19
Tabulka 5: Vnitřní výpočtové hodnoty pro kategorii budov "Hotely a restaurace" (1).....	19
Tabulka 6: Pomocné hodnoty pro stanovení tepelné kapacity objektu (6) .....	21
Tabulka 7: Číselné hodnoty parametru $a_0$ a $\tau_0$ (6).....	21
Tabulka 8: Stanovení parametru T1 dle počtu skel (9) .....	22
Tabulka 9: Globální sluneční záření za měsíc a topné období v závislosti na orientaci oken (9).....	23
Tabulka 10: Hodnoty činitele využití slunečního záření dle orientace zasklené plochy (9).....	23
Tabulka 11: Charakteristiky dodávek TV podle ČNS 060320 .....	25
Tabulka 12: Hodnota korekčního faktoru odběru TV (12) .....	29
Tabulka 13: Požadavky na Ekodesign pro kotle na tuhá paliva (14) .....	30
Tabulka 14: Požadavky na Ekodesign pro lokální topidla na tuhá paliva (14) .....	31
Tabulka 15: Výhřevnost dřeva a dřevní štěpky v závislosti na jeho vlhkosti (15).....	31
Tabulka 16: Orientační porovnání cen běžného a suchého dřeva (18).....	31
Tabulka 17: Lhůty čištění a kontrol spalinových cest (19) .....	32
Tabulka 18: orientační hloubka promrznutí zeminy v závislosti na nadmořské výšce (28).....	38
Tabulka 19: Maximální extrakční kapacita půdy podle normy VDI 4640 (30).....	39
Tabulka 20: Přehled tabulkových hodnot odběrového tepelného výkonu pro zemní vrty uvedený v normě ČSN EN 15450 (33) .....	41
Tabulka 21: Přehled měsíčních pasivních solárních zisků objektu .....	61
Tabulka 22: Přehled vnitřních tepelných zisků v jednotlivých měsících .....	61
Tabulka 23: Přehled měsíční průměrné potřeby tepla na pokrytí tepelných ztrát .....	62
Tabulka 24: Vypočtená potřeba tepla na vytápění objektu .....	62
Tabulka 25: Složení otopné soustavy dle průměru trubek .....	63
Tabulka 26: Návrh výměny radiátorů do objektu .....	64
Tabulka 27: Přehled jednotkových cen radiátorů dle nabídky aaradiatory.cz, ceny bez DPH.....	65
Tabulka 28: Parametry použitých FV panelů (51).....	70
Tabulka 29: Přehled nákladů na zařízení pro FV vytápění ½ systému.....	71
Tabulka 30: Přehled očekávané roční výroby FV systému dle SW nástroje PV GIS (52) .....	71
Tabulka 31: Přehled spotřeby elektrické energie TČ dle cenové nabídky Stiebel-Eltron (54).....	75
Tabulka 32: přehled spotřeby elektrické energie TČ dle cenové nabídky Stiebel-Eltron (54).....	77
Tabulka 33: Přehled spotřeby elektrické energie v jednotlivých kategoriích - odhad dle předpokládaného provozu objektu .....	93
Tabulka 34: Struktura ceny elektřiny sazba C25d .....	96
Tabulka 35: Struktura ceny elektřiny sazba C25d .....	96
Tabulka 36: Citlivostní analýza nákladů na vytápění .....	98

## 1 Úvod:

Tématem této diplomové práce je analýza tepelně technických vlastností horské chaty „Lysečinská bouda“, která se nachází ve 3. ochranném pásmu Krkonošského národního parku. Cílem této práce je vytvořit odhad tepelně technických parametrů budovy pomocí výpočtu tepelných ztrát obvodových částí konstrukce, navrhnout možná alternativní řešení otopného systému s využitím tepelného čerpadla, zvážit možnosti přípravy teplé vody a navržená řešení ekonomicky zhodnotit.

Objekt je specifický nejen svými rozměry, rokem realizace, ale i jeho samotným umístěním ve vysoké nadmořské výšce. Díky jeho umístění v oblasti Krkonošského národního parku se svými klimatickými podmínkami spíše odlišuje od běžné výstavby rekreačních objektů v České republice. Umístění objektu je specifické také z důvodu jeho odlehlosti, která jej potencionálně dělá náchylným k výpadkům elektrické energie a nutnosti zajistit alespoň základní provoz i při těchto mimořádných událostech.

Při zpracování práce se vycházelo z dostupných, ale často neúplných podkladů o konstrukci objektu. Dále byly použity informace získané při osobní návštěvě objektu, z komunikace s provozovatelem objektu a dostupné dokumentace objektu. Obtížná dostupnost dat z reálného provozu byla způsobena několika faktory, a to především změnou majitele/provozovatele objektu na konci roku 2018 následované částečnou rekonstrukcí objektu a v roce 2020 opatřeními v souvislosti s pandemií Covid-19.

Pro výpočet tepelných ztrát objektu byl vytvořen model objektu simulující jeho tepelné ztráty. Potřeba energie pro osvětlení, provoz restaurace a přípravu TV byla vzhledem k nedostupnosti údajů z reálného provozu simulována pomocí očekávaného provozování objektu, jeho vytíženosti a způsobu chování návštěvníků objektu. Pro výpočet energetických nároků byly využity i normativy spotřeby energií.

Diplomová práce se skládá z následujících hlavních součástí:

- Metody stanovení potřeby tepla pro vytápění a přípravu TV
- Obecný popis možných zdrojů tepla pro vytápění a přípravu TV
- Návrh systémů pro přípravu TV
- Popis objektu a jeho současného stavu
- Výpočet tepelných ztrát a potřeb tepla
- Odhad spotřeby elektrické energie mimo vytápění a přípravu TV
- Návrh možných variant alternativních způsobů vytápění a přípravy TV
- Metodika ekonomického hodnocení alternativ vytápění
- Diskuze zdrojů dat pro ekonomické hodnocení a vlastní ekonomické hodnocení
- Závěry hodnocení

## 2 Klasifikace tepelných ztrát

Ačkoliv je díky moderním technologiím a postupům možné tepelné ztráty objektů výrazně snížit, nikdy jim nebude možné úplně zabránit a v každém objektu k nim bude docházet. Z fyzikálního hlediska lze tepelné ztráty rozdělit na tři druhy:

- Ztráty vedením tepla

Ztráty vedením tepla jsou způsobeny prostupem tepla skrze tuhá tělesa (například stěny). K přenosu tepla vedením je zapotřebí teplotní rozdíl v různých částech tělesa. Z fyzikálního hlediska je přenos tepla způsoben tím, že částice teplejší části tělesa mají vyšší střední kinetickou energii, než mají částice ve studenější části tělesa. Kinetická energie částic se projevuje jejich kmitáním okolo rovnovážné polohy. Díky vzájemnými srážkám kmitajících částic předávají částice s vyšší energií část své energie částicím v oblasti s nižší střední kinetickou energií. V případě, že těleso má ve všech částech stejnou teplotu, k vedení tepla nedochází. Schopnost pevné hmoty vést teplo vyjadřujeme pomocí veličiny součinitele tepelné vodivosti.

- Ztráty způsobené konvekcí

Zatímco k vedení tepla dochází v látkách pevných, k přenosu tepla konvekcí dochází v kapalinách a plynech. Zatímco v pevných látkách nedochází při vedení tepla k přemísťování samotných částic, v kapalinách a plynech je přenos jednotlivých částic možný. Přenos tepla konvekcí proto nezávisí pouze na rozdílných teplotách jednotlivých částí kapaliny/plynu, ale také na vzájemném pohybu částic (advekci). Z tohoto hlediska lze konvekci rozlišovat na přirozenou a nucenou. Při přirozené konvekci je pohyb hmoty způsoben pouze rozdílem hmotností teplé a studené části plynu nebo kapaliny. Tohoto jevu je možné využít například pro konstrukci systémů ústředního vytápění se samovolným oběhem, které nepotřebují čerpadla (a tedy elektrickou energii) k zajištění cirkulace topného média (vody) v otopném systému. Při nucené konvekci je pohyb hmoty způsoben jiným, dalším mechanismem (čerpadlo, větrák). K přenosu tepla konvekcí tak dochází na jednotlivých stranách stěn konstrukce. Množství tepla, které projde stěnou o ploše  $1 \text{ m}^2$  do plynu či kapaliny za 1 sekundu označujeme jako součinitele přestupu tepla.

- Ztráty radiační

K přenosu tepla sáláním z dané plochy dochází vyzařováním energie ve formě elektromagnetického záření. Množství takto vyzařované energie závisí na teplotě povrchu, jeho barvě (emisivitě) a celkovém povrchu vyzařujícího tělesa. Přenos tepla sáláním je významný obzvláště ve vakuu, neboť jako jediný umožňuje přenos tepla i v případě absence látkového prostředí potřebné pro přenos tepla vedením či konvekcí. Pro popis energie přenesené sáláním používáme Stefanův–Boltzmannův zákon, jeho aplikace při reálném výpočtu tepelných ztrát budov by ale byla značně komplikovaná. Při výpočtu tepelných ztrát budov, se proto ztráty sáláním pojí se ztrátami způsobenými konvekcí a zahrnují se do součinitele přestupu tepla.

### 3 Metody stanovení tepelných ztrát a potřeby tepla

#### 3.1 Výpočet tepelného výkonu

Tepelné ztráty lze určit pomocí různých metod. Známe-li konstrukční řešení objektu a jeho parametry – skladbu stěn, použité materiály, parametry jednotlivých částí objektu (okna a dveře), můžeme pomocí těchto parametrů určit výši tepelných ztrát pomocí výpočtů. Pro tyto výpočty je například možné využít postupu uvedeného v České technické normě o Energetické náročnosti budov a výpočtu tepelného výkonu - ČSN EN 12831-1. Podle této normy lze relativně jednoduše stanovit například návrhový tepelný výkon otopného systému a určit tepelné ztráty způsobené prostupem tepla a větráním. Návrhový tepelný výkon je možné snížit započítáním součtu trvalých tepelných zisků. Naopak jej lze navýšit, budeme-li uvažovat potřebu tzv. zátového výkonu. Ten je vhodné uvažovat primárně u objektů, či prostorů, které nejsou trvale vytápěny. Návrhový tepelný výkon lze pak spočítat jako:

$$Q_{celk} = Q_{prostup} + Q_{větrání} + Q_{zátov} - Q_{zisk} \quad (3.1)$$

$Q_{celk}$  – výpočtový tepelný výkon budovy [W]

$Q_{prostup}$  – součet tepelných ztrát obálkou budovy [W]

$Q_{větrání}$  – tepelné ztráty větráním objektu (přímým či nepřímým) [W]

$Q_{zátov}$  – zátový tepelný výkon, pokud je uvažován [W]

$Q_{zisk}$  – součet všech tepelných zisků objektu [W]

Při výpočtu tepelných ztrát pomocí této metody je nutné určit funkční (vytápěné) části objektu a stanovit strukturu obálky těchto prostor. Při stanovování struktury objektu je nutné dbát na správné rozlišení části obálky podle jejich tepelně technických parametrů. Části obálky, které mají stejnou strukturu (a tudíž stejné izolační parametry) je možné shlukovat. Jednotlivé části obálky objektu je poté na základě jejich konstrukce možné charakterizovat pomocí měrného tepelného toku prostupem z vytápěného prostoru. Vzorec pro jeho výpočet se různí podle toho, zda se jedná o tepelný prostup přímo do venkovního prostředí, skrz sousední prostory či o prostup do zeminy. Rozdíl ve výpočtu jednotlivých měrných tepelných toků je ve využití různých korekčních činitelů pro započítání vlivů například tepelných mostů či povětrnostních vlivů.

Měrný tepelný tok prostupem přímo do venkovního prostředí lze vypočítat jako:

$$Q_{ven} = \sum (S_k * (U_k + \Delta U_{TB}) * k) \quad (3.2)$$

$Q_{ven}$  – Měrný tepelný tok prostupem do venkovního prostoru [W/K]

$S_k$  – plocha stavební části [m<sup>2</sup>]

$U_k$  – součinitel prostupu tepla dané stavební části [W/m<sup>2</sup>\*K]

$\Delta U_{TB}$  – korekce součinitele prostupu tepla o vliv tepelných mostů [W/m<sup>2</sup>\*K]

$k$  – teplotní opravný činitel vztažený na konkrétní část konstrukce [-]

Ze vzorce 1.2 je patrné, že pro každou jednotlivou část konstrukce je zapotřebí určit její součinitel prostupu tepla. Součinitel prostupu tepla je možné vypočítat na základě znalostí izolačních vlastností jednotlivých částí konstrukce s pomocí tepelných odporů. Vzorec pro výpočet je následující:

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum R_{ti} + R_{se}} \quad (3.3)$$

$U$  – součinitel prostupu tepla [W\*m<sup>-2</sup>\*K<sup>-1</sup>]

$\sum R_{ii}$  – suma tepelných odporů jednotlivých vrstev konstrukce při přestupu tepla [ $m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$ ]

$R_{si}$ ,  $R_{se}$  – odpory při přestupu tepla na vnitřní a vnější straně stěny [ $m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$ ]

Při výpočtu je možné použít hodnoty  $R_{si}$  a  $R_{se}$  stanovené v Národní příloze k normě ČSN EN 12831-1.

	Směr toku tepla	Nahoru	vodorovně	dolů
Na venkovní straně	$R_{se}$ [ $m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$ ]	0,10	0,13	0,17
Na vnitřní straně	$R_{si}$ [ $m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$ ]	0,04	0,04	0,04

Tabulka 1: Smluvní odpory při přestupu tepla na vnitřní a venkovní straně objektu (1)

Tepelný odpor dané vrstvy konstrukce se určí na základě parametrů dané vrstvy – její tloušťky a součinitele tepelné vodivosti daného materiálu. (2)

$$R = \frac{d}{\lambda} \quad (3.4)$$

$d$  – tloušťka dané vrstvy [m]

$\lambda$  – součinitel tepelné vodivosti [ $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ ]

Pro stanovení teplotního opravného činitele přírážky pro zohlednění tepelných mostů (pokud je nejsme schopni zohlednit na základě znalostí konstrukce objektu jiným způsobem), můžeme využít údajů uvedených v informativní příloze normy ČSN EN 12831-1.

Kritérium výběru	$\Delta U$ [ $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ ]
Nové budovy s vysokou úrovní tepelné izolace a ověřenou důsledně optimalizovanou úrovní tepelných vazeb, která převyšuje obecně uznávanou praxi	0.02
Nové budovy s optimalizovanými tepelnými vazbami v souladu s obecně uznávanou praxí	0.05
Budovy s převážně vnitřní tepelnou izolací narušenou pronikajícími pevnými stropními konstrukcemi	0.15
Všechny ostatní budovy	0.1

Tabulka 2: Zohlednění tepelných vazeb dle ČSN EN 12831-1 (1)

Teplotní opravný činitel je možné použít pro korekci tepelných ztrát přes nevytápěné objekty. Pro jeho stanovení je možné využít vzorce:

$$k = \frac{t_{in,v} - t_x}{t_{in,v} - t_v} \quad (3.5)$$

Kde

$t_{in,v}$  – vnitřní výpočtová teplota uvažovaného prostoru [ $^{\circ}C$ ]

$t_x$  – teplota sousedního prostoru, či prostředí [ $^{\circ}C$ ]

$t_v$  – venkovní výpočtová teplota [ $^{\circ}C$ ]

Použití této metody výpočtu tepelných ztrát je výhodné v případech, kdy podrobně známe konstrukci jednotlivých stěn a parametry použitých materiálů. V případě nově budovaných staveb je získání těchto parametrů často relativně snadné - lze totiž předpokládat, že existují detailní plány objektu a tepelně technické vlastnosti použitých materiálů lze snadno dohledat. Složitější použití této metody ale může být u starších objektů, ke kterým neexistuje podrobná dokumentace a zjištění konkrétní skladby stěn může být možné pouze pomocí stavebně technického průzkumu. Zjištění skladby stěn



může být komplikované zvláště u budov, které vznikaly postupným přidáváním přístaveb v delším rozmezí let, a jejichž stěny proto nemusí vždy být ze stejného materiálu.

V případě, že nám nejsou parametry objektu dostatečně známy, se výše vypočtené tepelné ztráty může od reality výrazně lišit. Správnost určení tepelných ztrát je proto dobré ověřit pomocí experimentálních metod.

### 3.2 Návrhová tepelná ztráta větráním

Při výpočtu tepelných ztrát nesmíme ale opomenout další kategorii tepelných ztrát, tedy tepelné ztráty větráním. Tyto ztráty jsou způsobené potřebou zajištění výměny vzduchu v obývaných prostorech, přísunem čerstvého vzduchu pro technické systémy a prostupem vzduchu skrze obálku budovy. Tepelné ztráty způsobené větráním se odvíjí od intenzity větrání, a lze je určit pomocí vzorce: (3.6)

$$Q_v = \rho * C_p * q_{vmin} * (t_{in} - t_{out}) \quad (3.6)$$

$Q_v$  – tepelná ztráta objektu větráním [W]

$\rho$  – hustota vzduchu při vnitřní výpočtové teplotě [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]

$C_p$  – měrná tepelná kapacita vzduchu při vnitřní výpočtové teplotě [Wh/kg\*K]

$q_{vmin}$  – minimální objemový průtok vzduchu místností [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]

$t_{in}$  – vnitřní výpočtová teplota [ $^{\circ}\text{C}$ ]

$t_{out}$  – vnější výpočtová teplota [ $^{\circ}\text{C}$ ]

Minimální objemový průtok vzduchu je možné stanovit pomocí zákonných požadavků na přísun čerstvého vzduchu na osobu a hodinu: „Pobytové místnosti musí mít zajištěno dostatečné přirozené nebo nucené větrání a musí být dostatečně vytápěny s možností regulace vnitřní teploty. Pro větrání pobytových místností musí být zajištěno v době pobytu osob minimální množství vyměňovaného venkovního vzduchu  $25 \text{ m}^3/\text{h}$  na osobu, nebo minimální intenzita větrání  $0,5 \text{ l/h}$ . Jako ukazatel kvality vnitřního prostředí slouží oxid uhličitý  $\text{CO}_2$ , jehož koncentrace ve vnitřním vzduchu nesmí překročit hodnotu  $1500 \text{ ppm}$ .“ (3)

Alternativou k výše stanovenému postupu je výpočet pomocí intenzity větrání pomocí vzorce:

$$Q_v = V_i * n_i * \rho * C_p * (t_{in} - t_{out}) \quad (3.7)$$

$n_i$  – intenzita větrání vytápěného prostoru [ $\text{h}^{-1}$ ]

$V_i$  – vnitřní objem vzduchu vytápěného prostoru [ $\text{m}^3$ ]

Výši tepelných ztrát větráním je možné snížit instalací systémů nuceného větrání se schopností rekuperace. Tyto systémy se mohou skládat z lokálních rekuperačních jednotek, nebo mohou být tvořeny rozvody vzduchu po celém objektu. Ztráty větráním jsou v tomto případě dány účinností rekuperačních jednotek a objemem vyměňovaného vzduchu. Výsledná výše tepelných ztrát se získá:

$$Q_{vr} = (1 - \eta_r) * Q_v + P_v \quad (3.8)$$

Kde

$Q_{vr}$  - tepelné ztráty větráním s rekuperací [W]

$\eta_r$  – účinnost rekuperačních jednotek [-]

$P_v$  – příkon rekuperačních jednotek [W]

### 3.2.1 Požadavky na výměnu vzduchu ve varné kuchyni

Z výše uvedených vzorců pro výpočet tepelné ztráty větráním by se mohl postup určení těchto ztrát zdát jednoduchý – určíme maximální počet lidí v objektu a vynásobením požadovaným minimálním množstvím 25 m<sup>3</sup>/h určíme objemový průtok vzduchu. Tento postup bychom teoreticky mohli použít v případě běžných obytných budov, při jeho použití u ubytovacích zařízení jako jsou hotely či pensiony bychom se ale již mohli dopustit chyby. Tímto postupem bychom totiž opomenuli požadavky hygienických zásad pro zařízení společného stravování.

Zajištění dostatečného větrání je totiž nutné pro zajištění odpovídajících podmínek v kuchyni v době jejího provozu. Větrání je nutné pro odvod nadbytečného tepla a vodních par vzniklých vařením. Správné odvětrání je nutné také pro zabránění šíření zápachu do přilehlých místností. Kuchyňské prostory se vyznačují spíše nárazovým provozem, dodržení přísných požadavků v časově omezených špičkách provozu by mohlo být technicky komplikované a neekonomické. Z tohoto důvodu hygienické předpisy definují podmínky „komfortní“ a „únosné“, které jsou méně přísné. Odvětrávací systémy je tak možné dimenzovat spíše na „průměrný“ provoz než na nejvyšší provoz.

Samotné dimenzování větrání kuchyně se provádí na základě normy ČSN EN 16282. Potřebný objemový průtok vzduchu pro každý spotřebič podle této normy závisí na příkonu a měrné produkci citelného tepla. Pro potřeby stanovení tepelné ztráty větráním ale nemusíme potřebný průtok vzduchu počítat s pomocí výše zmíněné normy. V případě, že se v objektu již nachází plně fungující kuchyně, lze tuto hodnotu zjistit z technické dokumentace použitých zařízení. Alternativně můžeme (s akceptováním určité nepřesnosti) použít orientační hodnoty intenzity větrání ve vybraných kuchyňských provozech, které jsou uvedené v ČSN EN 16282. (4)

Kuchyňský provoz	Intenzita větrání
	[h <sup>-1</sup> ]
Umývárna nádobí	10 až 20
Středně velké kuchyně (restaurace)	15 až 20
Velkokuchyně	15 až 30
Výdej jídel	20
Příprava masa, ryb, drůbeže, zeleniny	8 až 10
Příprava těsta, brambor, zeleniny	6 až 8
Suché sklady, sklady bez jídla, sklad chleba, sklad prázdných obalů	2

Tabulka 3: Orientační hodnoty intenzity větrání ve vybraných kuchyňských provozech (4)

### 3.3 Výpočtové hodnoty teploty

V kapitolách 3.1 a 3.2 jsme identifikovali způsob jak použít parametrů budovy pro výpočet tepelných ztrát. Celková výše těchto návrhových ztrát závisí ale nejen na tepelně technických parametrech budovy, ale také na přesném umístění objektu. Výpočet tepelných ztrát musí zohledňovat klimatické podmínky dané lokality, v horských oblastech je zapotřebí počítat s nižšími venkovními teplotami a delším topným obdobím. Pro stanovení venkovní výpočtové teploty se využívá dlouhodobých klimatických údajů o venkovních teplotách v dané oblasti. Venkovní výpočtové hodnoty jsou stanoveny

normou ČSN 38 3350 Zásobování teplem, 6/1989 a ČSN 06 0210 Výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění. (5)

Výpočtovou teplotu je zároveň zapotřebí korigovat pro nadmořskou výšku.

Nadmořská výška	Venkovní výpočtová hodnota v oblasti	Venkovní výpočtová hodnota korigovaná pro nadmořskou výšku
	$t_v$ [°C]	$t_v$ [°C]
Nad 400 m.n.m	-12	-15
Nad 600 m.n.m	-15	-18
Nad 800 m.n.m	-18	-21

Tabulka 4: Korekce venkovní výpočtové teploty pro vyšší nadmořskou výšku

Stanovit je zapotřebí také vnitřní výpočtovou teplotu objektu. Zatímco venkovní výpočtová teplota je daná lokalitou objektu a je tak vždy stejná, vnitřní výpočtová hodnota se mění v závislosti na typu budovy a účelu konkrétního prostoru. Pro určení této výpočtové hodnoty lze použít základní hodnoty definované v Národní příloze normy ČSN EN 12831-1. Nejčastěji používanou hodnotou této teploty je teplota 20 °C. tato hodnota platí například pro trvale užívané obytné budovy. Pro potřeby této práce nás zajímá kategorie hotelů a restaurací, pro kterou jsou vnitřní výpočtové teploty stanoveny následovně:

Pokoje pro hosty	20 °C
Koupelny	24 °C
Hotelové haly, zasedací místnosti, jídelny, sály	20 °C
Hlavní schodiště	15 °C
Kuchyně	24 °C
Vedlejší místnosti	15 °C
Vedlejší schodiště	10 °C

Tabulka 5: Vnitřní výpočtové hodnoty pro kategorii budov "Hotely a restaurace" (1)

Z výše uvedené tabulky je patrný značný rozdíl mezi jednotlivými výpočtovými teplotami. V reálné budově ale takovéto hodnoty nemusí být ani přítomné a ani žádané. S ohledem na požadavky na komfort tak lze vnitřní výpočtovou hodnotu pro schodiště a další místnosti navýšit a sjednotit ji tak pro celý objekt. Díky této úpravě dojde zároveň k výraznému zjednodušení výpočtu tepelných ztrát.

### 3.4 Stanovení celkové potřeby energie pro vytápění

V předchozích kapitolách jsme uvedli postup, podle kterého je možné stanovit výši tepelných ztrát při dané výpočtové teplotě. Znalost výše těchto ztrát je důležitá pro dimenzování jednotlivých částí otopného systému, pro zhodnocení ekonomičnosti daného řešení je ale zapotřebí rovněž znát celkovou potřebu energie pro vytápění. Díky znalosti výše roční spotřeby tepla na vytápění můžeme určit palivové náklady pro provoz daného zdroje tepla (kotel, tepelné čerpadlo, přímotopy atd.).

Konkrétní výše spotřeby energie závisí na výši tepelné ztráty a klimatických podmínkách dané lokality. Pro stanovení celkové výše tepla, které je zapotřebí dodat hlavním zdrojem pro vytápění je zapotřebí od celkové potřeby tepla na vytápění odečíst všechny ostatní tepelné zisky. Významnými tepelnými zisky jsou například pasivní solární zisky způsobené průchodem slunečních paprsků skrz okna objektu, tepelné zisky způsobené provozem zařízení v objektu (například provoz trub a sporáků v kuchyních, tepelná ztráta elektrických ohřivačů na vodu umístěných ve vytápěných místnostech objektu, zisky od osvětlovacích zařízení, atp.) a metabolické zisky od uživatelů objektu.

Potřeba tepla na vytápění se počítá zvlášť pro jednotlivé časové úseky topné sezóny. Časovými úseky jsou často měsíce. Pro každý časový úsek lze potřebu tepla na vytápění určit jako:

$$Q_h = Q_z - \eta_s * Q_s \quad (3.9)$$

Kde:

$Q_h$  – potřeba tepla na vytápění [W]

$Q_z$  – celkové tepelné ztráty objektu během topné sezóny [W]

$Q_s$  – celkové tepelné zisky objektu [W]

$\eta_s$  – stupeň využití tepelných zisků [-]

Pro stanovení stupně využití tepelných zisků je zapotřebí určit poměr tepelných zisků a tepelných ztrát v každém časovém úseku.

$$\gamma = \frac{Q_s}{Q_z} \quad (3.10)$$

$\gamma$  – poměr tepelných zisků a tepelných ztrát [-]

Dále je zapotřebí stanovit také časovou konstantu budovy, která charakterizuje tepelnou setrvačnost uvažovaného objektu. Pro stanovení časové konstanty je zapotřebí určit výši měrných tepelných ztrát objektu, která je součtem měrných tepelných ztrát prostupem a větráním stanoveným pomocí postupu v kapitole 3.1, resp. 3.2. Dále je zapotřebí určit také účinnou měrnou tepelnou kapacitu objektu. Časová konstanta se spočítá pomocí vzorce:

$$\tau = \frac{C}{H} \quad (3.11)$$

Kde

$\tau$  – časová konstanta objektu [hodiny]

$C$  – účinná měrná tepelná kapacita objektu [Wh\*K<sup>-1</sup>]

$H$  – měrné tepelné ztráty objektu [Wh\*K<sup>-1</sup>]

Výpočet tepelné kapacity je obdobný výpočtu tepelných ztrát prostupem. I pro výpočet měrné tepelné kapacity objektu je zapotřebí znát skladbu stěn a parametry použitých materiálů. Obecně se měrná účinná kapacita vypočítá podle vzorce:

$$C = \sum_j \sum_i \rho_{ij} * c_{ij} * d_{ij} * A_{ij} \quad (3.12)$$

Kde

$A$  - plocha j-tého stavebního prvku [m<sup>2</sup>]

$\rho_{ij}$  - hustota stavební hmoty vrstvy  $i$  ve stavebním prvku  $j$  [kg/m<sup>3</sup>]

$c_{ij}$  - měrná tepelná kapacita stavební hmoty vrstvy  $i$  ve stavebním prvku  $j$  [J/kg\*K]

$d_{ij}$  - tloušťka vrstvy  $i$  stavebního prvku  $j$  [m]

Pro výpočet tepelné kapacity se nevyužívá celé tloušťky daného stavebního prvku, uvažují se pouze vnitřní vrstvy až do první vrstvy tepelné izolace stavebního prvku. Alternativně je možné pro výpočet použít pouze vrstvy do maximální tloušťky 10 cm od vnitřní strany konstrukčního prvku, nebo pouze vrstvy do středu konstrukčního prvku, pokud je jeho tloušťka menší než 20 cm.

V případě, že není přesně známa skladba konstrukčních prvků a použité materiály, je možné pro stanovení účinné vnitřní tepelné kapacity využít pomocné hodnoty stanovené německou normou DIN V 4108-6:2003.

Typ konstrukce objektu	Tepelná kapacita na m <sup>3</sup> obestavěného prostoru [Wh/K]
Lehké budovy (budovy s dřevěnou konstrukcí bez hmotných vnitřních dílů, budovy se zavěšenými stropy a převažujícími lehkými příčkami, budovy s vysokými prostory-tělocvičny, musea, atd.)	15
Těžké budovy (budovy s hmotnými vnitřními a vnějšími díly bez zavěšených stropů)	50

Tabulka 6: Pomocné hodnoty pro stanovení tepelné kapacity objektu (6)

Na základě poměru tepelných zisků a tepelných ztrát se následně zvolí způsob výpočtu stupně využití tepelných zisků. V případě, že je poměr  $\neq 1$  se stupeň využití určí pomocí vzorce:

$$\eta = \frac{1 - \gamma^a}{1 - \gamma^{a+1}} \quad (3.13)$$

V případě, že je poměr roven 1, se využije vzorce:

$$\eta = \frac{a}{a + 1} \quad (3.14)$$

Použitý parametr  $a [-]$  závisí na dané časové konstantě objektu  $\tau$  a je možné ho určit:

$$a = a_0 + \frac{\tau}{\tau_0} \quad (3.15)$$

Výše hodnot  $a_0$  a  $\tau_0$  závisí na způsobu výpočtu a typu uvažovaného objektu.

Typ budovy		$a_0 [-]$	$\tau_0 [h]$
Trvale vytápěné budovy (více než 12 h denně), jako jsou obytné budovy, hotely, nemocnice, ubytovny a výchovná zařízení	Výpočet měsíční	1	15
	Výpočet sezónní	0.8	30
Budovy vytápěné jen přes den (méně než 12 h denně), jako jsou školy, administrativní budovy, továrny a obchody		0.8	28

Tabulka 7: Číselné hodnoty parametru  $a_0$  a  $\tau_0$  (6)

Celkovou potřebu tepla dodaného hlavním zdrojem pro vytápění je rovněž možné získat pomocí celkové spotřeby používaného paliva (elektřiny, plynu, dřeva, uhlí) a účinnosti zdroje. Výše spotřeby závisí také na způsobu užívání objektu (přerušované vytápění, teplota vytápění/temperování atp.).

Roční potřeba tepla pro vytápění se spočítá jako součet potřeb tepla v jednotlivých měsících otopného období.

Při znalosti tepelné ztráty je možné také využít pro stanovení potřeby tepla na vytápění SW výpočtové pomůcky, například kalkulačku „Potřeba tepla pro vytápění a ohřev teplé vody“ dostupnou na webu TZB-info. (7)

### 3.4.1 Vnitřní tepelné zisky

Výši vnitřních tepelných zisků je možné stanovit také na základě normy ČSN EN ISO 13790 pomocí průměrného výkonu vnitřních tepelných zisků ve vytápěných prostorech. Pro stále užívané budovy je doporučená hodnota vnitřních tepelných zisků  $\Phi_i=4 \text{ W/m}^2$ . Měsíční či sezónní výše vnitřních tepelných zisků je možné vypočítat jako: (6)

$$Q_i = \Phi_i * t \quad (3.16)$$

Kde:

$Q_i$  – vnitřní tepelné zisky za dané období [Wh]

$t$  – délka uvažovaného období [s]

$\Phi_i$  – průměrný výkon vnitřních tepelných zisků [W]

### 3.4.2 Pasivní solární zisky

Pasivní solární zisky jsou způsobeny průchodem solárního záření skrz transparentní prvky konstrukce objektu. V případě „běžných“ staveb jsou těmito prvky pouze okna. Výše pasivních solárních zisků závisí na celkové ploše sběrných ploch (zasklení oken) a solárním ozáření v dané orientaci. Stanovení výše tepelných zisků zasklením je možné pomocí různých postupů uvedených například v ČSN 730542, ČSN EN 832, ČSN EN ISO 13790. Nej přesněji realitě odpovídá postup popsáný v normě ČSN EN ISO 13790, výpočet podle této normy je ale velmi náročný a jeho použití je proto nepraktické. Pro tento postup jsou zároveň zapotřebí reálná data o slunečním záření v dané lokalitě, která nejsou jednoduše dostupná. Postup výpočtu dle ČSN EN 832 je možné stále využít, daná norma ale již byla zrušena. Pro stanovení pasivních solárních zisků proto v této práci využijeme nejjednoduššího postupu stanoveného v normě ČSN EN 730542. (8)

Pro daný časový úsek je možné pasivní solární zisky stanovit pro vytápěné prostory stanovit jako:

$$E_{zm} = E_{gm} * A_{ok,p} * T * c_m * c_n \quad (3.17)$$

Kde:

$E_{zm}$  – průměrný tepelný zisk zasklení ze slunečního záření za měsíc [kWh.měs<sup>-1</sup>]

$E_{gm}$  – globální sluneční záření [kWh\*m<sup>-2</sup> \*mēs<sup>-1</sup>]

$A_{ok,p}$  – plocha průsvitné části okna [m<sup>2</sup>]

$T$  – celková propustnost slunečního záření okna,  $T = T_1 * T_2 * T_3$  [-]

$T_1$  – propustnost slunečního záření zasklení

$T_2$  – znečištění zasklení, uvažuje se  $T_2 = 0,9$ , není-li známá konkrétní hodnota

$T_3$  – činitel stínění okna

$C_m$  – činitel využití slunečního záření

$C_n$  – činitel korigující skutečnost, že dopad slunečních paprsků není kolmý, velikost  $c_n$  se stanoví na 0,9

Propustnost slunečního záření zasklení je možné stanovit na základě počtu skel v daném okně.

Počet skel	1	2	3
Propustnost $T_1$	0,90	0,81	0,73

Tabulka 8: Stanovení parametru  $T_1$  dle počtu skel (9)

Výše globálního slunečního záření za měsíc se v průběhu roku mění a závisí také na orientaci oken daného objektu. Z tohoto důvodu je zapotřebí výpočet solárních zisků provést zvlášť pro všechny části s různou orientací. Pro výpočet je možné využít tabulkových hodnot.

Měsíc/topné období	Globální sluneční záření za měsíc a topné období v závislosti na orientaci oken [kWh*m <sup>-2</sup> *m <sup>-1</sup> ]					
	H	S	SV, SZ	V, Z	JV, JZ	J
X	52,74	10,36	14,06	32,23	57,61	71,57
XI	25,53	5,52	6,98	15,87	31,99	41,07
XII	18,62	4,03	5,09	11,18	23,86	30,95
I	23,06	5,21	6,42	15,01	32,20	41,91
II	36,75	7,26	9,55	22,21	42,17	53,31
III	76,12	15,60	23,25	48,89	76,16	89,73
IV	110,53	24,04	38,30	65,84	84,33	88,42
$E_{gvo}$ [kWh*m <sup>-2</sup> *rok <sup>-1</sup> ]	343,35	77,02	103,65	211,23	348,32	416,99

Tabulka 9: Globální sluneční záření za měsíc a topné období v závislosti na orientaci oken (9)

Podobně jako hodnoty slunečního záření, i činitel využití slunečního záření závisí na období a orientaci okna.

Měsíc	S	SV, SZ	V, Z	JV, JZ	J
X	1	0,95	0,85	0,73	0,67
XI	1	0,98	0,95	0,86	0,81
XII	1	1	1	0,97	0,95
I	1	1	1	0,97	0,95
II	1	1	1	0,97	0,95
III	1	0,98	0,95	0,86	0,81
IV	1	0,98	0,85	0,73	0,67
$C_{mp}$	1	0,97	0,91	0,84	0,80

Tabulka 10: Hodnoty činitele využití slunečního záření dle orientace zasklené plochy (9)

Činitel stínění okna  $T_3$  závisí na konkrétním provedení skel. Výši tohoto koeficientu ovlivňují například žaluzie, závěsy či aplikace reflexních či bezpečnostních fólií. V případě, že se jedná o běžné sklo bez jakékoli speciální úpravy, volí se výše koeficientu  $T_3 = 1$ , pro zdvojená okna se používá koeficient 0,9.

Nevýhodou této jednoduché metody je skutečnost, že není respektován vliv zastínění objektu okolními objekty (horizont, markýzy apod.). Takto stanovená výše pasivních solárních zisků proto může být vyšší než zisky reálné.

## 4 Příprava teplé užitkové vody

Významný podíl na celkové potřebě energie a tepla má příprava teplé užitkové vody. Přípravu teplé vody lze v budovách zajistit několika způsoby. V případě existence místního rozvodu teplé vody je samozřejmě nejjednodušší možností zajištění této potřeby napojením objektu na něj. Tato možnost je ale často možná pouze ve velkých městech a jejich nejbližším okolí, mnoho objektů proto musí přípravu teplé vody řešit samo.

Lokální potřebu teplé vody lze řešit buď bez rozvodů teplé vody instalací malého lokálního ohřívače v každém místě odběru teplé vody, nebo instalací většího zásobníku – bojleru a potřebných rozvodů teplé vody. Malé lokální ohřívače se hodí pro pokrytí spíše malé spotřeby teplé vody (umytí rukou apod.). Tyto lokální ohřívače se buď vyrábí jako čistě průtokové – tj. bez akumulární nádoby, anebo mají pro snížení potřebného příkonu malou integrovanou nádobku s teplou vodou. Tyto systémy mají výhodu ve snazší instalaci a také nižších pořizovacích nákladech, pro zajištění většího počtu odběrů teplé užitkové vody ale nejsou vhodné.

Pro větší spotřebu a více odběrných míst je zapotřebí instalovat větší bojler, který bude schopen požadovanou potřebu vody pokrýt, a instalovat do domu patřičné rozvody. Pro lokální přípravu teplé užitkové vody se velmi často používá elektrických či plynových bojlerů. Dobrým řešením může také být propojení systému přípravy TV s otopným systémem a využití hlavního zdroje tepla v objektu pro vytápění i pro přípravu teplé vody. Tímto zdrojem mohou být například kamna na tuhá paliva či tepelné čerpadlo. Při využití tohoto řešení je ale nutné ověřit, že zdroj má pro toto použití dostatečný výkon a nedojde k ovlivnění vytápění objektu.

### 4.1.1 Návrh zásobníku TV

Návrh zásobníku TV je možné provést například podle ČSN EN 12831-3, nebo ČSN 060320. Novější normou je ČSN EN 12831-3, její použití je ale v praxi složitější. Pro dimenzování zásobníkových ohřívačů je zapotřebí znát celkovou potřebu TV za určitou dobu (většinou den) a také očekávaný profil odběru vody v průběhu tohoto období (dne). Výši skutečné spotřeby a přesného profilu odběru TV lze získat pomocí různých metod. Při návrhu systému ve starším objektu, například pro potřeby jeho optimalizace, lze oba parametry získat pomocí měření. Samozřejmě tento způsob je vhodný pouze v případech, kdy můžeme předpokládat, že se využívání objektu po optimalizaci systému zásadně nezmění a naměřené údaje budou i nadále platné. Značnou nevýhodou této metody je obtížnost provedení samotného měření - to by vyžadovalo zásah do rozvodového systému a instalaci například průtokového vodoměru. Měření by rovněž bylo vhodné provést v delším časovém období, aby se tak eliminovaly případné výkyvy ve spotřebě. (9)

Dalším způsobem jak určit výši potřeby TV v objektu je odhad pomocí výpočtu. Dle normy ČSN 06 0320 lze celkovou potřebu teplé vody rozdělit do tří kategorií:

- Mytí osob
- Mytí nádobí
- Úklid objektu

Celková potřeba TV v dané časové periodě se rovná součtu potřeb pro jednotlivé kategorie. Vzorec pro výpočet potřeby TV pro mytí osob je:

$$V_o = n_l * \sum_{i=1}^n (n_{di} * U_{3i} * t_{di} * p_{di}) \quad (4.1)$$



Kde:

$V_o$  – celková potřeba TV [ $m^3$ /časový úsek (den)]

$n_1$  – počet uživatelů – lidí v objektu [-]

$n_{di}$  – počet dávek

$U_3$  – objemový průtok teplé vody při teplotě  $t_3$  do výtoků [ $m^3$ /h]

$t_d$  – doba dávky [h]

$p_d$  – součinitel prodloužení doby dávky [-]

Výše popsaný vzorec je pro reálné použití relativně složitý, výpočet potřeby TV je možné zjednodušit použitím tabulkových hodnot spotřeby při konkrétních činnostech jako je sprchování, či mytí rukou. Celkovou potřebu TV na mytí získáme vynásobením těchto hodnot jejich očekávanou četností v daném časovém období. Neznáme-li přesné návyky obyvatel objektu, podle kterých bychom mohli spotřebu vypočítat, můžeme použít doporučené hodnoty spotřeby TV na osobu v bytovém či rodinném domě. Nevýhodou tohoto zjednodušení ale je, že tyto tabulkové hodnoty nebudou odpovídat reálné spotřebě, neboť návrhové hodnoty potřeby TV jsou v porovnání s měřenými hodnotami často mnohem vyšší.

Například stanovení potřeby TV dle tabulkových hodnot je možné následovně:

$$V_m = A_{celk} * V_d \quad (4.2)$$

Kde:

$V_m$  – potřeba teplé vody pro úklid objektu [ $m^3$ ]

$A_{celk}$  – celková plocha podlah [ $m^2$ ]

$V_{d,100}$  – Objem dávky teplé vody pro úklid 100 m<sup>2</sup> [ $m^3$ /100m<sup>2</sup>]

Potřeba TV o teplotě $t_3 = 55^\circ C$				
Činnost	Doba dodávky $t_d$		Objem dávky $V_d$	
	sec	hod	dm <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
Mytí osob Umyvadlo $U_o = 0,14 m^3 \cdot h^{-1}$	50	0,014	2	0,002
mytí rukou				
mytí těla	260	0,071	10	0,010
Sprcha $U_o = 0,23 m^3 \cdot h^{-1}$	400	0,110	25	0,025
Vana $U_o = 0,47 m^3 \cdot h^{-1}$	300	0,085	40	0,040
(délka vany 1600 mm)	610	0,170	80	0,080
Mytí nádobí Pouze výdej jídel	$U_o = 0,30 m^3 \cdot 4 h^{-1}$ $t_4 = 55 \text{ až } 80^\circ C$ na jedno jídlo		1	0,001
Vaření + výdej			2	0,002
Mytí podlahy + úklid	$U_o = 0,30 m^3 \cdot h^{-1} t_4 = 55^\circ C$ na 100 m <sup>2</sup>		20	0,020

Tabulka 11: Charakteristiky dodávek TV podle ČNS 060320

Jedním z parametrů, který určuje objem ohřivačů na přípravu teplé vody je očekávaná spotřeba a její rozložení během dne. U velké části objektů totiž platí, že podstatná část spotřeby teplé vody není rozprostřená v rámci každého dne, ale má „nárazový“ charakter. Například u rodinných či bytových domů lze říci, že spotřeba během dne je velmi nízká, neboť přes den jsou lidé v práci či ve škole. Zcela jiné rozložení spotřeby bychom ale našli ve školách, či například kancelářských objektech. Při navrhování systému přípravy TV je tak nutné zohlednit typ objektu a jeho očekávané užívání.

Stanovení spotřeby teplé vody v kuchyni může být relativně komplikované. Moderní kuchyně často využívají průmyslových automatických myček, které teplou vodu nespotřebovávají, spotřeba teplé vody je tak hlavně způsobena přípravou pokrmů (omývání surovin) a umývání rukou personálem kuchyně. Spotřeba způsobená mytím rukou se může díky vysoké četnosti mytí rukou stát relevantní při výpočtu potřeby teplé vody. V restauračním prostředí může reálná četnost mytí rukou být vyšší než 20 mytí za hodinu provozu. (10) Podle článku zveřejněného v Journal of Food Protection v září 2008 (11) by si při restauračním provozu měl každý pracovník v kuchyni umýt ruce 29 krát za hodinu.

Příprava teplé vody pro restaurace a jiné velké kuchyně je také specifická tím, že se může povolit i vyšší výtoková teplota vody (až 60 °C). Zároveň systém přípravy teplé vody by měl být schopen umožnit pravidelné navýšení teploty vody nad nejméně 70 °C z důvodu dezinfekce rozvodů teplé vody. V případě, že rozvody TV slouží nejen pro kuchyni, ale také pro běžnou spotřebu (sprchy, vany), je zajištění takovéto dezinfekce rozvodů problematické z hlediska bezpečnosti, respektive zamezení opaření případných dalších uživatelů. Z hygienického hlediska je možné tento problém vyřešit instalací odděleného ohříváče na TV pro potřeby kuchyně. Výhodou tohoto řešení může být například lepší monitoring spotřeby v jednotlivých odběrných místech.

Profil odběru lze také sestavit na základě znalostí o skutečném nebo plánovaném využívání objektu - například u rodinných domů jej lze sestavit díky znalosti počtu obyvatel a jejich návyků či požadavků (chtějí mít sprchu nebo vanu, chtějí se všichni sprchovat v krátkém sledu po sobě,...). Při takovémto postupu je možné využít tabulkových podkladů pro dimenzování zařízení, které obsahují údaje o potřebě TV o dané teplotě pro danou činnost.

Dalším krokem návrhu je výpočet potřeby tepla pro ohřev teplé vody. Ten je možné provést například pomocí následující rovnice:

$$Q_{tuv} = \frac{(1 + z) * V_{tv} * \rho * c * (t_2 - t_1)}{3600 * 1000} \quad (4.3)$$

Kde:

$Q_{tv}$  – Celkové teplo odebrané z ohříváče TV za danou periodu (den) [kWh/den]

$V_{tv}$  – Celková spotřeba TV za danou periodu (den) [m<sup>3</sup>/den]

$\rho$  – hustota vody [kg/m<sup>3</sup>]

$c$  – měrná tepelná kapacita vody [J/(kg\*K)]

$t_2$  – teplota teplé vody, zpravidla uvažujeme 55 °C [°C]

$t_1$  – teplota studené vody, zpravidla uvažujeme 10 °C [°C]

$z$  – poměrná ztráta tepla při ohřevu a distribuci TV [-]

Při výpočtu celkové potřeby tepla je zapotřebí také započítat vliv tepelných ztrát v zásobníku teplé vody a rozvodech teplé vody. U moderních zásobníků jsou tepelné ztráty daného zásobníku dohledatelné u jeho výrobce. Tepelné ztráty potrubí závisí na provedení a tloušťce tepelné izolace, pro standardně navržené tloušťky tepelné izolace rozvodů je možné uvažovat vyšší poměrných ztrát  $z = 0,3$ . U rozvodů ve starších budovách je možné uvažovat vyšší koeficientu  $z$  mezi 1 a 5. (12)

Při znalosti přesného provedení tepelné izolace trubek je možné stanovit výpočtem součinitele prostupu tepla vztaheného na jednotku délky potrubí. Výši celkových tepelných ztrát potrubí je pak možné vynásobením vypočítaného součinitele prostupu celkovou délkou potrubí a rozdílem teplot mezi teplou vodou a okolní teplotou.

$$U = \frac{\pi}{\frac{1}{\alpha_i * D} + \frac{1}{2 * \lambda_{tr}} \ln \frac{d}{D} + \frac{1}{2 * \lambda_{iz}} \ln \frac{d_{iz}}{d} + \frac{1}{\alpha_{iz} * d_{iz}}} \quad (4.4)$$

Kde:

$U$  - součinitel prostupu tepla potrubím vztažený na jednotku délky [W/mK]

$D$  - vnitřní průměr trubky [m]

$d$  - vnější průměr trubky [m]

$d_{iz}$  - vnější průměr izolace [m]

$\alpha_{iz}$  - součinitel přestupu tepla na povrchu izolace [W/m<sup>2</sup>K]

$\alpha_i$  - součinitel přestupu tepla na vnitřní straně trubky [W/m<sup>2</sup>K]

$\lambda_{iz}$  - součinitel tepelné vodivosti tepelné izolace [W/m\*K]

$\lambda_{tr}$  - součinitel tepelné vodivosti materiálu trubky [W/m\*K]

Tento výpočet je ale komplikován skutečností, že teplota vody v potrubí zpravidla nemusí mít vždy uvažovanou teplotu 55 °C. To platí zvláště v případě, že rozvod objektu není cirkulační (tj. k průtoku teplé vody v potrubí dochází pouze v případě otevření kohoutku v odběrovém místě). V takovém případě je nutné při výpočtu tepelných ztrát pomocí vzorce uvážit také průběh spotřeby teplé vody a stanovit průběh teploty v potrubí během dne.

Díky znalosti profilu odběru teplé vody a celkového tepla odebraného z ohřivače je možné stanovit křivku odběru tepla. Dále je zapotřebí stanovit křivku dodávky tepla. Potřebný objem zásobníku teplé vody totiž nezávisí pouze na potřebě teplé vody a křivce jejího odběru, ale také na výkonu zdroje pro ohřev. Čím větší je výkon tohoto zdroje (často elektrické topné spirály), tím menší objem může zásobník mít. Křivka dodávky tepla závisí dále na způsobu dodávky tepla. Elektrické bojler jsou totiž v provozu pouze během pásma nízkého tarifu, nízký tarif pro elektrický bojler trvá 8 hodin denně (počet hodin nízkého tarifu závisí na konkrétní sazbě).

Potřebný výkon zdroje můžeme určit na základě doby provozu:

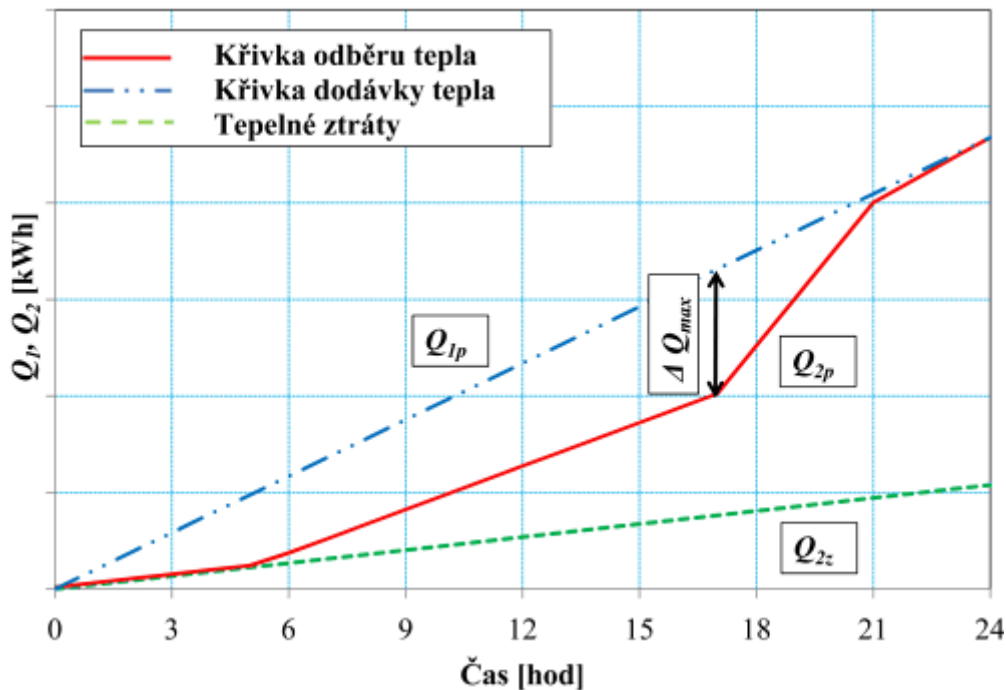
$$P = \frac{Q_{tuv}}{t_p} \quad (4.5)$$

Kde:

$P$  – potřebný výkon zdroje [W]

$Q_{tuv}$  – Celkové teplo odebrané z ohřivače TV za danou periodu (den) [kWh/den]

$t_p$  – čas provozu zdroje během uvažované periody [h]



Obrázek 1: Příklad křivek odběru a dodávky tepla do zásobníku TV (12)

Potřebný objem zásobníku se následně stanoví pomocí maximálního rozdílu mezi křivkou odběru a dodávky tepla pomocí vzorce:

$$V = \frac{\Delta Q_{max}}{\rho * c * (t_2 - t_1)} \quad (4.6)$$

Kde:

V – potřebný objem zásobníku

$\rho$  – hustota vody [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]

c – měrná tepelná kapacita vody [ $\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ ]

$t_2$  – teplota teplé vody, zpravidla uvažujeme  $55 \text{ }^\circ\text{C}$  [ $^\circ\text{C}$ ]

$t_1$  – teplota studené vody, zpravidla uvažujeme  $10 \text{ }^\circ\text{C}$  [ $^\circ\text{C}$ ]

Využití této metody je vhodné zejména pro návrh elektrických či plynových bojlerů, které využívají jednoho dedikovaného zdroje tepla.

#### 4.1.2 Návrh systému s využitím stejného zdroje tepla pro vytápění i přípravu TV

Návrh zásobníku teplé vody v případě využití jednoho zdroje tepla pro vytápění i přípravu TV je složitější, neboť zdroj tepla má často k dispozici mnohem vyšší výkon než jaký by byl zapotřebí pro zajištění ohřevu teplé vody (tepelné ztráty objektu zpravidla bývají vyšší, než jaká je potřeba tepla pro přípravu TV). Pro tyto případy se proto často využívá systému s přednostní přípravou TV. Ta spočívá ve schopnosti využít plný výkon zdroje tepla pro ohřev teplé vody a její případné dohřátí.

Při odběru teplé vody se do zásobníku dopustí voda studená, čímž dojde k poklesu teploty vody. Při poklesu teploty pod stanovenou „spínací teplotu“ dojde k automatickému přepnutí systému rozvodu tepla a zdroj tepla přestane dodávat teplo do otopné soustavy a začne dodávat teplo do ohříváče TV. Po dosažení stanovené vypínací teploty v zásobníku dojde opět k přenastavení systému a zdroj tepla začne opět dodávat teplo do topného systému.

Při návrhu takového systému je zapotřebí dbát na několik věcí. Zaprvé je nutné zajistit, aby doba potřebná pro ohřátí zásobníku nebyla příliš dlouhá a nezačala mít negativní dopady na vytápění objektu, respektive neomezila zajištění tepelné pohody objektu. Doporučený rozdíl teplot mezi spínací a vypínací teploty vody v zásobníku by měl být 5 nebo 10 K. Doba ohřevu vody by neměla být delší než 10 minut u staveb s nízkou tepelnou kapacitou či nízkou akumulací tepla a 20 minut u staveb s vyšší tepelnou kapacitou zdí. Při dodržení této doby ohřevu můžeme považovat dopady na vytápění objektu za zanedbatelné.

Pro realizaci těchto systémů se nejčastěji využívají bojlerů s integrovaným výměníkem tepla (teplá užitková voda tak není ohřívána přímo zdrojem tepla, ohřev je zajištěn přes výměník tepla).

U velkých nádrží na teplou vodu (ať už se jedná o bojlerů či akumulační nádrže pro topný systém) je nutné uvážit také vliv přirozeného vrstvení vody v nádrži. Díky tomuto vlivu je zajištění ohřevu veškeré vody v nádrži na stanovenou teplotu obtížné. Tepelné výměníky se zpravidla instalují do spodních částí nádrže, ohřátá voda má menší hustotu než teplá voda a stoupá k vzhůru, zatímco chladnější voda je těžší a drží se proto v dolní části zásobníku. Z tohoto důvodu je zapotřebí korigovat využitelný objem zásobníku TV pomocí tzv. korekčního faktoru odběru  $y$ .

Typ zásobníku TV	y [-]	
	Doba ohřevu < 20 minut	Doba ohřevu < 10 minut
Vertikální zásobník TV	0,94	0,89
Horizontální zásobník TV (do 400 l)	0,96	0,91
Horizontální zásobník TV (nad 400 l)	0,90	0,85

Tabulka 12: Hodnota korekčního faktoru odběru TV (12)

Dobu ohřevu daného zásobníku TV můžeme vypočítat pomocí vzorce:

$$t_a = \frac{V_{TV} * y * \rho * c * X_p}{Q_{zd}} \quad (4.7)$$

Kde

$t_a$  – doba ohřevu vody v zásobníku teplé vody [s]

$Q_{zd}$  – tepelný výkon zdroje tepla [W]

$\rho$  – hustota vody [kg/m<sup>3</sup>]

$c$  – měrná tepelná kapacita vody [J/(kg\*K)]

$y$  – korekční faktor odběru tepla dle Tabulka 12 [-]

$V_{TV}$  – objem zásobníku na teplou vodu [m<sup>3</sup>]

$X_p$  – rozdíl mezi spínací a vypínací teplotou vody v zásobníku (5 nebo 10 K) [K]

Objem zásobníku TV se v tomto případě volí ve výšce denní potřeby TV. Před výpočtem je zapotřebí také ověřit, že tepelný výměník instalovaný do ohřívače TV je schopen plně předat tepelný výkon zdroje do zásobníku. Tepelný výkon výměníku je zpravidla stanoven výrobcem použitého zásobníku TV. V případě, že je výkon zdroje vyšší, než maximální výkon výměníku za daných podmínek (průtok a teplota vody ze zdroje tepla), je nutné do výpočtu použít maximální výkon výměníku. V případě, že výsledná doba ohřevu je kratší než 10 minut (20 pro objekty s vyšší tepelnou kapacitou), můžeme výkon zdroje tepla považovat za dostatečný.

## 5 Zdroje pro zajištění potřeby tepla pro objekt

V předchozí kapitole jsme popsali způsoby, jakými lze určit množství tepla, které je zapotřebí do objektu za účelem vytápění a přípravy teplé užitkové vody přivést. Dodávku tohoto tepla je možné zajistit mnoha různými zdroji, popřípadě jejich kombinací. Při návrhu otopného systému je třeba dbát také na technické parametry vytápěného objektu, na jeho používání a ekonomičnost provozu topného systému. Na volbu hlavního zdroje tepla pro objekt má rovněž vliv dostupnost některých zdrojů v lokalitě objektu – například možnost napojení na plynovod, nebo možnosti navýšení rezervovaného elektrického příkonu.

### 5.1 Kamna a kotle na tuhá paliva

Jedním z běžných způsobů zajištění dodávky tepla v obytných objektech jsou lokální topeniště, které jako palivo využívají buď zemní plyn, uhlí nebo dřevo. Velmi rozšířeným palivem v lokálních topeništích bylo dříve uhlí, a to kvůli jeho relativně nízké ceně a vysoké výhřevnosti. Vzhledem k současnému všeobecnému tlaku na snižování emisí skleníkových plynů a na zlepšování kvality ovzduší se od tohoto paliva v poslední době ustupuje. Například ve třetí vlně kotlíkových dotací, již není možné žádat o podporu pro pořízení kotlů spalujících uhlí. I z tohoto důvodu se používáním uhlí jako paliva v rámci této práce nebudeme zabývat.

Každý nově uváděný kotel musí splnit požadavky pro jeho bezpečný provoz a musí být provedeny všechny potřebné zkoušky (spalovací, požární, elektrické). Z důvodu ochrany ovzduší a snižování emisí jsou požadavky pro kotle postupně zpřísněny. Zkoušení kotlů určených pro ústřední vytápění se provádí podle normy ČSN EN 303-5. Zavedením této normy vzniklo dělení kotlů do tříd na základě jejich provozních emisí a dosahované účinnosti. V této normě jsou z tohoto důvodu definovány emisní limity pro CO (oxid uhelnatý), OGD (organicky vázaný uhlík) a pevné částice pro jednotlivé emisní třídy. Původně byly kotle děleny pouze do tříd 1, 2 a 3. Přijetím novelizované normy ČSN EN 303-5, byly zavedeny další dvě třídy s přísnějšími požadavky. Zároveň, se požadavky pro třídu 3 se staly požadavky minimálními. Od 1. ledna 2014 začal platit zákaz prodeje kotlů spadajících do třídy 1 a 2. V následujících letech byl stejným způsobem zakázán prodej kotlů tříd 3 a 4. Od 1. září 2022 bude zakázán provoz kotlů třídy 1 a 2, a to pod pokutou až 50 000 Kč. (13)

V současné době (od 1. 1. 2020) musí nově prodávané kotle a lokální topidla na tuhá paliva splňovat požadavky stanovené Směrnicí o Ekodesignu přijaté roku 2014.

<b>Kotle na tuhá paliva – parametry pro Ekodesign</b>	<b>Limitní hodnoty – platnost od 1.1.2020</b>
<b>sezónní energetická účinnost vytápění [%]</b>	75 (kotle o výkonu ≤ 20 kW)
	77 (kotle o výkonu > 20 kW)
<b>pevné částice (PM)</b>	40 (automaticky provozované kotle)
	60 (manuálně provozované kotle)
<b>organické plynné sloučeniny (OGC) [mg/m<sup>3</sup>]</b>	20 (automaticky provozované kotle)
	30 (manuálně provozované kotle)
<b>oxid uhelnatý (CO) [mg/m<sup>3</sup>]</b>	500 (automaticky provozované kotle)
	700 (manuálně provozované kotle)
<b>oxidy dusíku (NOx) [mg/m<sup>3</sup>]</b>	200 (kotle na biomasu)
	350 (kotle na fosilní paliva)
<i>Pozn.: všechny emisní limity jsou uváděny při 10% podílu O<sub>2</sub></i>	

Tabulka 13: Požadavky na Ekodesign pro kotle na tuhá paliva (14)

Interiérová topidla – parametry pro Ekodesign	Limitní hodnoty – platnost od 1.1.2022		
	otevřená	uzavřená vč. sporáků	peletová
sezónní energetická účinnost vytápění [%]	30	65	79
pevné částice (PM): HF [mg/m <sup>3</sup> ] / DT [g/kg] *	50 / 6	40 / 5	20 / 2,5
organické plynné sloučeniny (OGC) [mg/m <sup>3</sup> ]	120	120	60
oxid uhelnatý (CO) [mg/m <sup>3</sup> ]	2000	1500	300
oxidy dusíku (NOx) [mg/m <sup>3</sup> ] **	200 / 300	200 / 300	200 / 300

Tabulka 14: Požadavky na Ekodesign pro lokální topidla na tuhá paliva (14)

Využívání kotlů jako zdroje pro vytápění a využívání palivového dřeva či pelet má své výhody i nevýhody. V porovnání s alternativními systémy (například tepelnými čerpadly) mají kotle na dřevo zpravidla nižší pořizovací náklady. Určitou nevýhodou může být například nutnost pořízení paliva se značným předstihem a s tím spojená potřeba odpovídajícího prostoru pro jeho uskladnění. Tato nutnost je dána požadavkem na dostatečně nízkou vlhkost spalovaného dřeva. Vlhkost ve dřevě totiž značně snižuje jeho výhřevnost a jeho spalování je tak neekonomické.

Druh paliva	Obsah vody	Výhřevnost
	[%]	[MJ/kg]
Listnaté dřevo	15	14,605
Listnaté dřevo	50	7,585
Jehličnaté dřevo	15	15,584
Jehličnaté dřevo	50	8,161
Dřevní štěpka	10	16,400
Dřevní štěpka	20	14,280
Dřevní štěpka	30	12,180
Dřevní štěpka	40	10,100

Tabulka 15: Výhřevnost dřeva a dřevní štěpky v závislosti na jeho vlhkosti (15)

V krajním případě může dlouhodobé používání vlhkého dřeva vést i k poškození kotle. Výrobci kotlů a kamen zpravidla předepisují maximální vlhkost spalovaného dřeva do 20 %. (16) Vlhkost čerstvého vytěženého palivového dřeva se pohybuje v rozmezí 40 až 60 %. (17) V praxi to znamená, že čerstvé dřevo je zapotřebí nechat alespoň 2 roky vyschnout. V případě, že není k dispozici dostatečný prostor pro uskladnění dřeva (či jeho zásoba dochází), je určitou alternativou nákup již vysušeného dřeva. Suché dřevo se ale prodává za vyšší ceny a nemusí být vždy dostupné – ne každý prodejce v blízkosti dané lokality jej nabízí. K prodejní ceně je také zapotřebí započítat případné náklady na dopravu.

Dřevo	Délka	Cena čerstvé	Cena suché
druh	v cm	KČ/PRMS	KČ/PRMS
smrk, modřín	25	699,-	899,-
čistá olše	25	1049,-	1249,-
bříza	25	1249,-	1449,-
buk, dub, javor **	25	1249,-	1449,-

Tabulka 16: Orientační porovnání cen běžného a suchého dřeva (18)

Z provozování kotle vyplývá také povinnost vlastníka zajistit periodickou kontrolu a čištění komína a spalinových cest. Lhůty pro čištění a kontroly jsou stanoveny v příloze číslo 2 k vyhlášce č. 34/2016 Sb. Vyhláška 34/2016 rovněž stanoví případy, kdy je zapotřebí provést revizi spalinových cest. Revizi je zapotřebí provést v případě úpravy nebo výstavby nových spalinových cest, při změně spalovaného paliva, před opětovným využíváním již nepoužívané spalinové cesty, před výměnou kotle za jiný druh, po komínovém požáru a při vzniku či podezření na vznik trhlin v používané spalinové cestě.

Výkon připojeného spotřebiče paliv	Činnost	Druh paliva připojeného spotřebiče paliv				
		Pevné		Kapalné		Plynné
		Celoroční provoz	Sezónní provoz	Celoroční provoz	Sezónní provoz	
do 50 kW včetně	Čištění spalinové cesty	3 × za rok	2 × za rok	2 × za rok	1 × za rok	1 × za rok
	Kontrola spalinové cesty	1 × za rok		1 × za rok		1 × za rok
nad 50 kW	Čištění a kontrola spalinové cesty	2 × za rok		1 × za rok		1 × za rok

Tabulka 17: Lhůty čištění a kontrol spalinových cest (19)

Základním parametrem pro dimenzování krbů či kamen na tuhá paliva je výše určené výpočtové ztráty vytápěného objektu. V případě, že je kotel či krb jediným/hlavním zdrojem pro vytápění, by maximální výkon kotle či kamen měl být roven výši tepelných ztrát. V případě, že se jedná o rekreační objekt, který není trvale temperován a který má být v případě využití rychle vytopen, je možné výkon navýšit o tzv. dodatečný zátopový výkon. Tato situace se týká například chat, které jsou obývané pouze o víkendech.

#### 5.1.1 Krby a kamna s přirozenou cirkulací

V dřívějších dobách všechny krby a kamna využívaly pouze přirozenou cirkulaci. Toto provedení je poměrně jednoduché a má proto nižší pořizovací náklady. Často se proto využívá jako zdroj tepla pro menší rekreační objekty (chaty) nebo primárně jako dekorativní prvek a pouze jako sekundární zdroj tepla. Velkou nevýhodou těchto zdrojů je nemožnost akumulace vyrobeného tepla (bez výrazného zvýšení teploty v objektu nad komfortní teplotu) a nemožnost rozvádět vyrobené teplo do jednotlivých částí objektu podle aktuální potřeby. Ve vytápěných objektech se složitou dispozicí může docházet k situacím, kdy místnosti vzdálené od topeniště není možné vytopit na komfortní teplotu, zatímco místnost s kamny je přetopená.

#### 5.1.2 Krby a kotle s výměníkem

Pro větší objekty, kde krb či kotel má být primárním zdrojem tepla pro vytápění a případně i pro přípravu teplé vody je proto vhodné instalovat teplovodní systémy pro rozvod tepla a krb či kotel s výměníkem. Do takového systému je možné zakomponovat další prvky, které mohou zefektivnit provoz systému. Přidat lze například nádrže určené pro akumulaci tepla, další zdroje jako například fotovoltaické panely, elektrokotle či tepelná čerpadla. Otopný systém se v takovém případě stává mnohem složitějším a jeho pořizovací náklady jsou vyšší. Pro ekonomický provoz takovéto soustavy je



zapotřebí správně dimenzovat jednotlivé prvky soustavy dle specifických požadavků objektu a jeho užívání.

Při instalaci kotlů je zapotřebí dodržet technické požadavky stanovené výrobcem. U kotlů je například zapotřebí zajistit, aby teplota vody vracející se do kotle neklesala pod teplotu 65 °C. Při vyšších teplotách vody je výrazně omezena kondenzace dehtů kyselin. Zároveň je zapotřebí zajistit chod cirkulačních čerpadel pro případ výpadku elektrické energie a zabránit tak jeho přetopení. Tohoto je možné dosáhnout například pomocí záložních zdrojů elektřiny (centrála, baterie), využití samovolné cirkulace topné vody v části systému, nebo využití chladících smyček napojených na vodovodní řad (ovšem, je-li objekt zásobován ze studny pomocí čerpadel, toto řešení samozřejmě využít nelze).

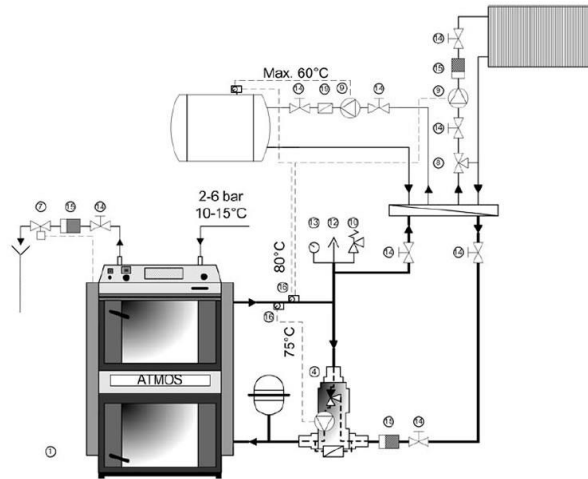
Při využití kotlů a se obecně doporučuje instalovat také akumulční nádrže, které zlepšují ekonomiku provozu kotlů tím, že umožňují provoz kotle při jeho plném výkonu. Doporučené objemy akumulčních nádrží jsou často uváděny pro konkrétní kotle jeho výrobcem. Samotnou montáž kotle může provést pouze odborná firma zaškolená výrobcem. (20)

## 5.2 Elektrické přímotopy

Využívání elektrických přímotopů nebo elektrických akumulčních kamen bylo v minulosti jednou z dražších možností vytápění, a to kvůli vyšší ceně elektrické energie v porovnání s alternativními palivy (uhlí, zemní plyn, dřevo) a také díky vysoké roční spotřebě běžné domácnosti. Výhodou vytápění pomocí přímotopů jsou relativně nízké pořizovací náklady, nenáročný provoz poskytující vysoký komfort a jednoduchou regulaci.

Růst oblíbenosti vytápění elektřinou byl v poslední době umožněn významným vývojem v oblasti stavebnictví a snižováním energetické náročnosti. Díky trendu zateplování a výměny oken je možné dosáhnout významného snížení spotřeby energie pro vytápění a dosáhnout značných finančních úspor. Tento trend byl také podporován prostřednictvím státního dotačního programu „Nová zelená úsporám“. Požadavky na nižší energetickou náročnost nových staveb v posledních letech vedlo k tomu, že všechny nové stavby mají v porovnání se starou zástavbou podstatně nižší potřebu energie na vytápění. Investice do (na pořízení) dražších systémů vytápění se tak díky nižší spotřebě energie již nemusí vyplatit.

Dimenzování elektrických přímotopů je specifické v tom, že namísto uvažování celkové výpočtové tepelné ztráty objektu (jako je tomu při dimenzování kotlů či tepelných čerpadel) je zapotřebí uvažovat tepelnou ztrátu jednotlivých místností, do kterých mají být přímotopy instalovány. U větších místností je zároveň vhodné umístit větší počet méně výkonných těles, tak aby bylo dobře dosaženo tepelné pohody ve všech částech místnosti. Pro zajištění dobré dynamiky provozu se doporučuje výkon přímotopů v dané místnosti naddimenzovat o 10 až 20 % vůči výpočtovým tepelným ztrátám. (21)



Obrázek 2: Příklad doporučeného zapojení kotle firmy ATMOS (22)

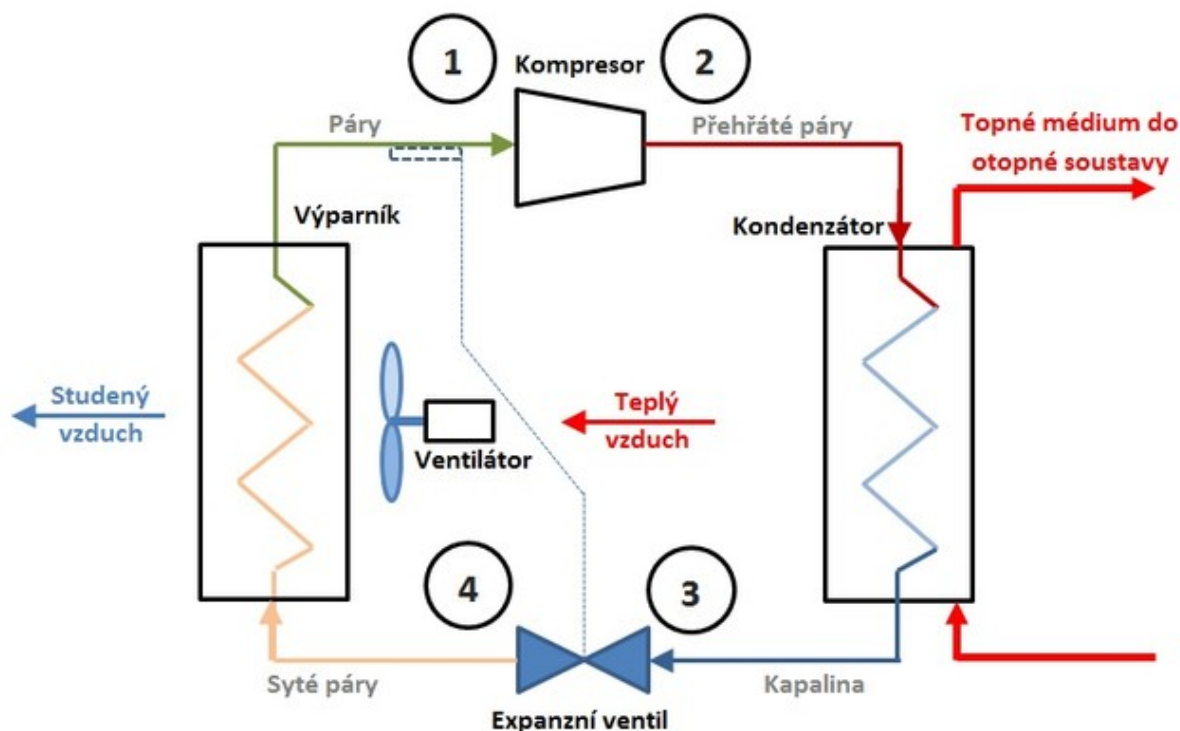
### 5.3 Tepelná čerpadla

Zatímco u nízkoenergetických a pasivních budov s nízkou spotřebou tepla může vytápění elektrickými přímotopy být ekonomicky zajímavým řešením, u budov s vyšší spotřebou tepla přestává být toto řešení ekonomicky výhodné. Vhodnějším alternativním zdrojem pro vytápění objektu v takovéto situaci může být tepelné čerpadlo. Výhodou tepelného čerpadla je jeho uživatelský komfort a relativní ekologičnost. Zároveň se jedná o zdroj, na jehož pořízení lze za určitých podmínek obdržet státní podporu.

#### 5.3.1 Princip fungování Tepelných čerpadel

Tepelné čerpadlo je tepelný stroj pracující s periodickým inverzním cyklem. Jedná se o zařízení, které je schopné odebírat teplo z chladnějšího tělesa (výparníku) a předat jej tělesu s vyšší teplotou (kondenzátoru). Jelikož tepelné čerpadlo přenáší teplo v opačném směru k samovolnému šíření tepla, je pro jeho provoz nutné dodat vnější práci. Ta je dodána pomocí kompresoru a čerpadel.

Tepelné čerpadlo pracuje na základě regulace teploty varu a kondenzace pracovní látky (média, chladiva) pomocí změny tlaku. Tepelné čerpadlo se skládá ze 4 základních komponent: výparníku, kondenzátoru, kompresoru a expanzního ventilu.



Obrázek 3: Zjednodušené schéma tepelného čerpadla (23)

Výparník je umístěn v místě, ze kterého chceme při provozu tepelného čerpadla teplo odebírat. Za sníženého tlaku, který je způsoben průchodem chladiva skrz expanzní ventil, dochází ve výparníku k varu pracovní kapaliny. Pro přeměnu kapaliny na plyn je zapotřebí chladivu dodat výparné teplo, to se do výparníku převádí z chlazeného prostoru. Páry chladiva jsou dále stlačeny v kompresoru a díky kompresnímu teplu se stávají přehřátou párou. Ta je přivedena do kondenzátoru, který se nachází v místě, do kterého chceme teplo přivádět. Při průchodu kondenzátorem se páry chladiva ochlazují a kondenzují, čímž odevzdávají kondenzační teplo do topného média. Tím může být například voda v teplovodní topné soustavě, nebo vzduch v místnosti, do které je kondenzátor umístěn. Kondenzované chladivo je přes expanzní ventil znovu přiváděno do výparníku.

Jeden z nejdůležitějších parametrů tepelného čerpadla, který určuje, jak efektivní provoz čerpadla je tzv. topný faktor (COP). Ten je definován jako:

$$COP = \frac{Q_{kond}}{E_{el}} \quad (5.1)$$

$Q_{kond}$  – energie předaná topnému médiu [J]

$E_{el}$  – energie dodaná do okruhu kompresorem [J]

Výše topného faktoru závisí na několika faktorech, těmi nejvýznamnějšími jsou ale požadovaná teplota kondenzace v kondenzátoru a teplota odpařování ve výparníku, respektive rozdíl mezi oběma teplotami. Čím bude požadovaná teplota kondenzace vyšší, tím více energie  $E_{el}$  bude muset být do okruhu dodáno. Podobně, čím nižší bude teplota vypařování, tím více energie  $E_{el}$  bude muset být dodáno.

Teplota kondenzace u tepelných čerpadel používaných s teplovodními rozvody tepla závisí na požadované teplotě topného média pro danou otopnou soustavu. Výše této teploty závisí na

konkrétním provedení topné soustavy. Naopak teplota odpařování je dána venkovní teplotou. Z tohoto důvodu výše topného faktoru v průběhu topného období výrazně kolísá a s rostoucím rozdílem obou teplot klesá.

Pro výběr tepelného čerpadla se tak používá tzv. sezónní topný faktor – SCOP. Ten se stanovuje na základě celoroční produkce tepla daného čerpadla a potřeby tepla uvažované budovy v závislosti na klimatických podmínkách. SCOP zohledňuje nejen efektivitu provozu čerpadla, ale také vlivy cyklování (spínání a vypínání zdroje v případě, že jsou aktuální tepelné ztráty nižší, než je jmenovitý výkon čerpadla), spotřebu energie v bivalentních zdrojích, spotřebu při náběhu či režimu Stand-by, atd.

Dimenzování tepelných čerpadel závisí na konkrétní konstrukci čerpadla. Tepelná čerpadla vybavená kompresory, které nemají regulovatelný výkon, se zpravidla dimenzují na 80 % tepelných ztrát objektu. Důvodem je snaha omezit počet vypínacích a zapínacích cyklů při vyšších venkovních teplotách. Zapínání a vypínání v rychlém sledu totiž snižuje životnost čerpadla. Tomuto stavu je možné předejít také instalací tzv. taktovací nádoby, či akumulární nádoby. Tepelná čerpadla s invertory (frekvenčními měniči) jsou schopná svůj výkon regulovat, a proto je možné je dimenzovat na plnou tepelnou ztrátu.

V případě, že je tepelné čerpadlo jediným zdrojem v objektu (monovalentní provoz), je nutné uvážit také skutečnost, že tepelné čerpadlo pracuje pouze v době nízkého tarifu (22 hodin denně). Z tohoto důvodu je při monovalentním provozu nutné počítat také s určitým rezervním výkonem.

Navrhování tepelných čerpadel na celou tepelnou ztrátu objektu ale není vždy ekonomicky výhodné, plný výkon tepelného čerpadla by byl jen málokdy využíván. Často se proto systémy s tepelným čerpadlem dimenzují jako „bivalentní“ – do určité venkovní teploty (tzv. bivalentní teploty) se tepelná ztráta objektu pokrývá tepelným čerpadlem, při poklesu venkovní teploty pod tuto hodnotu je nutné pro pokrytí tepelných ztrát využít dalších zdrojů tepla (těmi často jsou elektrokotle či topné spirály umístěné do akumulárních/taktovacích nádob). (24) Bivalentní teplota systémů se zpravidla navrhuje do -10 °C.

Náklady na veškeré energie spotřebované objektem je možné určit pomocí vzorce: (25)

$$N = \left( \frac{Q_{celk} + -Q_{zisk}}{TF} + (1 - k) * E_o \right) * C_{NT} + k * E_o * C_{VT} + SMP \quad (5.2)$$

Kde:

$Q_{celk}$  – celková potřeba tepla na pokrytí ztrát a přípravu TV [kWh/rok]

$Q_z$  - tepelné zisky objektu [kWh/rok]

$E_d$  – spotřeba elektrické energie dalšími spotřebiči v objektu [kWh/rok]

$k$  - podíl spotřeby  $E_d$  čerpané v době vysokého tarifu [-]

$TF$  - topný faktor vytápěcího systému [-]

$C_{NT}$  - cena za odebranou elektrickou energii v NT [Kč/kWh]

$C_{VT}$  - cena za odebranou elektrickou energii ve VT [Kč/kWh]

$SMP$  - stálé měsíční platby [Kč/rok]

Výše cen elektrické energie a fixních měsíčních nákladů je dána příslušnou sazbou za elektrickou energii. Způsob výpočtu potřeby tepla pro vytápění a přípravu TV a stanovení tepelných zisků jsme popsali v kapitole 3 a 4. Spotřebu elektrické energie ostatními spotřebiči je možné stanovit na základě

znalosti veškerých spotřebičů v objektu a jejich využívání. Důvodem, proč je v hodnocení zapotřebí počítat i se spotřebou ostatních zařízení je skutečnost, že sazby pro tepelná čerpadla mají vyšší počet hodin nízkého tarifu, díky čemuž je možné dosáhnout určité úspory.

Sazeb pro tepelná čerpadla existuje několik, pro nové systémy je možné od 1. 1. 2021 přiznat sazbu D57d pro domácnosti a C56d pro podnikatele. Podmínkou pro přiznání tarifu C56d je dostatečné doložení instalace tepelného čerpadla, jehož tepelný výkon pokrývá minimálně 60 % tepelných ztrát objektu, nebo odpovídá minimálně 80 % pokrytí dílčí potřeby energie na vytápění uvedené v Průkazu energetické náročnosti budovy. Pro přiznání tarifu D56d je opět nutné doložit přítomnost tepelného čerpadla (či jiného elektrického zdroje tepla – přímotopy apod.) a doložit, že součet jeho příkonu a příkonu el. bojleru pro přípravu TV (pokud je instalován) činí nejméně 40 % celkového příkonu objektu dle hlavního jističe, nebo že výkon zdroje pro vytápění odpovídá tepelným ztrátám objektu, popřípadě odpovídá minimálně 80 % pokrytí dílčí potřeby energie na vytápění uvedené v průkazu energetické náročnosti budovy. Sazba C56d má dobu platnosti nízkého tarifu 22 hodin, sazba D57d 20 hodin. Existují rovněž další sazby pro tepelná čerpadla, ty ale již nemohou být uznány pro nové instalace. (26) (27)

Tepelná čerpadla lze rozdělit na několik druhů podle toho, jakému médiu teplo odebíráme a jakému jej odevzdáváme. Většinu tepelných čerpadel lze rozdělit do kategorií vzduch/voda, země/voda, voda/voda a vzduch/vzduch.

### 5.3.2 Tepelné čerpadlo Vzduch/voda

V současné době jsou čerpadla vzduch/voda nejžádanějším druhem tepelných čerpadel. Jejich výhodou je relativně snadné napojení na stávající teplovodní topné soustavy a možnost nahradit (či doplnit) jimi tak stávající zdroje tepla, například kotel na tuhá paliva). Pořízení těchto tepelných čerpadel je zároveň levnější, než pořízení jiných typů tepelných čerpadel, které rovněž umožňují napojení na teplovodní topné systémy. Nevýhodou je ale značná závislost topného faktoru na venkovní teplotě, díky které nemají tato čerpadla konstantní vstupní parametry. Jelikož při nízkých teplotách dochází k relativně vysokému poklesu topného faktoru, instalují se k tepelným čerpadlům další, tzv. bivalentní zdroje, zpravidla ve formě topných tyčí do akumulčních zásobníků. Ty jsou v provozu jako záložní zdroj v případech, kdy tepelné čerpadlo není schopné samo zajistit celou potřebu tepla. Jako doplňkový zdroj ale mohou být používány například i kotle na tuhá paliva. Tepelné čerpadlo tak může být například provozováno během přechodného období, kdy je topný faktor díky vyšším venkovním teplotám vyšší, a pouze během silnějších mrazů může být provozován kotel. Tímto způsobem tak dojde ke snížení nákladů na elektřinu v období, kdy by se kvůli nízkému topnému faktoru převážně topilo elektřinou.

### 5.3.3 Tepelné čerpadlo země/voda

Alternativou k využívání tepelného potenciálu venkovního vzduchu je systém země/voda, který využívá tepelný potenciál země. Tento typ tepelného čerpadla dosahuje vyšších hodnot topného faktoru, který je navíc v průběhu topné sezóny více stabilní. Tepelná čerpadla země/voda je možné realizovat pomocí různých technologií, buď pomocí speciálních zemních kolektorů, či pomocí vrtů. Zásadní nevýhodou

těchto typů tepelných čerpadel jsou výrazně vyšší pořizovací náklady způsobené nákladnými zemními pracemi.

Při návrhu zemního tepelného čerpadla je zapotřebí správně dimenzovat velikost zemního kolektoru popřípadě vrtů. Při jejich nedostatečném dimenzování totiž při delším provozu tepelného čerpadla může dojít k tzv. zamrznutí kolektoru/vrtu. Zamrznutím kolektoru/vrtu rozumíme situaci, kdy je ze země odčerpána velká část jejího tepla rychleji než se teplo v zemi může obnovit. Díky tomuto vlivu dochází k poklesu topného faktoru, nárůstu spotřeby elektrické energie. Návratnost velké investice do zemního tepelného čerpadla tak může být negativně ovlivněna.

Podzemní tepelné výměníky by z hlediska svého provedení měly být trvalou stavbou, kterou je možné opakovaně využívat i po zastarání samotného tepelného čerpadla.

#### 5.3.3.1 Návrh rozměrů zemního kolektoru

Zemní plošné kolektory využívají skutečnosti, že i v době největších mrazů dochází k promrznání země jen do určité hloubky. Hloubka, ve které již k promrznání nedochází, se označuje pojmem nezámrazná. Obecně lze říci, že hloubka promrznutí závisí na klimatických podmínkách dané lokality a konkrétním typu zeminy. V našich podmínkách se hloubka promrznutí zeminy zpravidla pohybuje od 0,8 až do 1,2 metru.

Nadmořská výška [m]	< 250	250-400	400-700	700-900
hloubka promrznutí [m]	0,75-0,85	0,8-0,95	0,9-0,11	1,1-1,3

Tabulka 18: orientační hloubka promrznutí zeminy v závislosti na nadmořské výšce (28)

Z výše popsané tabulky je patrné, že pro správnou funkčnost zemního kolektoru je nutné jej umístit do odpovídající hloubky. Hloubka uložení kolektorů se zpravidla pohybuje mezi 1,1 až 1,5 metry (29), existují ale i kolektorové systémy, které jsou pokládány hlouběji, i do 2 metrů.

Zemní kolektory jsou zpravidla vyrobeny z polyethylenového potrubí, které je položeno v odpovídající nezámrazné hloubce. Uložení je možné provést do klasického výkopu vytvořeného pomocí bagru, nebo využít užších drážek vytvořených zemním rýhovačem. Celková plocha kolektoru je přímo úměrná tepelnému výkonu, který chceme ze zeminy provozem tepelného čerpadla extrahovat, a závisí také na délce provozu tepelného čerpadla.

Návrh zemního kolektoru pro tepelné čerpadlo je možné provést například podle německé normy VDI 4640. Tato norma rozlišuje dva typy provozu tepelného čerpadla – jako zdroj tepla pouze pro vytápění, a jako zdroj tepla pro vytápění i pro přípravu teplé vody. Při provozu tepelného čerpadla jako zdroje i pro přípravu teplé vody se uvažuje větší počet ročních provozních hodin. Pro oba provozní normy zároveň specifikuje maximální extrakční kapacitu půdy na m<sup>2</sup>.

Typ podloží	Max. specifická extrakční kapacita při 1800 provozu h/ročně	Max. specifická extrakční kapacita při 2400 provozu h/ročně
Suchá, nesoudržná půda	10 W/m <sup>2</sup> a 5 W/bm	8 W/m <sup>2</sup> a 4 W/bm
Soudržná, vlhká půda	20–30 W/m <sup>2</sup> a 15 W/bm	16–24 W/m <sup>2</sup> a 12 W/bm
Vodou nasycený písek/štěrk	40 W/m <sup>2</sup> a 20 W/bm	32 W/m <sup>2</sup> a 16 W/bm

Tabulka 19: Maximální extrakční kapacita půdy podle normy VDI 4640 (30)

Z výše uvedené tabulky vyplývá, že při návrhu zemního kolektoru je zapotřebí provést výpočet celkového počtu provozních hodin pro vytápění a případný ohřev TV. Tento výpočet je nutný pro ověření použitelnosti hodnot stanovených v tabulce Tabulka 19. Pro rychlý a jednoduchý výpočet lze využít následujících vzorců:

$$T_{tv} = \frac{Q_{TV}}{P_{nB0/W50}} \quad (5.3)$$

$T_{TV}$  – Počet provozních hodin tepelného čerpadla pro přípravu teplé užitkové vody [h]

$Q_{TV}$  – Celková roční spotřeba tepla pro přípravu TV [kWh/rok]

$P_{nB0/W50}$  – Výkon tepelného čerpadla při průměrné teplotě na výstupu kolektorového systému 0 °C a teplotě TV 50 °C [kW]

Obdobným způsobem lze určit i počet provozních hodin pro vytápění:

$$T_{vyt} = \frac{Q_{vyt}}{P_{nB0/WX}} \quad (5.4)$$

$T_{vyt}$  – Počet provozních hodin tepelného čerpadla pro pokrytí tepelných ztrát objektu [h]

$Q_{vyt}$  – Celková roční spotřeba tepla pro vytápění [kWh/rok]

$P_{nB0/WX}$  – Výkon tepelného čerpadla při průměrné teplotě na výstupu kolektorového systému 0 °C a teplotě vody v topné soustavě (ta závisí na jejím návrhu) [kW]

V případě, že vypočítaný roční počet provozních hodin  $T_{vyt}$  bude výrazně vyšší než 1800h, či součet  $T_{vyt}$  a  $T_{TV}$  bude výrazně vyšší než 2400 h, je zapotřebí tuto skutečnost reflektovat v návrhu zemního kolektoru, například přepočtem maximálních specifických extrakčních kapacit pro daný počet provozních hodin.

Ve vzorcích (5.3) a (5.4) jsme pro výpočet provozních hodin využili celkový výkon daného typu tepelného čerpadla za specifikovaných provozních parametrů. V tomto výkonu je tak započítán i výkon dodaný kompresorem tepelného čerpadla, který není odebírán ze zemního kolektoru. Pro výpočet potřebné plochy kolektoru je zapotřebí pracovat se skutečně odebíraným tepelným výkonem z kolektoru, tuto hodnotu lze stanovit tak, že v daných pracovních bodech od celkového výkonu tepelného čerpadla odečteme jeho elektrický příkon. S pomocí této hodnoty je následně možné stanovit celkovou plochu kolektoru:

$$S = \frac{Q_T}{Q_{sp}} \quad (5.5)$$

$S$  – plocha kolektoru [m<sup>2</sup>]

$Q_T$  – okamžitý extrakční výkon ze země [W]

$Q_{sp}$  – specifická extrakční kapacita daného podloží [W/m<sup>2</sup>]

Obdobně lze získat i celkovou délku potrubí kolektoru:

$$D = \frac{Q_T}{Q_{sd}} \quad (5.6)$$

D – celková délka kolektorového potrubí

$Q_{sd}$  – specifická extrakční kapacita daného podloží na běžný metr [W/b.m]

Tímto postupem jsme získali základní optimální parametry potřebného kolektoru. Výpočtem samotné délky potřebného potrubí ale samotný návrh nekončí, neboť potrubí zemního kolektoru je zapotřebí rozdělit do více kratších segmentů/větví. Empirickým zkoušením bylo zjištěno, že optimální délka 1 větve kolektoru je přibližně 130 m. (30) Realizace kolektoru pomocí pouze 1 segmentu není vhodná.

Důvod můžeme nastínit na následujícím příkladu. Uvažujme případ, kdy by zemní kolektor byl vytvořen jednou kontinuální trubkou potřebné délky procházející odpovídající plochou země. Při provozu čerpadla potrubím proudí chladivo o nižší teplotě, než je teplota okolní zeminy. Díky tepelnému gradientu tak při průtoku potrubím dochází k postupnému ohřevu chladiva. K největšímu ohřevu chladiva přitom bude na začátku potrubí, kde je největší teplotní gradient. Postupným ohříváním chladiva teplotní gradient klesá a od určité vzdálenosti bude příliš malý pro zajištění dalšího ohřevu chladiva. Vliv koncové části kolektoru na výstupní teplotu chladiva tak bude zanedbatelná. Při rozdělení potrubí do více segmentů proto dojde k lepšímu využití kolektoru a dosažení vyššího teplotního spádu na vstupu a výstupu kolektoru.

Realizace zemního kolektoru by z hlediska zajištění potřebných povolení neměla být problematická, viz následující citace informací dostupných na stránkách společnosti Hot-Energy s.r.o: „K získání povolení výstavby by mělo většinou stačit ohlášení stavebnímu úřadu a čestné prohlášení vlastníka pozemku k situaci inženýrských sítí. Doporučujeme však po zkušenostech s některými úředníky vždy navštívit příslušný stavební úřad a nechat si písemně potvrdit požadavky úřadu. Úroveň znalostí úředníků bývá velmi nízká, což pak vede k až absurditám, kdy úřad po investorovi požaduje nesmyslné doklady.“ (31)

### 5.3.3.2 Návrh potřebných zemních vrtů

V předchozí kapitole jsme popsali jednoduchý způsob stanovení základních rozměrů zemního kolektoru pro tepelné čerpadlo. Nevýhodou kolektorů je nutnost velkého pozemku pro jeho realizaci. Například pro zemní kolektor s okamžitým extrakčním výkonem 10 kW je zapotřebí mezi 400 a 500 m<sup>2</sup>. Prostor o takové ploše často nemusí mít majitel objektu k dispozici. V takovémto případě může být alternativním řešením realizace tepelného čerpadla pomocí zemních vrtů.

V rámci dimenzování vrtů je zapotřebí stanovit základní parametry, kterými je: (32)

- Celkový počet potřebných vrtů a jejich hloubka
- Vzájemné rozestupy a rozmístění vrtů

Samotný vrt má většinou průměr mezi 125 až 165 mm. Hloubka vrtu zpravidla bývá mezi 60 a 100 metry.

Podobně jako u zemních kolektorů, je jedním ze zásadních parametrů pro určení potřebné délky vrtů typ podloží v dané lokalitě. Na specifický odběrový výkon má vliv i roční počet provozních hodin.



Druh zemního masívu	Měrný odběrový tepelný tok	
	doba provozu 1 800 h	doba provozu 2 400 h
Obecné směrné hodnoty:		
špatné podloží (suchý sediment a $\lambda < 1,5 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ )	25 W/m	20 W/m
běžné podloží a vodou nasycený sediment $1,5 < \lambda < 3,0 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$	60 W/m	50 W/m
pevná hornina s vysokou tepelnou vodivostí $\lambda > 3,0 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$	84 W/m	70 W/m
Jednotlivé druhy zemního masívu:		
suchý štěrk nebo písek	< 25 W/m	< 20 W/m
štěrk nebo písek nasycený vodou	65 W/m až 80 W/m	55 W/m až 65 W/m
štěrk nebo písek se silným prouděním spodní vody	80 W/m až 100 W/m	80 W/m až 100 W/m
vlhký jíł	35 W/m až 50 W/m	30 W/m až 40 W/m
vápencový masív	55 W/m až 70 W/m	45 W/m až 60 W/m
pískovec	65 W/m až 80 W/m	55 W/m až 65 W/m
křemičitý magmatit (např. granit, žula)	65 W/m až 85 W/m	55 W/m až 70 W/m
bazální magmatit (např. basalt, čedič)	40 W/m až 65 W/m	35 W/m až 55 W/m
diorit (rula)	70 W/m až 85 W/m	60 W/m až 70 W/m

Tabulka 20: Přehled tabulkových hodnot odběrového tepelného výkonu pro zemní vrty uvedené v normě ČSN EN 15450 (33)

Z výše uvedené tabulky je patrné, že hodnota odběrového výkonu na metr se při různých zemních masivech může i výrazně lišit.

Postup návrhu vrtů je odlišný podle výkonu tepelného čerpadla. Pro tepelná čerpadla s výkonem do 30 kW je možné použít zjednodušený postup výpočtu délky vrtu. Pro použití tohoto postupu je nutné respektovat jeho okrajové podmínky. Těmi jsou: (34)

- Hloubka vrtu mezi 60 a 100 metry
- Rozestup mezi jednotlivými vrty musí být alespoň 10 % jejich navrhované délky, minimální vzdálenost je tak 6 m
- Vrty musí být provedeny v 1 linii
- Dodržení počtu maximálních ročních provozních hodin
- Duplexní (dvouokruhové) vystrojení vrtu DN 25 (GVS 4 × 32 mm), DN 32 (GVS 4 × 40 mm),

Potřebná délka se pak spočítá pomocí vzorce:

$$L = \frac{Q_T}{Q_d} \quad (5.7)$$

Kde

L – potřebná délka vrtu [m]

$Q_T$  – okamžitý extrakční výkon ze země [W]

$Q_d$  – měrný odběrový tepelný tok [W/m]

Vypočtená délka  $L$  se následně rozdělí na více sond o přibližně stejné délce, doporučuje se přitom metráž dle geologických podmínek navýšit. Výpočet je možné upřesnit aplikováním znalostí ročního topného faktoru daného tepelného čerpadla a ročního množství tepla dodaného čerpadlem a výpočtem hodnoty průměrného odběrového výkonu ze země.

$$Q_{T,y} = Q_{total} \left(1 - \frac{1}{COP_y}\right) \quad (5.8)$$

Kde

$Q_{T,y}$  – roční odebraná tepelná energie ze země [kWh/rok]

$Q_{total}$  – množství tepla dodaného tepelným čerpadlem za rok [kWh/rok]

$COP_y$  – hodnota ročního topného faktoru daného tepelného čerpadla [-]

Vydělením hodnoty  $Q_{T,y}$  odhadovaným ročním počtem provozních hodin je možné získat průměrný roční odběrový výkon, a využít jej pro výpočet délky vrtu v rovnici (5.7). Pro odhad počtu provozních hodnot je možné použít vzorců (5.3), respektive (5.4). (33)

Pro dimenzování vrtů pro systémy s větším výkonem než 30 kW, nebo v případě, že vrtý již nejsou uspořádány liniově, není možné použít výše popsaného zjednodušeného výpočtu, například není již možné využít hodnot uvedených v Tabulka 20. V rámci realizace takového projektu zemních vrtů se vždy provádí průzkumný vrt. Provedení tohoto vrtu je nutné pro stanovení konkrétních geologických parametrů v lokalitě. Mezi těmito parametry je například: (34)

- Dosažitelná hloubka dostupnou vrtací technikou v lokalitě
- Přesné složení geologických vrstev a jejich zvodnění

Na základě poznatků získaných pomocí průzkumného vrtu, a parametrů plánované realizace vrtů (rozteč vrtů, konstrukce vrtů, průtok chladiva apod.) se následně provádějí simulace fungování vrtného pole. Pro získání reálné tepelné výkonnosti podloží na metr délky se provádí tzv. zkouška tepelné odezvy neboli GRT.

Zkouška GRT se provádí minimálně 3 dny po úplném dokončení průzkumného vrtu (tj. vyvrtání a osazení vertikální sondou). Před zahájením samotné zkoušky se zaznamená teplotní profil daného vrtu. Vrt je následně po dobu minimálně 50 hodin (pro eliminaci či zmírnění chyb měření se doporučuje test provádět 72 hodin) zatěžován tepelným výkonem mezi 5 a 9 kW v závislosti na hloubce. Po konci zkoušky se opět zaznamená teplotní profil vrtu. Porovnáním získaných teplotních profilů je následně možné určit parametry jednotlivých vrstev a vhodnost jejich využití dle plánovaného využití zemních vrtů (akumulace energie, vytápění, chlazení).

Pro realizaci vrtů je zapotřebí opatřit potřebná povolení, ta závisí na výši odebíraného výkonu a liší se také podle toho, zda je z vrtů čerpána voda (tj. jedná se o systém voda-voda).

Pro vrtý, ze kterých nedochází k čerpání podzemní vody a jedná-li se o tepelné čerpadlo s celkovým tepelným výkonem do 20 kW, není pro realizaci zapotřebí stavební povolení ani ohlášení. Zapotřebí je ale územní rozhodnutí, či územní souhlas, či veřejnoprávní smlouva. U vrtů, jejichž hloubka je větší než 30 m, je zapotřebí ohlásit vrtné práce příslušnému Báňskému úřadu. Je-li tepelný výkon vyšší než 20 kW, je zapotřebí získat stavební povolení, jehož součástí je i souhlas vodoprávního úřadu. Vrtý, ze kterých je odebírána podzemní voda, jsou považovány za vodní díla a vyžadují proto vydání územního

rozhodnutí nebo územního souhlasu, stavebního povolení a povolení k nakládání s podzemní vodou. Pro uvedení do provozu je nutná kolaudace. (35)

#### 5.3.4 Topná soustava pro tepelná čerpadla

Pro zefektivnění provozu tepelného čerpadla je možné provést úpravy jak topné soustavy, tak samotného tepelného čerpadla. Na rozdíl od kotlů na tuhá paliva nejsou tepelná čerpadla schopna dosáhnout vysokých teplot otopné vody, tepelná čerpadla zpravidla nejsou schopna dosáhnout teplot vyšších než 55 °C. S ohledem na tuto skutečnost je proto nutné provést úpravy topného systému a jeho jednotlivých částí (radiátorů). Jako nejvyšší doporučený tepelný spád pro tepelná čerpadla se proto zpravidla uvádí 55/45 °C.

Způsobů, jak snížit tepelný spád otopné soustavy je několik. U nových budov je vhodným řešením například použití podlahového topení místo radiátorů. Teplota vody pro podlahové topení se nejčastěji navrhuje na 20 – 30°C. (36) U starých objektů je ale realizace podlahového vytápění často neproveditelná. Jediným řešením tak je výměna starých radiátorů (které v případě, že se objekt vytápěl kotlem na tuhá paliva, pravděpodobně využívaly tepelný spád 90/70 či 70/55) za nové s větší teplosměnnou plochou. Díky větší ploše jsou radiátory schopné zajistit vytápění v dané místnosti i při nižším tepelném spádu.

Tepelný výkon tělesa je možné určit pomocí rovnice:

$$Q_t = k * S_t * (t_w - t_{in}) \quad (5.9)$$

Kde

$Q_t$  – tepelný výkon tělesa [W]

$k$  – součinitel prostupu tepla tělesem [ $W * m^{-2} * K^{-1}$ ]

$S_t$  – teplosměnná plocha tělesa [ $m^2$ ]

$t_w$  – střední teplota vody v tělese [°C]

$t_{in}$  – teplota ve vytápěné místnosti [°C]

Jednoduchý způsob, jak zjistit, o kolik se při změně tepelného spádu změní tepelný výkon těles je přepočítání tepelného výkonu podle DIN 4704-část 3 s použitím interaktivní kalkulačky na TZB-info. (37)

Zásadní omezení ale může být způsobeno průměrem trubek instalovaných v objektu. Díky vyššímu teplotnímu spádu bylo možné instalovat slabší rozvodné trubky a může tak být problém dosáhnout vyššího průtoku vody v systému. Při nízkém průtoku dochází k růstu tepelného spádu topné vody a snížení účinnosti tepelného čerpadla. Kvůli nižšímu tepelnému spádu je ale průtok vody v systému vyšší. (38)

Přenášený výkon otopné části potrubí:

$$Q = \dot{m} * c * \Delta t \quad (5.10)$$

Kde

$Q$  – přenášený výkon úsekem [W]

$\dot{m}$  – hmotnostní průtok [kg/s]

$c$  – měrná tepelná kapacita vody [J/Kg\*K]

$\Delta t$  – tepelný spád otopné soustavy [K]

#### 5.4 Využití fotovoltaických panelů pro ohřev teplé užitkové vody

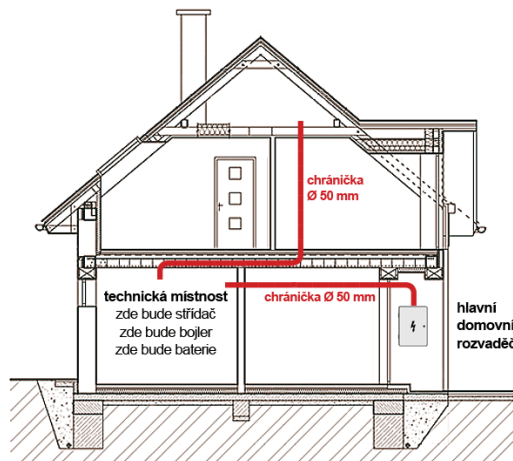
Dalším z alternativních zdrojů, který lze využít například pro přípravu teplé užitkové vody, či pokrytí části elektrické spotřeby, jsou solární systémy. Ty je možné rozdělit do dvou základních kategorií – a to solární termické kolektory a fotovoltaické panely.

Velkou výhodou fotovoltaických systémů je relativně snadná instalace. Například v případě instalace na střechy domů tyto systémy nezabírají žádný jinak využitelný prostor. Určitou komplikací může být zajištění rozvodu potřebných kabelů, a to zvláště ve starých objektech, které na instalaci solárních systémů nebyly předem připraveny.

V současné době existuje několik různých technologií FV panelů, tou nejvíce používanou technologií jsou FV panely z krystalického křemíku (ať už monokrystalické, či multikrystalické). Méně využívanou technologií jsou tenkovrstvé moduly.

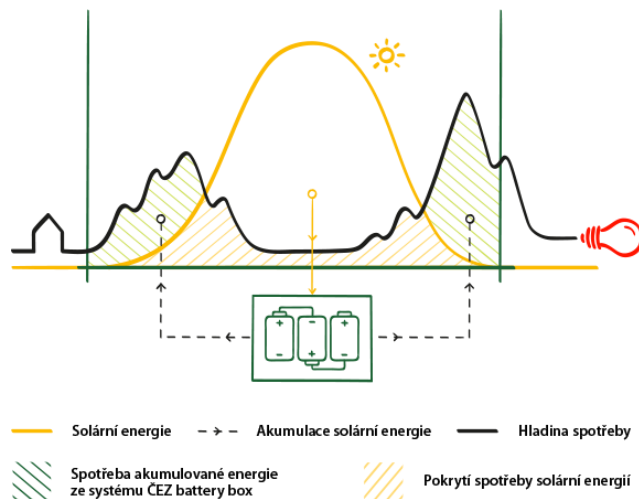
S ohledem na klesající cenu a postupné zlepšování fotovoltaických panelů, a s ohledem na pravděpodobnou snahu států EU na využití potenciálu střešních fotovoltaik je možné, u novostaveb a zásadně rekonstruovaných budov, doporučit provedení potřebných úprav pro snazší implementaci potenciálních fotovoltaických systémů v budoucnosti. U nově stavěných objektů a při rekonstrukcích objektů je provedení těchto úprav relativně snadné a výrazně pak zjednodušuje realizaci potenciálních střešních fotovoltaických systémů. Tyto úpravy přitom mohou spočívat v roztažení chrániček o průměru přibližně 50 mm pro případné rozvody elektrické energie z panelů. U nových staveb je vhodné navrhnout konstrukci střechy tak, aby některá z jejích částí měla pro instalaci FV panelů vhodný sklon a plochu. (39)

#### PŘÍPRAVA DOMU PRO SOLÁRNÍ ELEKTRÁRNU



Obrázek 4: Doporučené umístění chrániček pro potenciální rozvody potřebné pro realizaci FV panelů (39)

Základní nevýhodou solárních fotovoltaických systémů je složitá akumulace vyrobené energie. Při instalaci FV panelů na střechy například rodinných domů se totiž výroba elektrické energie zpravidla nepotkává s digramem její spotřeby.



Obrázek 5: Propagační obrázek k bateriovému systému pro FV elektrárny nabízený společností ČEZ Solární (40)

Z hlediska pokrývání spotřeby elektrické energie rozlišujeme FV systémy na „on-grid“ a „off-grid“ (zapojené a nezapojené do elektrické sítě). Z hlediska ukládání energie lze systémy rozlišovat do kategorií bez akumulace elektrické energie, s akumulací do teplé vody, a na systémy s bateriemi.

V případě, že solární systém není schopen vyrobenou elektrickou energii akumulovat, dochází v případě instalace on-grid systému k jejímu prodávání do distribuční sítě za velmi nízké ceny. Vlastník/provozovatel střešní fotovoltaiky proto z této nevyužité energie nemá žádný významný ekonomický benefit, což vede k horšímu zhodnocení investice do realizace střešního FV systému.

Bateriová úložiště jsou v současnosti nejlepším způsobem, jak vyrobenou elektrickou energii uskladnit a umožnit její pozdější využití. Nevýhodou bateriových systémů jsou ale jejich relativně vysoké pořizovací náklady. Levnou alternativou, jak zajistit využití vyrobené elektrické energie je pomocí akumulace do teplé vody. Tu je totiž možné „skladovat“ v zásobnících do jejího využití. Nevýhodou tohoto řešení je ale skutečnost, že pro realizaci tohoto řešení se zpravidla používá speciálních elektrických bojlerů s dvěma či více elektrickými topnými těly (první napojená na standardní rozvody elektřiny v objektu a druhá napojená na FV systém). Takto uložená elektřina pak snižuje pouze odběr levnější elektrické energie v tzv. nízkém tarifu.

Okamžitý výkon fotovoltaických panelů obecně závisí na aktuální ozáření panelů. Ozáření závisí na povětrnostních podmínkách, lokalitě, a mění se v průběhu dne i roku. Výkon FV pole je pak:

$$P_{DC} = A_{pole} * G * \eta_{modul} \quad (5.11)$$

Kde:

$P_{DC}$  – okamžitý výkon fotovoltaického pole [W]

$A_{pole}$  – plocha fotovoltaického pole [m<sup>2</sup>]

$G$  – ozáření fotovoltaického pole [W/m<sup>2</sup>]

$\eta$  – účinnost modulu [-]

Jelikož výkon panelů závisí na aktuální ozáření, pro potřeby porovnání různých FV panelů se zavedl tzv. jmenovitý výkon panelu s jednotkou kWp. Jedná výkon při standardních testovacích podmínkách (energie dopadá na FV panel kolmo, ozáření je 1 kW/m<sup>2</sup>, průhlednost atmosféry AM = 1,5, teplota článků 25 °C).

Pro stanovení průměrné očekávané výroby konkrétního FV systému v dané lokalitě se často využívá nejrůznějších výpočetních programů. Jedním z vhodných programů pro určení těchto parametrů je například volně dostupný výpočetní model PVGIS. Vstupem do tohoto modelu jsou základní parametry FV systému – technologie použitých FV panelů, jmenovitý výkon FV pole, orientace směrem na jih, sklon panelů a procentuální ztráty systému.

Roční výrobu elektrické energie FV systémem je možné vypočítat podle ČSN EN 15316-4-6 (41) jako:

$$E_{FV,y} = \frac{H_{T,y} * P_{inst} * f_{perf}}{G_{ref}} \quad (5.12)$$

Kde

$H_{T,y}$ - roční dávka slunečního ozáření dopadající na fotovoltaický systém [kWh/m<sup>2</sup>.rok]

$P_{pk}$  -špičkový výkon FV systému [kW],

$f_{perf}$  -činitel výkonnosti fotovoltaického systému [-],

$G_{ref}$  - referenční sluneční ozáření, rovné 1 kW/m<sup>2</sup>

Činitel výkonnosti systému respektuje skutečné provozní podmínky FV systému, například jeho provozní teplotu, přeměnu stejnosměrného proudu na střídavý a druh instalace modulů do budovy.

Pro stanovení očekávané roční/měsíční výroby FV systémů se v současnosti hojně využívá nejrůznějších SW nástrojů, které jsou schopné stanovit výrobu systému s ohledem na podmínky dané lokality. Jejich využití tak výrazně zjednodušuje zhodnocení ekonomičnosti provozu.

Samotná instalace FV systému musí být z hlediska českých zákonů (Zákon 406/2000 Sb.) provedena odborně způsobilou právnickou či fyzickou osobou. Podstatná část instalací FV střešních systémů se tak v ČR provádí tzv. „na klíč“.

#### 5.4.1 Navrhování FV systému s akumulací do teplé vody

Prvním krokem při navrhování FV systému je stanovení umístění systému a z něj vyplývající omezující parametry. Při navrhování střešních fotovoltaických systémů na šikmých střeších je část parametrů FV systému stanovena konstrukcí samotné střechy. Těmito parametry je dostupná plocha pro instalaci panelů, sklon střechy a její orientace vůči světovým stranám.

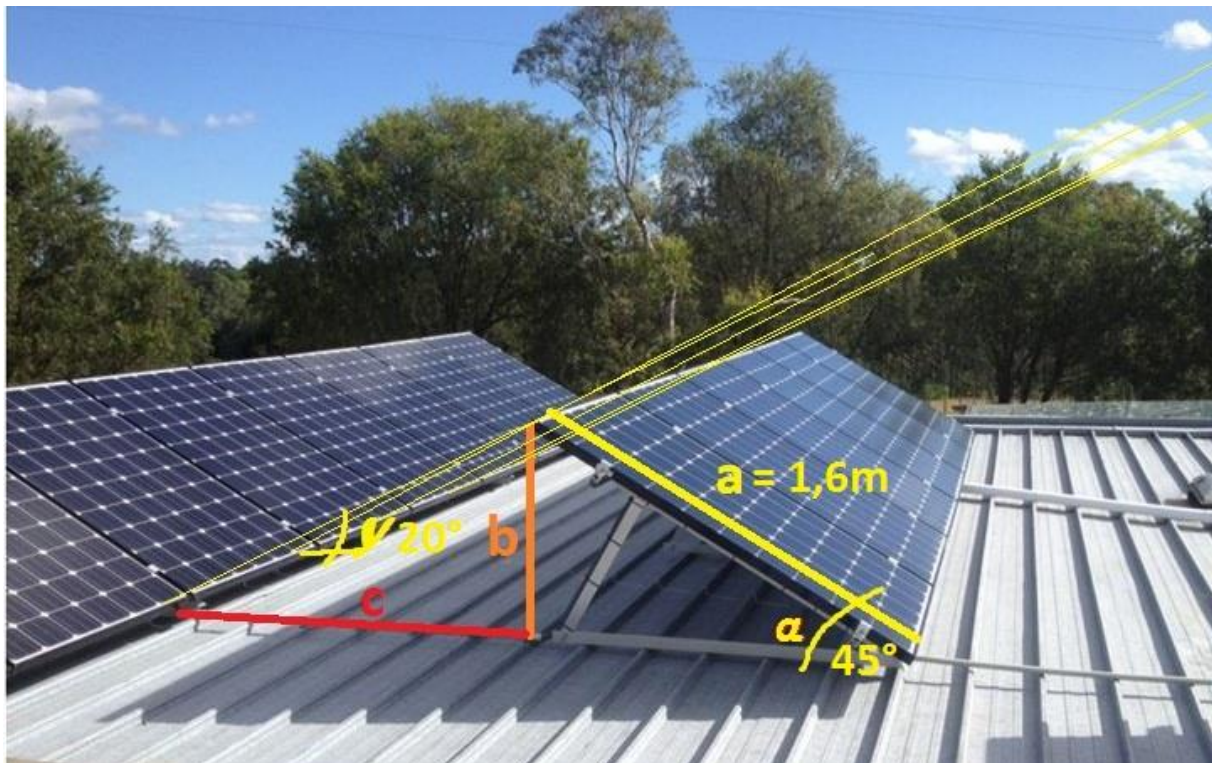


Obrázek 6: Výnos energie v závislosti na sklonu a orientaci panelu (42)

Pro nejvyšší výnos elektrické energie by měla orientace panelů být co nejvíce na jih a sklon by se měl být přibližně 35°. Jak můžeme vidět z Obrázek 6, i při odchylce od těchto parametrů zůstává výnos FV

systemu vysoký. Větší volnost poskytuje navrhování FV systémů na rovné střechy. V takovémto případě je možné v rámci návrhu systému zvolit orientaci a sklon panelů.

Důležité je zároveň dbát i na to, aby nedocházelo k zastínění jednotlivých panelů při instalaci více řad panelů na rovné střechě. Potřebnou vzdálenost je možné určit dle následujícího obrázku pomocí vzorců:



Obrázek 7: Ilustrace stanovení minimálního odstupu FV panelů (43)

$$b = \sin(\alpha) * a \quad (5.13)$$

$$c = \frac{b}{\operatorname{tg}(\gamma)} \quad (5.14)$$

Kde:

b – přepočtená výška panelu – nejvyšší bod konstrukce [m]

a – skutečná výška panelu [m]

c – minimální odstup mezi řadami [m]

$\gamma$  – úhel slunečních paprsků, doporučená hodnota je 20° [°]

$\alpha$  – sklon FV panelů (většinou 35 °) [°]

Velikost dostupné střešní plochy je hlavním faktorem, který omezuje maximální počet FV panelů a stanovuje tak i maximální jmenovitý výkon instalovatelného FV systému. Při návrhu systému je nutné pamatovat také na potenciální vliv stínění panelů okolní vegetací, či konstrukcí okolních objektů. Lokální stínění může potenciálně výrazně snížit účinnost celého systému, a tím výrazně ohrozit ekonomičnost jeho provozu.

Velmi významný vliv na účinnost FV panelů má použití technologie MMPT – sledování maximálního bodu výkonu. Jedná se o speciální regulátor, jehož úkolem je zajistit, aby fotovoltaické panely pracovaly v bodě Volt-Ampérové charakteristiky ve kterém mají maximální výkon.

Dalším krokem je specifikace jednotlivých komponentů FV systému, jako jsou moduly, použité střídače a ochrany. Výhodou systémů ohřevu teplé vody pomocí fotovoltaických panelů oproti fototermálním panelům je skutečnost, že nehrozí jejich přehřívání. Při návrhu systému je ale zapotřebí pamatovat také na to, aby instalovanému výkonu FV panelů odpovídaly také použité topné tyče. Ty se zpravidla vyábějí s výkonem od 1,5 kW do 2,5 kW, výjimečně i vyšším. Při potřebě vyššího topného výkonu se využívá zapojení více topných těles do zásobníku.

Při návrhu FV systému pro ohřev TV je zapotřebí znát spotřebu teplé vody (a tepla na její přípravu) a ověřit, že systém ohřevu TV bude schopen skutečně využít vyrobenou elektrickou energii. Není vhodné zásobníky TV zbytečně naddimenzovávat. Toto ověření je například možné provést porovnáním průměrné denní výroby FV panelů v daném měsíci a odhadovanou denní spotřebu tepla pro přípravu TV. V případě, že by FV systém vyrobil více energie, než kolik je jí zapotřebí pro ohřev vody, bude tato energie nevyužitá (předpokládáme její využití pouze pro přípravu TV).



## 6 Popis uvažovaného objektu

### 6.1 Stavební řešení objektu

Objekt, který je předmětem této práce je horská chata Lysečinská bouda, která se nachází v třetím ochranném pásmu Krkonošského národního parku. Objekt není historicky chráněn, lokalita objektu ale i tak může mít vliv na realizaci či na náklady realizace variant řešení otopného systému. V současnosti je objekt opět provozován jako horská chata, k pronájmu je určeno 16 pokojů, celkem je možné v objektu ubytovat až 46 hostů.

Základní část horské chaty byla postavena v roce 1926. Po druhé světové válce objekt připadl do vlastnictví Ministerstva zahraničí a později sloužil jako podniková chata pro zaměstnance Ministerstva zahraničí. Mezi lety 1969 až 1978 byl objekt rozšířen o několik přístaveb a nástaveb jako je například objekt garáží, bytu pro správce, rozšíření kuchyně o přístavbu objektu apod. Nicméně nedošlo k významným změnám vlastní konstrukce objektu a jeho tepelně technických charakteristik. K významným změnám objektu z hlediska jeho tepelně technických charakteristik došlo až při výměně starých dřevěných oken za moderní okna s trojskly a to v roce 2019. Současně vzhledem k technické nepoužitelnosti původního kotle na dřevo, způsobené rozsáhlým požárem kotelny v listopadu 2019, došlo k výměně kotle za nový kotel na dřevo v roce 2019.



Obrázek 8: Pohled na objekt ze severovýchodu

Historie objektu z hlediska doložení jeho konstrukce, spotřeby energií na vytápění a přípravu teplé vody je komplikovaná jeho historií, změnami vlastníků, nekompletní dokumentací a v neposlední řadě i neprovedením energetického auditu. V dřívějším období byl objekt vytápěn koksem (cca 70. léta), z tehdejší doby (roku 1973) se datuje poslední dostupná informace o analýze potřeby tepla, respektive o potřebném instalovaném výkonu topné soustavy.

Součástí této technické dokumentace jsou výsledky výpočtů potřeby tepla pro objekt dle tehdejší normy ČSN 060210. Dle těchto výpočtů je při výpočtové teplotě  $-21\text{ }^{\circ}\text{C}$  potřeba tepla v objektu 101 000 kcal/hodinu, či 422 MJ/hodinu. Potřeba tepla na přípravu teplé užitkové vody pak činí 21 000 kcal/hodinu, tedy 87,8 MJ/hodinu. Tepelné ztráty objektu při teplotě  $-21\text{ }^{\circ}\text{C}$  by tak dle tohoto výpočtu činily přibližně 117 kW, tepelný výkon pro zajištění ohřevu teplé vody by pak činil přibližně 24 kW.

Tento údaj je potřeba brát s ohledem na tehdejší stav objektu a zároveň i na předpokládanou snahu provozovatele objektu získat dostatečný příslib přidělu koksu, který byl v tehdejší době používán pro vytápění.

Dalším významným faktorem, který ovlivňuje spotřebu objektu, je výše zmíněná výměna oken, která vzhledem k podílu oken na celkové obvodové ploše objektu tvoří významný podíl na celkových ztrátách obálkou budovy. Současně je potřeba zmínit chybějící, respektive nedostatečnou dokumentaci k objektu, která vzhledem k jeho historii a změnám vlastníků i nedostatečné dokumentaci všech změn komplikuje přesné stanovení tepelných ztrát objektu, a tím i dimenzování tepelného zdroje dostatečného pro adekvátní vytápění objektu a přípravu teplé užitkové vody.

S ohledem na tyto faktory a komplikace byla provedena kompletní analýza dostupných konstrukčních výkresů objektu a informací o proběhlých změnách z hlediska přístaveb, nástaveb, a dílčích změn konstrukcí objektu. Tam, kde bylo možné použít přesné informace – například informace o rekonstrukci oken z hlediska tepelných ztrát nově instalovaných prvků – byly tyto informace použity. V případech, kdy pro určité části konstrukce objektu absentuje konkrétní informace o konstrukci objektu z hlediska tepelně technických charakteristik, je použito zjednodušeného přístupu, který reflektuje buď dobu realizace stavebních prvků, nebo analogii s tepelně technickými parametry obdobných konstrukčních prvků.

Pro tuto analýzu byly využity následující zdroje informací:

- Informace o historii objektu, jeho konstrukci a změnách získané od současného vlastníka. Tyto informace jsou omezené i z důvodu toho, že současný vlastník získal objekt teprve nedávno, provoz objektu byl obnoven teprve v prosinci 2018.
- Informace získané z terénního průzkumu na místě (základní informace o lokalizaci objektu, jeho stavu, použitých materiálech, informace o způsobu vytápění od majitele objektu apod.)
- Postupy pro zjednodušené stanovení U-hodnot dle přílohy B k normě ČSN 12831-1

K objektu byla v nedávné době vytvořena elektronická dokumentace, která byla použita pro odhad tepelných ztrát objektu. Spolu s touto dokumentací byly použity i naměřené hodnoty rozměrů jednotlivých stavebních částí objektu zjištěné při inspekci na místě. Elektronická dokumentace neobsahuje informace o skladbě stěn a nelze jí přímo použít pro stanovení tepelných ztrát. Zde se vychází z původní dokumentace, která zachycuje pouze některé z výše uvedených změn objektu.

Posouzení energetické náročnosti objektu navíc komplikuje i fakt, že současný vlastník, který objekt získal, v posledních letech objekt provozuje v částečném režimu teprve od roku 2018. Díky předchozí historii provozování a omezené údržbě objektu při zahájení opětovného provozu nebylo možné využívat celou kapacitu objektu. Současně při převodu vlastnictví nedošlo k předání kompletních informací o energetické náročnosti provozu objektu. První zásadní akcí nových majitelů objektu, spolu s výměnou oken a dalšími dílčími rekonstrukcemi, byla nucená výměna kotlů na dřevo za nový zplyňovací kotel na dřevo. Důvodem této výměny byl havarijní stav původních kotlů (2 kotle na spalování dřeva). Nejsou k dispozici informace o výkonové dostatečnosti dřívějšího řešení kotlů.

Bohužel ani v současnosti nejsou k dispozici kompletní informace, které by doložily přiměřenost aktuálního řešení zdroje tepla. Důvodem je skutečnost, že kotel byl instalován na sklonku roku 2019, a vzhledem k pandemii Covid-19 byl významně omezen provoz objektu jako rekreačního zařízení. Nicméně podle sdělení provozovatele objektu v této omezené provozní době dostávalo stávající řešení pro pokrytí potřeb objektu. Nicméně v tomto období nebylo možné ověřit zásobování objektu ve všech možných provozních stavech, a to zejména vzhledem k minimální venkovní teplotě. S tím souvisí i ověření potřeby tepla na přípravu teplé užitkové vody z hlediska plného zatížení objektu, ať už v zimní či letní sezóně.

Z hlediska letní sezóny kompletně absentují jakákoli data z provozu, ať už vzhledem k nově instalovanému tepelnému zdroji, nebo k předchozí situaci. Stanovení potřeby tepla na přípravu teplé vody je možné provést pomocí technických standardů uvedených v normách ČNS 060320 (viz kapitola 4). Tyto standardy se obvykle týkají buď permanentně obydlených objektů či bytů, respektive stálých ubytoven pracovníků. Spotřeba vody pro takto specifický objekt může být odlišná, zejména vzhledem k jinému dennímu režimu uživatelů. Bohužel není k dispozici benchmark z dřívějšího používání objektu, který by poskytoval základnu pro posouzení spotřeby teplé užitkové vody. To je způsobeno tím, že v dřívějším období všechny odpadní vody procházely čističkou odpadních vod, která byla odkanalizována do místní vodoteče. Ani spotřeba vody, ani množství odpadních vod nebylo měřeno. To neumožňuje ani rámcový odhad poměru spotřeby teplé vody a celkové spotřeby vody.

Další komplikací, která způsobuje nejistotu v odhadu dřívější spotřeby tepla na vytápění je nedostatečná evidence spotřebovávaného dřeva pro vytápění. To bylo způsobeno relativní dostupností dřeva z místních zdrojů díky lokalizaci objektu. Podle sdělení a hrubého odhadu současného vlastníka se aktuální spotřeba dřeva v částečné zimní sezóně 2019/2020 pohybovala okolo 60 m<sup>3</sup>. Informace o spotřebě dřeva v dřívějším období nejsou k dispozici.

Ze všech výše uvedených důvodů bylo nutné přistoupit k náhradnímu způsobu stanovení potřebného instalovaného tepelného výkonu s kontrolou na částečné informace dostupné o potřebě vytápění objektu.

## 6.2 Posouzení současného stavu z hlediska realizovatelných technických variant

Současný stav objektu je popsán v kapitole 6.1. Kromě výměny dožilého kotle na dřevo za nový kotel na dřevo a výměny oken za moderní trojskla je objekt v původním stavu. Dle zjištění na místě a současně i dle diskuze s vlastníkem objektu je nutné předpokládat postupnou rekonstrukci částí objektu. Důvodem této rekonstrukce je jednak zlepšení užitných vlastností objektu tak aby odpovídaly aktuálním požadavkům rekreatantů (objekt v zásadu odpovídá standardu 70. -80. let) a současně se výrazným způsobem zlepšily tepelně technické charakteristiky objektu. Instalaci nového kotle na dřevo je třeba chápat jako v daném okamžiku vynucenou investici, která byla nutná pro zajištění objektu jako takového a možnosti jeho provozování. To znamená, že tato investice žádným způsobem neomezuje další úvahy o způsobu vytápění a přípravy teplé užitkové vody.

Současný stav je charakterizován tím, že celý objekt je vytápěn kotlem na dřevo, a tento kotel současně slouží i pro přípravu teplé užitkové vody jak pro hosty, tak i pro provoz restaurace. Teplá voda je akumulována ve dvou zásobnících o celkové kapacitě 2 x 630 litrů. Aktuálně je získáváno dřevo z místních zdrojů za relativně příznivé ceny (480 korun za PRMR při vlhkosti při těžbě za předpokladu, že je jednorázově odebráno množství větší jak 40 m<sup>3</sup>). Jde o dřevo z aktuální těžby v současných

podmínkách kůrovcové kalamity, která již zasahuje i do této oblasti. Primárně se tak jedná o smrkové dřevo. Při těžbě dřeva v zimním období se vlhkost dřeva pohybuje okolo cca 53 %. V případě těžby v letním období vlhkost stoupá až na cca 70 %. Pro efektivní využití dřeva je zapotřebí dosáhnout snížení vlhkosti pod úroveň 30 %. Typicky je třeba dřevo skladovat po dobu dvou až tří let, viz kapitola 5.1. S tím souvisí vyčlenění dostatečné plochy pro skladování dřeva a pro jeho přípravu pro použití. K tomuto účelu slouží sklepní prostory objektu, které byly dříve využívány jako sklad koksu. Dřevo je od dodavatele (místní lesní podnik) dodáváno standardně v metrových kulatinách.

S tímto způsobem vytápění proto souvisí i nezbytnost pracovní síly pro zpracování a uložení – rozřezání, štípaní a s tím spojená manipulace. Nepředpokládá se nákup již zpracovaného dřeva do štípané formy a to z důvodu vyšší ceny takového dřeva. Součástí tohoto způsobu vytápění je také potřeba pracovní síly pro kontinuální obsluhu kotle, a to v režimu 24/7.

Varianty, které nejsou uvažovány pro řešení vytápění předmětného objektu, jsou:

1. Vytápění objektu pomocí zemního plynu.

Důvodem je nedostupnosti zemního plynu v této lokalitě.

2. Vytápění objektu pomocí propan-butanu.

Vytápění objektu pomocí propan-butanu je jednou z nejdražších variant vytápění objektu viz TZB-info - „Porovnání nákladů na vytápění, teplou vodu a elektrickou energii“ (44). Navíc by to vyžadovalo rekonstrukci topného systému, která vzhledem k nárokům na potřebu tepla je nerelevantní. Z logistických důvodů tato varianta není proveditelná z důvodu obtížné dostupnosti objektu pro velká nákladní auta.

3. Elektrické přímotopy

Realizace přímotopného vytápění by sice řešila problém potřeby lidské síly v režimu 24/7, implementace tohoto řešení by vyžadovalo kompletní rekonstrukci elektroinstalace a zároveň výrazné posílení příkonu objektu. Navíc by tato varianta byla provozně výrazně ekonomicky náročná.

4. Kotel na uhlí

Tato varianta není vůbec uvažovaná, a to z důvodu lokalizace objektu v chráněném pásmu Krkonošského národního parku, kde není využívání uhlí možné. Současně lze v uhlí považovat za neperspektivní, končící druh paliva. Takzvaná uhelná komise ustanovená vládou ČR rozhodla o ukončení využití uhlí nejpozději k roku 2038, nicméně se dá očekávat výrazný tlak na rychlé ukončování užití uhlí zejména pro účely lokálního vytápění.

### 6.3 Metody určení reálných tepelných ztrát objektu

V kapitole 5 jsme popsali možné zdroje pro zajištění potřeby tepla pro vytápění. V kapitole jsme rovněž zdůraznili skutečnost, že jedním ze základních parametrů potřebných pro dimenzování zdrojů je tepelná ztráta objektu při venkovní a vnitřní výpočtové teplotě. Postup stanovení tepelných ztrát je popsán v kapitole 3.

Stanovení tepelných ztrát u objektů, ke kterým existuje kompletní a přesná projektová dokumentace je relativně jednoduché. Vlastně se jedná o stanovení součinitele prostupu tepla pro každou specifickou část objektu na základě její konstrukce a použitého materiálu a stanovení plochy jednotlivých částí konstrukce. Velká část stavebních částí objektu přitom má podobné tepelné

technické parametry – konstrukce a zateplení všech obvodových zdí bývá stejné, to samé lze očekávat i o tepelné izolaci střešních částí a základové desky. Počet konstrukčních částí, pro které je zapotřebí stanovit součinitel prostupu tepla, se tak výrazně sníží (není třeba je počítat pro každou specifickou část zvlášť). U dobře zateplených objektů, které mohou mít tloušťky izolačních vrstev i například 20 cm, je zároveň výpočet možné dále zjednodušit. Výpočet součinitele prostupu dané konstrukce můžeme zjednodušit tím, že zanedbáme vliv vrstev (např. podbití, sádkartonové desky), které mají v porovnání zanedbatelné izolační vlastnosti, a budeme uvažovat pouze vliv vrstev s vysokým tepelným odporem. Toto zjednodušení je ovšem možné pouze v případě, že alespoň jedna z vrstev má velmi dobré tepelné technické parametry.

Jednotlivé konstrukční části je pak možné shrnout do kategorií: okna, dveře, obvodové zdi, zateplení střechy, zateplení spodní části objektu. Pro některé prvky není zapotřebí součinitele prostupu počítat, neboť mohou být přímo stanoveny jejich výrobcem, typicky se jedná o moderní okna a dveře.

Využití tohoto postupu pro stanovení tepelných ztrát námi posuzovaného objektu, ale komplikují nedostatečné znalosti o složení konstrukce objektu diskutované v kapitole 6.1. Podrobná znalost tepelných ztrát je ale naprosto zásadní pro správný návrh a dimenzování otopné soustavy. V případě, že není známo přesné složení konstrukce objektu a výpočet má sloužit jako podklad k úpravě či nahrazení zdroje tepla pro objekt, se doporučuje provedení stavební průzkumu/sond. Provedením průzkumu je možné zjistit/ověřit přesnou skladbu konstrukcí (stěn, střech) a zjištěné poznatky využít k provedení přesného výpočtu.

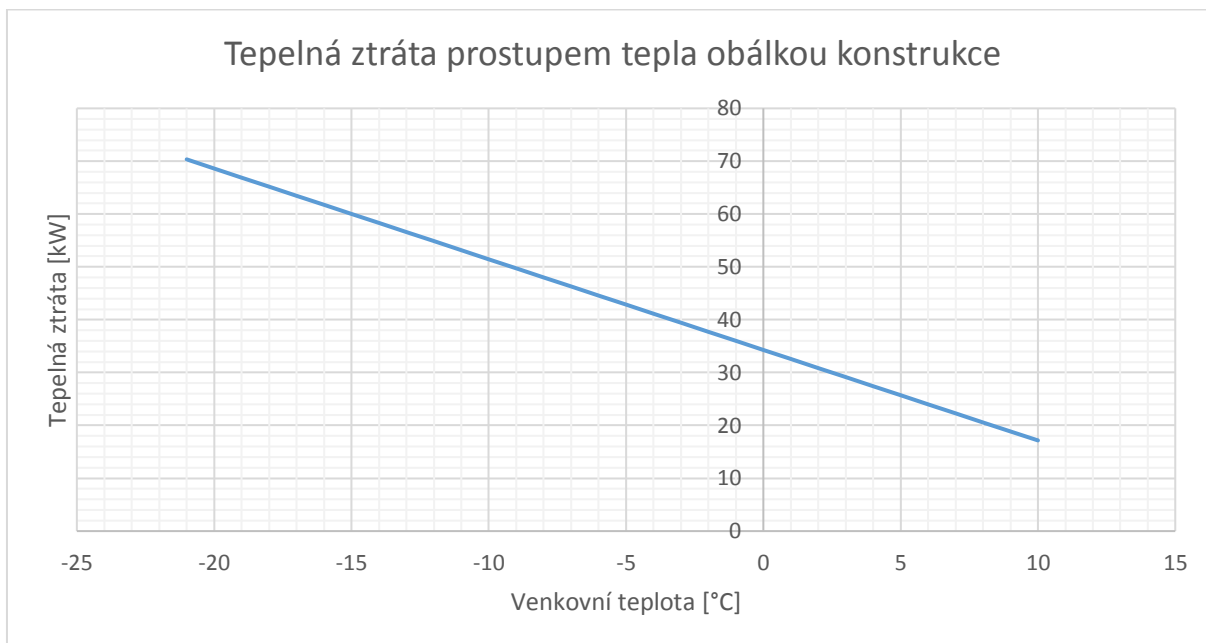


*Obrázek 9: Foto vnitřních zdí původní části objektu*

Pro odhad tepelných ztrát je možné využít zjednodušeného stanovení U-hodnot dle přílohy B k normě ČSN 12831-1. Stanovení součinitelů prostupu tepla je možné na základě typu stavební části a jejího

provedení v závislosti na roku realizace. Pro stanovení tepelných ztrát byly z důvodu nedostatečné znalosti tepelně technických parametrů konstrukce proto použity tyto tabulkové hodnoty.

Vzhledem k tomu, že se objekt nachází ve výšce nad 800 m. n. m., venkovní výpočtová teplota pro danou lokalitu objektu je  $-21\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Vnitřní výpočtová teplota byla stanovena na  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  (jedná se výpočtovou hodnotu pro pokoje pro hosty u rekreačních zařízení). Při těchto výpočtových hodnotách je výsledná hodnota tepelných ztrát prostupem stanovena na přibližně 73 kW.



Graf 1: Tepelná ztráta prostupem tepla obálkou konstrukce

Tepelné ztráty větráním při plném obsazení chaty (46 rekreantů) činí 15,9 kW. Zde si můžeme položit otázku, do jaké míry je možné rekreační objekt považovat za „trvale“ obývaný – s ohledem na lokalitu objektu můžeme předpokládat, že podstatnou část dne stráví rekreanti mimo objekt a ztráty větráním tak nebudou kontinuální. Po vyvětrání v dané místnosti dojde k poklesu teploty, v případě, že venkovní teplota nebude v době větrání extrémně nízká (či objekt nebude plně obsazen), měl by topný systém být schopen zajistit vyhřátí místnosti na komfortní teplotu. Vzhledem k tomu, že objekt je provozován také jako restaurace a je přes den přístupný veřejnosti, budeme ztráty větráním uvažovat jako kontinuální.

Tepelná ztráta větráním kuchyně a umývacích prostor (při intenzitě větrání stanovené na  $15\text{ h}^{-1}$ ) je 18 kW. Lze ale očekávat, že významná část této ztráty bude pokryta samotným provozem kuchyňských spotřebičů (sporáků, elektrických trub/konvektomatů apod.). Rovněž můžeme očekávat, že stanovená výše těchto ztrát je značně vyšší oproti reálné situaci (pro umývací prostory například používáme tabulkové hodnoty intenzity větrání, v reálném provozu ale uvažujeme využití automatických myček. Větrání v kuchyni je spíše nucené, uvažujeme větrání hlavně přes velkou průmyslovou digestoř).

Pro přesnější stanovení výše této ztráty je zapotřebí znát technické parametry instalované digestoře a jejího používání, respektive styl provozu celé kuchyně (reálný provoz za běžných podmínek). Dále by bylo zapotřebí stanovit příkony jednotlivých spotřebičů v kuchyni. Přesné hodnoty příkonů všech spotřebičů (či jejich přesný seznam) se bohužel od majitele nepodařilo získat, díky pořízené

fotodokumentaci je ale možné doložit přítomnost například konvektomatu „Rational SelfCookingCenter 61“ o příkonu 11 kW (výkon zařízení je 9kW v režimu páry a 10,3 kW v režimu horkého vzduchu), plynového sporáku se 4 hořáky a digestoří pro gastro provozy, profi fritézy, několika mrazáků, ledniček, regenerátorů a myček od různých výrobců. Můžeme proto očekávat, že celkový příkon těchto spotřebičů je výrazně vyšší než tepelná ztráta větráním kuchyně.

*„Pokud by chtěl provozovatel vybavit restaurační kuchyň minutkovou linkou se sporákem, fritézou a opékací deskou, dostává se na příkon 40 kW, což by vyžadovalo kuchyň o ploše 67 m<sup>2</sup> (při světlé výšce 3 m) bez nuceného větrání a 33,5 m<sup>2</sup> s nuceným větráním.“ – z článku v časopise GASTROPLUS od Ing. J. Válka (45)*

Lze předpokládat, že k takto vysoké tepelné ztrátě větráním dojde pouze při plném provozu kuchyně. V době, kdy spotřebiče nebudou využívány, k této tepelné ztrátě nedojde. Zavedeme proto zjednodušení a prohlásíme, že tyto ztráty jsou kompenzovány tepelnými zisky z provozu spotřebičů kuchyně, a nezahrneme ani jednu položku do celkových tepelných ztrát. Do tepelných ztrát tak započítáme pouze ztráty větráním ve výši 15,9 kW. Můžeme očekávat, že tepelné zisky způsobené provozem kuchyně budou významné. Pokud bychom započítali tyto vnitřní zisky do celkové bilance objektu, významně bychom snížili potřebu tepla dodaného hlavním zdrojem. V reálném provozu ale spíše než k vytápění objektu dochází k přetápění prostor kuchyně a následnému velmi častému větrání nikoli z důvodu zajištění přísunu čerstvého vzduchu, ale z důvodu snížení vnitřní teploty v kuchyni.

Sečteme-li všechny vypočtené tepelné ztráty, výsledná tepelná ztráta se blíží hodnotě spočítané z roku 1973 (116 kW). Této situaci ovšem odporuje skutečnost, že v současnosti je jediným zdrojem pro vytápění a pro přípravu teplé vody kotel DC 70 GSX vyrobený společností „Jaroslav Cankař a syn ATMOS“. Jmenovitý výkon tohoto typu kotle je 70 kW, sezónní účinnost kotle je 85 %.<sup>1</sup> Před jeho instalací byl objekt vytápěn 2 kotly o celkovém jmenovitém výkonu 62 kW (76 kW při krátkodobém přetížení jednoho z kotlů). Tyto kotle byly v objektu instalovány ještě před výměnou oken, současný majitel ale nemá o jejich provozu (respektive o tom, zda bylo toto řešení dostačující) žádné informace. Stávající kotel považuje majitel po zimní sezóně 2019/2020 za dostačující.

---

<sup>1</sup> Konzervativní odhad viz. <https://www.atmos.eu/pracovni-dcxs-gs-novy/>



Obrázek 10: Štítek stávajícího kotle

V případě, že by průměrná venkovní teplota skutečně klesla na extrémně nízké hodnoty, je možné provést několik opatření. Jednou z možností může být zapojení dodatečných elektrických zdrojů tepla (topné spirály v topné soustavě, přenosných olejových radiátorů, elektrických teplometů apod.), nebo snížení teploty v některých méně důležitých prostorech (veranda, spojovací chodby). V případě, že takto extrémní podmínky nebudou trvat delší dobu (například 1 den), bude chladnutí objektu omezeno také díky teplu akumulovanému v samotném objektu. Tohoto efekt je možné dále posílit také pomocí akumulčních nádrží na teplou vodu. V době, kdy jsou tepelné ztráty objektu nižší než výkon zdroje tepla, může zdroj pracovat při jmenovitém výkonu a akumulovat teplo do nádrže. Teplo je pak možné využít pro pokrytí části tepelných ztrát během extrémně chladných dnů.



Alternativou může být také zatopení v krbových kamnech ve staré části objektu a v lokálních kamnech v bytu správce. Starý krb v objektu není běžně využíván jako zdroj tepla a má spíše okrasný charakter. Před jeho použitím by proto bylo zapotřebí ujistit se, že je krb a jeho spalinové cesty v provozuschopném stavu. Solitérní kamna na dřevo je možné využít pro vytápění obytné části bytu správce objektu. Při plném provozu kotle ale nepředpokládáme běžný provoz těchto kamen (tepelná ztráta těchto prostor je pokryta hlavním zdrojem).

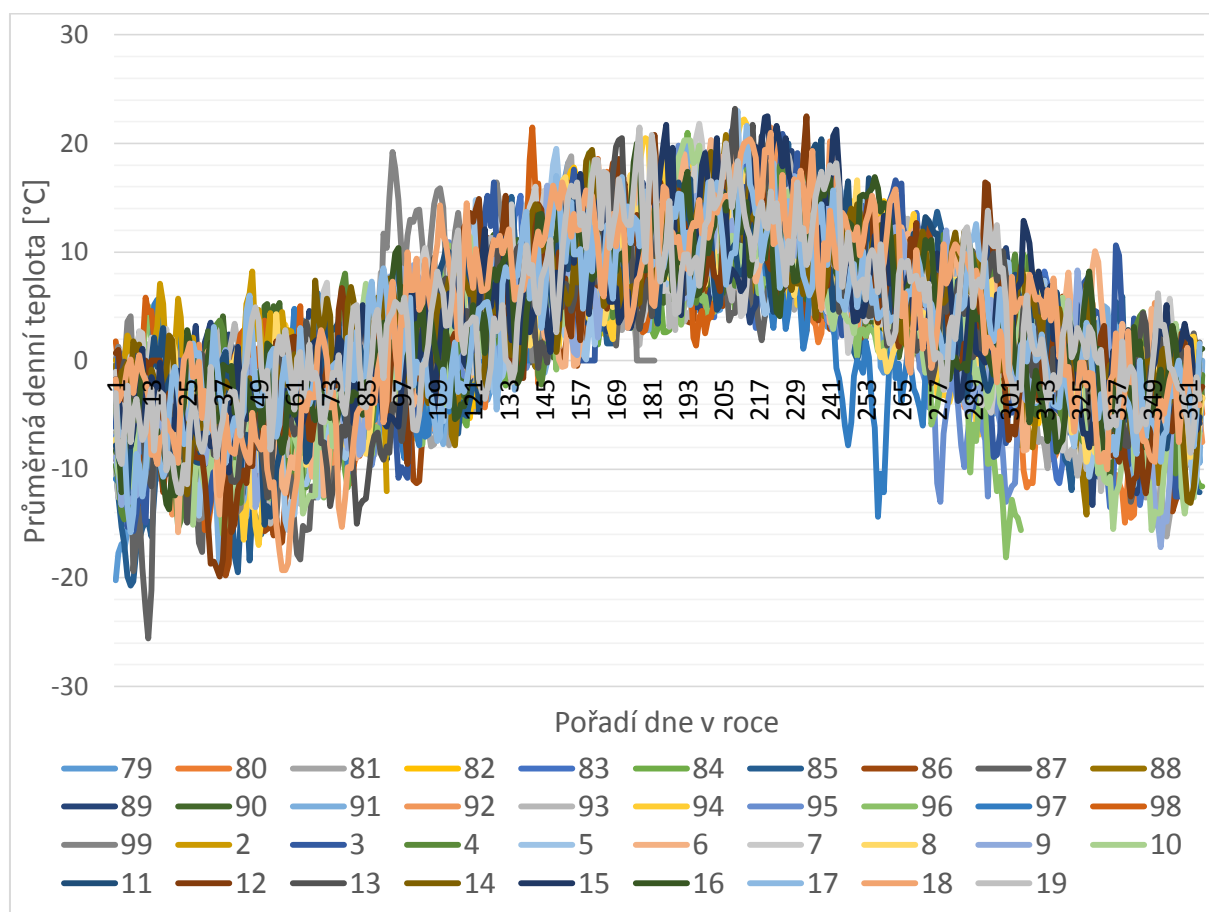


*Obrázek 11: Krbová kamna v objektu*



*Obrázek 12: Nová kamna v bytu správce*

O tom, že takto nízké teploty trvající po delší období jsou relativně ojedinělým jevem, se můžeme přesvědčit na následujícím grafu.



Graf 2: Průměrné denní teploty z lokality Labská bouda v letech 1979 až 2019 (46)

Výše zobrazený graf je díky velkému množství dat ne příliš přehledný. I tak z něj ale můžeme vypočítat několik důležitých poznatků. Naměřené hodnoty pocházejí z lokality Labské boudy, která se rovněž nachází v Krkonošském národním parku. Měřící stanice na Labské boudě se nachází v nadmořské výšce 1320 m, Lysečinská bouda se nachází ve výšce přibližně 960 metrů. Oba objekty jsou si sice z hlediska umístění relativně vzdálené, Labská bouda je ale nejlepším zdrojem meteorologických údajů s relativně srovnatelnými klimatickými podmínkami. Z grafu je patrné, že případů, kdy na Labské boudě byla průměrná denní teplota okolo  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , není mnoho (roky 79, 85, 86, 87, 91, 12, 18). Ve většině případů navíc takto nízké teploty trvaly pouze 1 den. Pro Lysečinskou boudu nejsou přesné meteorologické údaje k dispozici. Na základě výškového rozdílu (přibližně 360 metrů) ale můžeme usuzovat, že takto tvrdé podmínky budou v této lokalitě méně častým jevem.

Vzhledem k tomu, že přesné stanovení tepelných ztrát je zásadní pro správný a ekonomický návrh otopné soustavy, lze majiteli objektu doporučit před realizací úprav otopného systému provedení stavebního průzkumu konstrukce a následně provedení přesného výpočtu tepelných ztrát.

## 6.4 Stanovení potřeby TV pro potřeby rekreatantů

V kapitole 4 jsme popsali metodiku výpočtu spotřeby teplé vody a jednotlivé kroky návrhu systému pro ohřev teplé vody. Uvažovaný objekt je z hlediska potřeby TV specifický svým způsobem užívání. Systém přípravy teplé vody by měl být navržen tak, aby byla zajištěna spotřeba teplé vody jak pro úklid, tak pro provoz kuchyně a úklid objektu a vlastní rekreatanty. Pro potřeby kuchyně je v objektu instalován oddělený elektrický bojler, z tohoto důvodu není nutné spotřebu teplé vody v kuchyni přesně stanovovat. V případě potřeby jejího stanovení bychom vycházeli z postupu uvedeném v kapitole 4.

Významnou položkou spotřeby TV je spotřeba vody rekreatanty. V horské chatě se najednou může ubytovat až 46 hostů, lze ale očekávat, že objekt nemusí být vždy plně obsazen (toto platí zvláště mimo hlavní provozní sezónu). Nižší obsazenost objektu se samozřejmě projeví na celkové spotřebě TV na mytí. Vzhledem k tomu, že kuchyně objektu bude z velké části obsluhovat rekreatanty objektu, projeví se nižší obsazenost objektu i na provozu kuchyně. V takovém případě může docházet ke zbytečnému ohřevu velkého množství vody.



Graf 3: Křivka odběru vody a tepla ze zásobníku TV

Spotřeba teplé vody na ubytovanou osobu byla vypočtena na základě úvahy o spotřebě teplé vody. Pro každého rekreatanta uvažujeme denní spotřebu vody způsobenou jedním osprchováním a třemi mytími rukou v umyvadle. Denní spotřebu teplé vody o teplotě 55 °C jednoho rekreatanta uvažujeme ve výši 31 l. V době maximální obsazenosti chaty je tak denní spotřeba teplé vody pro rekreatanty 1,426 m<sup>3</sup>. Vzhledem k tomu, že rozvody vody v objektu prošly částečnou opravou/výměnou, budeme uvažovat koeficient poměrné ztráty tepla při ohřevu a distribuci TV z ve výši 0,5.

Výsledná denní potřeba tepla pro přípravu teplé vody je v případě plné obsazenosti přibližně 112 kWh. Roční spotřeba tepla, by při uvážení celoročního plného obsazení chaty činila přibližně 40,7 MWh. Je ale velmi nepravděpodobné, že by objekt plné obsazenosti dosahoval po celý rok. Reálná obsazenost objektu se průběhu roku bude velmi pravděpodobně měnit, plné využití celkové ubytovací kapacity objektu můžeme, s ohledem na lokalitu objektu, uvažovat hlavně během zimní sezóny. S ohledem na

potřebu majitele objektu stanovit cenu za pronájem pokoje/ubytování rekreanta, můžeme také stanovit denní potřebu tepla pro jednoho rekreanta, která činí přibližně 2,42 kWh/den.

Vzhledem ke skutečnosti, že současný systém přípravy teplé vody je propojen s otopným systémem objektu, využijeme pro návrh systému přípravy TV postup uvedený v kapitole 4.1.2. Tímto způsobem ověříme, zda je současné řešení přípravy TV dostatečné.

Dle tohoto postupu je zapotřebí zkontrolovat, že čas ohřevu teplé vody zdrojem tepla bude dostatečně krátký a neovlivní tak vytápění objektu. Dle výše uvedeného postupu bychom měli objem zásobníku TV zvolit ve výši denní potřeby teplé vody. Celkový objem stávajících zásobníků činí 1260 l a je tak nižší, než námi stanovená denní potřeba při plné obsazenosti objektu. Denní spotřeby teplé vody ve výši přibližně 1260 l je dle našeho výpočtu dosaženo při 87% obsazenosti objektu (40 ubytovaných rekreantů). Uvážíme-li skutečnost, že průměrná obsazenost objektu bude během provozu kolísat a objekt nemusí vždy dosáhnout úplného využití, můžeme konstatovat, že celkový objem zásobníků bude pro přípravu TV pravděpodobně dostatečný. Zde je ale třeba poznamenat, že z hlediska typu objektu a jeho lokality, můžeme očekávat vysokou obsazenost právě během zimní sezóny, kdy jsou nároky na vytápění nejvyšší.

Pro výpočet jsme zvolili hodnoty  $\gamma=0,89$ , a rozdíl teplot 5 K. Určitou komplikací pro použití tohoto výpočtu je skutečnost, že nevíme, jak vysoký je tepelný výkon výměníků, respektive, zda jsou oba bojlerů společně schopny využít jmenovitého topného výkonu kotle. Jelikož je výše tohoto výkonu zpravidla velmi vysoká a k dispozici máme dva výměníky ve dvou ohřivačích, budeme nejprve uvažovat plné využití tepelného výkonu kotle.

Při uvážení rozdílu teplot 5 K a při plném využití výkonu kotle je doba ohřevu vody  $t_a$  rovna 334 sekundám, respektive 5,5 minutám. Dle tohoto výpočtu by mohl stávající systém být dostatečný. Další verzi výpočtu můžeme použít s uvážením hodnot zmíněných v dokumentaci o provedení kalkulace potřeby tepla pro vytápění a přípravu TV provedené v roce 1973. Dle této dokumentace potřebný výkon pro přípravu teplé vody činí 24 kW. Při provedení obdobného výpočtu s uvážením této hodnoty je výsledný čas ohřevu vody roven 1097 vteřin, tedy přibližně 18 minut. V takovémto případě by sice hodnota  $t_a$  překročila požadovanou hranici 10 minut (vzhledem k převaze dřevěné konstrukce uvažujeme případ objektu s nízkou akumulací). Ovšem otopná soustava by během této doby nepřišla o celý výkon kotle, ale pouze o 24 kW. Stávající návrh systému přípravy teplé vody může během dlouhotrvajících tuhých mrazů vést ke komplikacím s vytápěním objektu (za předpokladu, že pro vytápění objektu by nebylo využito dalších zdrojů tepla.)

V případě, kdy je objekt pouze z poloviny obsazen, je možné využít skutečnosti, že jsou k dispozici dva zásobníky teplé vody a jeden z nich odpojit (uzavřít). Tímto krokem je možné předejít zbytečnému ohřevu nadměrného množství teplé vody a dosáhnout tak optimálnějších podmínek pro přípravu TV.

## 6.5 Stanovení celkové potřeby tepla na vytápění

### 6.5.1 Odhad tepelné kapacity objektu

V kapitole 3.4 jsme popsali způsob výpočtu celkové energie potřebné pro vytápění. Prvním krokem potřebným pro využití tohoto postupu pro stanovení celkové potřeby energie je výpočet účinné tepelné kapacity objektu. Provedení tohoto výpočtu je opět z důvodu nedostatečné znalosti konstrukce objektu problematické. Pro výpočet tepelné kapacity tak bylo využito zjednodušeného způsobu, a to pomocí výpočtu celkového obestavěného prostoru a pomocných tabulkových hodnot uvedených v Tabulka 6. S ohledem na rozdílnou konstrukci hlavní budovy objektu a novějších přístaveb byla tepelná kapacita objektu počítána zvlášť pro starší a novější část objektu. Celkový obestavěný

prostor novější části objektu je přibližně 302 m<sup>3</sup>, celkový obestavěný prostor starší části objektu je 1 565 m<sup>3</sup>. Pro výpočet tepelné kapacity novějších přístaveb a nástaveb uvažujeme tabulkovou hodnotu 50 Wh/K\*m<sup>3</sup>, pro výpočet účinné tepelné kapacity starší, převážně dřevěné části uvažujeme tabulkovou hodnotu 15 Wh/K\*m<sup>3</sup>.

Výsledná tepelná kapacita objektu je pak přibližně 38,6 kWh/K, časová konstanta objektu počítaná dle vzorce (3.11) je pak vychází na 18,3 hodin.

### 6.5.2 Výpočet pasivních solárních zisků

Pro objekt byly dále stanoveny výše měsíčních pasivních solárních zisků dle postupu uvedeném v kapitole 3.4.2.

Vzhledem k situovanosti objektu můžeme předpokládat velmi malé zastínění oken na jižní, západní a východní straně. Naopak solární zisky severními okny jsme vzhledem k jejich orientaci směrem do stoupajícího svahu zanedbali. Dále jsme zanedbali solární zisky dvou oken na jih, která se nacházejí v novější části objektu (přístavbě), neboť u nich předpokládáme značné stínění střešní konstrukcí hlavní budovy. Výše pasivních solárních zisků byla stanovena pro měsíce od října do dubna.

Měsíc	Solární zisk [kWh]
10	837.9
11	537.9
12	451.8
1	610.3
2	810.7
3	1324.3
4	1279.3

Tabulka 21: Přehled měsíčních pasivních solárních zisků objektu

### 6.5.3 Výpočet vnitřních tepelných zisků objektu

Od majitele/provozovatele objektu se bohužel nepodařilo získat informace například o spotřebě elektrické energie za denní, či týdenní provoz objektu (ta by se například dala získat odečtem na hlavním elektroměru). Vzhledem k očekávanému kolísání obsazenosti objektu a nedostatečným znalostem o všech elektrických zařízeních je pro výpočet tepelných zisků objektu využit zjednodušený postup pomocí doporučené hodnoty vnitřního tepelného výkonu  $\Phi_i=4 \text{ W/m}^2$ .

Celková plocha objektu byla vypočítána na přibližně 746 m<sup>2</sup>. Celkové vnitřní tepelné zisky jsou tímto způsobem stanoveny na 2984,4 W. Výše vnitřních tepelných zisků pro měsíce od října do dubna jsou uvedeny v následující tabulce.

Měsíc	Počet dnů	Vnitřních tepelné zisky za měsíc [kWh]
10	31	2220.4
11	30	2148.8
12	31	2220.4
1	31	2220.4
2	28.25	2023.4
3	31	2220.4
4	30	2148.8

Tabulka 22: Přehled vnitřních tepelných zisků v jednotlivých měsících

#### 6.5.4 Stanovení průměrné měsíční potřeby tepla na pokrytí tepelných ztrát

V kapitole 6.3 jsme určili výši tepelných ztrát objektu při výpočtové teplotě -21 °C. Během výpočtu jsme ale rovněž získali hodnotu měrných tepelných ztrát objektu prostupem tepla a větráním. Výše této měrné ztráty je 2104.41 W/K. Pomocí klimatických dat z lokality Labské boudy jsme stanovili nejlepší odhad průměrných měsíčních teplot (pro stanovení byly použity hodnoty průměrných měsíčních teplot od roku 1973). Na základě těchto teplot pak byla s pomocí měrné tepelné ztráty stanovena celková potřeba tepla na pokrytí tepelných ztrát objektu. Na základě informací majitele o délce topné sezóny (září-květen) byl tento výpočet proveden pro měsíce září až květen.

Měsíc	Průměrná měsíční teplota [°C]	Průměrný ztrátový výkon objektu [kW]	Měsíční potřeba tepla na pokrytí ztrát [kWh]
říjen	3.3	35.16	26161.55
listopad	-0.99	44.17	31800.31
prosinec	-3.99	50.49	37563.65
leden	-5.46	53.57	39855.28
únor	-5.52	53.71	36416.94
březen	-2.93	48.25	35899.42
duben	1.33	39.28	28284.64
květen	6.33	28.77	20714.61
září	7.44	26.43	19664.11

Tabulka 23: Přehled měsíční průměrné potřeby tepla na pokrytí tepelných ztrát

Následně byl proveden výpočet poměru tepelných zisků pro jednotlivé měsíce dle rovnice (3.10) a stupňů využití pro jednotlivé měsíce dle rovnice (3.13). Jelikož v postupu výpočtu pasivních solárních zisků uvedených v 3.4.2 není uveden přesný způsob výpočtu solárních zisků pro měsíce květen a září (chybí patřičná hodnota v Tabulka 9), byly pro tyto měsíce použity hodnoty pasivních solárních zisků z dubna, respektive října. Tímto způsobem jsme se dopustili určité nepřesnosti, neboť výše solárních zisků v květnu a září bude vyšší. Díky této nepřesnosti nám vyjde vyšší potřeba energie pro vytápění. Další nepřesnost tohoto výpočtu je také skutečnost, že námi používané klimatické hodnoty pocházejí z lokality ve vyšší nadmořské výšce, než v jaké se nachází náš objekt. Pro srovnání proto uvádíme výsledné hodnoty pro topné období od září do května a od října do dubna

	celková potřeba tepla dodaného hlavním zdrojem	
topná sezóna	MWh	GJ
říjen-duben	215.03	774.11
září-květen	249.01	896.45

Tabulka 24: Vypočtená potřeba tepla na vytápění objektu

Vzhledem k výrazným zjednodušením, které jsme využili při výše popsaném výpočtu, se pokusíme výsledné hodnoty potřeby tepla ověřit dalším způsobem. Pro jednoduchou a rychlou kontrolu je možné využít online kalkulačky na stránkách TZB-info.cz - Potřeba tepla pro vytápění a ohřev teplé vody. (7)

Dle této online kalkulačky pro námi uvažovanou topnou sezónu září-květen, klimatické podmínky stanovené lokalitou Labské boudy a tepelnou ztrátou objektu 86 kW, vychází celková roční potřeba tepla na vytápění 232,8 MWh neboli 837,9 GJ.

## 6.6 Současný stav otopného systému

Pomineme-li nedávnou výměnu kotle, byly poslední úpravy otopné soustavy provedeny v roce 2000. Dle dokumentace z tohoto roku se současný otopný systém skládá ze 48 radiátorů a topných těles. Rozvody teplé vody jsou z velké části tvořeny ocelovými trubkami o průměru 3/8" a 1/2".

Průměr	Délka [m]
3/8"	252
1/2"	124
3/4"	52
1"	61
5/4"	23
6/4"	26

Tabulka 25: Složení otopné soustavy dle průměru trubek

Otopný systém je zároveň rozdělen do 4 větví. Skutečné zapojení otopného systému je v příloze 13.3. S ohledem na stávající řešení cirkulačních čerpadel (Grundfos UPS 25-40) předpokládáme využitelnost stávajících rozvodů pro všechny uvažované varianty alternativních zdrojů tepla.

Návrh systému je specifický tím, že od doby provedení posledních úprav došlo k významnému snížení potřeby tepla na vytápění – výměně oken. Potřebný výkon radiátorů pro danou místnost z tohoto důvodu oproti hodnotám stanovených při poslední úpravě systému klesl. Při náhradě radiátorů pro tepelný spád 55/45 °C bychom nemuseli instalovat tak velké radiátory. Jelikož ale neznáme skutečnou tepelnou potřebu jednotlivých místností, budeme pro zajištění tepelné pohody ve všech částech objektu, uvažovat náhradu radiátorů tak, aby nové radiátory měly přibližně stejný výkon při tepelném spádu 55/45, jako radiátory současné. Tímto způsobem dosáhneme také lepší dynamiky otopné soustavy. Máme i určitý „zátopový výkon“ pro případ, že je nutné objekt, který byl z důvodu neobsazenosti (dovolená personálu, provoz mimo hlavní sezónu apod.) pouze temperován na nižší teplotu, rychle vytopit pro ubytování hostů.

Nově budou instalovány radiátory Radik VKM-L Typ 33 a Typ 22 od společnosti KORADO. (47)

Číslo radiátoru	místnost	Q [kcal/h]	k	Výkon [W]	Radiátor - Typ 33 VKM, pokud není uvedeno jinak	Výkon náhrady [W]
1	veranda I	2380	1.3	2768	3000/400	2613
2	Zádveří	480	1.2	558	typ 22 900/400	554
3	Zádveří	2150	1.3	2500	3000/400	2613
4	Jídelna	2220	1.35	2582	3000/400	2613
5	Umývárna	500	1	581	typ 22 900/400	554
6	Zádveří kuchyně	2510	1.35	2919	2*1800/400	3136
7	WC muži	400	1	465	typ 22 VKM 600/500	441
8	WC ženy	400	1	465	typ 22 VKM 600/500	441
9	garáž	2000	1	2326	3000/400	2613
10	garáž	1700	1	1977	2600/400	2265
11	dílna	1500	1	1744	2000/400	1742
12	dílna	3260	1	3791	3000/400+1200/400	3658

13	botárna	1000	1	1163	1400/400	1220
14	lyžárna	2700	1	3139	3000/400+800/400	3310
15	bar	1330	1.35	1547	1800/400	1568
16	restaurace	1760	1.35	2047	2000/400	2003
21	byt správce	3130	1.35	3640	2000/500+1600/500	3776
22	byt správce	1070	1.35	1244	1200/500	1259
23	umývárna	590	1.3	686	700/500	734
24	WC	300	1	349	TYP 22 VKM 600/400	370
25	pokoj	690	1.35	802	800/500	839
26	pokoj	330	1.35	384	typ 22 VKM 600/500	441
27	pokoj	390	1.35	454	typ 22 VKM 600/500	441
28	pokoj	390	1.35	454	typ 22 VKM 600/500	441
29	pokoj	330	1.35	384	typ 22 VKM 600/500	441
30	pokoj	690	1.35	802	800/500	839
31	pokoj	540	1.35	628	600/500	629
32	umývárna ž.	610	1.35	709	700/500	734
33	umývárna muži	730	1.35	849	1000/400	871
34	pokoj	2210	1.4	2570	3000/400	2613
35	pokoj	1950	1.35	2268	2600/400	2265
36	pokoj	1930	1.35	2244	2600/400	2265
37	pokoj	1960	1.35	2279	2600/400	2265
38	pokoj	3780	1.35	4396	3000/400+2000/400	4355
39	chodba	2580	1.3	3000	2*1800/400	3136
40	hala	2860	1.3	3326	2*1800/400	3136
41	pokoj	680	1.05	791	800/500	839
42	pokoj	490	1.05	570	600/500	629
43	pokoj	490	1.35	570	600/500	629
44	pokoj	1190	1.35	1384	1400/500	1468
45	pokoj	760	1.35	884	900/500	944
46	pokoj	760	1.35	884	900/500	944
47	pokoj	1700	1.35	1977	2000/500	2098
48	pokoj	460	1.35	535	600/500	629
49	Pracovna	910	1.4	1058	1000/500	1049
50	Koupelna	610	1.35	709	700/500	734
51	WC	200	1	233	typ 22 400/500	294
52	Umývárna	590	1.3	686	700/500	734

Tabulka 26: Návrh výměny radiátorů do objektu

Podle současné nabídky radiátorů na webovém portálu AAAradiatory.cz lze konstatovat, že náklady na pořízení nových radiátorů činí přibližně 233 tisíc. Při uvážení cen montáže ve výši 2500 Kč/ks vychází náklady na montáž ve výši 150 tisíc Kč. (48)



Radiátor Radik - Typ 33 VKM, pokud není uvedeno jinak	Počet [ks]	Cena za jednotku bez DPH: [Kč]
3000/400	8	6524
Typ 22 VKM 900/400	2	2496
1800/400	7	4671
Typ 22 600/500	6	2101
2600/400	4	5904
2000/400	3	4981
1200/400	1	3744
1400/400	1	4053
1800/400	1	4671
1600/500	1	4558
1200/500	1	3880
700/500	4	3036
800/400	1	3127
Typ 22 600/400	1	2121
800/500	3	3205
600/500	4	2866
700/500	4	3036
1000/400	1	3437
1400/500	1	4218
900/500	2	3374
2000/500	2	5236
1000/500	1	3543
Typ 22 400/500	1	1998

Tabulka 27: Přehled jednotkových cen radiátorů dle nabídky [aaradiatory.cz](http://aaradiatory.cz), ceny bez DPH

## 7 Varianty řešení topného systému

Jednou z omezujících podmínek současného řešení je potřeba pracovní síly v režimu 24/7 pro obsluhu kotle na dřevo a pro manipulaci se dřevem. Vzhledem k problémům se získáváním pracovní síly v dané lokalitě, ale i vzhledem k osobním nákladům souvisejícím s touto pracovní silou, je třeba zvážit efektivnost variant vytápění a přípravy TV, které by zásadním způsobem redukovaly potřebu permanentní pracovní síly.

Mezi obecné předpoklady pro formulaci variant řešení vytápění objektu, které jsou dále rozebrány v navazujících kapitolách, patří:

- Růst nákladů na pracovní sílu zajišťující trvalou manipulaci se dřevem, pokud kotel na dřevo zůstává jediným zdrojem pro vytápění a přípravu TV.
- Výhled dostupnosti palivového dřeva, kdy současné ceny palivového dřeva jsou zásadním způsobem zkresleny aktuální kůrovcovou kalamitou a velkým přebytkem kalamitního dřeva z tzv. nahodilých těžeb
- Výhled cen pelet vzhledem k očekávaným změnám v palivovém mixu spotřeby konečných spotřebitelů typu domácností, ale i spotřeby středních a velkých energetických podniků, a to vzhledem k aktuálním záměrům ČR v oblasti opuštění využívání uhlí (závěry Uhelné komise z 5. 12. 2020, viz kapitola 9.3)
- Výhledy cen elektrické energie na období pokrývající technickou životnost tepelných čerpadel vzduch/voda, země/voda (viz kapitola 9.2)
- Potřeba zvýšení komfortu objektu z hlediska rekreatantů – jedná se především o zajištění jak tepelné pohody, tak i dostupnosti TV v celém časovém pásmu.
- Zajištění energetické bezpečnosti objektu, respektive jejího zvýšení.
- Současné akumulační nádoby na teplou vodu jsou z cca 70. let, v případě jejich nutné výměny pro technickou nezpůsobilost se bude jednat o výměnu v rámci všech uvažovaných variant vytápění a přípravy TV. Aktuální stav z hlediska funkčnosti, tepelných ztrát i spolehlivosti dle sdělení provozovatele vyhovuje. V případě nenadálé havarijní situace by bylo nutné řešit jejich výměnu obdobným způsobem ve všech variantách. Všechny uvažované varianty umožňují obdobnou výměnu starých bojlerů za nové.

Mezi další předpoklady řešení vytápění objektu patří to, že se nepředpokládá potřeba výrazného zásahu do vnitřní topné soustavy z důvodu jejího technického stavu. Jak podle sdělení provozovatele, tak i dle inspekce na místě nebyla zjištěna nevyhovující situace vnitřních prvků otopné soustavy (radiátory, rozvody apod.). Do budoucna se dá předpokládat instalace prvků MaR (Měření a Regulace), jako jsou přímo ovládané ventily topení v jednotlivých místnostech, cirkulační čerpadla se sníženou spotřebou, úsporné sprchové hlavice apod. Tato opatření se dají očekávat ve všech posuzovaných variantách, proto je není nutné zahrnovat do následujícího technicko - ekonomického hodnocení jednotlivých variant. Do zhodnocení variant je zahrnuta pouze výměna radiátorů v případě realizace tepelných čerpadel.

Zhodnocení navrhovaných variant opatření provedeme porovnáním se stávající situací topného systému bez žádného zásahu. Porovnání výhodnosti provedeme pomocí analýzy nákladů.

## 7.1 Výchozí varianta: Topný systém bez změn

Výchozí varianta je ponechání stávajícího topného systému složeného z kotle na palivové dřevo. Předpokládáme, že tato varianta nevyžaduje žádné další investiční náklady, neboť všechno potřebné zařízení je instalováno.

Významnou složkou nákladů jsou v této variantě náklady na palivo a mzdy. V této variantě počítáme s nutností platit celoročně 1 zaměstnance – správce – topiče (byť na částečný úvazek), který bude zodpovědný za přikládání dřeva do kotle, odnos popela a případné další činnosti spojené s topením. Vzhledem ke skutečnosti, že stávající topný systém je během topného období nutné provozovat nepřetržitě, předpokládáme, že správce bude muset být ubytován v prostorách objektu. Jelikož stávající systém přípravy TV vyžaduje celoroční provoz kotle, předpokládáme, že zaměstnání tohoto pracovníka není pouze sezónní záležitostí.

Dále je zapotřebí započítat náklady na nákup a uskladnění palivového dřeva, a to jak pro topné období, tak pro letní provoz kotle pro přípravu TV.

## 7.2 Opatření A: Využití FV systému pro přípravu TV mimo topné období

Jak již bylo v kapitole 6 popsáno, pro přípravu TV se využívá kotle a v současnosti není k tomuto provozu žádná alternativa. Zapojení soustavy umožňuje v letním provozu uzavřít všechny topné větve a využívat kotel pouze pro ohřev TV. Provoz systému za těchto podmínek ale není jednoduchý, potřeba TV je silně závislá na obsazenosti chaty a může se výrazně měnit. Z tohoto důvodu tento systém vyžaduje častou obsluhu i v létě.

Jedním z možných opatření by byla úprava systému přípravy TV tak, aby již nebylo zapotřebí provozovat kotel mimo topné období, a pro přípravu TV by bylo možné využít elektrické energie.

Vzhledem ke značnému stáří obou bojlerů (oba byly v objektu instalovány před rokem 1973) nepředpokládáme, že by byla možná jejich úprava zavedením elektrických topných tyčí. V rámci tohoto opatření by tak bylo zapotřebí pořídit nový bojler/y, které by umožňovaly napojení na stávající topnou soustavu přes výměník a vložení elektrických topných tyčí. Před nákupem nových bojlerů je zapotřebí určit potřebný objem bojlerů.

Realizací tohoto opatření by vzrostla spotřeba elektrické energie na úkor spotřeby dřeva. S ohledem na tuto skutečnost budeme uvažovat možnost využití FV systému pro přípravu teplé vody.

## 7.3 Diskuze použitelnosti současného topného systému pro varianty s TČ

Současný stav otopného systému je popsán v kapitole 6.6. Při úvahách o možnosti využití otopného systému pro jednotlivé uvažované varianty TČ je třeba vycházet z následujících faktů:

- Otopný systém byl realizován a dimenzován v dřívějším období před částečnou rekonstrukcí (výměna oken apod.). Tato částečná rekonstrukce snížila tepelné ztráty objektu na úroveň odhadovanou a diskutovanou v kapitole 6.3.
- Při náhradě kotle na dřevo za kotel na pelety je systém provozován v zásadě ve stejných podmínkách, a to jak z hlediska potřeby dimenzování rozvodů, tak i vlastních radiátorů.

- V případě realizace variant s TČ dochází ke změně teploty vody v rozvodech, což obecně může vést k potřebě instalovat jiné radiátory s větší teplosměnnou plochou. Spolu s tím je třeba ověřit i dostatečnost dimenzování dosavadních rozvodů z hlediska cirkulace vody. Nicméně vzhledem k již realizovaným opatřením na snížení tepelných ztrát objektu je možné předpokládat dostatečnost jak systémů rozvodů, tak i vlastních radiátorů pro tuto variantu řešení. V praxi bude tento předpoklad zapotřebí ověřit, a to zejména z hlediska dostatečnosti v současnosti instalovaných radiátorů.
- Výměnu radiátorů je možné provést i dodatečně bez přímé vazby na změnu zdroje tepla.
- Pokud by rozvody tepla nevyhovovaly vzhledem ke svému stavu (který nebylo možné ověřit přímo na místě jinak než rámcovou dokumentací stavu), jejich výměna by postihla všechny posuzované varianty shodně.

V případě realizace variant s TČ předpokládáme ponechání stávajícího kotle na dřevo jako záložního a doplňkového zdroje. Výhoda tohoto řešení, kromě vyšší energetické bezpečnosti (v případě výpadku elektrické energie a případů extrémně nízkých teplot), je i ta, že instalace TČ může být provedena před případným provedením výměny radiátorů – i v případě, že otopná soustava s TČ nebude se stávajícími radiátory schopná zajistit vytápění objektu na požadovanou teplotu i při nízkých teplotách, je možné objekt dotápět pomocí stávajícího kotle.

#### 7.4 Opatření B1: Využití TČ země/voda pro vytápění i pro přípravu teplé vody

Jednou z možných alternativ k využívání stávajícího kotle na dřevo je využití tepelného čerpadla. Jelikož se objekt nachází v horské lokalitě s relativně dlouhým topným obdobím a nízkou venkovní výpočtovou hodnotou, můžeme očekávat, že během podstatné části topného období budou venkovní teploty dosahovat tak nízkých teplot, že provoz samotného tepelného čerpadla vzduch/voda by nebyl příliš ekonomický (během delší doby by potřebu tepla zajišťoval bivalentní zdroj). Možným řešením tak může být využití tepelného čerpadla země/voda, které díky zemním vrtům bude během topného období dosahovat vyššího topného faktoru a mít tak nižší náklady na spotřebovanou elektrickou energii. Zároveň využití tohoto typu tepelného čerpadla by znamenalo velmi nízký podíl bivalentních zdrojů na výrobě a maximální komfortnost využití. Zcela by tak odpadla nutnost využívat stávající kotel na dřevo a zaměstnávat dedikovaného topiče. Odpadly by tak rovněž náklady na manipulaci se dřevem a jeho nákup. Díky vysokým mzdovým úsporám a vyšší komfortnosti provozu by tato varianta mohla být atraktivní.

Při realizaci této varianty ale přesto neuvažujeme úplné odpojení kotle. Jelikož je stávající kotel prakticky nový a velmi účinný, lze jej ponechat v topné soustavě jako záložní zdroj pro případ delšího výpadku elektrické energie (chata se nachází v odlehlé oblasti, dodávka elektrické energie do lokality je zajištěna nadzemním vedením 35 kV). Ponecháním kotle je možné zajistit základní provoz chaty i v takovémto případě (za předpokladu, že dodávka elektrické energie pro chod čerpadel a dalších nezbytných zařízení bude pokryta odpovídající elektrocentrálou).

#### 7.5 Opatření B2: Využití TČ vzduch/voda pro vytápění i pro přípravu teplé vody

V předchozí variantě jsme odůvodňovali využití tepelného čerpadla země/voda očekávanými nízkými venkovními teplotami, které by provoz tepelného čerpadla varianty vzduch/voda učinily neekonomickým. Zároveň jsme ale podotýkali, že by ponechání stávajícího kotle na dřevo bylo z pohledu energetické bezpečnosti objektu prozřetelné. V takovém případě se ale vyskytuje otázka,

zda by nebylo výhodnější investovat do levnějších čerpadel vzduch-voda a při nízkých venkovních teplotách využívat jako zdroj tepla stávající kotel.

Výhodou této varianty by oproti variantě B1 byly výrazně nižší investiční náklady, neboť by nebylo zapotřebí provést velmi nákladné zemní práce. Naopak v této variantě zcela neodpadají náklady spojené s nákupem, zpracováním a uskladněním palivového dřeva. Zároveň nelze plně odepsat mzdové náklady na pracovníka odpovědného za obsluhu kotle. Obě položky jsou ale instalací tepelného čerpadla výrazně sníženy.

### 7.1 Opatření C: Náhrada kotle na dřevo kotlem na pelety

Mezi další v zásadě možnou variantu řešení topné soustavy je náhrada současného kotle na dřevo, který vyžaduje kontinuální manuální obsluhu, za kotel na pelety, který z velké části umožňuje automatizovaný provoz a eliminuje tak potřebu kontinuální obsluhy specializovaným pracovníkem – topičem. Velkou nevýhodou této varianty je jednak nutnost výměny prakticky nového kotle na dřevo, a nutnost využívání dražšího paliva.

## 8 Parametry uvažovaných opatření:

### 8.1 Opatření A: Využití FV systému pro přípravu TV mimo topné období

V části 6.4 jsme diskutovali výši spotřeby teplé vody a vhodnost návrhu současného systému přípravy teplé vody. Jelikož předpokládáme, že během topného období bude pro výrobu TV stále využíván kotel. Pro realizaci tohoto opatření tak předpokládáme potřebný objem zásobníku teplé vody ve výši současných 1260 – 1500 litrů. Z důvodu velkého objemu zásobníků a očekávané fluktuaci spotřeby teplé vody je vhodné tento objem rozdělit do dvou identických zásobníků. Pro realizaci využijeme ohřívač TV od společnosti Dražice OKC 750 NTRR/BP o objemu 710 l. Tento zásobník je vybaven dvěma výměníky a je vhodný ke kondenzačním kotlům, zároveň je možné do něj instalovat potřebná přírubová tělesa. Pořizovací cena tohoto zásobníku je 48 709,32 Kč bez DPH. (49)

Denní potřeba energie na ohřev TV činí přibližně 112 kWh. Jelikož máme k dispozici dva ohřívače, můžeme stanovit, že každý z nich dodá přibližně polovinu, tj. 56 kWh. Dále je zapotřebí započítat ztráty akumulací nádoby (ca 3,1 kWh/den). Pro realizaci by bylo zapotřebí instalovat systém FV ohřevu dvakrát (tj. pro každý ohřívač). Jelikož je posuzovaný systém modulární, můžeme uvažovat náklady na jeho pořízení tyto systémy identické. Celkové náklady tak budou dvojnásobné.

Jako vhodný systém pro zajištění co nejvyššího využití FV systému pro přípravu TV, jsme zvolili například systém Kerberos Power 6000.B od společnosti Unites Systems a.s. Tento systém se vyrábí ve třech variantách výkonu, a to 2 kW, 4 kW a 6 kW. Vzhledem k energetické náročnosti ohřevu TV zvolíme nejvýkonnější systém. Cena této konfigurace činí 42 399 Kč bez DPH. (50)

Výrobce je doporučeno využít panelů 8x 260 Wp, možné je využít i jiných panelů za předpokladu, že vstupní napětí naprázdno nepřesáhne 340 VDC. Z tohoto důvodu navrhuje využití 7 polykrystalických panelů Amerisolar 285 Wp.

Panel	Počet panelů	Napětí naprázdno Voc [V]	Maximální proud při zátěži (Impp) [A]
Amerisolar 285Wp	7	38.7	9

Tabulka 28: Parametry použitých FV panelů (51)

Pro plné využití systému Kerberos Power jsou zapotřebí 3 tyto moduly, tj. celkem 21 FV panelů. Rozměry jednoho panelu činí 1640×992×35 mm. Předpokládáme instalaci na plochu střechy nad objektem tzv. škvárového bunkru (přístavba pomocného objektu). Z důvodu omezené plochy střechy bude významná část panelů instalována z části na louce nad tímto objektem (jeho střecha je z této strany prakticky ve výši okolního terénu). Instalace bude provedena v 7 řadách. Při instalaci je nutné dodržet minimální vzdálenost mezi řadami ve výši ca 1,5 metrů. V rámci ekonomického zhodnocení neuvažujeme komplikace spojené se zábořem této plochy (plocha patří majiteli, který jí neplánuje jinak využít). Uvažujeme sklon panelů 35° a orientace směrem na jih.

K tomuto systému je dále zapotřebí započítat 3 sad FV panelů, každá o instalovaném výkonu 2 kWp, pojistné odpínače, přepěťovou ochranu B+C a potřebnou kabeláž. Dále je zapotřebí započítat potřebná topná tělesa, jistič 6 A pro samotný systém a potřebné kabelové rozvody.

Zařízení	ks	Cena bez DPH [Kč]
Amerisolar 285Wp	21	45124
Kerberos Power 6000.B	1	42399
Pojistný odpínač do 32A, 10x38	6	1332
válcová pojistková vložka 10 A	6	144
Jistič 6A jednofázový KMB6-C6/1 C 6 Kanlux 6 A/1/C	1	47
SLP-PV700 V/Y Svodič přepětí pro fotovoltaické aplikace	3	2049
kabel 4 mm <sup>2</sup>	300 metrů	6000
kabel 1.5 mm <sup>2</sup>	20 metrů	200
TOPNÉ TĚLESO 2KW ELEKTROKOTEL, BOJLER CHROM 2000W	3	1530
Nosná konstrukce na plochou střechu	21	26223
Dražice OKC 750 NTRR/BP	1	48709
další drobný materiál	-	1000
Suma bez DPH		174 756.96

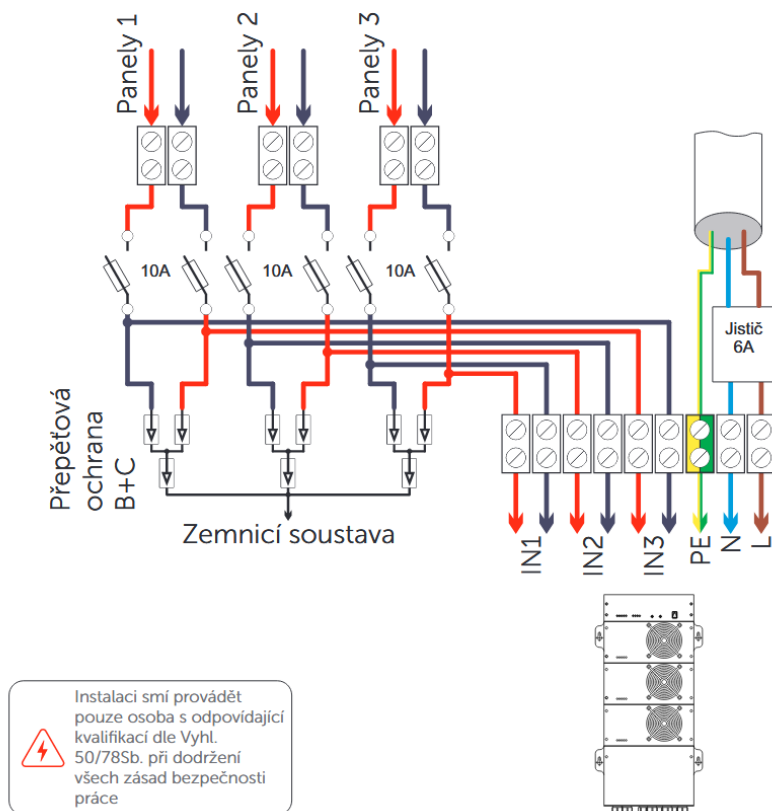
Tabulka 29: Přehled nákladů na zařízení pro FV vytápění ½ systému

K výše uvedeným cenám zařízení je dále zapotřebí započítat náklady na realizaci projektové dokumentace a revize.

V rámci ekonomického hodnocení této varianty uvažujeme pokles celkové výroby vlivem degradace FV panelů ve výši: 0,6 %.

měsíc	Roční průměrná výroba [kWh]	Denní průměrná výroba [kWh]	Pokrytí denní potřeby tepla pro přípravu TV [-]
1	415.80	13.4	11%
2	591.00	20.9	18%
3	1060.80	34.2	29%
4	1480.80	49.4	42%
5	1550.40	50.0	42%
6	1550.40	51.7	44%
7	1587.60	51.2	43%
8	1468.20	47.4	40%
9	1232.40	41.1	35%
10	823.80	26.6	23%
11	377.40	12.6	11%
12	369.00	11.9	10%
Roční výroba kWh	12507.6		

Tabulka 30: Přehled očekávané roční výroby FV systému dle SW nástroje PV GIS, viz příloha 13.5. (52)



Obrázek 13: Přehled zapojení Kerberos Power (53)

## 8.2 Opatření B1: Využití TČ země/voda pro vytápění i pro přípravu teplé vody

V rámci tohoto opatření uvažujeme pro potřeby přípravy TV a vytápění objektu instalaci moderního tepelného čerpadla země/voda se zemními vrtly. Návrh systému byl proveden na základě nabídky řešení systému tepelných čerpadel od pracovníků společnosti Stiebel-Eltron (54). Cenová nabídka je uvedena v příloze 13.1.

V příloze 13.6 je zobrazena geologická situace v lokalitě (55). Dle této mapy se objekt nachází v oblasti s kamenitým až hlinito-kamenitým sedimentem. Porovnáním s tabulkovými hodnotami můžeme ověřit, že potřebná délka vrtů pro TČ činí přibližně 1166 metrů (uvažujeme hodnotu 60 W/m – Viz Tabulka 20).

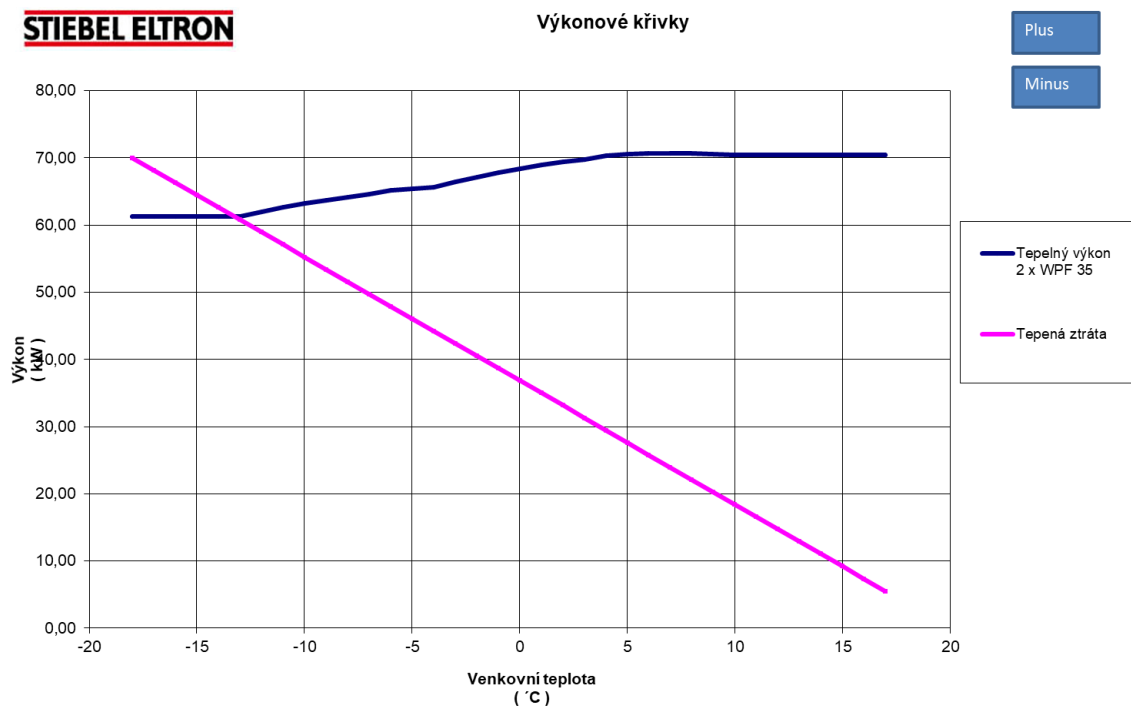
Jako tepelného zdroje využijeme dvou tepelných čerpadel země-voda typu WPF 35. Toto čerpadlo je určené pro kaskádové zapojení až do výkonu 400 kW. Tepelný výkon tohoto tepelného čerpadla činí 38,04 kW při B0/W35, topný faktor v tomto bodě je 4,78. Maximální výstupní teplota tohoto čerpadla je 60 °C. V posuzované konfiguraci uvažujeme dvě varianty výstupní teploty vody, a to 65 °C<sup>2</sup> a 55 °C a tedy dvě varianty výše tepelného spádu (15 °C a 10 °C).

Spolu s tepelným čerpadlem bude instalován akumulární zásobník teplé vody o objemu 1006 litrů, který slouží pro hydraulické oddělení průtoku tepelným čerpadlem a topnými okruhy. Výhodou toto zásobníku je možnost využití jednoho přírubového otvoru a 6 závitových otvorů pro zapojení bivalentních zdrojů. Do zásobníku bude instalováno 6 topných těles BGC 2/60 o celkovém výkonu 36 kW a elektrická topná příruba o výkonu 36 kW. Tímto způsobem je realizován elektrický bivalentní

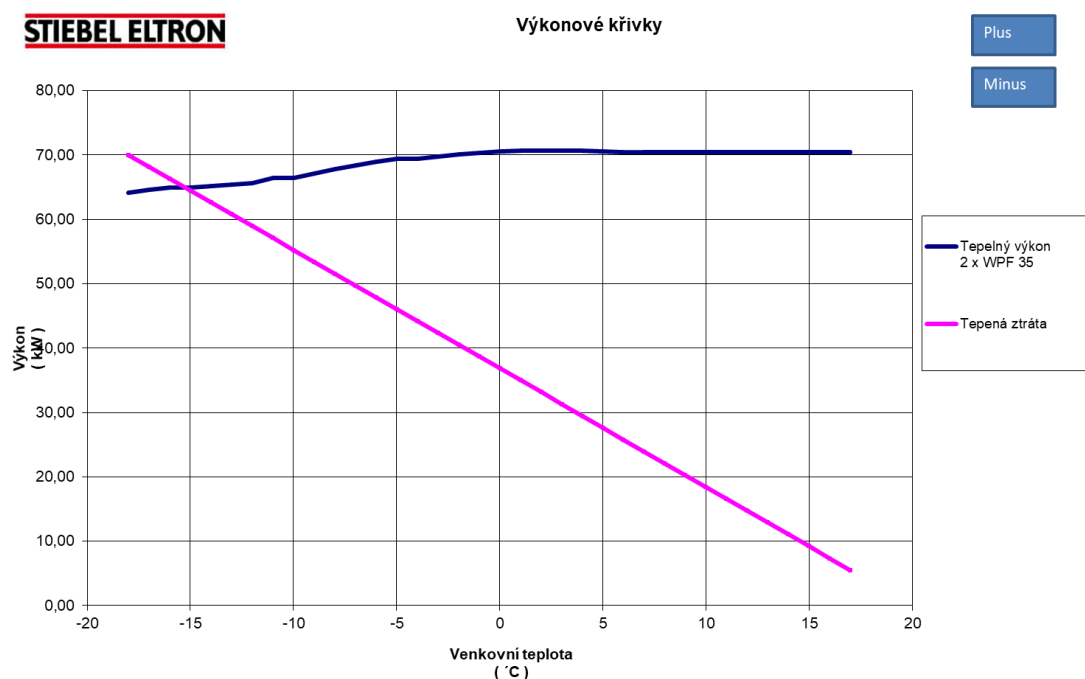
<sup>2</sup> Uvažujeme zapojení v kaskádě.



zdroj o výkonu 72 kW. Akumulační zásobník bude opatřen odpovídající tepelnou izolací pro minimalizaci tepelných ztrát.



Graf 4: Výkonové křivky uvažovaného TČ země-voda při soustavě 65/50 °C, zdroj: Cenová nabídka Stiebel-Eltron (54)



Graf 5: Výkonové křivky uvažovaného TČ země-voda při soustavě 55/45 °C, zdroj: Cenová nabídka Stiebel-Eltron (54)

Pro přípravu teplé vody budou stávající ohřivače vody nahrazeny jinými. Příprava TV vody bude zajištěna prostřednictvím dvou nově instalovaných ohřivačů o objemu 500 l, každý. Do těchto ohřivačů bude rovněž instalováno topné těleso o výkonu 6 kW pro zajištění ohřevu vody při nízkých venkovních teplotách.

Zde bychom mohli diskutovat výkon topného tělesa 6 kW pro každou z ohřívačů TV. V části 6.4 jsme stanovili celkovou potřebu tepla z ohřívačů na ca 112 kWh. Vzhledem k tomu, že ohřívače máme dva, z každého ohřívače budeme odebírat polovinu, tj. 56 kWh. Tepelné ztráty použité nádoby při teplotě 65 °C jsou 100 W, denní výše tepelných ztrát ohřívače tak je 2,4 kWh. Vzhledem k tomu, že předpokládáme tarif pro tepelná čerpadla, mohou být topná tělesa provozována po dobu 22 hodin denně. Minimální výkon topného tělesa tak můžeme stanovit na přibližně 2,8 kW. Při takovémto výkonu by křivky dodávky a odběru tepla ze zásobníku vypadaly následovně:



Graf 6: Křivky odběru a dodávky tepla ze zásobníků

Z grafu je patrné, že největší rozdíl mezi oběma křivkami je ca 30 kWh. Dle vzorce (3.11) by potřebný objem vycházel na přibližně 575 litrů. Výkon použité topné tyče je ale oproti uvažovanému výkonu přibližně dvojnásobný, a přibližně odpovídá maximálnímu uvažovanému tepelnému odběru TV z nádoby (ten je v období nejvyššího odběru přibližně 7 kW). Pro takto výkonnou topnou tyč by byl objem zásobníku výrazně předimenzovaný (viz křivka dodávky tepla při výkonu 6 kW).

Objem nádrže na TV ale není vhodné (s ohledem na požadavek možnosti použití kotle např. při výpadku el. energie) snižovat (naopak v kapitole 596.4 jsme konstatovali, že vhodný objem při využití přednostního ohřevu TV by byl ve výši denní spotřeby, tj. ca 1,4 m<sup>3</sup>). Můžeme zde tak ušetřit instalováním méně výkonného topného tělesa o výkonu ca 3 kW.

Spotřeba elektrické energie této varianty je dle cenové nabídky Stiebel-Eltron (54) zobrazena v následující tabulce:

roční potřeba tepla pro topení	kWh/ rok	195 831
roční potřeba tepla pro topení	GJ / rok	705
roční potřeba tepla pro TV	kWh/rok	31 837
roční potřeba tepla pro TV	GJ / rok	115
roční potřeba tepla celkem	kWh/ rok	227 669
spotřeba kompresorů pro topení a TV	kWh/ rok	56 880
spotřeba bivalentních zdrojů - topných přírub a vestavěného elektrokotle	kWh/ rok	382
odběr energie celkem	kWh/ rok	57 263
podíl bivalentních zdrojů	%	0.7%
proběh tepelných čerpadel	hod/ rok	3 426
doporučená minimální délka vrtů **	metrů	1 180
investice - vrty - hrubý odhad	Kč	1 156 400.--

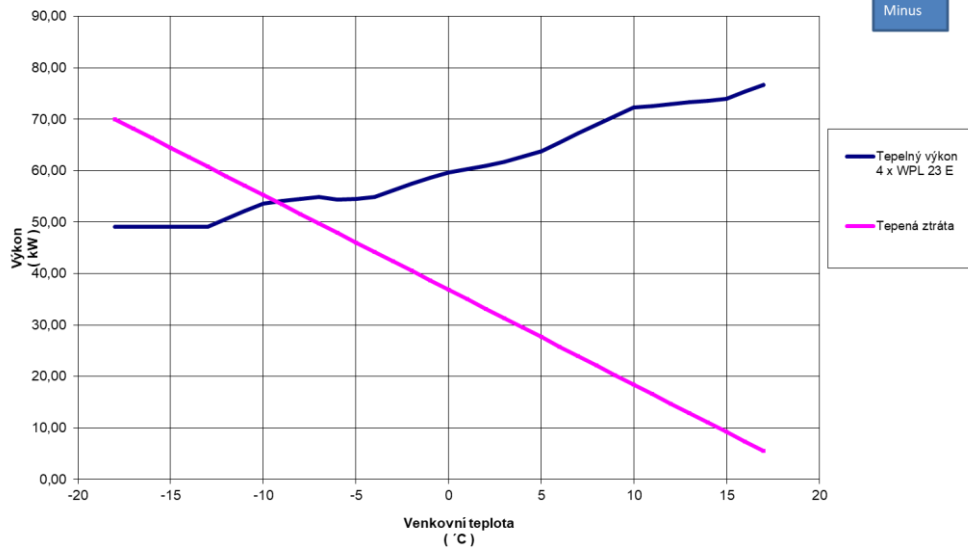
Tabulka 31: Přehled spotřeby elektrické energie TČ dle cenové nabídky Stiebel-Eltron (54)

### 8.3 Opatření B2: Využití TČ vzduch/voda pro vytápění i pro přípravu teplé vody

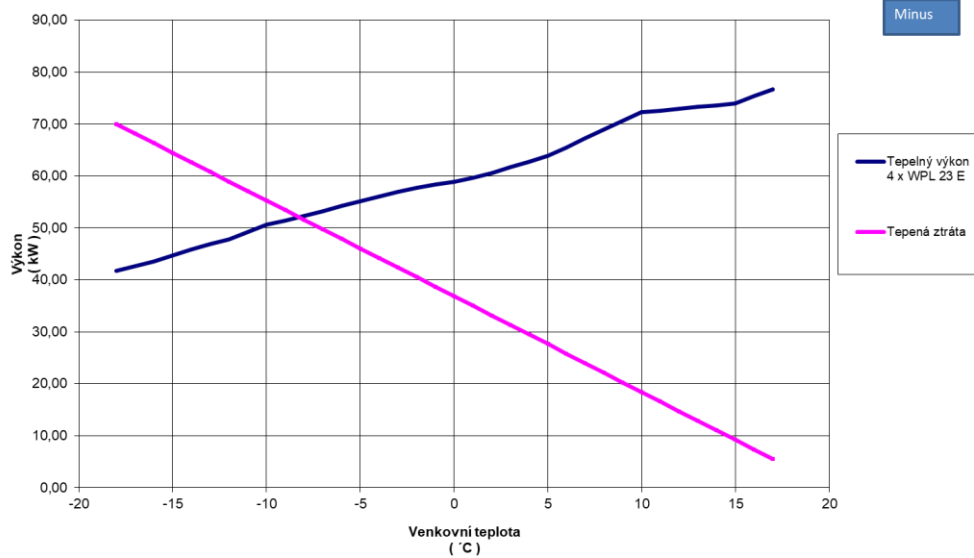
V rámci tohoto opatření uvažujeme instalaci 4 tepelných čerpadel WPL 23 E od společnosti Stiebel-Eltron – viz Příloha 13.2.

Tepelná čerpadla WPL 23 E jsou vhodná pro venkovní instalaci a pro kaskádové zapojení. Tato tepelná čerpadla je možné použít až do venkovních teplot – 20 °C (pod touto teplotou není jejich provoz možný a je nutné využít jiných, bivalentních zdrojů). Zároveň opět bude instalována akumulční nádrž o objemu 1006 litrů s odpovídající tepelnou izolací. Do zásobníku bude, podobně jako v případě opatření B1, instalováno 6 topných těles BGC 2/60 o celkovém výkonu 36 kW a elektrická topná příruba o výkonu 36 kW. Tímto způsobem je realizován elektrický bivalentní zdroj o výkonu 72 kW. Akumulační zásobník bude opatřen odpovídající tepelnou izolací pro minimalizaci tepelných ztrát.

Bivalentní teplota uvažovaného systému při úvaze tepelných ztrát objektu ve výši 70 kW je přibližně - 9 °C pro variantu 65 °C a – 8 °C pro variantu 55 °C – viz následující



Graf 7: Výkonové křivky uvažovaného TČ vzduch-voda při soustavě 65/50 °C, zdroj: Cenová nabídka Stiebel-Eltron (54)



Graf 8: Výkonové křivky uvažovaného TČ vzduch-voda při soustavě 55/45 °C, zdroj: Cenová nabídka Stiebel-Eltron (54)

I v této variantě předpokládáme výměnu stávajících ohřivačů TV a instalaci dvou ohřivačů o objemu 500 litrů, každý.

Spotřeba elektrické energie této varianty je dle cenové nabídky Stiebel-Eltron (54) zobrazena v následující tabulce:

roční potřeba tepla pro topení	kWh/ rok	195 831
roční potřeba tepla pro topení	GJ / rok	705
roční potřeba tepla pro TV	kWh/rok	31 837
roční potřeba tepla pro TV	GJ / rok	115
roční potřeba tepla celkem	kWh/ rok	227 669
spotřeba kompresorů pro topení a TV	kWh/ rok	73 779
spotřeba bivalentních zdrojů - topných přírub a vestavěného elektrokotle	kWh/ rok	14 304
proběh tepelných čerpadel	hod/ rok	3 705
odběr energie celkem	kWh/ rok	88 083
podíl bivalentních zdrojů	%	16.2%

Tabulka 32: přehled spotřeby elektrické energie TČ dle cenové nabídky Stiebel-Eltron (54)

#### 8.4 Opatření C: Náhrada kotle na dřevo kotlem na pelety

Realizace tohoto opatření je z pohledu zásahů do topné soustavy relativně jednoduchá a spočívá v prosté náhradě kotlů. Vzhledem k vypočtené tepelné ztrátě můžeme uvažovat jmenovitý výkon nahrazovaného kotle na přibližně 80 kW. Vzhledem k současně instalovanému kotli na dřevo můžeme pro jednoduchost zvolit plně automatický kotel na pelety od stejného výrobce. S ohledem na potřebný tepelný výkon si můžeme vybrat ze dvou variant, a to P 80 a D80P, obě varianty využívají jako paliva dřevních pelet o průměru 6 - 8 mm o délce 5 až 25 mm a výhřevnosti 16 - 19 MJ.kg<sup>-1</sup>.

Jelikož se snažíme získat co nejvíce soběstačný systém topení, je nejvýhodnějším řešením kotel D80P, který je zároveň možné dovybavit automatickým odvodem popela a přidavným popelníkem o objemu až 135 l. Tento systém by tak za standartních podmínek nemuselo být nutné denně obsluhovat.

Výhodou tohoto řešení je také skutečnost, že provozní podmínky tohoto kotle jsou identické s provozními podmínkami stávajícího kotle – tj. maximální výstupní teplota vody (80-90 °C), maximální provozní tlak 250 kPa, minimální teplota vratné vody 65 °C. Účinnost kotle je 90 %<sup>3</sup>. Díky tomuto řešení by bylo možné využít stávající konfigurace trojcestných směšovacích ventilů a cirkulačních čerpadel.

Cena tohoto kotle činí 89 900 Kč, dále je zapotřebí započítat náklady na hořák ATMOS A85 ve výši 59 800 Kč a šnekový dopravník o délce 5 m v ceně 21 800 Kč a 1000 l nádrž na pelety v ceně 9 800 Kč. Dále je zapotřebí započítat automatický odvod popela pro tento kotel S1080 v ceně 15 900 Kč a

<sup>3</sup> Konzervativní odhad viz. <https://www.atmos.eu/kotle-na-pelety/>

přídavný popelník o objemu 135 l v ceně 7 600 Kč. Všechny uvedené ceny jsou bez DPH. Celkové pořizovací náklady na tuto variantu jsou 183 tisíc Kč bez DPH a bez nákladů na instalaci.

Náklady na instalaci vždy záleží na konkrétních podmínkách a konkrétním dodavateli. Nicméně můžeme očekávat, že potřebné úkony pro instalaci a zprovoznění zdroje se skládají ze dvou položek, a to z fixních nákladů a variabilních nákladů. Mezi fixní náklady související s instalací a zprovozněním patří náklady na cestovné, náklady na zprovoznění technologie, náklady na provedení projektové dokumentace apod. Naopak variabilní složka nákladů zahrnuje přepravné (náklady na doručení zařízení a jeho usazení na místo). Tyto náklady budou s rostoucím výkonem zařízení růst, byť pravděpodobně ne přímo úměrně.

Pro odhad nákladů na realizaci zařízení díky nedostupnosti jiného zdroje údajů použijeme informaci o realizačních nákladech od společnosti GAS KOMPLET (56) referencované na portálu TZB-info. V cenové hladině roku 2013 jsou tyto náklady pro instalaci peletového kotle o výkonu 21 kW 26,5 tisíc korun. Část těchto nákladů (cca 60 %) můžeme považovat za fixní náklady a zbylých 40 % za náklady variabilní. Pro odhad těchto variabilních nákladů se vychází z navýšení pracnosti při instalaci kotle a souvisejícího zařízení z důvodu větších rozměrů a větší hmotnosti. Tyto náklady jsou odhadnuty v dvojnásobné výši oproti referenčnímu kotli.

Odhad nákladů na instalaci kotle 80 kW by tak byl v cenách roku 2013 přibližně 37 tisíc korun. Tuto hodnotu je zapotřebí eskalovat pro stanovení cenové úrovně roku 2020. Pro tento účel byl použit index cen průmyslových služeb (57), který za období 2013 – 2019 činí 6 %. Náklady na v současné cenové úrovni tak činí přibližně 39 200 korun. Celkové náklady na realizaci této varianty tak můžeme odhadnout na přibližně 265 tisíc korun.

Tato varianta nepředpokládá výměnu bojleru. Problémem může být příprava TV v průběhu letního období, kdy na topení bojlerů bude vyžadovat provoz kotle na nízký výkon. Nicméně jde o víceméně současný stav. Naopak v průběhu topné sezóny se využívá přebytečného výkonu kotle (nad výkon potřebný pro vytápění objektu) pro přípravu TV. Naopak v případě extrémně nízkých teplot snížení ohřevu TV, respektive jeho přerušování představuje určitou výkonovou rezervu pro zajištění vytápění objektu.

## 9 Metodika hodnocení jednotlivých variant

Do hodnocení jsou v souladu s kapitolou 7 zahrnuty následující varianty

1. Varianta ponechání současného stavu, tj. v roce 2019 instalovaného kotle na dřevo
2. Instalace nového kotle na pelety, přičemž stávající kotel na dřevo je nahrazen tímto novým kotlem
3. Instalace tepelného čerpadla země/voda, přičemž stávající kotel na dřevo zůstává zachován.
4. Instalace tepelného čerpadla vzduch/voda, přičemž stávající kotel na dřevo zůstává zachován jako zdroj pro pokrytí špičkových potřeb tepla zejména v období s velmi nízkými venkovními teplotami.

Teoreticky je možné ke všem výše uvedeným posuzovaným variantám kombinovat opatření v podobě instalace fotovoltaických panelů pro ohřev TV. V tomto případě musí dojít k záměně současných zásobníků/bojlerů na teplou vodu tak, aby bylo možné jejich provozování jak na elektřinu z panelů, tak i na ohřev vody pomocí vnitřního výměníku (cirkulace vody v topném systému).

Vzhledem k investičním omezením provozovatele objektu, ale i vzhledem ke způsobu provozování jednotlivých tepelných zdrojů, má smysl kombinovat toto opatření pouze se stávajícím stavem – tj kotlem na dřevo. To je z důvodu, že FV panely umožňují v průběhu letního období omezení provozu kotle na dřevo, který při nízkých úrovních výkonu je obtížné provozovat a má nižší účinnost. Kombinace FV systému se systémy tepelných čerpadel, protože účinnost tepelných čerpadel v letním období je nejvyšší.

### 9.1 Hlediska hodnocení

Při hodnocení jednotlivých variant a při rozhodování o výběru optimální varianty budou hrát roli nejen ekonomická hlediska, ale i další hlediska spojená s realizací jednotlivých variant. Mezi tato mimoekonomická hlediska patří například nutnost vyčlenění určité plochy pro skladování dříví, která může být využita jiným způsobem (při uvážení nutnosti skladování dříví alespoň po dobu 2 let, je zapotřebí naskladnit podle výhřevnosti dřeva mezi 220 (buk) a 360 (smrk) PRMR (při výpočtu předpokládáme průběžné zpracovávání dřeva). Uvážíme-li, že maximální výšku naskládaného dřeva 2 m, potřebujeme mezi 110 a 180 m<sup>2</sup> prostoru (bez započítání uliček). V suterénu objektu je možné využít prostor bývalého skladu koksu, tento prostor ale není vhodný pro skladování mokrého dřeva (nelze zajistit dostatečné větrání a vysychání dřeva). Varianty se liší mírou nároků na pracovní sílu – náklady na pracovní sílu jsou sice u variant na palivové dřevo, nebo pelety respektovány v hodnocení, ale dalším hlediskem je riziko s dostupností této pracovní síly. Varianty se dále liší různou mírou spolehlivosti zásobování teplem. Vzhledem k lokalizaci objektu nelze obecně vyloučit výpadky dodávek elektřiny například při větrných či jiných kalamitách. V tomto případě je nerealizovatelné řešit vytápění objektu pomocí tepelného čerpadla, které by bylo napájeno náhradním zdrojem energie (centrála). Naopak v případě variant na palivové dřevo, respektive pelety je potřeba nezbytného množství pro zajištění chodu oběhových čerpadel řízení soustavy výrazně menší a je jí možné zajistit například pomocí záložního zdroje – centrálou.

V případě spalování palivového dřeva (pelet) je vzhledem ke spotřebovávanému množství potřeba řešit využití popela. Popel ze dřeva (pelet) je sice v principu cenným hnojivem (58) nicméně stále vyžaduje manipulaci (a tedy potřebu pracovní síly). Současně je třeba respektovat specifické podmínky Chráněné oblasti a další případná omezení.

Celkové množství popela při spalování dřeva (na základě údajů o neúplné sezóně 2019/2020 se dá odhadnout celková spotřeba dřeva ca 100 m<sup>3</sup> a to při průměrné hmotnosti cca 2 roky vyschlého dřeva znamená několik set kilogramů popela ročně).

Ekonomické hledisko hodnocení v souladu s korektními pravidly hodnocení ekonomické efektivity projektu musí respektovat: (59)

- Celý životní cyklus dané varianty, tj. všechny výdaje spojené s přípravou realizací a ukončení daného projektu
- Současné hodnocení musí respektovat životnost použitých technologií, respektive jejich klíčových komponent
- Reálné podmínky podnikatelského prostředí – musí být respektovány konkrétní podmínky z hlediska daní, vývoje cen nákladových položek (paliva, elektřina, pracovní síla, opravy a údržby zařízení atd.)
- Reálné podmínky financování realizace projektu – to znamená způsob, jakým jsou opatřeny prostředky na instalaci zařízení (vlastní prostředky, bankovní úvěr, dotace, či jejich kombinace)
- Časovou hodnotu peněz, která představuje ušlou příležitost podnikatele z titulu investice do daného projektu.

Posuzované varianty se obecně mohou lišit svojí dobou životnosti. To je třeba respektovat při metodice hodnocení. Korektním způsobem je výpočet průměrných ročních nákladů jednotlivých na vytápění a přípravu teplé vody u jednotlivých variant. Tyto měrné roční náklady se stanoví podle vzorce:

$$n_{roč,j} = a_{Ti} * NPV_j \quad (9.1)$$

Kde

NPV<sub>j</sub> – čistá současná hodnota všech výdajů spojená s j-tou variantou za dobu její životnosti [Kč]

a<sub>Ti</sub> – časová poměrná anuita [-]

i – poměrná anuita [-]

T<sub>j</sub> – doba životnosti j-té varianty [-]

Čistá současná hodnota NPV<sub>j</sub> se stanoví podle vzorce (9.2).

$$NPV_j = \sum_{t=0}^{T_j} CF_t(1+i)^{-t} \quad (9.2)$$

Kde

CF<sub>t</sub> – Tok hotovosti v roce t [Kč]

Výhodou použití ukazatele ročních nákladů na vytápění a přípravu TV je to, že umožňuje korektně porovnávat varianty s různou dobou životnosti. Tento přístup předpokládá nepřetržité pokračování podnikatelské činnosti a opakování stejné varianty vytápění po skončení její životnosti.

V případě, kombinace varianty FV panelů s dosavadním stavem, tj. kotlem na dřevo dochází k situaci, kdy FV systém má cca dvojnásobnou dobu životnosti než kotel na dřevo. V tomto případě předpokládáme cyklické opakování investice do kotle na dřevo tak, aby doba životnosti současného kotle a opakované investice od obnovy kotle na dřevo odpovídala očekávané životnosti FV panelu. Při aplikaci tohoto postupu se použije zjednodušující předpoklad, že doba životnosti FV panelů se rovná



zbytkové době životnosti kotle na dřevo a době životnosti nově pořízeného kotle na dřevo, tj. - v součtu 23 let.

Další z možností, která se často využívá pro posouzení nákladovosti variant vytápění, je tzv. minimální cena tepla. Ta se stanoví z kritériální podmínky, že NPV dané varianty řešení vytápění se rovná 0. To znamená, že výše uvedený vzorec pro výpočet NPV doplňujeme o „fiktivní“ tržby za teplo. Minimální cena pak představuje ohodnocení tepla dodaného do objektu, jako kdyby vytápění objektu za jinak stejných podmínek prováděl externí subjekt. Hodnota NPV rovná 0 pak znamená, že tomu odpovídající minimální cena tepla provozovateli zaručuje dosažení výnosu z investice ve výši diskontu použitého pro diskontování. (konference).

Metodika vytvořená pro hodnocení vytápění předmětného objektu dále pracuje s následujícími předpoklady:

- Provozovatel objektu je plátcem DPH
- Varianty vytápění (investiční výdaje) se předpokládají z vlastních prostředků provozovatele.
- Po celou dobu hodnocení předpokládáme konstantní sazbu daně z příjmu ve výši 19 %.
- Předpokládáme, že realizace variant bude z vlastních zdrojů provozovatele
- Pro jednotlivé nákladové položky je stanoven odhad jejich cenového vývoje, zejména jde o palivové náklady a mzdové náklady. Na ostatní položky se předpokládá dlouhodobá průměrná inflace ve výši cca 2 %.
- V případě náhrady kotle na dřevo kotel na pelety je uplatněn princip opatrnosti, to znamená, že na vrub posuzované varianty není započítán případný příjem z prodeje kotle na dřevo. Do žádné z posuzovaných variant není započítán výdaj na záložní zdroj elektřiny, předpokládá se, že provozovatel objektu jej zajistí ve všech variantách (z hlediska nutnosti zajistit nouzový provoz objektu při výpadku elektřiny).
- Odhad potřeb tepla je stanoven na základě analýzy tepelně technických charakteristik objektu, a současně na základě simulace potřeby teplé vody podle chování návštěvníku objektu.
- Potřeba teplé vody pro restaurační provoz se předpokládá v minimální míře a to z důvodu, že pro mytí nádobí je použito automatických myček.
- Hodnota diskontu, tj. časové ceny peněz je odhadnuto pomocí informací o výnosnosti jednotlivých podnikatelských odvětví s respektováním charakteru lokality a míry atraktivnosti objektu.
- Žádná z posuzovaných variant (s výjimkou instalace nových zásobníků/bojlerů v případě FV ohřevu vody) nevyžaduje rekonstrukci vnitřních rozvodů tepla. Varianty TČ pouze vyžadují výměnu otopných těles.

## 9.2 Predikce cen elektrické energie

### 9.2.1 Aktuální stav a vývoj sektoru elektroenergetiky

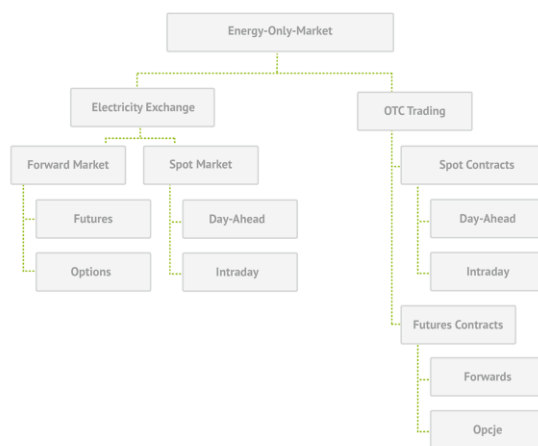
Pro provedení korektní predikce cen elektrické energie je zapotřebí znát současný stav a vývoj trhu s elektřinou a vlivy budoucích plánů v oblasti energetiky.

Velký vliv na vývoj trhu s elektřinou mají takzvané liberalizační balíčky. Až do období poloviny 90. let byla struktura elektroenergetiky v jednotlivých zemích vertikální, v každém státě odvětví dominovala často jen jedna energetická společnost, která zajišťovala celý řetězec od výroby energie po její přenos, distribuci a prodej konečným spotřebitelům energie.

Významnou změnu tohoto systému způsobilo schválení tzv. druhého liberalizačního balíčku, který zahrnoval i směrnici EU 2003/54/ES. Tato směrnice byla významná, protože zavedla požadavek na funkční a právní rozdělení výrobce energií (vlastníků elektráren) a distributora energie (provozovatele přenosových a distribučních sítí). Díky této směrnici získali spotřebitelé energie možnost vybrat si svého dodavatele energie. Směrnice také definovala základní principy fungování vnitřního trhu a postupy jakým způsobem má nezávislý regulátor stanovit poplatky za přenos a distribuci energie.

V roce 2009 byla liberalizace trhů s energiemi opět posílena přijetím tzv. třetího energetického balíčku, který současně definoval cíle v oblasti rozvoje a využívání obnovitelných zdrojů energie, zvyšování energetické účinnosti a snižování emisí CO<sub>2</sub> pro rok 2020. V rámci tohoto balíčku je definován trh s elektřinou jako „energy only market“. (60)

### Energy-Only Market



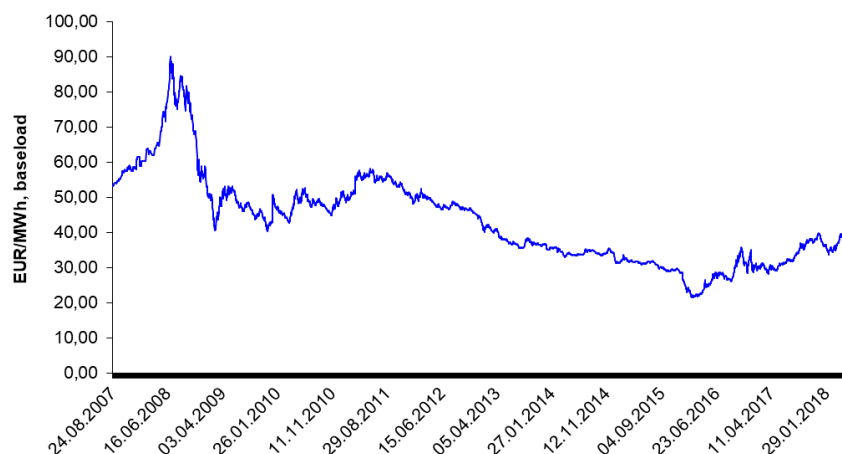
Obrázek 14: Struktura trhu s elektřinou v podobě „energy only market“ (61)

V rámci „energy only“ trhu dochází ke kompenzaci výrobců energie skrze prodané množství v MWh. Elektřina se na tomto trhu obchoduje jako komodita, a jejím prodejem se výrobcům kompenzují náklady na její výrobu. V případě velkých elektráren je ale značná část nákladů na výrobu energie stálá a nezávisí tolik na aktuální výrobě.

Aplikací tohoto principu došlo k velkému rozvoji trhu s elektřinou, který s sebou přinesl také řadu nežádoucích efektů způsobených velmi rychlým rozvojem výroby elektrické energie v intermitentních obnovitelných zdrojích (zvláště fotovoltaických a větrných elektrárnách). Jedním z těchto negativních efektů je tzv. „Merit order effect“. Tento efekt se vyznačuje posunem křivky nabídky (která je díky principu „energy only market“ vytvořena na základě krátkodobých marginálních nákladů na výrobu energie) doprava. (62)

V rámci podpory rozvoje OZE jsou výrobci energie z těchto zdrojů kompenzováni za výrobu „zelené“ energie. Tato kompenzace se často provádí například pomocí „Feed-in premium“, kdy výrobce elektřiny obdrží za prodej vyrobené MWh její aktuální cenu na trhu a k ní také dodatečnou státní podporu. Při nezměnění křivky poptávky dochází tak dochází k poklesu cen energie na trhu, což způsobuje ekonomické problémy pro konvenční elektrárny (uhelné, plynové, jaderné). V posledních letech tak mnoho těchto elektráren bylo donuceno ukončit provoz, či odložit investice do modernizací.

Stávající situace zároveň de-facto způsobila zastavení výstavby velkých zdrojů bez podpory vlád či států.



Graf 9: Vývoj cen kontraktů baseload 1 rok (63)

Poslední změny trhu byly zavedeny schválením čtvrtého liberalizačního balíčku „Čistá energie pro všechny Evropany“. Tento balíček opět definoval cíle pokračování snižování emisí skleníkových plynů k roku 2030 (schválený cíl – dosáhnou poklesu -40 % oproti hodnotám 1990), další navýšení podílu obnovitelných zdrojů na spotřebě energie (32 %). V rámci zavedených opatření jsou jednotlivé unijní státy povinny vypracovat a předložit komisi Národní energeticko klimatické plány, ve kterých má být definován příspěvek daného státu k plnění unijních cílů. ČR předložila svůj Vnitrostátní plán v oblasti energetiky a klimatu v lednu 2020 (64).

Očekávaný rychlý nárůst obnovitelných zdrojů pro výrobu elektrické energie i tepla bude vyžadovat značné náklady na zajištění jejich rozvoje. Jen investice do nových obnovitelných zdrojů pro výrobu elektrické energie pro dosažení cílů stanovených českým Vnitrostátním plánem v oblasti energetiky by dle odhadů odborníků z FEL ČVUT a Komory OZE stálo do roku 2030 cca 136 mld. Kč. Splnění všech cílů v oblasti OZE by si pak vyžádalo přibližně 328 mld. Kč (65).

Cíle EU byly následně předefinovány v rámci tzv. „Green Deal“ na podzim roku 2019, který definuje strategický cíl EU dosáhnout klimatické neutrality do roku 2050. Pro dosažení tohoto cíle můžeme očekávat zpřísnění stávajících cílů pro rok 2030 (55% redukce emisí skleníkových plynů), a ještě větší náklady na jejich dosažení.

Aby bylo možné takto ambiciózních dekarbonizačních cílů dosáhnout, dochází v současnosti ke značnému rozvoji tzv. „Sector coupling“, který spočívá v masivní elektrifikaci sektoru spotřeby energie. Splnění cílů prakticky vyžaduje značné snížení využívání fosilních paliv pro výrobu tepla, elektrické energie, dopravy aj. V současné době se toto snížení nejvíce projevuje u uhlí, pro dosažení klimatických cílů ale bude muset být omezeno i používání zemního plynu.

Vzhledem k plánované elektrifikaci a využívání intermitentních obnovitelných zdrojů můžeme očekávat rozvoj také akumulačních technologií a snahu motivovat spotřebitele k úpravě jejich chování, respektive spotřebu elektřiny, vzhledem k současné situaci v elektrické síti (aktuální ceně elektrické energie).

## 9.2.2 Predikce cen elektrické energie

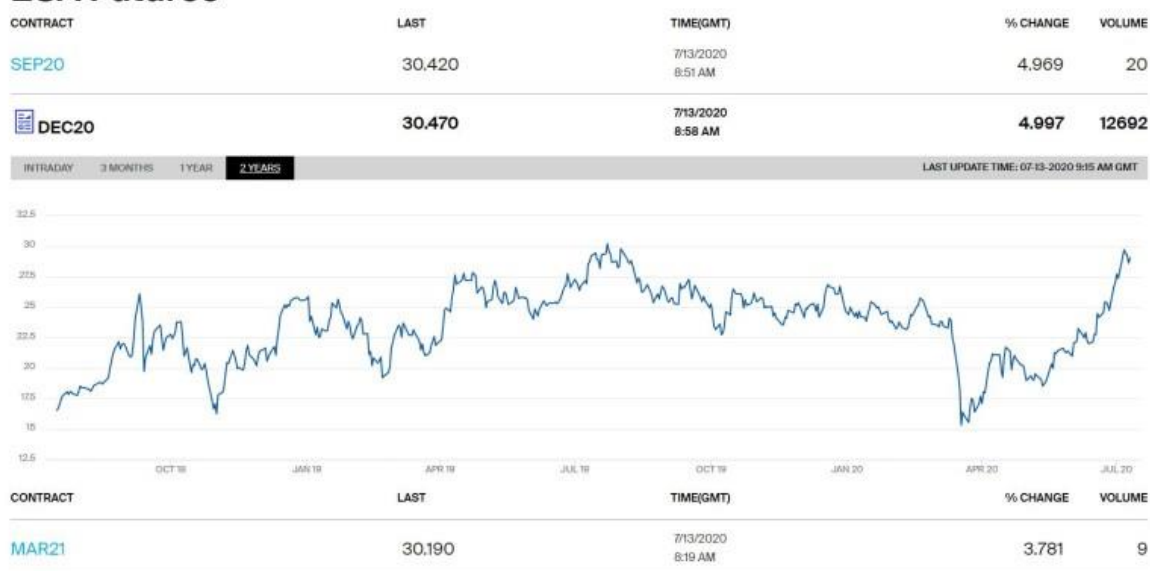
V rámci řešené úlohy je doba životnosti posuzovaných variant 15-20 let. Na tuto dobu je třeba predikovat i vývoj cen elektřiny, protože ceny elektřiny budou zásadně ovlivňovat především uvažované varianty s tepelnými čerpadly.

Odhad cen elektřiny na takto dlouhé období je zatížen řadou neurčitostí, které vyplývají z očekávaných změn vyvolaných cíli klimatické neutrality a implementací „Sector Coulingu“. Vzhledem k výše uvedené diskuzi širších souvislostí trhu s elektřinou lze identifikovat následující základní faktory ovlivňující cenu elektřiny pro konečného spotřebitele, a to:

- **Nárůst cen elektřiny jako komodity.**

V období, na které jsou posuzovány varianty vytápění objektu (tj. cca 2021-2036, 2041), bude (pravděpodobně) docházet ke kombinaci výroby elektřiny z konvenčních zdrojů (včetně jaderných elektráren) a výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů. Náklady výroben na bázi OZE jsou v současnosti (bez započítání externalit) zpravidla vyšší, než je tomu u konvenčních elektráren. Ovšem, rychle rostoucí ceny emisních povolenek v rámci EU ETS výrazně zvyšují náklady na výrobu elektřiny z fosilních paliv (zejména z uhlí). Aktuální ceny emisních povolenek dosahují až 30 EUR/povolenku, podle řady odhadů by do roku 2030 mohlo dojít k jejímu zvýšení až na cca 50 EUR (66). Ceny povolenek přesáhly v půlce prosince 2020 31 EUR/povolenku. To bude zvyšovat konkurenceschopnost elektřiny z obnovitelných zdrojů.

### EUA Futures



Obrázek 15: Vývoj cen povolenek v rámci EU ETS (67)

- **Nárůst podpory výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů.**

Jak již bylo uvedeno, dosažení cílů k roku 2030 definovaných Vnitrostátním plánem v oblasti energetiky a klimatu by jen v oblasti výroby elektřiny z OZE vyžadovalo investice do nových zdrojů ve výši cca 136 mld. Kč. I když v současnosti (prosinec 2020) není znám způsob podpor OZE v následující dekádě (novela zákon o POZE je stále projednávána v Poslanecké sněmovně), je možné očekávat, že významná část těchto nákladů, resp. provozních nákladů by musela být hrazena podporou. Současná výše podpor výroben elektřiny na bázi OZE dosahuje cca 42,5 mld. Kč (2019) – viz statistika OTE (68). Do budoucnosti lze očekávat, že díky ambiciózním cílům

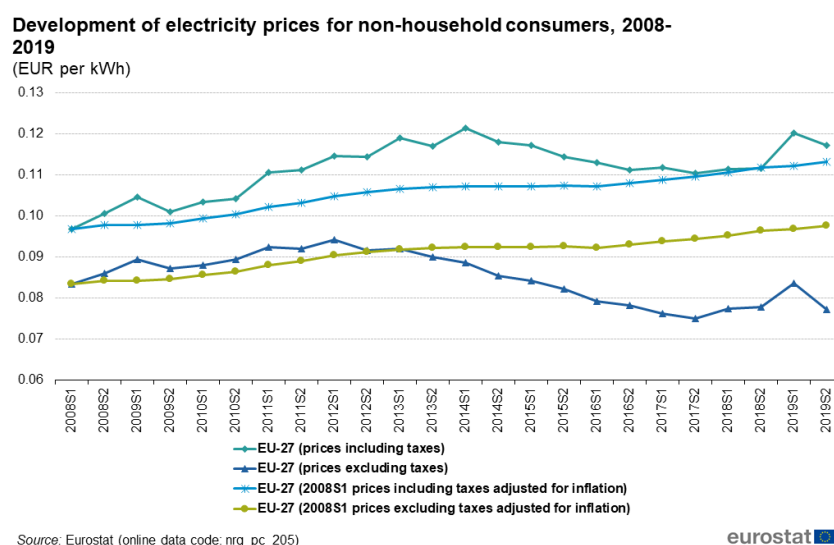
rozvoje OZE (současný Vnitrostátní plán např. předpokládá nárůst instalovaného výkonu ve fotovoltaice ze současných cca 2100 MW na 3975 MW a u větrných elektráren z 370 na 970 MW) bude docházet ke zvyšování celkových nákladů na výrobu elektřiny. Tento plán navíc podle hodnocení Evropské Komise z října 2020 není dostatečně ambiciózní a nenaplnuje doporučení Komise mj. v oblasti OZE (69).

- **Nárůst nákladů na rozvoj sítí a energetické infrastruktury.**

Strategie dosažení klimatické neutrality, masivní rozvoj výroby elektřiny na bázi OZE a implementace konceptu „Sector Coupling“ bude vyžadovat i masivní investice do energetické infrastruktury (především přenosová vedení, ale i vedení v rámci distribuční soustavy umožňující připojování nových kapacit ve FV a větrných elektrárnách. Současně bude muset docházet k masivními budování akumulčních kapacit, a to jak bateriových (pro poskytování podpůrných služeb a vysokorychlostního dobíjení elektromobilů), tak i dalších technologií umožňujících ukládat přebytky výroby elektřiny z intermitentních zdrojů do vodíku (např. technologií elektrolýzy vody) nebo pomocí jiných technologií obecně označovaných jako Power-to-X. To velmi pravděpodobně povede ke zvyšování nákladů na elektroenergetickou infrastrukturu (a tedy i regulovanou složku ceny elektřiny).

Dalším aspektem, který bude ovlivňovat ceny elektřiny pro konkrétního zákazníka s konkrétním charakterem odběru, bude i očekávaná a nutná změna tarifní struktury. Jde o to, že v současnosti je v ČR dominantní část ceny elektřiny pro konečného spotřebitele na úrovni nn navázána na spotřebu energie (kWh, resp. MWh), přičemž naopak podstatná část nákladů má charakter stálých nákladů (např. náklady na jednotlivé úrovně napětí v rámci distribuční soustavy). Rychle rostoucí podíl decentrální výroby elektřiny (např. v malých střešních FV systémech) způsobuje přenášení části stálých nákladů na subjekty, které tyto aplikace nemají či nemohou instalovat. Dalšími faktory, které vyvolávají potřebu nové tarifní struktury, jsou očekávaný masivní rozvoj elektromobility a rozvoj tepelných čerpadel.

Základní informaci o vývoji cen elektřiny pro konečné zákazníky (typu domácností) od roku 2008 udává následující obrázek



Obrázek 16: Vývoj cen elektřiny pro koncové zákazníky se spotřebou 2,5-4 MWh/rok (včetně daní) (70)

Jak již bylo uvedeno, odhad vývoje cen elektřiny je vzhledem k výše uvedeným faktorům zatížen velkými nejistotami. Existuje ale řada objektivních důvodů pro růst ceny elektřiny, a to rychleji než průměrná očekávaná inflace.

Nárůst cen elektřiny bude ovlivněn především očekávaným růstem cen silové elektřiny, očekávat můžeme také růst ceny za přenos a distribuci elektřiny. Významné dopady z pohledu koncového zákazníka též mohou mít daňové změny (např. změna výše ekologické daně) a změny tarifní struktury.

Současně je ale třeba zdůraznit, že růst cen elektřiny bude mít významné limity, a to jak v rámci zachování konkurenceschopnosti průmyslu zemí EU na světovém trhu, tak i z hlediska ekonomických dopadů na domácnosti a sektor služeb.

Proto cena elektřiny v ekonomickém modelu bude posuzována v rozpětí:

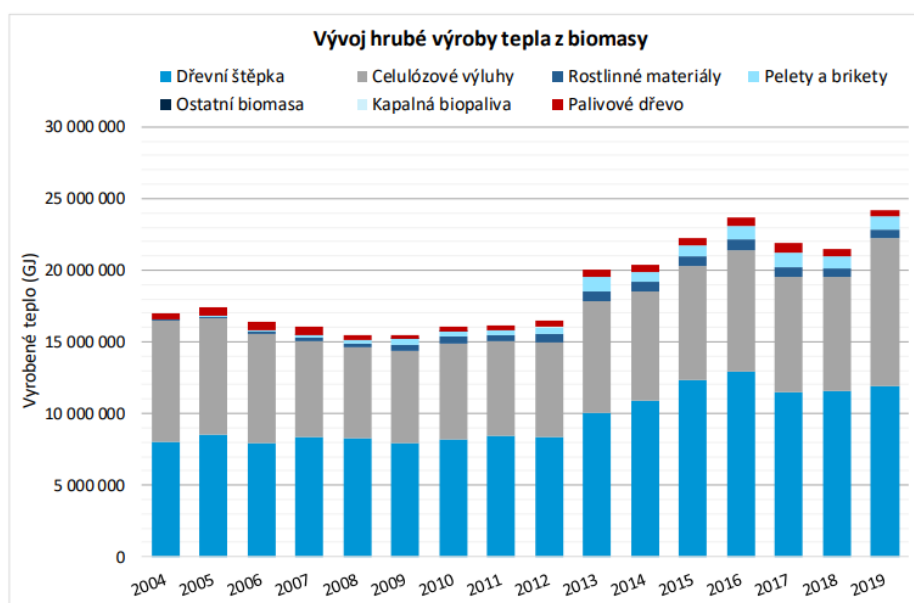
- Průměrné tempo inflace + 2 % dalšího ročního navýšení
- Průměrné tempo inflace + 3 % dalšího ročního navýšení

Růst ceny elektřiny o 3 procenta nad inflaci vlastně znamená zvýšení její reálné ceny za 15 let (bez vlivu inflace) o cca 56%.

### 9.3 Vývoj spotřeby dřeva pro energetické účely a odhad budoucí ceny dřeva

Biomasa je v současnosti nejvíce využívaným obnovitelným zdrojem energie v ČR. Podíl tuhé biomasy na celkové vyrobené energii z obnovitelných zdrojů podle statistiky MPO (71) činil v roce 2019 přibližně 66 % (136 PJ). Z hlediska energetického využívání těchto zdrojů můžeme od sebe oddělit spotřebu domácností a spotřebu ostatních subjektů. Důvodem je skutečnost, že spotřeba mimo sektor domácností je s relativně dobrou přesností sledována. Data pro již zmíněnou statistiku MPO o spotřebě biomasy (dřeva) pro výrobu tepla jsou přebírána ze statistik teplárenských soustav ERÚ. Tyto statistiky jsou pak doplněny díky vlastnímu šetření MPO o vlastní spotřebu v tepelných zdrojích o výkonu vyšším jak 300 kW a u podnikatelských subjektů s více jak 20 zaměstnanci.

Palivové dřevo a dřevní pelety jsou hlavně využívány pro výrobu tepla. Mimo sektor domácností se v roce 2019 využilo pro výrobu tepla přibližně 41,6 tisíc tun palivového dřeva, spotřeba dřevní štěpky ve stejném roce byla přibližně 1,4 milionu tun.



Obrázek 17: Vývoj hrubé výroby tepla z biomasy bez sektoru domácností, převzato z (71)

Stanovení spotřeby palivového dřeva či pelet pro sektor domácností je složitější z důvodu nedostupnosti dat, neboť zdroje palivového dříví (včetně samosběru dřeva) nejsou statisticky sledovány. Při stanovení spotřeby pro domácnosti se tak musí operovat s odhady. Například MPO pro odhad spotřeby palivového dřeva domácnostmi využívá mimo jiné Výběrové šetření o energetické spotřebě v domácnostech (ENERGO 2015) organizované Českým statistickým úřadem. MPO odhaduje spotřebu palivového dřeva domácnostmi v roce 2019 na přibližně 11,4 milionu prostorových metrů rovných (s kůrou) při odhadované výhřevnosti 13,5 GJ/tunu.

Spotřeba palivového dřeva domácnostmi v posledních letech stoupá, mezi lety 2010 a 2019 vzrostla o přibližně 2,8 milionu PRMR. Již zmíněná statistika obsahuje i odhady spotřeby dřeva v rekreačních objektech – chatách a chalupách. Můžeme v ní nalézt i odhady spotřeby dřeva získaného samosběrem, obchodovaného dřeva. Zařazeno je zde i dřevo, které má charakter odpadů, odřezků, a využití starého dřeva (palety apod.).

Oproti spotřebě dřeva domácnosti spotřebují mnohem méně pelet. V roce 2019 byl rozsah tuzemského trhu s dřevními peletami přibližně 238 tisíc tun, 201 tisíc tun bylo spotřebováno domácnostmi. V ČR je momentálně velký převis výroby pelet nad její spotřebou, z tohoto důvodu je více jak polovina produkce (přibližně 300 tisíc tun) exportována. Dovoz pelet ze zahraničí je naopak minimální, v roce 2019 bylo dovezeno „pouhých“ 22 tisíc tun pelet. Spotřeba pelet domácnostmi ale pozvolně stoupá, mezi lety 2010 a 2019 spotřeba vzrostla o přibližně 95 tisíc tun.

Velmi významná je v současnosti i tuzemská produkce dřevních briket, která v roce 2019 dosáhla přibližně 133 tisíc tun, na rozdíl od pelet mají brikety vyrovnanou bilanci dovozu a vývozu. Na tuzemský trh tak bylo v roce 2019 dodáno 129 tisíc tun briket.

Spotřeba dřevních pelet a briket je mimo sektor domácností malá, v roce 2019 činila pouhých 64 tisíc tun. Mimo sektor domácností se totiž jako palivo namísto kvalitnějších dřevních pelet využívá formy tuhé biomasy, které není možné použít jako palivo do malých spalovacích zařízení využívaných domácnostmi, nebo jinými malými spotřebiteli. Využívána je například dřevní štěpka, dřevní odpad, celulózové výluhy a další neaglomerované rostlinné materiály. Tato paliva se využívají také pro výrobu elektrické energie, pro výrobu elektřiny se využívají také tzv. agropelety – pelety vyrobené z rostlinného materiálu (ne dřeva). Ty nemají vhodné charakteristiky pro využití v malých lokálních topeništích.

Spotřeba biomasy pro výrobu tepla i elektřiny postupně narůstá, roste i spotřeba pro lokální vytápění. U malých lokálních zdrojů je tento trend způsoben hlavně postupným odklonem od využívání uhlí, který je podporován i díky tzv. Kotlíkovým dotacím z programu Nová zelená úsporám.

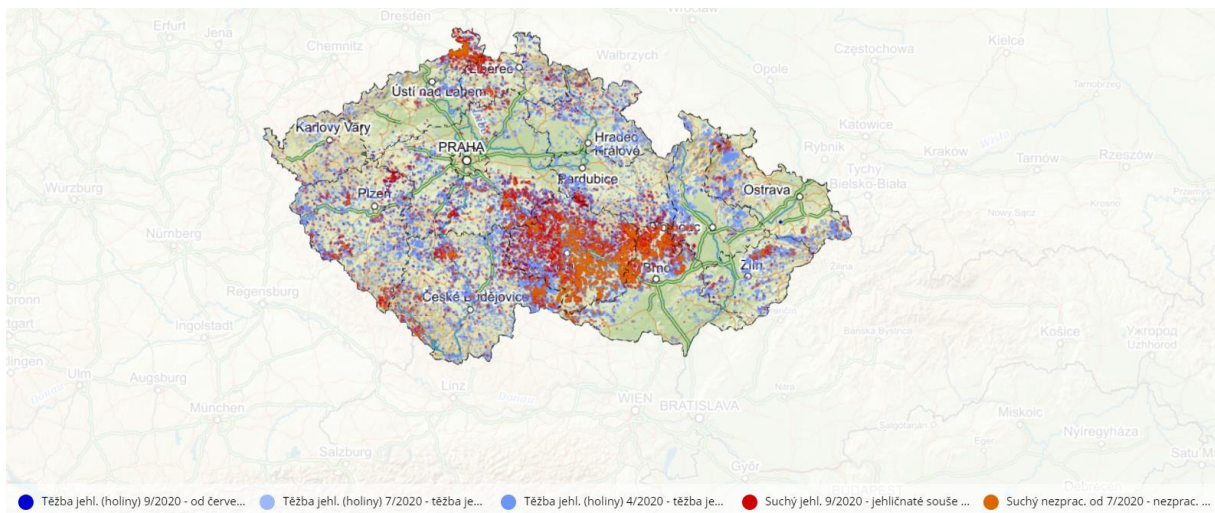
Výroba elektřiny z tuhé biomasy vzrostla mezi lety 2010 a 2019 o přibližně 0,9 TWh na 2,4 TWh. Další rozvoj využívání biomasy se předpokládá i ve Vnitrostátním plánu České republiky v oblasti energetiky a klimatu z ledna 2020, podle kterého by se k roku 2030 mělo zvýšit využití bioenergie o 30 % v porovnání s rokem 2016. Více jak 2/3 tohoto navýšení má být způsobeno spalováním biomasy za účelem výroby elektřiny a tepla (včetně výroby domácností).

V blízké budoucnosti můžeme očekávat, že poptávku po biomase výrazně ovlivní zrychlený odklon a ukončení využívání uhlí. Podle doporučení Uhlé komise ze 4. prosince 2020 by mělo využívání uhlí jako paliva být ukončeno v roce 2038. Ukončení využití uhlí zásadním způsobem ovlivní českou energetiku a bude mít dopad na všechny trhy paliv. Ruku v ruce s odklonem od uhlí můžeme očekávat také (alespoň částečnou) transformaci teplárenství na využití biomasy – v současnosti je podíl uhlí na výrobě a dodávkách tepla stále vysoký (87,5 PJ v roce 2019). K transformaci podstatné části teplárenského odvětví pravděpodobně dojde ještě do roku 2030, uhlí bude pravděpodobně

nahrazováno zejména zemním plynem a biomasou. Určitý potenciál je z tohoto ohledu také v energetickém využití odpadů.

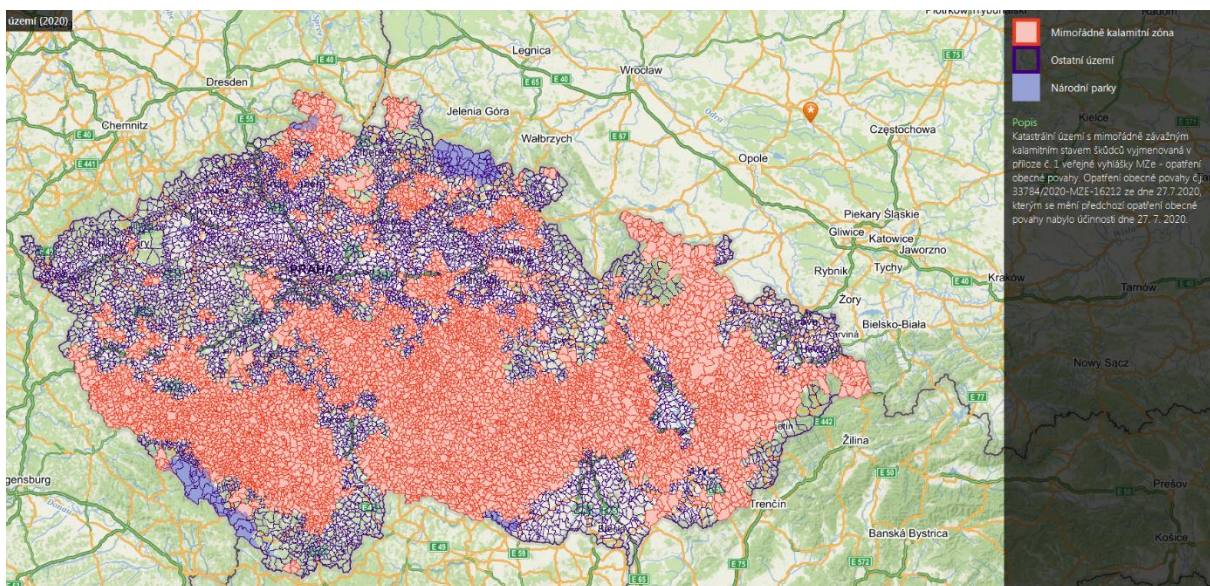
Můžeme očekávat, že rostoucí poptávka po biomase se projeví na ceně ve všech jejích kategoriích. Dalším důležitým faktorem, který bude mít vliv na cenu, je výhledová dostupnost tuhé biomasy. Vliv na ní má zejména dostupnost lesní biomasy, na kterou bude mít velký dopad současný stav lesů a rozvoj kůrovcové kalamity. Na současném stavu lesů se projevují klimatické změny charakteristické zvyšováním průměrných teplot a déle trvajícím období s extrémně vysokými teplotami. Dochází také ke změně profilu srážek a dlouhotrvajícím periodám sucha. Tyto faktory výrazně přispěly ke vzniku kůrovcové kalamity a výraznému zhoršení stavu tuzemských lesů.

Celková rozloha lesních porostů v ČR je přibližně 2,692 milionu hektarů. Jednotlivé kraje jsou kůrovcovou kalamitou zasaženy různou mírou, ve všech krajích ale platí kalamitní stav.



Obrázek 18: Stav kůrovcové kalamity k 12/2020 dle geoportálu Kůrovcová mapa (72)

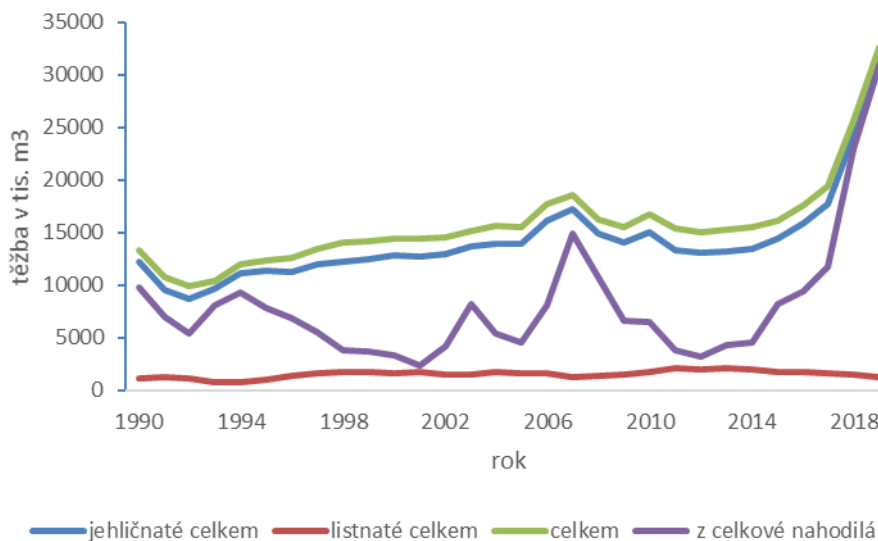
Tomuto stavu odpovídá i klasifikace území podle míry zasažení kůrovcovou kalamitou.



Obrázek 19: Zobrazení katastrálního území dle mimořádného stavu škůdců (73)



V důsledku této kůrovcové kalamity dochází přibližně od roku 2016 k prudkému růstu těžby dřeva. Těžba dřeva roste z cca 12-13 mil. m<sup>3</sup> b.k. (výše těžby v 90. letech minulého století) až na 32,6 mil. m<sup>3</sup> b.k. v roce 2019. Prakticky veškerá těžba dřeva je reakcí na především kůrovcovou kalamitu, podíl nahodilé těžby na celkové těžbě je 95 %. Nejvíce zasaženy jsou hlavně smrkové porosty, které tvoří dominantní část lesních porostů. Kalamita se ale týká i jiných druhů porostů. Vývoj těžby dřeva a nárůst podílu nahodilé těžby je možné vidět na následujícím grafu:



Obrázek 20: Vývoj těžby dřeva v tis. m<sup>3</sup> b.k. (bez kůry), zdroj dat: (74) a (75)

Současnou situaci lesních porostů můžeme charakterizovat následujícími ukazateli (75)

- Kůrovcovou kalamitou bylo v letech 2016-2019 vytvořeno cca 153 tis. ha holin, nejvíce zasaženým je kraj Vysočina (25 tis. ha holin)
- Skokový nárůst lesní těžby vede k současným problémům se zpracováním a odbytem dřeva, obdobným problémem jsou nedostatečné kapacity pro opětovné zalesňování (jak nedostatek pracovní síly, tak i nedostatek vhodného sadebního materiálu).

V současnosti je tak značný přebytek surového nezpracovaného dřevního materiálu, který výrazně ovlivňuje cenu surového dřeva na trhu. Díky současné masivní těžbě můžeme v blízké budoucnosti očekávat významnou redukci dostupnosti dřeva pro energetické účely. Důvodem je, že zchovalé lesní porosty bude nutné ponechat pro obnovu lesa. Významný pokles dostupnosti se dotkne nejen palivového dřeva, ale také těžebních zbytků či dřeva zpracovávaného do pelet či briket.

Podle odhadů ÚHUL (75) je zapotřebí nejpozději k roku 2030 počítat s redukcí dostupné lesní biomasy o 25% (Karlovarský kraj) až 89% (kraj Vysočina). Podle odhadů dalšími nejpostiženějšími kraji budou Moravskoslezský kraj (pokles o 64,5%) a Olomoucký kraj (pokles o 61,9%). Oblast východních Čech podle těchto odhadů nebude sice tak zasažena redukcí dostupné lesní biomasy (cca 30-40%), i v těchto krajích se ale projeví celková negativní situace na trhu se dřevem.

Pro odhad vývoje cen palivového dřeva můžeme vyjít z následujících předpokladů:

- Užití vlastního palivového dřeva (dosud dominantně používaného pro lokální vytápění) bude spíše stagnovat – důvodem je zde relativně nízký komfort spojený z užitím dřeva (pracnost, nutnost prostoru/plochy pro skladování).

- Oproti tomu lze očekávat rozvoj užití pelet jako jedné z náhrad uhlí pro lokální vytápění, zejména pak v oblastech, kde není dostupný zemní plyn.
- Bude docházet k masivnímu rozvoji užití dřevní biomasy v teplárnách a výtopnách (náhrada části tuzemského uhlí).

Zejména snaha o náhradu uhlí v teplárenství bude mít výrazný vliv na trh s dostupnou dřevní biomasou. Tento vliv se pak může projevit i v dostupnosti vhodné surové dřevní biomasy pro výrobu pelet, resp. pro produkci palivového dříví. Ve stejnou dobu přitom očekáváme výrazný pokles dostupnosti lesní biomasy nejpozději ke konci roku 2030.

Díky těmto faktorům musíme očekávat spíše cenový růst, zejména dřevních pelet, ale i palivového dřeva, který bude nad očekávanou průměrnou inflací.

Odhad cenového vývoje dřevních pelet, resp. palivového dřeva je zatížen celou řadou nejistot, které jsou dány jednak současným stavem lesů očekávaným rozvojem kalamity, a také značnými neurčitostmi v rozvoji využívání biomasy pro výrobu tepla a elektrické energie a v lokálních topeništích. Zásadní roli zde bude hrát výběr a způsob implementace opatření pro dosažení dlouhodobého strategického cíle EU v oblasti klimatické neutrality.

Z tohoto důvodu budeme používat odhad vývoje cen pelet a palivového dřeva v rozmezí průměrné očekávané tempo inflace a průměrné očekávané tempo inflace + 2% navýšení ročně.

### 9.3.1 Aktuální ceny palivového dřeva a pelet

Při využívání palivového dřeva předpokládáme nákup čerstvého mokrého dřeva, nařezaného na délku 1 m, které je zapotřebí zpracovat a uskladnit. Spolu s náklady na nákup dřeva je zapotřebí počítat také s náklady na dopravu.

Jedním z nejbližších dodavatelů takového dřeva v lokalitě objektu se nachází v Dolním Lánově (Petr WOLF, palivove-drevo-krkonose.cz) ve vzdálenosti 31 km od objektu (tato skutečnost byla ověřena pomocí portálu Hobio.cz (76)). Tento výrobce dopravu do 20 km neúčtuje, nad 20 km požaduje 15 Kč/km. Náklady na dopravu dřeva tak lze vyčíslit na přibližně 170 Kč/plný kamion (přibližně 40 PRMR). Vzhledem k očekávané roční spotřebě ca 211 PRMR (při uvažování topení jehličnatým dřevem o výhřevnosti ca 15,1 MJ/kg a objemové hmotnosti suchého smrkového dřeva 319 kg/PRMS) nám vychází, že roční spotřebu dřeva je možné pokrýt dovozem 4 kamionů dřeva. Roční náklady pořízení dřeva tak vychází při vytápění smrkovým dřevem na přibližně 88,4 tisíc Kč bez DPH.

Při vytápění tvrdým dřevem (buk) nám vychází roční spotřeba ve výši přibližně 148 PRMR (uvažujeme výhřevnost 15,1 MJ/kg (77) a objemové hmotnosti 469 kg/PRMR a při vlhkosti ca 20 %). Dle ceníku výše zmíněného dodavatele by roční náklady na nákup dřeva činili přibližně 145 tisíc Kč s DPH, při odečtu 15% sazby DPH na palivové dřevo by cena paliva činila přibližně 123 tisíc Kč.

K této ceně je ale zapotřebí započítat dodatečné náklady na manipulaci a uskladnění dřeva.

Při využití kotle na pelety bychom při požadované výhřevnosti paliva 16-19 MJ/kg stanovené výrobcem ročně spotřebovali mezi 56 a 47 tun pelet. Vzhledem k velkému objemu budeme předpokládat dodání pelet pomocí cisterny přímo do skladovacích prostor (zapotřebí je mezi 72 a 86 m<sup>3</sup> při objemové hmotnosti ca 650 kg/m<sup>3</sup>). Pro vyhledání nejbližšího dodavatele pelet je možné využít například portál „koupitpelety.cz“.

Pro stanovení aktuálních cen pelet bylo využito nabídek společností Waldera a Biomac. Při odběru ca 52 tun pelet o minimální výhřevnosti 17 MJ/kg by náklady na pořízení pelet činily i s dopravou 292 695 Kč

bez DPH, či 336 600 s DPH (Waldera), nebo 279 916 Kč bez DPH, či 321 880 s DPH (Biomec). Výši cen za tunu je možné také zkontrolovat pomocí různých portálů, aktualizované ceny pelet je možné najít například na adrese: <https://www.tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energii/43-prehled-cen-pelet>. S využitím kontaktních internetových adres na dodavatele pelet byla analyzována dodávková cena do lokality od celkem ca 20 dodavatelů, průměrná cena (při respektování výkyvů cen pelet v průběhu roku) odpovídá personalizovaným nabídkám od výše zmíněných společností Waldera a Biomac.

#### 9.4 Predikce osobních nákladů spojených s jednotlivými variantami vytápění

Jednotlivé varianty vytápění se liší výší osobních nákladů (hrubá mzda + odvody na sociálním a zdravotním pojištění). To vyplývá z toho, že varianty se liší v potřebě v lidské práce pro obsluhu zdroje tepla a pro manipulaci s palivem. Sazba pojistného (sociální a zdravotní) činí na straně zaměstnavatele 33,8 %.

Dosavadní varianta založená na palivovém dřevě je z posuzovaných variant výrazně nejnáročnější na práci. To je způsobeno jak tím, že je zapotřebí denní – průběžnou manipulaci se dřevem, tak i především logistiku velkého množství dřeva pro pokrytí ročních potřeb energie. Varianta předpokládá spotřebu dřeva na úrovni 170 PRMR ročně. Toto dřevo je zapotřebí zpracovat na použitelné rozměry (cena dřeva předpokládá dodávku metrových kusech) a následné uložení dřeva.

V praxi není reálné předpokládat, že by uvažované množství dřeva bylo zpracováváno pouze jedním člověkem i za předpokladu použití základního technického vybavení jako je řetězová pila a hydraulická štípačka. Proto v této variantě předpokládáme vlastní zpracování dřeva na místě jako službu, která je oceněna ve výši 350 korun za m<sup>3</sup> bez DPH. (78).

Vlastní osobní náklady se tedy týkají pouze rovnání dřeva, přenos dřeva ke kotli (do skladu dřeva) a přikládání dřeva do kotle a odklizení popela. Předpokládáme, že tyto úkony vyčerpávají část pracovní kapacity 1 pracovníka, který může být ve zbytku své kapacity použit pro další činnosti v objektu. Pro veškerou logistiku předpokládáme zhruba 40 % využití jeho plné denní kapacity.

Odhad mzdových nákladů vychází z průměrné hrubé mzdy evidované v Královehradeckém kraji Českým Statistickým úřadem ve výši 31 936 Kč/měsíc (data z 2. čtvrtletí 2020) (79) a mediánových mezd po jednotlivých profesích dle Šetření realizovaného informačním systémem o průměrném výdělku (80). V kategorii ostatní činnosti je výše hrubé mediánové mzdy 24 990 Kč za období 3. čtvrtletí 2020.

Tato činnost není v porovnání s jinými zaměstnáními standardní, od jiných zaměstnání se odlišuje například potřebou pracovníka ubytovávat. Navíc se zde více než v běžných profesích bude projevovat vztah mezi nabídkou a poptávkou. V případě malého zájmu o tuto činnost provozovateli chaty nezbyde nic jiného než navýšit měsíční ohodnocení práce.

Ze všech výše uvedených důvodů je možné odhadnout hrubou mzdu pracovníka zajišťujícího manipulaci se dřevem, obsluhu kotle, manipulaci s popelem a další související činnosti ve výši nejméně mediánové mzdy v kategorii ostatní činnosti. Při předpokladu využití jeho pracovní kapacity pouze ve výši 40 % pro manipulaci s dřevem a vytápěním by celkové osobní náklady činily 13 373 Kč.

Buď bude tato pracovní pozice zajištěná částečným úvazkem – například střídáním dvou osob na pětinový úvazek, nebo by tato pozice musela být sdílená ještě s dalšími pracovními činnostmi na objektu.

Od současného provozovatele objektu se podařilo pouze zjistit informaci o problémech s personálním zajištěním této činnosti, nepodařilo se zjistit roční hodnotu nákladů souvisejících se zajištěním aktivit ohledně vytápění, a to i vzhledem k omezenému zdroji informací a nestandardnímu provozu objektu od jeho převzetí novým majitelem (nebyla k dispozici ani jediná ucelená sezóna).

Můžeme předpokládat, že v dlouhodobém hledisku bude růst mzdových a tedy i osobních nákladů mírně převyšovat průměrné tempo inflace. Dle dat z webového portálu Kurzy.cz (81) činil průměrný růst reálných mezd od roku 2015 do současnosti cca 3,3 %. Toto období s výjimkou roku 2020 vykazovalo atypicky rychlé růsty reálné mzdy ve srovnání s předchozí pětiletkou od roku 2010. Vzhledem k tomu, že ekonomické hodnocení se provádí na výrazně delší dobu (až 20 let), je objektivní pracovat se spíše nižší očekávanou hodnotou ročního růstu reálných mezd a to ve výši 2,3 %. Vzhledem k nejasnosti dalšího vývoje ohledně zdravotního a sociálního pojištění předpokládáme jeho placení v současné výši.

## 10 Ekonomické zhodnocení variant

### 10.1 Odhad spotřeby elektrické energie

Odhad spotřeby elektrické energie je založen na rozdělení spotřeby do jednotlivých kategorií, a to na spotřebu bytu správce, na spotřebu gastroprovozu, na spotřebu ubytovaných a na režii objektu.

Spotřeba bytu správce, vzhledem k tomu, že elektřinu nevyužívá ani pro vytápění ani pro ohřev TV, je odhadnuta na úrovni cca 2,5 MWh (82) ročně. Rozdělení spotřeby do VT a NT bylo odhadnuto na základě měření rodinného domu s obdobnou výměrou podlahové plochy, vybaveností spotřebičů a způsobem využívání (el. energie není používána na vytápění, elektrická energie je dle měření v tomto objektu spotřebována z 70 % během vysokého tarifu). Tato hodnota odpovídá průměrné spotřebě domácnosti v tarifu D02d. Spotřeba ubytovaných byla určena na základě odhadu chování a ubytovaných v průběhu dne a vytížení objektu. Vzhledem k tomu, že předpokládáme aktivní turistiku ubytovaných je spotřeba elektrická energie na pokojích omezená pouze na krátkodobé osvětlení, použití drobných elektrických spotřebičů, eventuálně i na zařízení typu vysoušení bot apod. Vzhledem k osvětlení LED a současně vzhledem i k tomu, že pokoje nejsou vybaveny TV, je spotřeba na jeden pokoj plně osídlený návštěvníky odhadnuta na 200 Wh/den. Vytížení objektu návštěvníky bylo vzhledem k nedostupnosti skutečných údajů od současného provozovatele odhadnuto na základě průměrných statistických údajů o vytížení turistických objektů tohoto typu v ČR, a to 55 % - viz (83). Předpokládáme tedy plnou obsazenost objektu po 200 dnů v roce. Celkovou spotřebu ubytovaných tak odhadujeme na nejvýše 642 kWh/rok.

Spotřeba elektrické energie pro restauraci je odhadnuta na základě údajů z analýzy energetických auditů obdobných zařízení a korigována na denní počet připravených jídel, který byl stanoven na 150 jídel/den a 200 dnů plného provozu (84). Spotřeba mrazících a chladících boxů je odhadnuta na základě jejich počtu (10 – zjištěno při návštěvě objektu) a průměrné spotřeby těchto zařízení (85), na 3 MWh/rok.

Další kategorií spotřeby je režijní spotřeba objektu pro osvětlení společných prostor, restauračního zařízení, umývár a WC a pro cirkulační čerpadla.

Pro restaurační zařízení předpokládáme požadovaný výkon osvětlení ve výši 150 W, pro chodby a další společné prostory předpokládáme potřebný příkon svítidel cca 300 W. U restauračního zařízení můžeme očekávat využití světla 10 hodin denně, u společných prostorů díky jejich občasnému využití pouze cca 2 hodiny denně. Výsledná režijní spotřeba na osvětlení tak činí 420 kWh/rok. Stanovení je zatíženo nejvyšší nejistotou, ale vzhledem k celkové spotřebě objektu se jedná o nevýznamnou položku.

Spotřeba cirkulačních čerpadel UPS 25-40 (86)<sup>4</sup> je stanovena na základě znalostí konfigurace otopné soustavy (3 čerpadla jsou zapojena na stupeň 1 = 35 W, čtvrté na stupeň 2 = 45 W). Předpokládá se provoz čerpadel po dobu topné sezóny (273 dnů). Celková spotřeba čerpadel je tak vyčíslena na 982,8 kWh.

Kategorie spotřeby	kuchyň	mrazáky	cirkulační čerpadla	režie	Správce	spotřeba rezidenti	TV pro restaurace	celková odhadovaná spotřeba
Celkem NT [MWh]	8	1	0.33	0.38	0.75	0.19	0	10.65
Celkem VT [MWh]	32	2	0.66	0.04	1.75	0.45	3.98	40.88

Tabulka 33: Přehled spotřeby elektrické energie v jednotlivých kategoriích - odhad dle předpokládaného provozu objektu

<sup>44</sup> Náhrada pro stávající čerpadla UPS 25-40 značky Grundfos.

Životnost a doba daňového odepisování zdrojů tepla byla určena na základě (44), (87) a (88).

Jednou z klíčových položek pro hodnocení efektivnosti investic je stanovení hodnoty diskontu, tj. časové hodnoty peněz. Hodnota diskontu respektuje, pro dané odvětví podnikání, typickou výnosnost s ohledem na riziko podnikání. Tato hodnota je samozřejmě pro konkrétního podnikatele specifická. Pro ekonomické hodnocení posuzovaných variant byly využity hodnoty vážené ceny kapitálu, která je použita jako měřítko časové hodnoty peněz z Finanční analýzy podnikové sféry za rok 2019 zpracované MPO (89). Pro stanovení diskontu byly použity průměrné hodnoty za sektor ubytování a pohostinství za období 2018 a 2019, a to 11,92 % (nominální hodnota).

## 10.2 Sumarizace vstupních dat:

### **Společné vstupy pro hodnocení variant:**

Diskont: 11,92 %

Inflace: 2 % (dlouhodobý inflační cíl ČNB) (90)

Průměrné tempo růstu osobních nákladů: 2,3 % + inflace

Průměrné tempo růstu cen elektřiny: 2 - 3 % + inflace (ve všech tarifech)

Osobní náklady související s variantou vytápění (100 % úvazek): 33436 Kč/měsíc

Společná spotřeba elektrické energie, nezávislá na řešení otopného systému: 51,5 MWh.

### **Varianta výchozí:**

Jde o pokračování stávajícího stavu, tj. provozování kotle na dřevo bez žádných úprav.

Doba životnosti: 11 let (po odpočtu prvního roku provozu, pořizovací cena kotle 90 743 Kč)

Spotřeba dřeva: 211 m<sup>3</sup> (PRMR)

Výchozí cena dřeva: 495 Kč/PRMR (i s dopravou)

Očekávaný nárůst cen dřeva: 2% + inflace

Zbytková doba životnosti: 9 let

Osobní náklady: 40 % úvazek

### **Varianta kotel na pelety:**

Jde o záměnu stávajícího kotle na dřevo za kotel na pelety. Otopný systém je ponechán beze změn.

Doba životnosti: 15 let

Spotřeba pelet: 57 tun

Výchozí cena dřeva: 5505 Kč/tunu (i s dopravou)

Očekávaný nárůst cen pelet: 2% + inflace

Celkové investiční náklady na realizaci varianty: 281 tisíc Kč

Osobní náklady: 8 % úvazek

#### **Varianta tepelné čerpadlo země/voda:**

Jedná se o variantu realizace tepelného čerpadla se zemními vrty, zůstává stávající kotel jako záložní a doplňkový zdroj.

Doba životnosti: 20 let

Spotřeba elektrické energie pro TČ: 57 263 kWh/rok

Výchozí cena elektřiny: Tarif C56d VT 2054,83 Kč/MWh, NT 1942,5 Kč/MWh.

Měsíční platby: jistič 3x125 A

Investiční náklady na realizaci TČ včetně montáže, zprovoznění a vrtů: 2 813 289 Kč

Osobní náklady: 0%

Náklady na výměnu radiátorů včetně montáže: 383 tisíc

#### **Varianta tepelné čerpadlo vzduch/voda:**

Jedná se o variantu realizace tepelného čerpadla vzduch/voda, zůstává stávající kotel jako záložní a doplňkový zdroj.

Doba životnosti: 15 let

Spotřeba elektrické energie pro TČ: 88 083 kWh/rok

Výchozí cena elektřiny: Tarif C56d VT 2054,83 Kč/MWh, NT 1942,5 Kč/MWh.

Měsíční platby: jistič 3x125 A

Investiční náklady na realizaci TČ včetně montáže: 1 792 873 Kč

Osobní náklady: 0%

Náklady na výměnu radiátorů včetně montáže: 383 tisíc

#### **Subvarianta ohřev TV pomocí FV:**

Jedná se o subvariantu stávajícího řešení, respektive varianty kotle na pelety. Tato subvarianta není uvažovaná v kombinaci s TČ.

Doba životnosti: 20 let

Investiční náklady na realizaci varianty včetně projektu a montáže: 375 tisíc Kč

Celková výroba energie: 12,5 MWh/rok dle PVGIS

Úspora dřeva: Při ročním provozu FV systému dojde k průměrné úspoře dřeva (po započítání účinnosti kotle) ve výši ca 11 PRMR, což činí roční úsporu 9 300 Kč.

### 10.3 Výpočet spotřeby elektrické energie v jednotlivých posuzovaných variantách.

V základní variantě se předpokládá tarif C25d. Platba v tomto tarifu se skládá ze stálé složky odvozené od hodnoty jističe (stálá platba, platba za rezervovaný příkon podle jističe a činnost OTE), platby za distribuci dle NT a VT, systémové služby, daň z elektřiny a cena za dodávku elektřiny dle NT a VT, a POZE. Platba za POZE je kontrolována vůči menší z hodnot vypočítaných dle spotřeby elektřiny v MWh za rok a za rezervovaný příkon jističe.

<b>Dle ceníku na rok 2021, ELEKTRINA NA 3 roky, C25d 3x80A</b>		
Obchod VT	1805	Kč/MWh
Obchod NT	1516	Kč/MWh
stálá platba	89	Kč/měsíc
daň z elektřiny	28.3	Kč/MWh
systémové služby	93.3	Kč/MWh
OTE	3.91	Kč/měsíc
POZE jistič	15.07	Kč/A/fáze
POZE spotřeba	495	Kč/MWh
Distribuce VT	1789.94	Kč/MWh
Distribuce NT	135.91	Kč/MWh
Distribuce stálá platba	560	Kč/měsíc

Tabulka 34: Struktura ceny elektřiny sazba C25d

V této variantě vychází celkové náklady (při uvažování ceníku ČEZ, podnikatelský maloobdoběr elektřina na 3 roky (91)) ve výši 204 162 Kč. Celková spotřeba elektrické energie je v této variantě ve výši 51,53 MWh, z toho 10,65 předpokládáme v NT.

V případě realizace vytápění TČ, dochází ke změně sazby na C56d, ve kterém je pásmo nízkého tarifu 22 hodin.

<b>Dle ceníku na rok 2021, ELEKTRINA NA 3 roky, C56d 3x125A</b>		
Obchod VT	1685	Kč/MWh
Obchod NT	1685	Kč/MWh
stálá platba	89	Kč/měsíc
daň z elektřiny	28.3	Kč/MWh
systémové služby	93.3	Kč/MWh
OTE	3.91	Kč/měsíc
POZE jistič	15.07	Kč/A/fáze
POZE spotřeba	495	Kč/MWh
Distribuce VT	248.23	Kč/MWh
Distribuce NT	135.91	Kč/MWh
Distribuce stálá platba	5123	Kč/měsíc

Tabulka 35: Struktura ceny elektřiny sazba C25d



Varianty tepelného čerpadla země/voda, respektive vzduch/voda se liší pouze celkovou roční spotřebou, ostatní parametry zůstávají (z hlediska cen elektrické energie) stejné.

Ve variantě TČ země/voda, kdy celková spotřeba elektřiny je 108,8 MWh/rok, z toho je spotřeba v NT 105,4 MWh. Díky instalaci tepelného čerpadla a změně sazby dochází k přesunu spotřeby do NT, díky čemuž dojde ke zlevnění elektřiny i pro aktivity mimo vytápění. Roční náklady na elektřinu v této variantě činí 328 tisíc Kč.

Ve variantě TČ vzduch/voda, kdy celková spotřeba elektřiny je 139,6 MWh/rok, z toho je spotřeba v NT 135,3 MWh. Díky instalaci tepelného čerpadla a změně sazby dochází opět k přesunu spotřeby do NT, díky čemuž dojde ke zlevnění elektřiny i pro aktivity mimo vytápění. Roční náklady na elektřinu v této variantě činí 402 tisíc Kč.

#### 10.4 Výsledky ekonomického hodnocení jednotlivých variant

Výsledky simulace hotovostních toků a výpočtu NPV a ročních průměrných výdajů jsou uvedeny v příloze 13.4.

Souhrnně lze jednotlivé varianty charakterizovat následujícími hodnotami průměrných ročních výdajů na zajištění vytápění a přípravy TV:

Varianta stávající stav:

- 696 805 Kč

Varianta stávající stav v kombinaci s FV systémem ohřevu TV:

- 865 831 Kč

Varianta s kotlem na pelety:

- 800 268 Kč

Varianta s TČ země/voda:

- 901 163 Kč

Varianta s TČ vzduch/voda:

- 872 336 Kč

Z výše uvedených průměrných ročních výdajů je patrné, že investice do alternativních způsobů vytápění objektu za předpokládaných parametrů nejsou ekonomicky výhodné. Tento závěr do značné míry závisí na ceně lidské práce a dostupnosti pracovní síly na manipulaci se dřevem, a obsluhu kotle na dřevo. V případě, že by bylo nutné uvažovat o vyšším úvazku na manipulaci s dřevem než je uvažovaných 40 %, efektivnost stávajícího stavu ve srovnání s variantou kotle na pelety bude obdobná. Ze simulace hotovostních toků lze dovodit, že při alokaci pracovní síly ve výši 60 % pracovního fondu dochází k záměně variant a k tomu, že varianta kotle na pelety je ekonomicky efektivnější.

Varianty na tepelná čerpadla jsou výrazně nákladnější, to je dáno především vysokou investiční náročností jejich realizace, která není dostatečně kompenzovaná poklesem výdajů na palivo a manipulaci s ním. Pro jejich realizaci je rovněž zapotřebí provést výměnu značného počtu radiátorů.

## 10.5 Citlivostní analýza

Výsledky ekonomického hodnocení variant jsou závislé na přijatých předpokladech o hodnotě diskontu, tempech růstu jednotlivých paliv a elektřiny a rovněž na předpokladech o tempech růstu reálných mezd.

Pro provedení citlivostní analýzy byly zvoleny následující změny parametrů v rozmezí:

- Hodnota diskontu: -2% pod referenční hodnotou 11,92 %
- Tempo růstu cen elektřiny:  $\pm 1$  % od referenční hodnoty reálného růstu cen 2 %
- Tempo růstu cen dřeva a pelet:  $\pm 1$  % od referenční hodnoty reálného růstu cen 2 %
- Tempo reálného růstu mezd:  $\pm 1$  % od referenční hodnoty reálného růstu cen 2,3 %

Vliv těchto předpokladů je souhrnně dokumentován v následující tabulce.

	Stávající stav	Pelety	TČ země/voda	TČ vzduch/voda	Fotovoltaika
Změny parametrů	[Kč]				
Nominální diskontní sazba 11.92 %	696 805	800 268	901 163	872 336	865 831
Nominální diskontní sazba 9.92 %	689 187	791 586	849 950	838 111	869 949
Tempo růstu cena elektřiny 1 %	686 070	785 512	870 074	834 243	844 018
Tempo růstu cen elektřiny 2 %	696 805	800 268	901 163	872 336	865 831
Tempo růstu cen elektřiny 3 %	708 126	816 169	935 500	914 409	890 257
Tempo růstu cen dřeva a pelet 1 %	692 137	777 589	901 163	872 336	856 346
Tempo růstu cen dřeva a pelet 2 %	696 805	800 268	901 163	872 336	865 831
Tempo růstu cen dřeva a pelet 3 %	701 728	824 706	901 163	872 336	865 831
Tempo růstu reálných mezd 1.3 %	679 188	797 896	901 163	872 336	843 977
Tempo růstu reálných mezd 2.3 %	696 805	800 268	901 163	872 336	865 831
Tempo růstu reálných mezd 3.3 %	696 805	800 268	901 163	872 336	890 316

Tabulka 36: Citlivostní analýza nákladů na vytápění

Jedná se o jednoparametrovou citlivostní analýzu, při které byla změněna vždy jen jedna hodnota parametru, a ostatní byly ponechány.

Z výše uvedené analýzy vyplývá, že pořadí výhodnosti variant se při provedení citlivostní analýzy nemění.

## 11 Závěr

Cílem této diplomové práce bylo analyzovat současný způsob vytápění horské chaty „Lysečinská bouda“ a navrhnout případné varianty alternativních způsobů vytápění, a to jak s ohledem na jejich technickou proveditelnost, tak i jejich ekonomickou efektivnost. Součástí zadání práce bylo i posouzení tepelně technických vlastností objektu k ověření, respektive výpočtu tepelných ztrát.

Současný stav objektu odpovídá objektům realizovaných respektive významně rekonstruovaných v 70. respektive 80. letech 20. století. Sice došlo k částečné rekonstrukci objektu, především k výměně oken, nicméně objekt je z hlediska tepelně technických vlastností výrazně energeticky náročný.

Při analýze objektu a možnostech realizace alternativních způsobů vytápění byly identifikovány varianty záměny stávajícího kotle na dřevo za kotel na pelety, za tepelné čerpadlo země/voda, respektive vzduch/voda. Současně byla realizována i subvarianta FV ohřevu vody v kombinaci se stávajícím kotlem na dřevo.

Analýza tepelně technických vlastností objektu byla komplikována tím, že byly k dispozici pouze nekompletní a kusé informace o skladbě stěn a použitých konstrukčních materiálech. Současně nebyly k dispozici spolehlivé informace o provozu objektu a spotřebě energií v stabilizovaném provozu. To bylo způsobeno především tím, že v současný majitel/provozovatel objekt koupil a začal jej v částečném režimu provozovat na konci roku 2018. V roce 2019 díky havárii původního kotle a pokračujícím rekonstrukčním pracím nebylo možné plně objekt provozovat v jeho plné kapacitě. Sezóna 2019/2020 byla zásadním způsobem ovlivněna omezením provozu v důsledku pandemie Covid-19. Ze všech výše uvedených důvodů bylo nutné při zpracování diplomové práce použít zjednodušující předpoklady, respektive expertní odhady na základě předpokládaného užívání objektu. Mezi použité předpoklady patřily i odhady použitých konstrukčních materiálů v těch případech, kde z plánů poskytnutých provozovatelem objektu toto nebylo zřejmé. Zde se používal předpoklad použití shodných, či obdobných materiálů jako v jiných obdobných objektech realizovaných ve stejném časovém období.

Spotřeba elektrické energie byla odhadována na základě předpokládaného užívání objektu, vybavenosti objektu spotřebiči a s využitím normativů spotřeby. Obdobně byla stanovována spotřeba teplé vody.

Efektivnost posuzovaných variant je významně závislá na předpokladech použitých pro jejich vyhodnocení. Objekt v současné době spotřebovává velké množství palivového dřeva, které se aktuálně jeví jako nejlevnější varianta vytápění. Nicméně vzhledem ke kůrovcové kalamitě lze očekávat riziko nedostupnosti palivového dřeva ke konci následující dekády, respektive vzrůst jeho ceny. Obdobně lze však očekávat i růst cen pelet, respektive i elektrické energie, a to především z důvodu souvisejících s transformací energetiky, respektive dostupnosti paliv. Proto byla do diplomové práce zařazena i analýza těchto klíčových výdajových položek.

Ekonomicky nejefektivnější variantou je současná varianta vytápění objektu palivovým dřevem v kotli na dřevo, nicméně tato varianta je charakteristická významnou potřebou pracovní síly spojené s manipulací se dřevem a obsluhou kotle. Významným aspektem je také potřeba poměrně velké skladovací plochy pro dřevo, tak aby bylo zajištěno jeho dostatečně vysušení. Tato varianta je také riziková tím, že v budoucnosti může dojít k omezení dostupnosti palivového dřeva vzhledem k poškození lesních porostů biotickými a abiotickými jevy. Problémem může být i zajištění potřebné pracovní síly.

Varianta kotle na pelety je ekonomicky obdobná variantě kotle na palivové dřevo, a i když je o něco nákladnější na provoz, přináší s sebou významné pozitivní efekty, a to především úsporu pracovní síly

a výrazně jednodušší manipulaci s palivem. Současně odpadá nutnost venkovního skladovacího prostoru, který lze eventuálně využít pro jiné potřeby. Současně varianta s kotlem na pelety zvyšuje možnosti účinné regulace vytápění objektu a i účinnost celého vytápěcího systému.

Varianty na tepelná čerpadla jsou, i přes své významné mimoekonomické výhody, jako je odstranění manipulace s palivem (i když se předpokládá zachování dosavadního kotle na dřevo jako záložního zdroje) ekonomicky nevýhodné. To je dáno především vysokou investiční náročností těchto variant vytápění, kterou nekompensuje nižší provozní výdaj na palivo (elektřinu). Další nevýhodou těchto variant je skutečnost, že bez záložního zdroje existuje významné riziko krizové situace při déletrvajícím výpadku elektrické energie. To pak vyžaduje udržování například dosavadního kotle na dřevo jako záložního zdroje.

Pro ekonomické hodnocení bylo využito metodiky simulace hotovostních toků a výpočtu průměrných ročních nákladů s respektováním časové hodnoty peněz (diskontu). Pro stanovení hodnoty diskontu bylo využito sektorové analýzy zpracované Ministerstvem průmyslu a obchodu v roce 2019.

Náklady spojené s vytápěním a přípravou TV jsou na posuzovaném objektu vysoké. To je dáno jeho konstrukcí a tepelně technickými parametry. Před realizací případného alternativního způsobu vytápění je vhodné zvážit další možná opatření snižující energetickou náročnost objektu. To by umožnilo snížit jak dimenzování zdroje vytápění, tak i vlastní náklady na vytápění.

## 12 Reference

1. ČSN EN 12831-1. *Energetická náročnost budov - Výpočet tepelného výkonu*. Praha : Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví,, Zář 2018.
2. Tepelný odpor R. *Tzb-info*. [Online] [Citace: 10. 11 2020.] <https://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/312-tepelny-odpor-r>.
3. ČESKO. *Vyhláška č. 268/2009 Sb. - Vyhláška o technických požadavcích na stavby*.
4. Jan Foret, ATREA s.r.o., Ing. Petr Morávek, CSc., ATREA s.r.o., Ing. Tomáš Kott, ATREA s.r.o., doc. Ing. Vladimír Zmrhal, Ph.D.,. Větrání komerčních kuchyní podle ČSN EN 16282. *Tzb-info*. [Online] 17. 6 2019. [Citace: 1. 11 2020.]
5. TZB-info. Venkovní výpočtové teploty a otopná období dle lokalit. *TZB-info*. [Online] [Citace: 1. 10 2020.] <https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/25-venkovni-vypoctove-teploty-a-otopna-obdobi-dle-lokalit>.
6. Ing. Mrázek, Karel, Ing. Horáková, Alena a Ing. Mach, Pavel. *Užití EN norem pro výpočet potřeby tepla a využití primární energie*. Praha : Stavebně technický ústav-E a.s., 2005.
7. Reinberk, Zdeněk. Potřeba tepla pro vytápění a ohřev teplé vody. *TZB-info*. [Online] [Citace: 31. 12 2020.] <https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/47-potreba-tepla-pro-vytapani-a-ohrev-teple-vody>.
8. Ambrožová, Iva a Horák, Petr. Stanovení tepelných zisků zasklení ze slunečního záření v energetickém hodnocení budov. *TZB-info*. [Online] 27. 8 2012. [Citace: 12. 9 2020.] <https://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov/8972-stanoveni-tepelnych-zisku-zaskleni-ze-slunecniho-zareni-v-energetickem-hodnoceni-budov>.
9. Ing. Jakub Vrána, Ph.D., Ústav TZB, Fakulta stavební VUT v Brně. Nová ČSN EN 12831-3 z pohledu zdravotní techniky. *tzbinfo*. [Online] 15. 7 2019. [Citace: 1. 11 2020.] <https://voda.tzb-info.cz/priprava-teple-vody/19322-nova-csn-en-12831-3-z-pohledu-zdravotni-techniky>.
10. Odpověď Amandy Rudow na otázku "In a good, busy restaurant, how frequently would food-handling cooks and chefs wash their hands?". [Online] Quora. [Citace: 29. 11 2020.] <https://www.quora.com/In-a-good-busy-restaurant-how-frequently-would-food-handling-cooks-and-chefs-wash-their-hands>.
11. Strohbehn, Catherine, et al. Hand Washing Frequencies and Procedures Used in Retail Food Services. *Journal of Food Protection*. Vol. 71, No. 8, 2008, Pages 1641–1650, 2008.
12. Vavříčka, Roman. Metody návrhu zásobníku teplé vody. *TZB-info*. [Online] 3. 10 2011. [Citace: 20. 12 2020.] <https://voda.tzb-info.cz/priprava-teple-vody/7885-metody-navrhu-zasobniku-teple-vody>.
13. Emisní třídy rozhodují, které kotle zůstanou na trhu. *Česká-peleta.cz*. [Online] 6. 3 2014. [Citace: 10. 11 2020.] <https://ceska-peleta.cz/tiskove-zpravy/emisni-tridy-rozhoduji-ktere-kotle-zustanou-na-trhu/>.
14. Stupavský, Ing. Vladimír. Směrnice o Ekodesignu pro kotle a kamna na tuhá paliva. *Tzb-Info*. [Online] 6. 11 2014. [Citace: 15. 11 2020.]

15. Výhřevnosti a měrné jednotky palivového dřeva. *TZB-info*. [Online] [Citace: 20. 10 2020.] <https://www.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/12-vyhrevnosti-a-merne-jednotky-palivoveho-dreva>.
16. Lyčka, Zdeněk. Kontroly kotlů – povinné měření vlhkosti dřeva. *Tzb-info*. [Online] [Citace: 4. 11 2020.] <https://vytapani.tzb-info.cz/vymeny-kotlu/20940-kontroly-kotlu-povinne-mereni-vlhkosti-dreva>.
17. Vlhkost dřeva a vliv na topení. *Optimtop*. [Online] 16. 7 2016. [Citace: 16. 11 2020.] <https://www.optimtop.cz/vlhkost-dreva-a-vliv-na-topeni/>.
18. *Topíme dřevem*. [Online] [Citace: 1. 12 2020.] <http://www.topimedrevem.com/palivove-drevo/cenik.html>.
19. ČESKO. *Vyhláška č. 34/2016 Sb. o čištění, kontrole a revizi spalinové cesty*.
20. Jaroslav Cankař a syn ATMOS. Základní podmínky pro dobrou funkci a vysokou životnost kotlů ATMOS. *Atmos*. [Online] [Citace: 23. 12 2020.] <https://www.atmos.eu/instalace-kotlu/>.
21. Přímotopy.eu. Návrh topného výkonu. *Primotopy.eu*. [Online] [Citace: 26. 10 2020.] <https://www.primotopy.eu/video-radce-a94/navrh-topneho-vykonu-a95/>.
22. Jaroslav Cankař a syn ATMOS. Další doporučená zapojení. *Atmos*. [Online] [Citace: 13. 12 2020.] <https://www.atmos.eu/instalace-kotlu/dalsi-doporucena-zapojeni/>.
23. Kuchynka, Lubomír. AC Heating: Faktory ovlivňující účinnost tepelných čerpadel. *TZB-info*. [Online] 10. 10 2012. [Citace: 3. 12 2020.] <https://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/9147-ac-heating-faktory-ovlivnujici-ucinnost-tepelnych-cerpadel>.
24. Honzík, Jiří. Dimenzování tepelného čerpadla vzduch-voda, bivalentní/záložní zdroj. *TZB-info*. [Online] 3. 11 2011. [Citace: 8. 12 2020.] <https://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/7995-dimenzovani-tepelneho-cerpadla-vzduch-voda-bivalentni-zalozni-zdroj>.
25. Ing. Klazar, Luděk. Topný faktor tepelného čerpadla (I). *TZB-info*. [Online] 29. 3 2005. [Citace: 28. 12 2020.] <https://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/2432-jak-je-to-vlastne-s-topnym-faktorem-i>.
26. ČEZdistribuce. *Podmínky distribučních sazeb ČEZ Distribuce domácností dle cenového rozhodnutí ERÚ č. 10/2020 ze dne 30. 11. 2020, účinnost od 1. 1. 2021*. [Online] [Citace: 17. 12 2020.] <https://www.cezdistribuce.cz/webpublic/file/edee/distribuce/podminky-distribucnich-sazeb-2021-domacnosti.pdf>.
27. —. *Podmínky distribučních sazeb ČEZ Distribuce podnikatelé dle cenového rozhodnutí ERÚ č. 10/2020 ze dne 30. 11. 2020, účinnost od 1. 1. 2021*. [Online] [Citace: 17. 12 2020.] <https://www.cezdistribuce.cz/webpublic/file/edee/distribuce/podminky-distribucnich-sazeb-2021-podnikatele.pdf>.
28. Myslivec, Alois, Eichlar, Jaroslav, Jesenák, Ján. *Mechanika zemin*. Praha : SNTL, Řada stavební lit., 1970.
29. Praktické zkušenosti s provozem plošných kolektorů. *IVT - tepelná čerpadla*. [Online] [Citace: 7. 12 2020.] <https://www.cerpadla-ivt.cz/cz/prakticke-zkusenosti-s-provozem-plosnych-kolektoru>.
30. Kaleta, Ján a Kizsa, Aleš. Základní zásady návrhu plošného zemního kolektoru pro tepelné čerpadlo země/voda. *TZB-info*. [Online] 29. 7 2013. [Citace: 27. 11 2020.]

31. HOT – ENERGY s.r.o.,. Plošné kolektory. *Hotenergy*. [Online] [Citace: 20. 12 2020.] <https://www.hotenergy.cz/sortiment/tepelna-cerpadla-2/system-zemevoda/plosne-kolektory/>.
32. ING. Ryška, Jiří. Vrtý do horninového masivu - zdroj energie pro tepelná čerpadla (VI). *TZB-info*. [Online] 20. 11 2006. [Citace: 3. 12 2020.] <https://www.tzb-info.cz/3691-vrty-do-horninoveho-masivu-zdroj-energie-pro-tepelna-cerpadla-vi>.
33. Doc. Ing. Matuška, Tomáš. Návrh zemní sondy pro tepelné čerpadlo. *TZB-info*. [Online] 3. 8 2015. [Citace: 4. 12 2020.] <https://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/13052-navrh-zemni-sondy-pro-tepelne-cerpadlo>.
34. Milan, Trs. Návrh vertikálních vrtů pro tepelná čerpadla. *GEROTOP*. [Online] [Citace: 8. 12 2020.] <https://www.gerotop.cz/dimenzovani-hlubinnych-vrtu>.
35. Asociace pro využití tepelných čerpadel. Potřebná povolení pro vrtý tepelných čerpadel IX. *ESTAV*. [Online] 10. 4 2018. [Citace: 7. 12 2020.] <https://www.estav.cz/cz/6080.potrebna-povoleni-pro-vrty-tepelnych-cerpadel-ix>.
36. Holendová, Ladislava. Podlahové topení. *Interiér-la*. [Online] [Citace: 14. 12 2020.] <https://www.interier-la.cz/tipy/vytapani/95-podlahove-topeni>.
37. Novák, Jan a Hořejší, Miroslav. Přepoččet tepelných výkonů otopných těles. *TZB-info*. [Online] [Citace: 6. 12 2020.] <https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/42-prepocet-tepelnych-vykonu-otopnych-teles>.
38. Ing. Kuchynka, Lubomír. Přejchod starších topných soustav na moderní tepelné čerpadlo řízené inverterem. *TZB-info*. [Online] 23. 7 2008. [Citace: 8. 12 2020.] <https://www.tzb-info.cz/4979-prechod-starsich-topnych-soustav-na-moderni-tepelne-cerpadlo-rizene-inverterem>.
39. Matajs, Vladimír. <https://www.solarniexperti.cz/jak-pripravit-rodinny-dum-na-instalaci-solarni-elektarny/>. *Solární experti*. [Online] 13. 10 2020. [Citace: 1. 12 2020.] <https://www.solarniexperti.cz/jak-pripravit-rodinny-dum-na-instalaci-solarni-elektarny/>.
40. ČEZ Solární. Bateriové systémy pro fotovoltaické elektrárny. [Online] [Citace: 19. 12 2020.] <https://www.cezsolarni.cz/technologie-firmy/battery-box/>.
41. Matuška, Tomáš. Zjednodušený bilanční výpočet ročních přínosů fotovoltaických instalací. *TZB-info*. [Online] 7. 3 2016. [Citace: 6. 12 2020.] <https://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika/13878-zjednoduseny-bilancni-vypocet-rocnych-prinosu-fotovoltaickych-instalaci>.
42. Ing. Pechník, Bronislav. Optimální orientace a sklon fotovoltaických panelů. *TZB-info*. [Online] 23. 6 2014. [Citace: 13. 12 2020.] <https://oze.tzb-info.cz/114865-optimalni-orientace-a-sklon-fotovoltaickych-panelu>.
43. i4Wifi. Minimální vzdálenost mezi řadou panelů na ploché střeše. [Online] [Citace: 30. 12 2020.] <https://www.i4wifi.cz/cs/faq/1732-minimalni-vzdalenost-mez-radou-panelu-na-ploche-strese>.
44. TZB-info. Porovnání nákladů na vytápění, teplou vodu a elektrickou energii - TZB-info. [Online] [Citace: 31. 12 2020.] <https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/138-porovnani-nakladu-na-vytapani-teplou-vodu-a-elektrickou-energii-tzb-info>.
45. Ing. Válek, Jiří. Technologické zařízení gastroprovozu - Média pro napájení zařízení. *GASTROPLUS*. Dostupné z webu společnosti Mava-t, url: <https://www.mava-t.cz/base/files/attachments/847450/30127-21.pdf>.

46. Český hydrometeorologický ústav. Průměrná denní teplota vzduchu v Královéhradeckém kraji. *Denní data dle zákona 123/1998 Sb.* [Online] [Citace: 13. 11 2020.] <https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/denni-data/Denni-data-dle-z.-123-1998-Sb#>.
47. KORADO. Technický katalog deskových otopných těles RADIK. *AAARadiatory.cz.* [Online] [Citace: 12. 12 2020.] <https://www.aaaradiatory.cz/deskovy-radiator-korado-radik-vk-pozink-33-600-1000-spodni-pripojeni-prave-maximalni-vykon-2406-wattu-p16997/>.
48. František, Novák. CENÍK INSTALATÉRSKÝCH PRACÍ. [Online] [Citace: 31. 12 2020.] <http://www.novak-instalater.wz.cz/cenik.htm>.
49. Cenová nabídka z webového portálu Topimelevne.cz. [Online] [Citace: 31. 12 2020.] <https://www.topimelevne.cz/drazice-okc-750-ntrr-bp-izolace-6232022-p51512/>.
50. Cenová nabídka z webu Solar-eshop.cz. Fotovoltaický ohřev Kerberos POWER 6000.B. [Online] [Citace: 31. 12 2020.] <https://www.solar-eshop.cz/p/fotovoltaicky-ohrev-kerberos-power-6000-b/solar-kerberos-6000b-6000b-6kw/>.
51. Nabídka solar-eshop. [Online] [Citace: 26. 12 2020.] <https://www.solar-eshop.cz/p/fv-panel-amerisolar-285wp/>.
52. European Commission, Joint research center . PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM . [Online] [Citace: 12. 12 2020.] [https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en/#MR](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/#MR).
53. Solar-Kerberos. KERBEROS POWER 6000.B - instalační manuál. [Online] [Citace: 28. 12 2020.] [https://www.solar-kerberos.cz/phocadownload/manuals/installation\\_manual\\_%20kerberos\\_%20power\\_6000B\\_cz\\_20180823.pdf](https://www.solar-kerberos.cz/phocadownload/manuals/installation_manual_%20kerberos_%20power_6000B_cz_20180823.pdf).
54. Václav Helebrant. *Cenová nabídka TČ.* Praha : Stiebel-Eltron, 2020.
55. Česká geologická služba. Geologická mapa 1 : 50 000 - indexy, Geologická mapa 1 : 50 000 - doplňky, Geologická mapa 1 : 50 000, Klad listů ZM50. In: Geovědní mapy 1 : 50 000. [Online] [Citace: 1. 12 2020.] <https://mapy.geology.cz/geocr50/>.
56. GAS KOMPLET. Topení pohledem ekonomy – topíme peletami (II. díl). *TZB-info.* [Online] 8. 4 2013. [Citace: 12. 12 2020.] <https://oze.tzb-info.cz/peletky/9744-topeni-pohledem-ekonomy-topime-peletami-ii-dil>.
57. CZSO. Indexy cen tržních služeb v podnikatelské sféře - Rok 2019. [Online] [Citace: 28. 12 2020.] <https://www.czso.cz/documents/10180/90826825/01103619g1.pdf/2424b20a-3bdb-465c-9498-333f02c7e30c?version=1.0>.
58. Družstvo Ecover. Popel ze dřeva. [Online] [Citace: 30. 12 2020.] <https://www.ecover.cz/wp-content/uploads/2012/03/Popel-ze-d%C5%99eva1.pdf>.
59. Brealey, Richard, Myers, Stewart a al., et. *teorie a praxe firemních financí.* místo neznámé : BIZBOOKS, 2014. 9788026500285.
60. Úvod do liberalizované energetiky - Trh s elektřinou. [Online] AEM 2016. <https://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595e1fa66875530f33e8a/kniha-trh-s-elektřinou.pdf>.
61. What is the energy-only market (EOM)? *Next.* [Online] [Citace: 12. 12 2020.] <https://www.next-kraftwerke.com/knowledge/energy-only-market>.



62. Next-kraftwerke. What does merit order mean? [Online] [Citace: 25. 12 2020.] <https://www.next-kraftwerke.com/knowledge/what-does-merit-order-mean>.
63. PXE.cz. [Online]
64. MPO, odbor 41400. Vnitrostátní plán České republiky v oblasti energetiky a klimatu. [Online] 14. 1 2020. <https://www.mpo.cz/cz/energetika/strategicke-a-koncepcni-dokumenty/vnitrostatni-plan-ceske-republiky-v-oblasti-energetiky-a-klimatu--252016/>.
65. Valentová, Michaela, Knápek, Jaroslav a Mikeska, Martin. Tři sta miliard pro rozvoj čisté energetiky. *Energie* 21. č. 4, 2020.
66. Schjølset, Stig. The MSR: Impact on market balance and prices. [Online] 2014. [https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/docs/0094/thomson\\_reuters\\_point\\_carbon\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/docs/0094/thomson_reuters_point_carbon_en.pdf).
67. Theice. [Online] <https://www.theice.com/products/197/EUA-Futures/data?marketId=5474737&span=2>.
68. OTE, a.s. Statistika - poskytnutá podpora 2013-2019. [Online] [Citace: 3. 12 2020.] <https://www.ote-cr.cz/cs/statistika/statistika-poze/poskytnuta-podpora-2013-2019>.
69. komise, Evropská. Posouzení konečného integrovaného vnitrostátního plánu Česka v oblasti energetiky a klimatu. [Online] 14. 10 2020. <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-11887-2020-INIT/cs/pdf>.
70. EUROSTAT. Statistika cen elektřiny. [Online] [Citace: 4. 12 2020.] <https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/pdfscache/64901.pdf>.
71. Bufka, Aleš, Veverková, Jana a al., et. Obnovitelné zdroje energie v roce 2019. *MPO*. [Online] 2020. 9 17. [Citace: 2. 12 2020.] <https://www.mpo.cz/cz/energetika/statistika/obnovitelne-zdroje-energie/obnovitelne-zdroje-energie-v-roce-2019--256925/>.
72. Hájek, Filip a al., et. Mapa ploch s rizikem šíření kůrovců. *Kůrovcová mapa*. [Online] [Citace: 27. 12 2020.] <https://www.kurovcovamapa.cz/>.
73. Ústav pro hospodářskou úpravu lesů - stav a vývoj lesa. *Geoportal*. [Online] [Citace: 21. 12 2020.] <http://geoportal.uhul.cz/mapy/MapyDpz.html>.
74. Český statistický úřad. Lesnictví 2019. [Online] 29. 5 2020. [Citace: 31. 12 2020.] <https://www.czso.cz/csu/czso/lesnictvi-2019>.
75. Hána, J. *Využití biomasy lesních dřevin pro energetické účely ve výhledu po rozsáhlých kalamitních těžbách způsobených změnou klimatu*. místo neznámé : Interní studie pro Vúkoz, v.v.i. , 2020.
76. Hobio.cz. [Online] [Citace: 16. 12 2020.] <https://hobio.cz/palivove-drevo-prodej/horni-marsov>.
77. AVYDON. Výchřevnost dřeva. [Online] [Citace: 23. 12 2020.] <https://www.avydon.cz/vyhrevnost-dreva>.
78. Svadbales. Ceník. *Služby v lesnictví*. [Online] [Citace: 12. 12 2020.] <http://www.svadbales.cz/cenik.html>.
79. CZSO. Průměrná mzda v Královéhradeckém kraji v 1. pololetí klesla reálně o 1,0 %. [Online] [Citace: 18. 12 2020.] <https://www.czso.cz/csu/xh/prumerna-mzda-v-kralovehradeckem-kraji-v-1-pololeti-klesla-realne-o-10->

80. Informační portál o průměrném výdělku. Aktuální výsledky šetření. [Online] 9. 12 2020. [Citace: 30. 12 2020.] <https://www.ispv.cz/cz/Vysledky-setreni/Aktualni.aspx>.
81. Kurzy.cz. Průměrná mzda - vývoj průměrné mzdy, 2021. [Online] [Citace: 28. 12 2020.] <https://www.kurzy.cz/makroekonomika/mzdy/?G=1&A=2&page=2>.
82. Elektřina.cz. Která distribuční sazba se vyplatí při malé spotřebě elektřiny? *TZB-info*. [Online] 22. 4 2015. [Citace: 12. 12 2020.] <https://energetika.tzb-info.cz/116724-ktera-distribucni-sazba-se-vyplati-pri-male-spotrebe-elektřiny>.
83. SOCR. Cestovní ruch: obsazenost ubytovacích zařízení je nejvyšší v Praze a v Karlovarském kraji . [Online] 14. 8 2017. [Citace: 31. 12 2020.] <http://www.socr.cz/clanek/cestovni-ruch-obsazenost-ubytovacich-zarizeni-je-nejvyssi-v-praze-a-v-karlovarskem-kraji/>.
84. Wiesner, Jakub a Poul, Richard. Energetická náročnost gastroprovozů a možnosti úspor. *MPO-efekt*. [Online] 1. 12 2016. [Citace: 31. 12 2020.] [https://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595e1fa66875530f33e8a/energeticka-narocnost-gastroprovozu-a-moznosti-uspor\\_final.pdf](https://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595e1fa66875530f33e8a/energeticka-narocnost-gastroprovozu-a-moznosti-uspor_final.pdf).
85. Gastro-profi. Nabídka produktů chladí techniky. [Online] [Citace: 31. 12 2020.] <https://www.gastro-profi.cz/chladici-zarizeni/mraznicky/n81,179,0>.
86. WEBERMAN. Produkt WEBERMAN 25-40/180mm oběhové čerpadlo W0201. *.pro-topeni.cz*. [Online] [Citace: 31. 12 2020.] [https://www.pro-topeni.cz/eshop-weberman-cerpadlo-2540-180mm-12588.html?gclid=Cj0KCQiAlsV\\_BRDtARIsAHMGVsb7xdd4Ph1SxBfWBR467vczkfq\\_d8TvVVoyBkZULuK03WLegZnXSaoAhYFEALw\\_wcB](https://www.pro-topeni.cz/eshop-weberman-cerpadlo-2540-180mm-12588.html?gclid=Cj0KCQiAlsV_BRDtARIsAHMGVsb7xdd4Ph1SxBfWBR467vczkfq_d8TvVVoyBkZULuK03WLegZnXSaoAhYFEALw_wcB).
87. ČESKO. Zákon č. 586/1992 Sb. o daních z příjmů. [Online] [Citace: 31. 12 2020.] <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1992-586>.
88. eprávo. Fotovoltaická elektrárna na střeše budovy a daňové odpis. [Online] 25. 9 2019. [Citace: 31. 12 2020.] <https://www.epravo.cz/top/soudni-rozhodnuti/fotovoltaicka-elektřarna-na-strese-budovy-a-danove-odpis-109997.html>.
89. MPO. Finanční analýza podnikové sféry za rok 2019. [Online] 24. 6 2020. [Citace: 31. 12 2020.] <https://www.mpo.cz/cz/rozcestnik/analyticke-materialy-a-statistiky/analyticke-materialy/financni-analyza-podnikove-sfery-za-rok-2019--255382/>.
90. ČNB. Zpráva o inflaci IV/2020. [Online] 2020. [Citace: 12. 12 2020.] [https://www.cnb.cz/export/sites/cnb/cs/menova-politika/.galleries/zpravy\\_o\\_inflaci/2020/2020\\_IV/download/zoi\\_2020\\_IV.pdf](https://www.cnb.cz/export/sites/cnb/cs/menova-politika/.galleries/zpravy_o_inflaci/2020/2020_IV/download/zoi_2020_IV.pdf).
91. ČEZ. Nabídka produktu Elektřina na tři roky. [Online] 1. 1 2021. <https://www.cez.cz/edee/content/file/produkty-a-sluzby/obcane-a-domacnosti/elektřina-2021/mop/web-cenik-elektřina-na-3-rok-mop-12-2020-cezdi.pdf>.
92. CZSO. [Online] <https://www.czso.cz/csu/czso/spotreba-energie-v-domacnostech-cr-2003-xug3dqigvl>.

## 13 Přílohy

### 13.1 Příloha - Cenová nabídka firmy Stiebel-Eltron pro zemní variantu TČ

Obj.č.	Popis zařízení - typové označení	Množ.	Cena/j.	Cena celkem
233005	WPF 35 - tepelné čerpadlo země - voda, pro kaskády a velké zdroje tepla	2	458 600	917 200
236000	WPM 4 systém - regulace tepelného čerpadla a otopné soustavy	1	22 430	22 430
236569	SBP 1010 E - Akumulační zásobník topné vody - 1006 litrů	1	42 710	42 710
201662	WDH 1010 SBP - tepelná izolace pro SBP 1010 E	1	18 100	18 100
227414	UPF 50/1-12 E - UPF 50/1 -12E - oběhové čerpadlo primárního okruhu s parotěsnou izolací	3	38 100	114 300
227422	UP 40/1-8 E - oběhové čerpadlo sekundárního okruhu	2	26 240	52 480
227534	SBB 501 WP SOL - smaltovaný zásobník teplé vody stacionární se solárním výměníkem	2	80 430	160 860
232030	BGC 2/60 - pro zásobníky s V nad 500 lit. - el.topné těleso 6kW/400V se vsuvkou	6	6 740	40 440
075115	BGC 45 - pro zásobníky do V = 500 lit. - elektrické topné těleso 6kW/400V	2	6 620	13 240
001502	FCR 28/360 - el,topná příruba, 36 kW, 400 V, *280 mm	1	24 230	24 230
Ceníková cena celkem :				1 405 990
doporučená minimální délka vrtů **		metrů	1140	1 180
investice - vrty - hrubý odhad		Kč	1117200	1 156 400
<b>Volitelné příslušenství s mimořádnou obchodní podporou:</b>				
Obj.č.	Popis zařízení - typové označení	Množ.	Cena/j.	Cena celkem
229336	ISG web - modul pro vzdálenou správu přes webové rozhraní	1	14 930	14 930
všechny ceny jsou uvedeny v Kč bez DPH				

Obdrženo dne: 14.12.2020

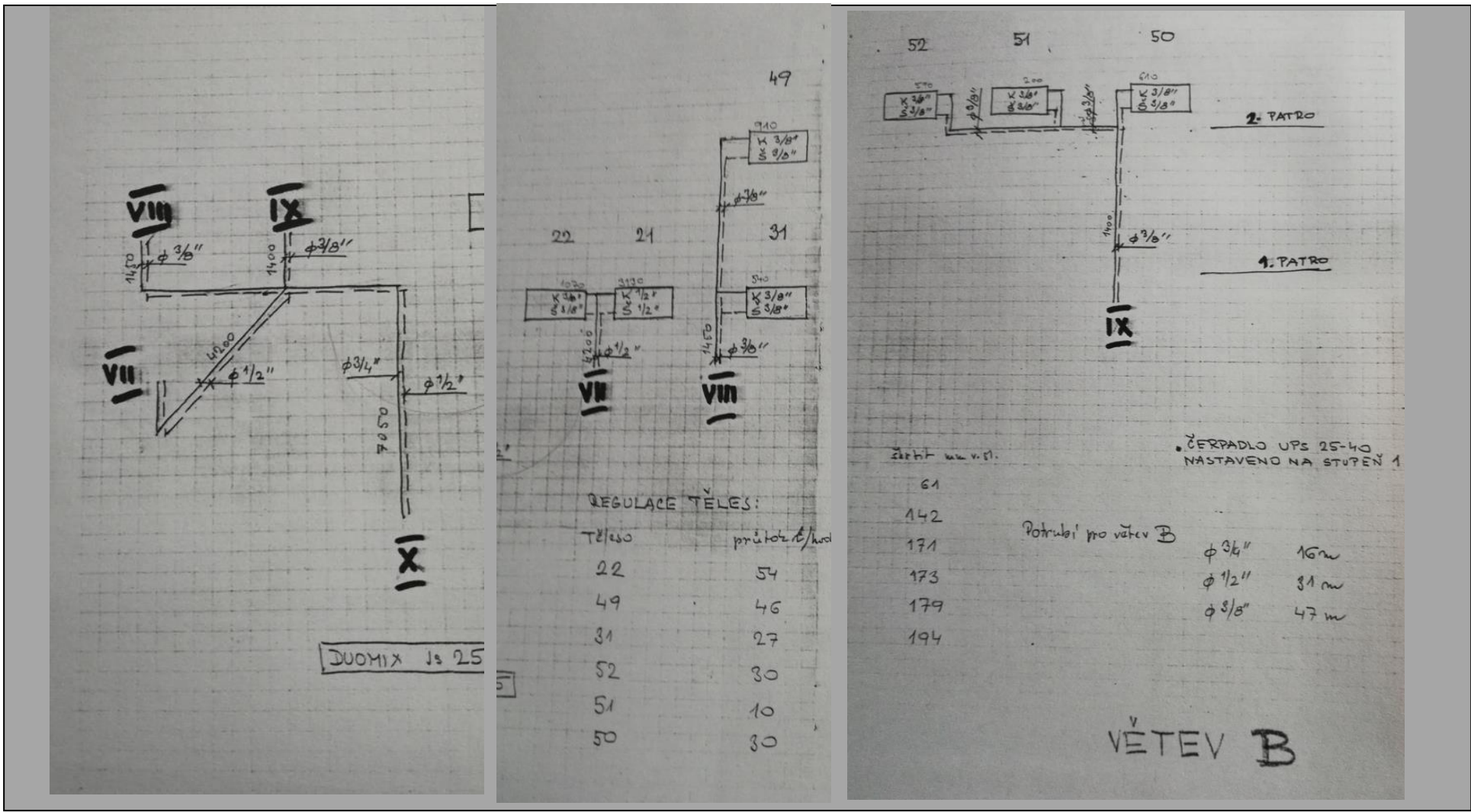
### 13.2 Příloha - Cenová nabídka firmy Stiebel-Eltron pro variantu TČ vzduch-voda

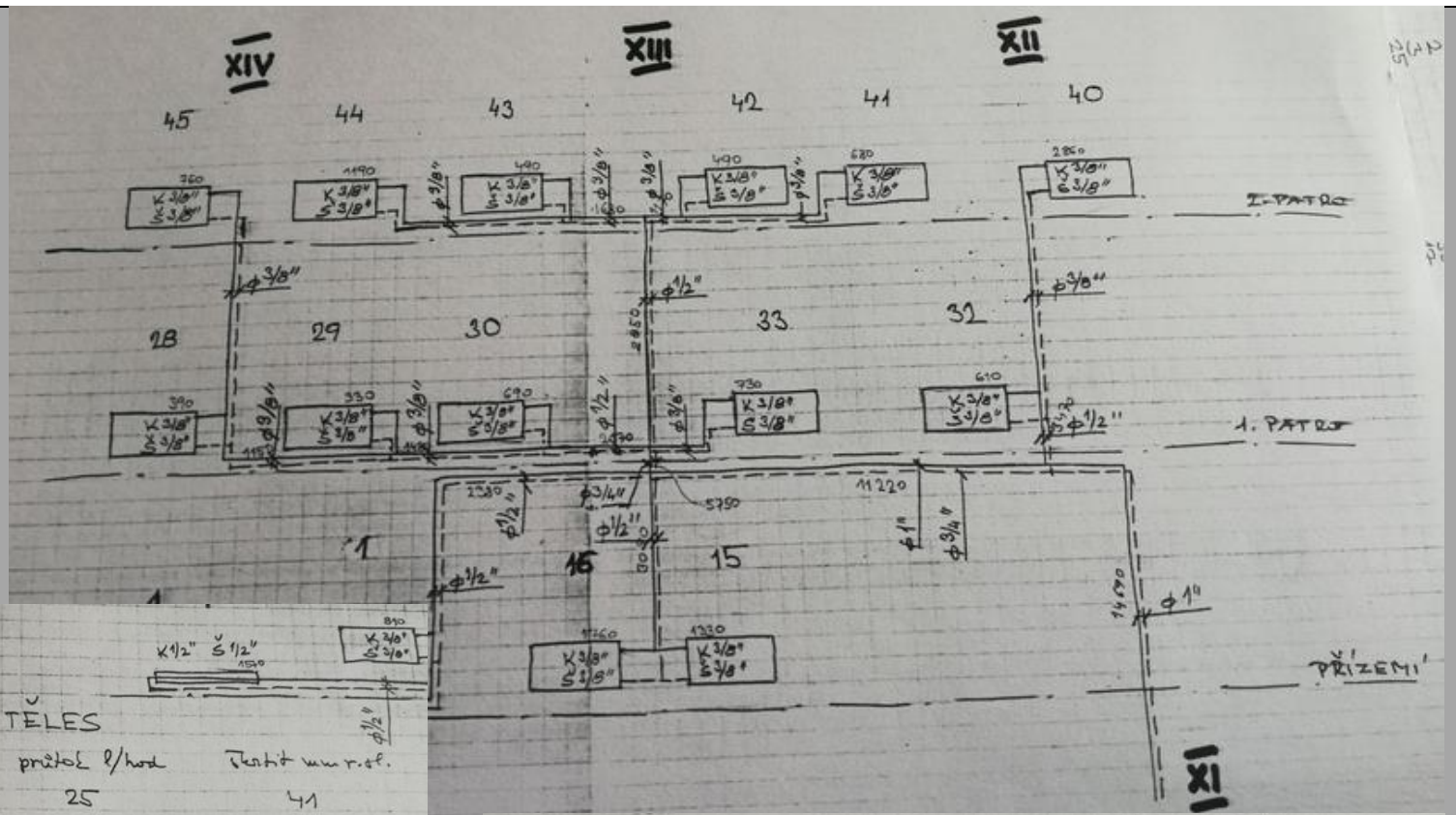
Obj.č.	Popis zařízení - typové označení	Množ.	Cena/j.	Cena celkem
227758a	WPL 23 E - tepelné čerpadlo vzduch - voda, venkovní provedení	4	250 530	1 002 120
074413	Opláštění WPL 13/18/23 venkovní provedení	4	39 510	158 040
236000	WPM 4 systém - regulace tepelného čerpadla a otopné soustavy	1	22 430	22 430
234725	WPE - rozšiřující regulace tepelného čerpadla a otopné soustavy	1	19 310	19 310
232977	SD 32-1 G	12	1 970	23 640
236569	SBP 1010 E - Akumulační zásobník topné vody - 1006 litrů	1	42 710	42 710
201662	WDH 1010 SBP - tepelná izolace pro SBP 1010 E	1	18 100	18 100
227534	SBB 501 WP SOL - smaltovaný zásobník teplé vody stacionární se solárním výměníkem	2	80 430	160 860
201620	UP 25/7,5 PCV - oběhové čerpadlo topení	5	6 780	33 900
232030	BGC 2/60 - pro zásobníky s V nad 500 lit. - el.topné těleso 6kW/400V se vsuvkou	6	6 740	40 440
075115	BGC 45 - pro zásobníky do V = 500 lit. - elektrické topné těleso 6kW/400V	2	6 620	13 240
001502	FCR 28/360 - el,topná příruba, 36 kW, 400 V, *280 mm	1	24 230	24 230
Ceníková cena celkem :				1 559 020
<b>Volitelné příslušenství s mimořádnou obchodní podporou:</b>				
Obj.č.	Popis zařízení - typové označení	Množ.	Cena/j.	Cena celkem
229336	ISG web - modul pro vzdálenou správu přes webové rozhraní	1	14 930	14 930
všechny ceny jsou uvedeny v Kč bez DPH				

Obdrženo dne: 14.12.2020

### 13.3 Příloha – Současný stav technického řešení otopné soustavy

Současný stav otopné soustavy je dokumentován nákresey z roku 2000, které jsou ve vlastnictví stávajícího majitele. Jiné informace o otopné soustavě nejsou k dispozici.





REGULACE TĚLES

těleso	průtok l/hod	ředit m.r.č.
43	25	41
41	59	41
42	30	48
30	35	104
33	36	111
1 litinov!	40	47
15	66	49
40	143	86
32	35	316

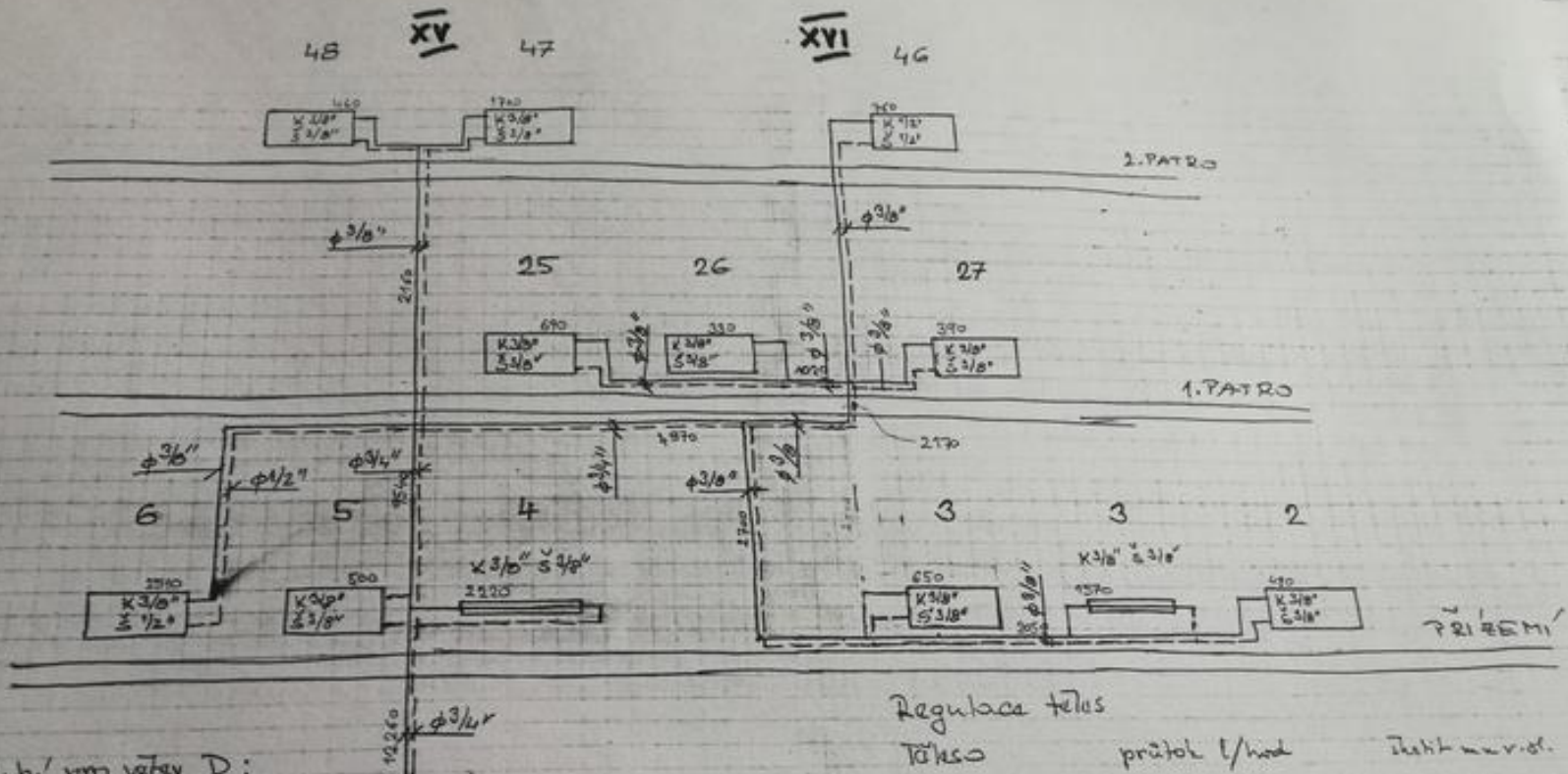
Potrubí pro větev C:

- $\phi$  3/8" - 54 m
- $\phi$  1/2" - 50 m
- $\phi$  3/4" - 11 m
- $\phi$  1" - 45 m

DUOMIX Js 25

ČERPADLO UPS 25-40  
NASTAVENO NA STUPĚN

VĚTEV C



Potrubí pro větev D:

- φ 3/8" 94 m
- φ 1/2" 10 m
- φ 3/4" 25 m

**XV**

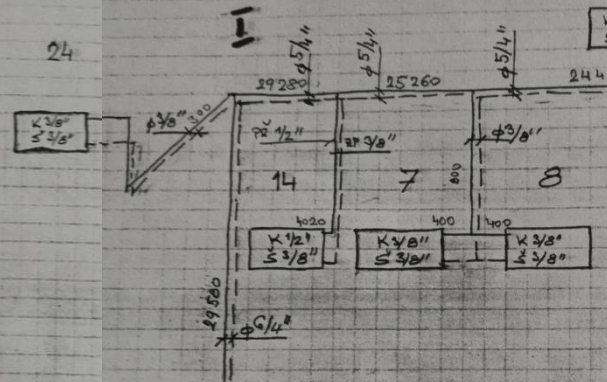
DUOMIX J=25

ČERPADLO UPS 25-110  
NASTAVĚNO NA STUPEŇ 1

Regulace teles

Těleso	průtok l/hod	tlak m v. st.
2	24	95
3	33	291
25	35	130
26	12	145
27	20	163
46	38	143
6	146	122
5	85	283
4	23	373
7	111	242
5	25	63

VĚTEV D



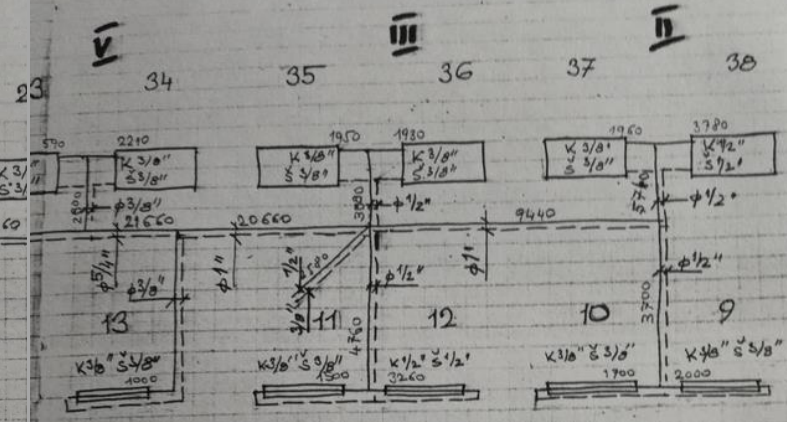
DUOMIX JS 25

REGULACE T

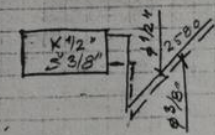
Teplota

ELES

Teplota	Průtok l/hod	Šířka mm v. sl.
36	97	104
13	50	419
34	110	254
8	30	394
14	20	564
24	201	110
7	15	711
	20	564



39 IV



ČERTADLO UPS 25-40  
NASTAVENO NA STUPEŇ 2

Potrubi pro větev A:

- φ 3/8" 57 m
- φ 1/2" 33 m
- φ 1" 16 m
- φ 5/4" 23 m
- φ 5/8" 26 m

VĚTEV A



### 13.4 Příloha – Výsledky simulace cash flow jednotlivých variant

Průměrné roční náklady		Pořizovací cena		90743			
Varianta - stávající stav							
Rok	Dřevo	Zpracování dřeva	Platby za elektřinu	Osobní náklady	součet provo.	Součet nákladů	DCF
1	88 778	73 850	204 162	160 480	527 270	527 270	527 270
2	92 329	75 327	212 328.69	168 985	548 970	548 970	490 502
3	96 022	76 834	220 821.84	177 942	571 619	571 619	456 343
4	99 863	78 370	229 654.71	187 373	595 261	595 261	424 604
5	103 858	79 938	238 840.90	197 303	619 940	619 940	395 110
6	108 012	81 536	248 394.53	207 760	645 703	645 703	367 701
7	112 332	83 167	258 330.31	218 772	672 602	672 602	342 225
8	116 826	84 830	268 663.53	230 367	700 686	700 686	318 544
9	121 499	86 527	279 410.07	242 576	730 012	730 012	296 530
10	126 359	88 258	290 586.47	255 433	760 635	760 635	276 062
11	131 413	90 023	302 209.93	268 970	792 616	792 616	257 031
						NPV	4 151 923.56
						poměrná anuita	0.1678
						Průměrné roční náklady [Kč]	696 805

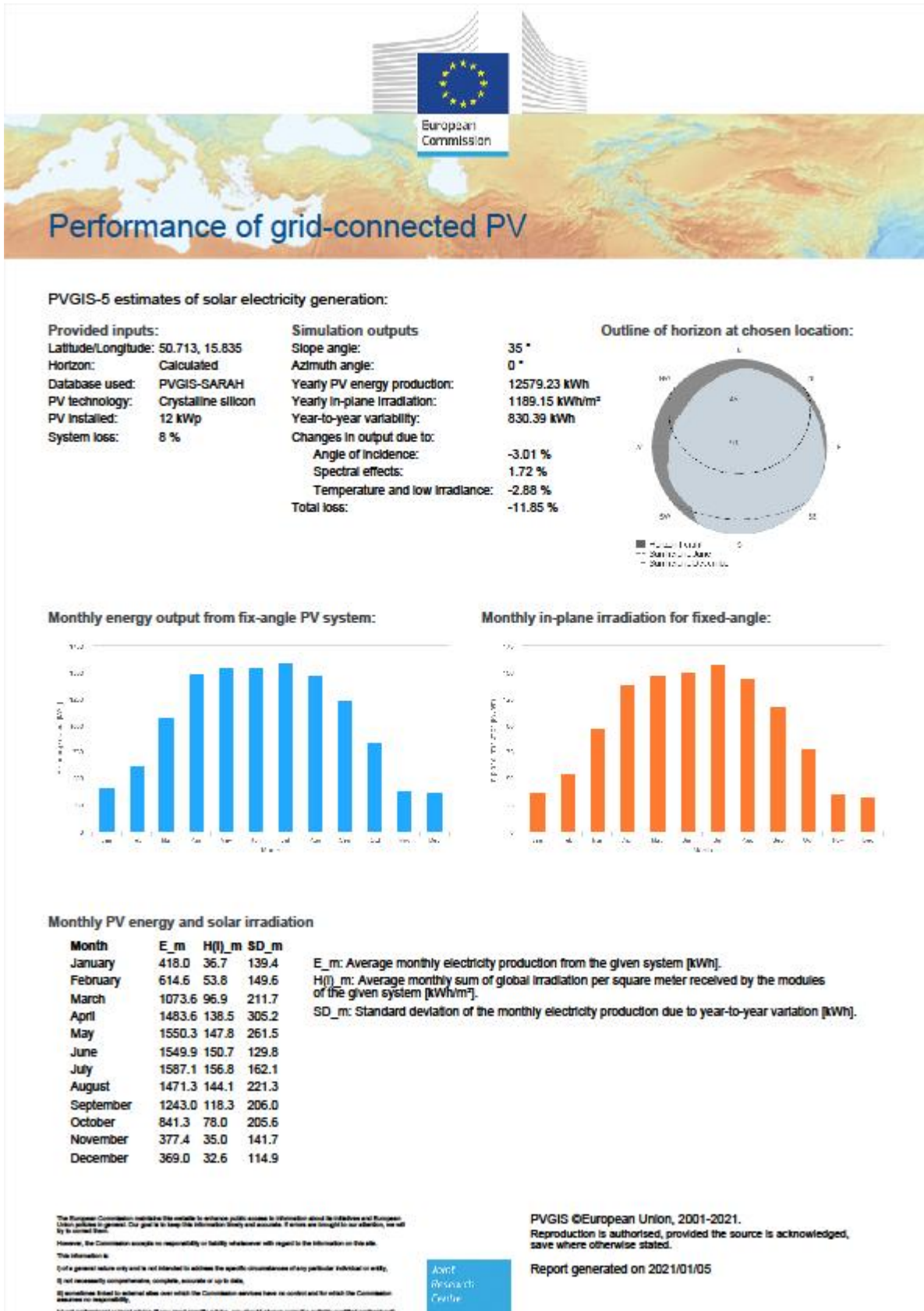
Průměrné roční náklady							
Varianta - kotel na pelety							
Rok	Investiční náklady	Platby za elektřinu	Pelety	Osobní náklady	součet provozních výdajů	DCF	
1	281 074	204 162	313 785	32 096	831 117	831 117	
2		212 328.69	326 336	33 476	572 141	511 206	
3		220 821.84	339 390	34 916	595 127	475 110	
4		229 654.71	352 965	36 417	619 037	441 564	
5		238 840.90	367 084	37 983	643 908	410 386	
6		248 394.53	381 767	39 616	669 778	381 410	
7		258 330.31	397 038	41 320	696 688	354 480	
8		268 663.53	412 920	43 096	724 680	329 452	
9		279 410.07	429 436	44 950	753 796	306 191	
10		290 586.47	446 614	46 882	784 083	284 572	
11		302 209.93	464 478	48 898	815 587	264 480	
12		314 298.33	483 058	51 001	848 357	245 807	
13		326 870.26	502 380	53 194	882 444	228 452	
14		339 945.07	522 475	55 481	917 901	212 322	
15		353 542.87	543 374	57 867	954 784	197 332	
						NPV	5 473 882.44
						poměrná anuita	0.1462
						Průměrné roční náklady [Kč]	800 268

	<b>Průměrné roční náklady</b>	Pořizovací cena			
	<b>Varianta - TČ země/voda</b>				
Rok	Investiční náklady	elekřina	Osobní náklady	součet provozních výdajů	DCF
1	3 196 289	328 158	-	3 524 446	3 524 446
2		341 284	-	341 284	304 936
3		354 935	-	354 935	283 357
4		369 133	-	369 133	263 305
5		383 898	-	383 898	244 672
6		399 254	-	399 254	227 358
7		415 224	-	415 224	211 269
8		431 833	-	431 833	196 319
9		449 106	-	449 106	182 426
10		467 071	-	467 071	169 517
11		485 753	-	485 753	157 521
12		505 184	-	505 184	146 374
13		525 391	-	525 391	136 016
14		546 406	-	546 406	126 391
15		568 263	-	568 263	117 447
16		590 993	-	590 993	109 136
17		614 633	-	614 633	101 413
18		639 218	-	639 218	94 236
19		664 787	-	664 787	87 568
20		691 379	-	691 379	81 371
				NPV	6 765 078.20
				poměrná anuita	0.1332
				Průměrné roční náklady [Kč]	901 163

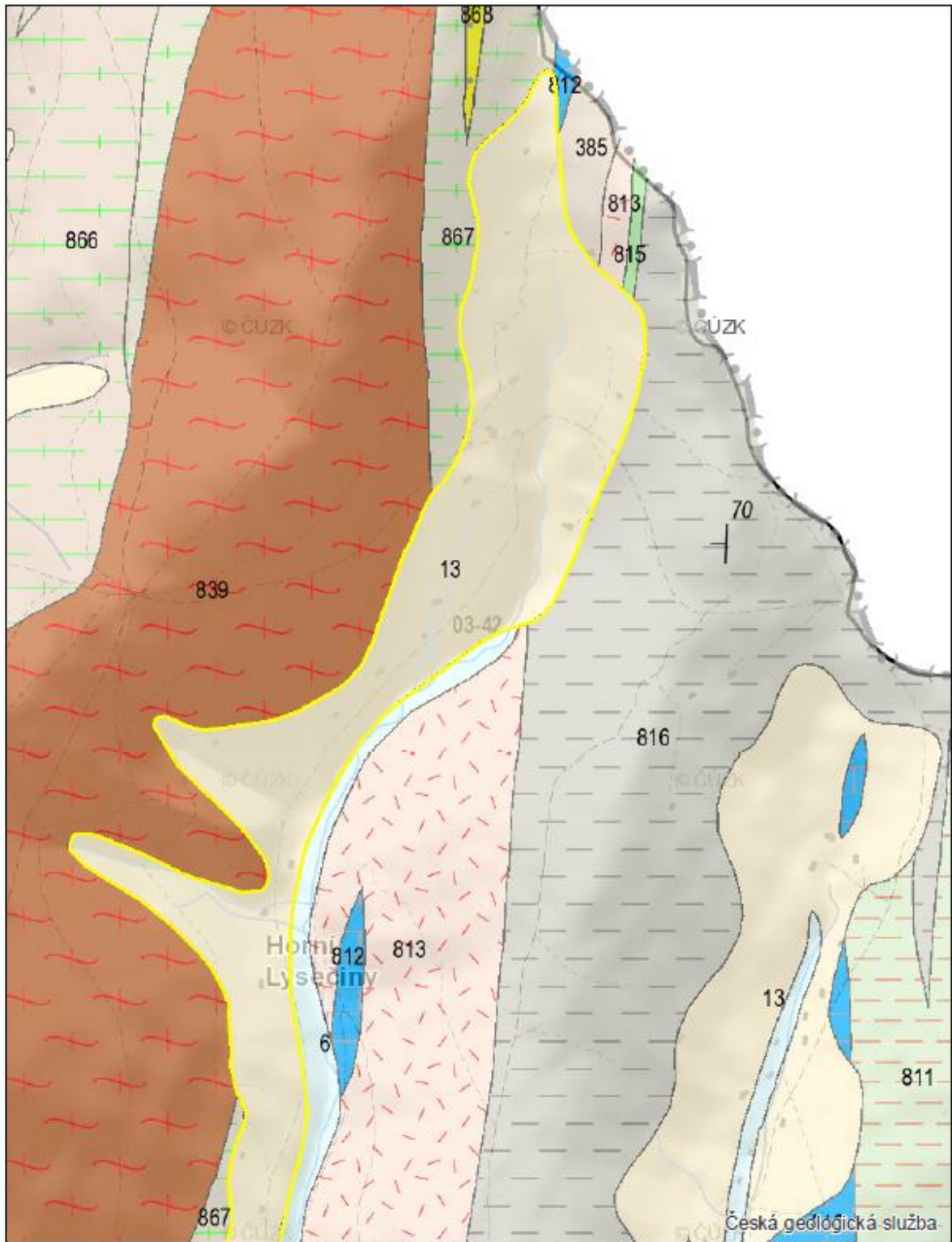
	<b>Průměrné roční náklady</b>	Pořizovací cena			
	<b>Varianta - TČ vzduch/voda</b>				
Rok	Investiční náklady	elekřina	Osobní náklady	součet provozních výdajů	DCF
1	2 175 873	402 088	-	2 577 961	2 577 961
2		418 172	-	418 172	373 635
3		434 899	-	434 899	347 194
4		452 295	-	452 295	322 625
5		470 386	-	470 386	299 795
6		489 202	-	489 202	278 580
7		508 770	-	508 770	258 866
8		529 121	-	529 121	240 548
9		550 286	-	550 286	223 525
10		572 297	-	572 297	207 708
11		595 189	-	595 189	193 009
12		618 997	-	618 997	179 351
13		643 756	-	643 756	166 659
14		669 507	-	669 507	154 866
15		696 287	-	696 287	143 907
16		724 138	-	724 138	133 723
17		753 104	-	753 104	124 260
18		783 228	-	783 228	115 467
19		814 557	-	814 557	107 296
20		847 139	-	847 139	99 703
				NPV	6 548 676.86
				poměrná anuita	0.1332
				Průměrné roční náklady [Kč]	872 336

		Průměrné roční náklady							
		Varianta - stávající stav + FV							
Rok	Investice	Dřevo	Zpracování dřeva	Platby za elektřinu	Úspora FVE	Osobní náklady	součet provoz	Součet výdajů	DCF
1	375513.92	88 778	73 850	204 162	9 287	197 760	555 263	930 777	930 777
2		92 329	75 327	212 328.69	9 524	206 264	576 724	576 724	515 300
3		96 022	76 834	220 821.84	9 768	215 133	599 042	599 042	478 236
4		99 863	78 370	229 654.71	10 019	224 384	622 252	622 252	443 857
5		103 858	79 938	238 840.90	10 278	234 032	646 391	646 391	411 969
6		108 012	81 536	248 394.53	10 544	244 096	671 494	671 494	382 388
7		112 332	83 167	258 330.31	10 818	254 592	697 603	697 603	354 946
8		116 826	84 830	268 663.53	11 100	265 539	724 759	724 759	329 488
9		121 499	86 527	279 410.07	11 391	276 957	753 002	753 002	305 869
10		126 359	88 258	290 586.47	11 690	288 867	782 379	782 379	283 954
11		131 413	90 023	302 209.93	11 998	301 288	812 936	812 936	263 620
12	-	136 670	91 823	314 298.33	12 315	314 243	844 719	844 719	244 753
13		142 136	93 660	326 870.26	12 642	327 756	877 780	877 780	227 244
14		147 822	95 533	339 945.07	12 979	341 849	912 170	912 170	210 997
15		153 735	97 444	353 542.87	13 325	356 549	947 944	947 944	195 918
16		159 884	99 392	367 684.59	13 682	371 880	985 159	985 159	181 924
17		166 280	101 380	382 391.97	14 050	387 871	1 023 872	1 023 872	168 936
18		172 931	103 408	397 687.65	14 429	404 550	1 064 146	1 064 146	156 881
19		179 848	105 476	413 595.16	14 820	421 945	1 106 044	1 106 044	145 691
20		187 042	107 586	430 138.96	15 222	440 089	1 149 633	1 149 633	135 305
21		194 524	109 737	447 344.52	15 637	459 013	1 194 981	1 194 981	125 663
22		202 304	111 932	465 238.30	16 064	478 750	1 242 161	1 242 161	116 712
23		210 397	114 171	483 847.83	16 504	499 336	1 291 248	1 291 248	108 403
								NPV	6 718 831.81
								poměrná anuita	0.1289
								Průměrné roční náklady [Kč]	865 831

## 13.5 Příloha – Očekávaná výroba z FV systému



### Geologická situace v lokalitě



4. ledna 2021

0 0,15 0,3 0,45 0,6 km

S

© Česká geologická služba

## Klad listů ZM50

Klad listů ZM 50



## Geologická mapa 1 : 50 000

Hranice hornin GeoČR50

— hranice zjištěná

--- státní hranice

Horniny GeoČR50

kvartér

KENOZOIKUM

KVARTÉR

6 nivní sediment

13 kamenitý až hlinito-kamenitý sediment

svrchní karbon a perm

sudetské (lugické) mladší paleozoikum (včetně výskytů triasu)

PALEOZOIKUM

KARBON

385 šedé a pastelově pestré jílovce, slínovce, prachovce, vápence, bitumenní jílovce, uhelné slojky

lužická (západosudetská) oblast

krkonošsko-jizerské krystalinikum

PALEOZOIKUM

SILUR–DEVON

811 fylit

812 krystalický vápenec až dolomit

813 břidlice, porfyroid, kvarcit

815 zelená břidlice

816 fylit

PROTEROZOIKUM–PALEOZOIKUM

NEOPROTEROZOIKUM, KAMBRIUM–ORDOVÍK

839 rula

PROTEROZOIKUM

NEOPROTEROZOIKUM

	866	fylit + svor
	867	fylit + svor
	868	kvarcit

## Geologická mapa 1 : 50 000 - doplňky

Značky v mapě - body GeoČR50

— vrstevnatost

## Geologická mapa 1 : 50 000 - indexy

Index GeoČR50

### 13.7 Příloha – plocha pro umístění FVE

