



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

## ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

# ENERGETICKÁ NÁROČNOST OBČANSKÉ BUDOVY

ENERGY PERFORMANCE OF A CIVIC BUILDING

## DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

## AUTOR PRÁCE

AUTHOR

**Bc. Veronika Kořenková**

## VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

**doc. Ing. PETR HORÁK, Ph.D.**

**BRNO 2022**



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

## FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	NPC-SIS Stavební inženýrství – pozemní stavby
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Specializace	bez specializace
Pracoviště	Ústav technických zařízení budov

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Veronika Kořenková
Název	Energetická náročnost občanské budovy
Vedoucí práce	doc. Ing. Petr Horák, Ph.D.
Datum zadání	31. 3. 2021
Datum odevzdání	14. 1. 2022

V Brně dne 31. 3. 2021

---

prof. Ing. Jiří Hirš, CSc.  
Vedoucí ústavu

---

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.  
Děkan Fakulty stavební VUT

## **PODKLADY A LITERATURA**

### PODKLADY A LITERATURA

1. Stavební dokumentace zadané budovy
2. Aktuální právní předpisy ČR
3. České i zahraniční technické normy
4. Odborná literatura
5. Zdroje na internetu

## **ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ**

### ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

#### A. Analýza tématu, cíle a metody řešení

Analýza zadaného tématu, normové a právní podklady

Cíl práce, zvolené metody řešení

Aktuální technická řešení v praxi

Teoretické řešení (s využitím fyzikální podstaty dějů)

Experimentální řešení (popis metody a přístrojové techniky)

Řešení využívající výpočetní techniku a modelování

#### B. Aplikace tématu na zadané budově – koncepční řešení

Analýza spotřeby energie posuzovaného energetického hospodářství pro zadaný objekt. Výkres schéma zapojení kotelny, popř. strojovny VZT v jedné variantě.

#### C. Volitelná část

Energetický posudek v souladu s vyhláškou č. 480/2012 Sb. nebo průkaz energetické náročnosti budovy dle vyhlášky č. 264/2020 Sb.

## **STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE**

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část závěrečné práce zpracovaná podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (povinná součást závěrečné práce).

2. Přílohy textové části závěrečné práce zpracované podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání, a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (nepovinná součást závěrečné práce v případě, že přílohy nejsou součástí textové části závěrečné práce, ale textovou část doplňují).

## **ABSTRAKT**

Cílem diplomové práce je zpracovat tři varianty průkazů energetické náročnosti budovy s využitím různých zdrojů tepla. Posuzovaný objekt se nachází v horské oblasti Bílá v okrese Frýdek-Místek. Práce je členěna do tří částí. První část zpracovává formou literární rešerše problematiku tepelných čerpadel. Druhá výpočtová část popisuje návrh tří variant zdrojů tepla. Jako první je uvažováno s tepelným čerpadlem, druhou možností je kotel na pelety a v poslední řadě se práce zabývá instalací plynového kondenzačního kotle. Všechny varianty byly vyhodnoceny z ekonomického a ekologického hlediska. Poslední projektová část obsahuje tři zpracované průkazy energetické náročnosti budovy.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

průkaz energetické náročnosti budovy, PENB, tepelné čerpadlo, kotel na pelety, plynový kondenzační kotel, solární kolektor, energetická náročnost budovy, analýza spotřeby energie

## **ABSTRACT**

The goal of this thesis is to process three variants of energy performance certificate of the building with different heat sources. The building is in mountain area Bílá in Frýdek-Místek region. The thesis has three parts. First part is focused on literary research of heat pumps. Second, calculation part, describes three proposed heat source solution. First heat source is heat pump, second is pellet boiler and the last one is gas condensing boiler. All three variants are evaluated from the economic and ecological perspective. Last part of the thesis contains three energy performance certificates of the examined building.

## **KEYWORDS**

energy performance certificate of the building, EPC, heat pump, pellet boiler, gas condensing boiler, solar collector, energy performance of the building, energy consumption analysis

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

Bc. Veronika Kořenková *Energetická náročnost občanské budovy*. Brno, 2021. 112 s., 122 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technických zařízení budov. Vedoucí práce doc. Ing. Petr Horák, Ph.D.

## **PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE**

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce s názvem *Energetická náročnost občanské budovy* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 14. 1. 2022

---

Bc. Veronika Kořenková  
autor práce

## **PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Energetická náročnost občanské budovy* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 14. 1. 2022

---

Bc. Veronika Kořenková  
autor práce

## **PODĚKOVÁNÍ**

Za odborné vedení a zkušené rady k mé diplomové práci bych chtěla poděkovat doc. Ing. Petru Horákovi, Ph.D. Dále bych ráda poděkovala bratrovi, že mi vždy dokázal poradit, poskytoval technické zázemí a v závěru se rozhodl vystudovat magisterský stupeň se mnou a byl mi tak v době dálkové výuky nejbližším spolužákem. Poslední velké poděkování patří rodičům a partnerovi za podporu, porozumění, trpělivost a stále plnou lednici v průběhu celého studia.

## OBSAH

A. TEPELNÁ ČERPADLA.....	13
A.1 Historie .....	13
A.1.1 Světová historie .....	13
A.1.2 Česká historie.....	14
A.2 Princip tepelného čerpadla .....	15
A.2.1 Části tepelného čerpadla .....	16
A.3 Zdroje nízko potencionálního tepla.....	17
A.3.1 Vnější vzduch .....	18
A.3.2 Povrchové vody .....	18
A.3.3 Podzemní vody .....	18
A.3.4 Země.....	19
A.4 Typy čerpadel.....	19
A.4.1 Vzduch/voda .....	19
A.4.2 Země/voda .....	21
A.4.3 Voda/voda .....	22
A.4.4 Vzduch/vzduch.....	23
A.5 Topný faktor.....	24
A.5.1 Obrácený Carnotův cyklus.....	24
A.5.2 Topný faktor.....	24
A.6 Chladiva.....	25
A.7 Akumulace .....	26
A.7.1 Paralelní zapojení .....	26
A.7.2 Sériové zapojení .....	27
A.8 Provozní režimy tepelného čerpadla.....	27
A.8.1 Bod bivalence.....	27
A.8.2 Provozní režimy .....	28
A.9 Ekonomie .....	28
A.10 Absorpční čerpadla .....	30
A.10.1 Srovnání s kompresorovými čerpadly.....	30
A.10.2 Plynová tepelná čerpadla .....	30
B. VÝPOČTOVÁ ČÁST .....	33

B.1 ÚDAJE O BUDOVĚ .....	33
B.1.1 Základní informace.....	33
B.1.2 Konstrukční systém .....	34
B.1.3 Zónování budovy .....	35
B.2 TEPELNÁ ZTRÁTA BUDOVY .....	39
B.2.1 Základní informace o budově.....	39
B.2.2 Výpočet tepelného výkonu .....	40
B.3 POTŘEBA TEPLÉ VODY .....	49
B.3.1 POSTUP VÝPOČTU PŘÍPRAVY TEPLÉ VODY.....	49
B.3.2 VÝPOČET NÁVRHU TEPLÉ VODY .....	50
B.4 VARIANTA 1 – TEPELNÉ ČERPADLO.....	53
B.4.1 Návrh zdroje tepla .....	53
B.4.2 Příprava teplé vody.....	56
B.4.3 Návrh technické místnosti .....	56
B.4.4 Ekonomické hodnocení.....	58
B.4.5 Ekologické hodnocení .....	59
B.5 VARIANTA 2 – KOTEL NA PELETY.....	60
B.5.1 Návrh zdroje tepla .....	60
B.5.2 Příprava teplé vody.....	64
B.5.3 Návrh technické místnosti .....	64
B.5.4 Ekonomické hodnocení.....	67
B.5.5 Ekologické hodnocení .....	69
B.6 VARIANTA 3 – PLYNOVÝ KONDENZAČNÍ KOTEL .....	70
B.6.1 Návrh zdroje tepla .....	70
B.6.2 Příprava teplé vody.....	72
B.6.3 Návrh technické místnosti .....	80
B.6.4 Ekonomické hodnocení.....	83
B.6.5 Ekologické hodnocení .....	85
B.7 SHRNUTÍ A POROVNÁNÍ VARIANT .....	86
B.7.1 Ekonomické porovnání .....	86
B.7.2 Ekologické porovnání .....	89
B.8 VÝBĚR VARIANTY.....	91

B.8.1 Doporučení .....	92
C. PRŮKAZY ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY .....	95
C.1 Přehled výsledků PENB.....	95
C.1.1 Varianta 1 – Tepelné čerpadlo.....	96
C.1.2 Varianta 2 – Kotel na pelety.....	97
C.1.3 Varianta 3 – Plynový kondenzační kotel.....	98
C.1.4 Srovnání variant.....	99

## ÚVOD

Předmětem diplomové práce je vypracování tří průkazů energetické náročnosti budovy pro instruktorský dům nacházející se v obci Bílá v okrese Frýdek – Místek. Každá varianta uvažuje s jiným zdrojem tepla. Práce se skládá ze tří částí.

V první teoretické části se budu věnovat literární rešerši na téma *Tepelná čerpadla*. Krátce shrnu historii tepelných čerpadel v Česku i ve světě. Pokračovat budu představením zdrojů nízkopotencionálního tepla a tepelných čerpadel, které s nimi pracují. Dále se budu zabývat topným faktorem, provozními režimy čerpadla a ekonomikou. V závěru stručně popíšu absorpční plynová tepelná čerpadla.

V druhé části se budu věnovat zpracování podkladů pro vytvoření průkazů energetické náročnosti budovy. Po určení interiérové a exteriérové okrajové podmínky a popsání konstrukčního systému budovy bude následovat výpočet tepelné ztráty, kterou určím za pomoci programu Energetika. První variantou, kterou budu ve své práci zpracovávat, je instalace tepelného čerpadla. Druhou možností je instalace kotle na pelety a jako poslední posoudím variantu s plynovým kondenzačním kotlem. Pro každou variantu zpracuji návrh zdroje tepla pro vytápění a přípravu teplé vody, navrhnu technickou místnost a variantu vyhodnotím z ekonomického a ekologického hlediska. Poté všechny varianty porovnáám a vyhodnotím.

V rámci třetí části diplomové práce zpracuji tři průkazy energetické náročnosti budovy a napíšu komentář k jejich výsledkům.

K práci vypracuji výkresovou dokumentaci a přiložím technické listy vybavení technických místností.

# **A. TEORETICKÁ ČÁST**

## A. TEPELNÁ ČERPADLA

Tepelné čerpadlo je zařízení, které vytváří tepelnou energii za využití energie z nízkopotenciálních zdrojů tepla. Energie není tepelným čerpadlem vyráběna, je pouze přečerpávána na vyšší teplotní úroveň. V literatuře je tepelné čerpadlo často přirovnáváno k chladicím zařízením, kdy je odebíráno teplo z jednoho prostředí a odevzdává se druhému prostředí. [1,2]

Již v knize Tepelná čerpadla, kterou napsal kolektiv autorů Dvořák, Klaznar a Petrák v roce 1987, se píše, že se kvůli zvýšené nutnosti hospodaření s energiemi zvyšuje poptávka po netradiční energetice. Je zde vyzdvihnuta pozitivní vlastnost, že díky jedné zaplacené kilowattě získáme z energie prostředí dvou až čtyř násobek energie. Autoři na druhou stranu přiznávají, že pořizovací cena je výrobku je vysoká. [3]

Stejné informace se při hledání na internetu dozví člověk i dnes, o více jak 30 let později. I přesto se tepelná čerpadla těší stále větší oblibě. Jejich pořizovací cena totiž pomalu klesá, zatím co cena elektrické energie roste rychlým tempem.



Obrázek 1 Kompresorové tepelné čerpadlo [4]

### A.1 Historie

#### A.1.1 Světová historie

První zmínka o tepelném čerpadlu pochází z roku 1824, kdy byla vydána publikace „Úvahy o hybné síle ohně a strojích vydávajících tuto sílu“. Autorem je Sadi Carnot, jenž je považován za zakladatele termodynamiky. Carnot definoval čtyřdobý pracovní cyklus. Na jeho objevech v roce 1852 postavil William Thomson, známý jako Lord Kelvin, princip tepelného čerpadla. Na realizaci však bylo nutné si několik desítek let počkat, a to až do roku 1924. Tepelná čerpadla

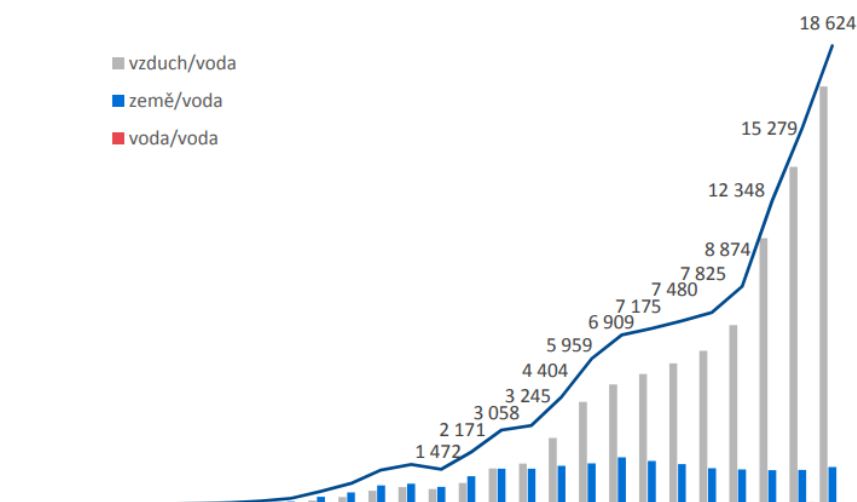
se využívala hlavně pro chlazení a největší rozmach měla ve Švýcarsku, které bylo z důvodu války odkázáno na dovoz veškerých paliv. [3,5]

Tepelné čerpadlo, které bylo možné využít k získávání tepla, bylo sestaveno roku 1948. Došlo k němu prakticky omylem, kdy Robert C. Webber napustil zbytky vařící vody, která mu zbyla z předchozího experimentu, do měděné trubky a ta roztočila malý ventilátor. Nakonec se mu takto povedlo vytopit celý dům. K většímu rozmachu tepelných čerpadel došlo až začátkem 80. let minulého století. [6,7]

## A.1.2 Česká historie

V českých zemích se o princip tepelného čerpadla zajímal rodák z Nového Jičína, Peter Rittinger, narozený roku 1811. Zabýval se zařízením pro zlepšení odpařování solanky. Jeho vynález ale při realizaci přímo v dole nefungoval. Nicméně na jeho práci navázali další výzkumníci a roku 1877 se zdokonalené zařízení povedlo nainstalovat ve Švýcarsku. Jak je napsáno v prvním odstavci této kapitoly, tak kvůli nedostatku paliv bylo do roku 1955 instalováno ve Švýcarsku na 60 tepelných čerpadel. Bývalé Československo se snažilo Švýcarsku dorovnat, ale jednalo se pouze o ojedinělé instalace. Zvýšenou poptávku způsobila v osmdesátých letech minulého století arabsko-izraelská válka, která zapříčinila celosvětovou ropnou krizi. Plánem tehdejší vlády bylo instalovat do roku 200 po republice až půl milionu tepelných čerpadel. Vývoj a výroba se však stále odkládaly, a proto se až do roku 1990 nic nestalo.

Po roce 1990 se, spolu se soukromým podnikáním, dostaly do České republiky tepelná čerpadla ze zahraničí. Začalo se i s instalací v domácnostech. I tak se za deset let osadilo do tisíce jednotek. Roku 2002 se zavedla speciální sazba elektřiny pro objekty vytápěné tepelným čerpadlem a Státní fond životního prostředí začal věnovat větší pozornost informování laické veřejnosti o tomto druhu vytápění. Prodeje a instalace čerpadel stále rostly konstantním tempem. Od roku 2016 a zavedení dotačního programu Nová zelená úsporám přesahuje počet instalací za rok deset tisíc. [8]



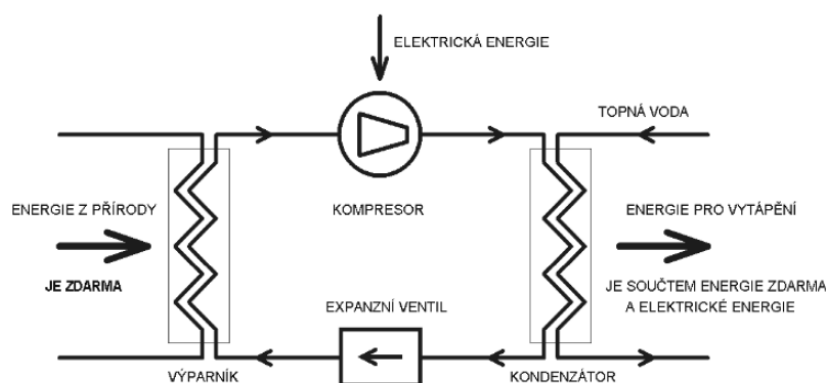
Obrázek 2 Počet prodaných tepelných čerpadel celkem a dle typu [8]

## A.2 Princip tepelného čerpadla

Čerpadla se dle způsobu zvýšení tlaku par chladiva z výparníku dělí do tří skupin: kompresorová, absorpční a hybridní. Absorpční čerpadla využívají absorpční cyklus, kde je hnací energie dodávána ve formě tepla a je jim ve stručnosti věnována kapitola A.10. U kompresorových tepelných čerpadel je dodávána energie elektrickou energií či za pomoci motoru. U hybridních čerpadel dochází ke kombinaci předchozích dvou variant. Ve své práci se budu zabývat převážně kompresorovými tepelnými čerpadly. [9]

Tepelné čerpadlo bývá nejčastěji poháněno elektromotorem, který pohání kompresor. Na jedné straně, studené, je odebíráno teplo nízkopotencionálnímu zdroji. Na druhé, teplé, straně se teplo zvyšuje na využitelnou teplotní úroveň. Uvnitř tepelného čerpadla jsou tedy dva výměníky – studený výparník a teplý kondenzátor. Tvorbu tepla pak zajišťuje pracovní látka. Ta je v zařízení hermeticky uzavřena a neustále cirkuluje v zařízení, kde mění své skupenství. [10]

Na jednu stranu výparníku je přiváděno teplo z okolního prostředí. Do druhé poloviny výparníku se pod velkým tlakem vstřikuje chladivo. To zajišťuje termostatický expanzní ventil. Za ventilem je tlak nižší, což způsobí rychlejší odpařování chladiva. Díky tomu má celý výparník nižší teplotu, než je teplota z okolí. Látka z okolního prostředí tak ohřívá chladivo, které je v tento moment v plynné fázi a je nasáváno kompresorem. Jakmile jej kompresor stlačí, dojde k velkému zahřání plynu. K energii nesené plynem se dodá energie ve formě ztrátového tepla z elektromotoru kompresoru a tepla, které vzniklo třením. Stlačený plyn má nyní větší teplotu než látka v topném systému, a proudí do



Obrázek 3 Obecné principiální schéma tepelného čerpadla [1]

kondenzátoru. Zde dojde k předání tepla chladnější topné látce a plyn přejde opět do kapalného skupenství a teče směrem k expanznímu ventilu. Tento cyklus se opakuje stále dokola a podrobněji je popsán v kapitole A.5.1. [1]

## A.2.1 Části tepelného čerpadla

### A.2.1.1 Výparník

Výparník je výměník tepla, který má za úkol zajistit přenos tepla mezi dvěma látkami tak, aby nedošlo k jejich kontaktu. Platí u něj zachování druhého termodynamického zákona, a to že se teplo z prostředí s vyšší teplotou předává do prostředí s nižší teplotou. Pro výměnu tepla mezi kapalinou a chladivem se používají nejčastěji deskové a trubkové výměníky. Pro sdílení tepla mezi vzduchem a chladivem se využívá trubkových lamelových výměníků doplněných o ventilátor. [1]

Ve výparníku, který se nachází na primární straně tepelného čerpadla, dochází k odpaření kapalného chladiva. Výparník odebírá teplo okolního prostředí. [11]

### A.2.1.2 Kompresor

Úkolem kompresoru je v tepelném čerpadle stlačování par chladiva, které vznikly ve výparníku. Pára je stlačena, tím se zvýší její teplota, a je vedena do kondenzátoru. Sací tlak se pohybuje v intervalu od 0,1 do 0,5 MPa a teplota páry je v rozmezí od -20 °C až do 10 °C. Na straně výtlačku je tlak 0,5 – 2,5 MPa a teplota dosahuje od 60 do 100 °C. Poměr výtlačného a sacího tlaku udává kompresní poměr. Pro výběr kompresoru je důležitý sací výkon, který reprezentuje objem nasávaných par vztažený k tlaku v sacím hrdle. Udává se v m<sup>3</sup>·hod přečerpaného plynu. [1]

Požadavky na kompresory tepelného čerpadla jsou následující:

- schopnost práce v celém požadovaném rozsahu tlaků a teplot,
- schopnost pracovat dlouhodobě a po celou dobu své životnosti mít minimální požadavky na obsluhu a údržbu,
- minimální spotřeba energie, vyjádřená zejména topným faktorem,
- nízké pořizovací náklady. [3]

Energii pro pohánění kompresoru zajišťuje motor. Nejméně ekonomicky vhodný je pohon naftovým motorem. Při pohonu plynovým motorem je již ekonomická návratnost lepší, pořád však nedostačuje elektromotoru. Ten je pro tepelná čerpadla nejvhodnější. Má vysokou životnost i spolehlivost a nízkou hlučnost. Nároky na jeho údržbu jsou minimální, je bezpečný a nemůže u něj docházet k úniku chladiva.

Kompresory se dělí na hermetické, polohermetické a otevřené. U hermetických kompresorů je ve společné nádobě na společné hřídeli elektromotor i kompresor. Jsou absolutně těsné a ven vede pouze sací a výtlačné potrubí. Nedochází tedy k úniku paliva. Polohermetické kompresory mají v hermeticky uzavřené skříni elektromotor i kompresor na jedné hřídeli. Mezi nimi tedy není potřeba žádné těsnění. K elektromotoru, ventilové desce a klikové skříni je však možné dostat se demontováním víka. Dnes již nejsou běžné. U otevřených kompresorů se jedná pouze o samostatný kompresor. Hřídel je utěsněna tak,

aby bylo zabráněno úniku chladiva a vychází ven ze skříně. Jejich uplatnění je dnes například v klimatizacích automobilů. [1]

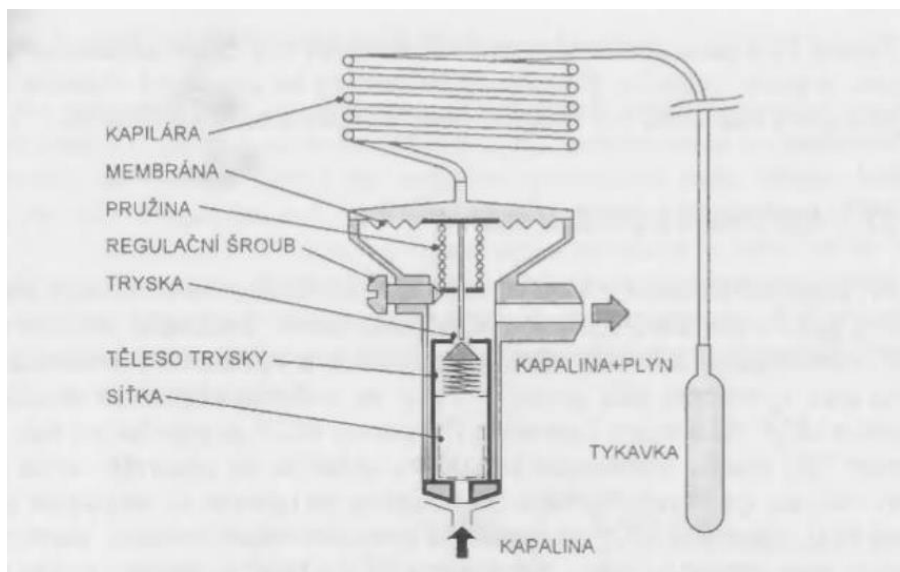
### A.2.1.3 Kondenzátor

Kondenzátor je výměník sloužící k výměně tepla mezi chladivem a topnou látkou. Chladivo se při kondenzaci mění z plynné fáze do kapalné. [12]

### A.2.1.4 Expanzní ventil

Termostatický expanzní ventil má za úkol vstříkovat do výparníku přesné množství chladiva tak, aby bylo dosaženo správného chodu tepelného čerpadla. Hlavní částí expanzního ventilu je tryska. Tlak plynů tlačí na membránu ventilu a vytváří sílu, stejně jako pružina regulačního šroubu. Tyto síly pak působí na trysku a ta je otevírána. Pro správnou funkci expanzního ventilu nesmí být v kapalném chladivu přítomny žádné bublinky. Výskyt bublin nebo pěny může indikovat nedostatek chladiva.

Na obrázku 4 je principiální schéma termostatického expanzního ventilu. Tykavka je naplněna látkou, která při zvyšování teploty zvyšuje svůj tlak. Kapilára tlačí na membránu. Nad membránou se tlak zvětšuje s rostoucí teplotou tykavky, pod membránou má vliv na tlak vypařovací teplota. Síla, která působí proti síle pružiny ventilu je definována rozdílem těchto tlaků. Ventil se otevírá, jakmile se zvětší přehřátí chladiva ve výparníku. [1]



Obrázek 4 Principiální schéma termostatického expanzního ventilu [1]

## A.3 Zdroje nízko potencionálního tepla

Pro zajištění správné funkce tepelného čerpadla je potřeba zdroj nízkopotencionálního tepla. V místě instalace tepelného čerpadla hledáme takový zdroj, který je dostupný, v dostatečném množství a má co nejvyšší možnou teplotu. [10]

### A.3.1 Vnější vzduch

Díky pravidelnému otáčení planety Země dochází k proudění vzduchu nad mořem i nad pevninou. Na proudění má vliv střídání teplot v průběhu dne a ročního období, ale i teplotní rozdíly mezi horami, mořem nebo údolími. [13]

Během zimy se pohybuje průměrná teplota vzduchu okolo 4 °C. V našich podmínkách může klesnout až k -20 °C. Pro tepelná čerpadla, která zajišťují vytápění i v zimních měsících je vzduch nejlepším tepelným zdrojem. [10]

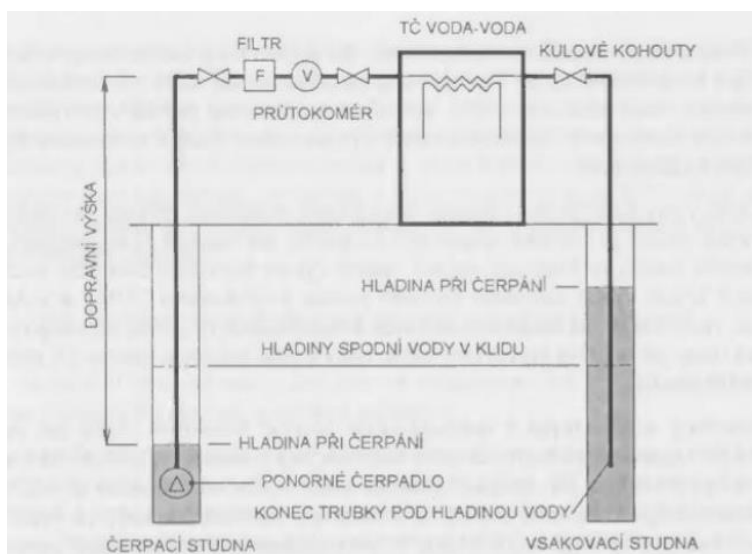
### A.3.2 Povrchové vody

Další možností je odebírat teplo z povrchových vod. Její teplota se pohybuje od 0 °C do 18 °C. Výměníky se umísťují buď přímo do vody nebo se zapouští do břehu. Ve výměníku musí z důvodu ochrany proti zamrznutí proudit nemrznoucí směs. [10]

U povrchových vod je problémem i klesající průtok v zimních měsících. Pokud se výparník nachází dál od místa toku a voda je k němu dováděna čerpadlem, je vhodné, aby se v letních měsících odčerpávala voda z hladiny a v zimě ode dna. Ač se vychlazená voda vrací zpět do toku ve stejném množství, je ve většině případů nutné odvádět poplatky za využití tohoto zdroje. [3]

### A.3.3 Podzemní vody

Teplota podzemní vody se pohybuje v průběhu roku mezi 8 až 12 °C. Tím se podzemní voda řadí mezi zdroj s nejvyšší možnou teplotou v průběhu celého roku. Vzhledem k odběru zhruba 0,5 l/s je potřebné mít k dispozici vydatný pramen. Proto se před instalací zdroje ověřuje síla pramenu dlouhodobou čerpací zkouškou. Ze studny je voda čerpána ponorným čerpadlem, odtud teče do výměníku a vychlazená se vrací do druhé studny, která je vzdálena 15 až 30 metrů. Nevýhodou tohoto systému jsou relativně vysoké náklady na provoz ponorného čerpadla. [10]



Obrázek 5 Stav hladin podzemní vody ve dvou studních v klidu a při provozu tepelného čerpadla [1]

### A.3.4 Země

Teplo ze země je možné odebírat dvěma způsoby popsány v následujících odstavcích.

Prvním je horizontální kolektor, který může být uložen buď v ploše nebo ve výkopu. Je-li uložen v ploše, tak se jeho plocha většinou rovná trojnásobku plochy, kterou má vytápět. Trubky jsou uloženy v hloubce větší jak jeden metr v osové vzdálenosti nejméně 0,6 metru. U horizontálních kolektorů se uvažuje, že teplota země se pohybuje v průběhu roku v rozmezí 2 až 10 °C. Lepších hodnot výkonu je dosaženo u půd, které mají spodní vodu. Naopak u suchých písčitých půd klesá výkon až na čtvrtinu. Do výkopu, o šířce jednoho metru a hloubce dvou metrů, se ukládá spirála, u níž se uvažuje, že pět až osm metrů délky výkopu vytvoří jednu kW topného výkonu. [10]

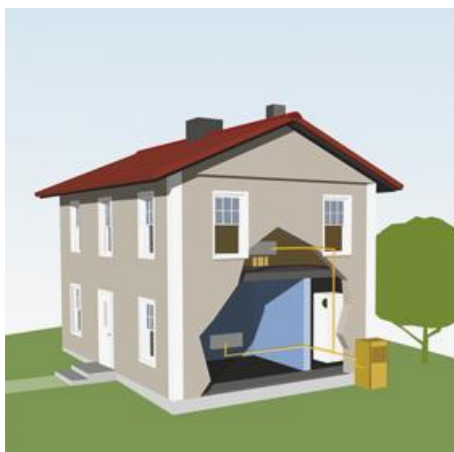
Druhou možností je provedení svislého vrtu. Do vrtu o hloubce 50 až 120 metrů a průměru 150 mm se uloží plastový výměník a zbylý prostor vrtu se vyplní plastickou směsí. Vzdálenost vrtů od sebe by měla být minimálně 5 metrů. U svislých vrtů se počítá s teplotou 10 až 12 °C s tím, že po 100 metrech se může teplota zvýšit až o 2 °C. Oproti předchozí variantě je tento způsob instalace méně náročný na prostor. Přívodní hadice vedoucí k tepelnému čerpadlu u objektu se vedou v nezámrazné hloubce. [1]

## A.4 Typy čerpadel

Při pojmenování typu tepelných čerpadel je zdroj tepla z okolního prostředí zastoupen na prvním místě. Druhé místo zastupuje látku, kterou se teplo přenáší do topného systému objektu.

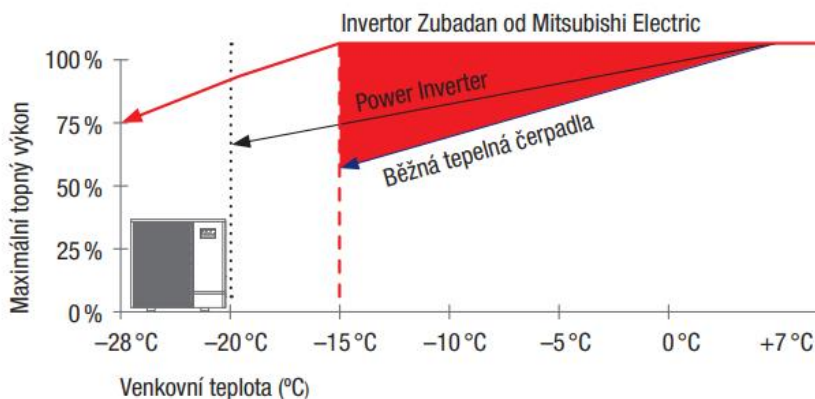
### A.4.1 Vzduch/voda

Výhodou tepelný čerpadel, která čerpají energii ze vzduchu z exteriéru, je jednoduchá a rychlá instalace, která nemá náročné požadavky na velikost pozemku. Tepelné čerpadlo je téměř nenáročné jak na provoz, tak na pravidelnou údržbu. Vzhledem k neustálému výskytu zdroje tepla je snadné i pro zimní provoz. Oproti čerpadlům země/voda má nižší pořizovací náklady.



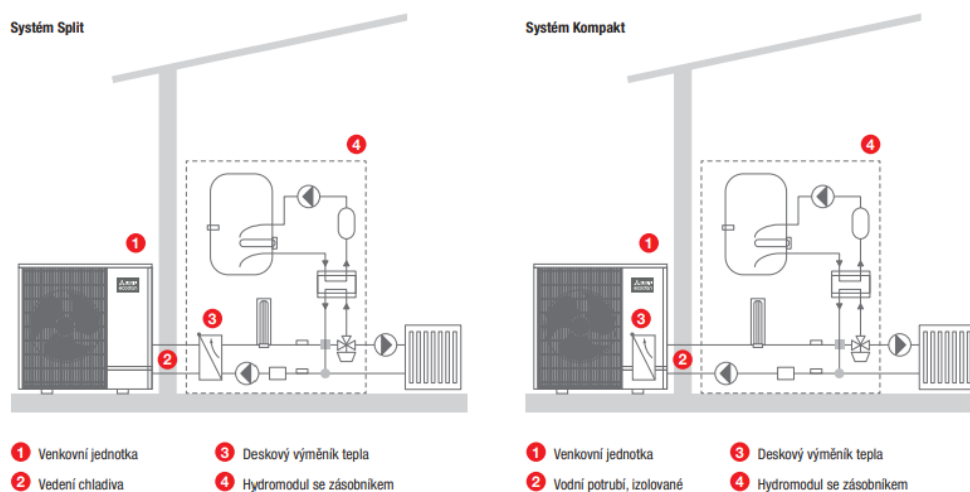
Obrázek 6 Tepelné čerpadlo vzduch/voda [15]

Vyšší náklady jsou však na spotřebu elektřiny, která je o třetinu vyšší, než u tepelných čerpadel země/voda. U tepelných čerpadel typu vzduch/voda je nutné dbát i na hluk, který čerpadlo vydává a zda nezasahuje na sousední pozemky. V rámci instalace je vhodné z důvodu přenosu vibrací neumísťovat jednotky na střechy nebo konzole vetknuté do obvodové stěny. Ač je možné tyto jednotky provozovat i v zimě, klesá s klesající teplotou i jejich výkon. Dnes se již ale dají najít na trhu čerpadla, jejichž výrobce garantuje stejný výkon až do teploty  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ , a tedy není nutné instalovat bivalentní zdroj. Tento výkon je však vykompenzován zmenšením topného faktoru. [14,15]



Obrázek 7 Zvýšený výkon systému Zubadan [14]

Tepelná čerpadla vzduch/voda se provádí ve dvou provedeních. První variantou je systém split, kdy se ve vnitřní jednotce nachází deskový výměník a do venkovní jednotky vede chladivový okruh. Systém je účinnější, protože vliv exteriérových podmínek na chladivo je zanedbatelný. Výhodou je i větší variabilita umístění venkovní jednotky, protože vzdálenost k vnitřní jednotce může dosahovat až desítky metrů. Druhou variantou je monoblok (na obrázku 8 nazván jako Kompakt), kdy venkovní jednotka obsahuje i deskový výměník. Částí exteriéru a obvodovou konstrukcí tedy proudí, v dobře izolovaném potrubí, otopná voda. [14]

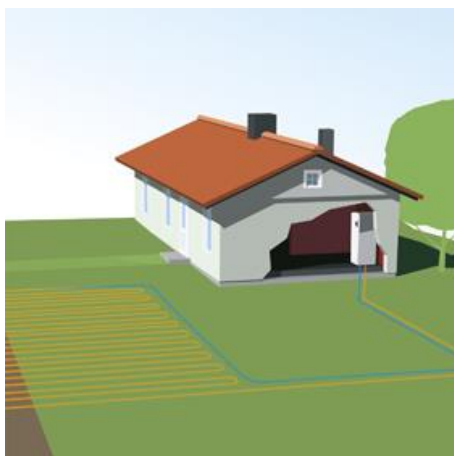


Obrázek 8 Znáznornění systému split vlevo a systému monoblok vpravo [14]

## A.4.2 Země/voda

### A.4.2.1 Plošný kolektor

Má-li investor dostatečně velký pozemek, je varianta plošného kolektoru nejlepší možnou variantou. Výhodou tohoto systému je nulová údržba plošného kolektoru a nehluký provoz. Zároveň je garantovaná dlouhá životnost jak tepelného čerpadla, tak samotného kolektoru. Energie se odnímá primárně z vrstvy nad kolektorem, kde se akumuluje ze slunečního svitu. Během letního období tak dochází k regeneraci půdy.



Obrázek 9 Tepelné čerpadlo země/voda, plošný kolektor [16]

Značnou nevýhodou je plocha, která je potřebná k dosažení požadovaného výkonu. Při realizaci musí být dopředu známe budoucí využití pozemku, aby nedošlo ke kolizi například s bazénem nebo garáží. Při instalaci je vhodné myslet na odvodušnění potrubí, proto se doporučuje uložit kolektor v mírném spádu směrem od kotelny. [16]

### A.4.2.2 Svislý kolektor

Teplo odnímané z hloubky 80 až 250 metrů zajišťuje stabilní výkon a vysoký topný faktor. Systém zároveň spotřebovává výrazně méně elektrické energie než čerpadla jiného typu. Stejně jako u plošného kolektoru je zajištěn bezhluký a bezúdržbový provoz, který bude fungovat mnoho let. V případě novostaveb je možné před započítím základových prací provést vrty a na ně pak umístit základovou desku. Vrt lze zároveň využít pro pasivní či aktivní chlazení domu.



Obrázek 10 Tepelné čerpadlo země/voda, svislý kolektor [17]

Nevýhodou jsou vyšší pořizovací náklady a nutnost stavebního povolení pro vrt. U měkkého podloží je provádění vrtů náročnější. [17]

### A.4.3 Voda/voda

#### A.4.3.1 Plošný kolektor

Je-li u objektu v těsné blízkosti vodní plocha, je vhodné uvažovat o tepelném čerpadle voda/voda. Systém je principem stejný jako tepelné čerpadlo země/voda. Při vybudování nové vodní plochy je výhodnější zabudovat hadice napuštěné nemrznoucí směsí přímo na dno a zatížit, aby nemohly vyplavat. [18]

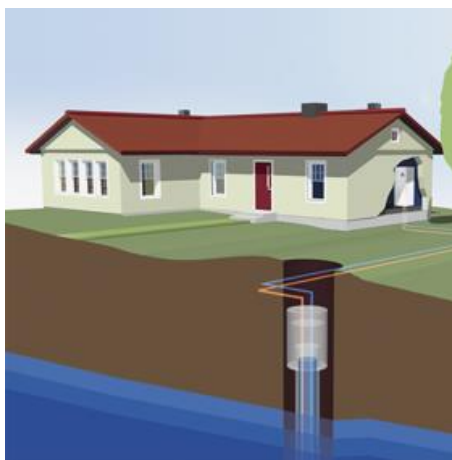


Obrázek 11 Tepelné čerpadlo voda/voda, plošný kolektor [18]

#### A.4.3.2 Svislý kolektor

U objektů, kde se nachází spodní nebo geotermální voda je vhodné přemýšlet o tepelných čerpadlech voda/voda, kdy se ponorným čerpadlem čerpá voda do výměníku a vychlazená se vrací zpět.

Výhodou je vysoký topný faktor a menší pořizovací náklady v porovnání se svislým kolektorem u čerpadel země/voda. Nároky na hloubku vrtu jsou většinou také menší. Zdrojem tepla nemusí být pouze přírodní voda, ale i odpadní voda z technologických procesů.



Obrázek 12 Tepelné čerpadlo voda/voda, svislý kolektor [19]

Nevýhodou jsou větší náklady na servis a údržbu, hlavně na výměnu filtrů a čištění výměníků. Nutnější je i častější údržba, proto je vhodné instalovat tento systém u objektů, kde je pravidelně přítomna obsluha. [19]

#### A.4.4 Vzduch/vzduch

Tepelné čerpadlo odčerpává teplo z energie okolního prostředí a ohřívá nebo chladí vzduch přímo uvnitř budovy. Vynecháním mezičlánku v podobě topného systému dosahuje lepšího topného faktoru než zbylá tepelná čerpadla.

I když je topný faktor nejlepší, je pořizovací cena tohoto druhu čerpadla nejvyšší. Jednotka se snadno a rychle instaluje a může mít i další funkce jako čištění či ionizaci vzduchu. Zároveň se jedná o vhodné zařízení k temperování objektů určených pro rodinnou rekreaci.



Obrázek 13 Tepelné čerpadlo vzduch/vzduch [20]

System však není vhodný pro objekty, kde je potřeba chladit nebo vytápět více malých pokojů. Počet vnitřních jednotek, které mohou být připojeny k venkovní

jednotce je limitován. Tento systém se také nehodí pro prostory, kde si investor přeje tepelným čerpadlem i ohřívat teplou vodu. [20]

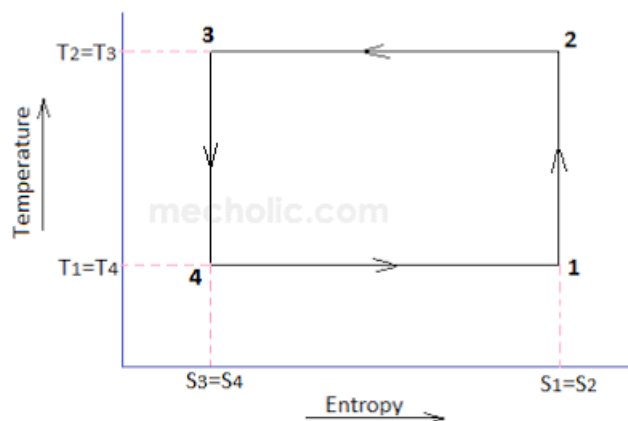
## A.5 Topný faktor

### A.5.1 Obrácený Carnotův cyklus

Jak bylo popsáno v kapitole A.1.1. Světová historie, princip tepelných čerpadel vychází z obráceného Carnotova cyklu. Obrácený Carnotův cyklus popisuje ideální pracovní cyklus tepelného čerpadla. Není možné jej provést v reálném zařízení, proto bude mít vždy vyšší účinnost, než by tomu bylo v realitě. Slouží pro srovnání účinnosti reálných chladících cyklů. [3]

Cyklus se skládá ze čtyř fází a průběh je levotočivý. Práce se cyklu dodává. Nejprve dochází k izotermickému vypařování, následuje adiabatická komprese, poté izotermická kondenzace a cyklus končí adiabatickou expanzí. [21]

Graficky je cyklus znázorněn na obrázku 14. Na vodorovné ose je znázorněna entropie [ $\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ ] a na svislé ose teplota [K]. Energie, která je získána z okolního prostředí se nachází pod úsečkou 4-1. Práce  $P$ , kterou musíme cyklu dodat je rovna obsahu obdélníku 4-1-2-3. Z takto sestrojeného grafu jsme schopni spočítat topný faktor.



Obrázek 14 Obrácený Carnotův cyklus v souřadnicích T-s [22]

### A.5.2 Topný faktor

Topný faktor COP udává poměr mezi množstvím energie vyložené a množstvím energie vložené. Jedná se o poměr topného výkonu ku elektrickému příkonu za ustálených podmínek. Nabývá hodnot větších než jedna a čím vyšší hodnotu má, tím je tepelné čerpadlo efektivnější. [10]

$$COP = \frac{Q}{P}$$

COP – topný faktor [-]

Q – tepelný výkon tepelného čerpadla [kW]

$P$  – elektrický příkon kompresoru a elektrický příkon potřebný pro překonání tlakové ztráty výparníku a kondenzátoru, odtávání výparníku a vlastní regulaci tepelného čerpadla [kW]

Topný faktor je měřen v laboratoři, kde se simulují různé provozní podmínky tak, aby pokryly všechny možné reálné podmínky. Čerpadla, která mají jako nízkopotenciální zdroj vzduch, se zkouší při pěti různých teplotách exteriérového vzduchu. Topný faktor se pak udává pro situaci A7/W35, tedy teplota vzduchu na vstupu se rovná 7 °C a teplota otopné vody z kondenzátoru má hodnotu 35 °C. U čerpadel, které odnímají teplo z vody se zkouší pouze hodnota 10 °C a 15 °C a výsledný topný faktor je udán při situaci W10/W35. [23]

#### **A.5.2.1 Sezónní topný faktor**

Sezónní topný faktor se udává kvůli tomu, že topný faktor stanovený laboratorním měřením, neposkytne vypovídající údaj o účinnosti tepelného čerpadla v průběhu celého roku. Do výpočtu sezónního topného faktoru vstupuje celoroční bilance produkce tepla tepelného čerpadla a krytí potřeby tepla dle návrhové tepelné ztráty v otopném období. Zahrnuje se i ztráta vlivem cyklování tepelného čerpadla, potřeba bivalentního zdroje na elektrickou energii a další parametry uvedené v normě ČSN EN 14825-3. Pro provedení výpočtu je nutné mít hodnoty topného faktoru naměřené v laboratoři. V našich klimatických podmínkách se ve výpočtu uvažuje s průměrným klimatickým pásmem, které je zastoupeno Štrasburkem s návrhovou venkovní teplotou -10 °C a s otopnou sezónou, která trvá 4910 hodin. Dle sezónního topného faktoru se následně zařazují čerpadla do třídy energetické účinnosti. [23]

### **A.6 Chladiva**

Chladivo neustále cirkuluje v okruhu tepelného čerpadla. Při nízké teplotě bere energii ve výparníku a předá ji kondenzátoru při vysoké teplotě. Ve výparníku se stává chladivo plynným a zkapalní zpátky v kondenzátoru. Dříve se užívala chladiva na bázi plně halogenovaných uhlovodíků (CFC), které nahradily částečně halogenované uhlovodíky (HCFC). Předchozí dvě skupiny chladiv byly zakázány. Nyní se používají fluorované uhlovodíky a jejich směsi (HFC). Díky absenci chloru nedochází k narušení ozónové vrstvy. Mezi nejčastěji využívaná paliva v dnešní době se řadí R410A, R407C, R134A a R32. Paliva jsou seřazena dle hodnoty GWP od nejvyšší po nejnižší. [24]

Koeficient ODP – Ozone depletion potential, udává vliv chladiva na poškození ozónové vrstvy Země. Hodnotu ODP rovnou jedné má freon R11, který se využívá pro porovnání ostatních paliv. Čím vyšší je poměrné číslo posuzovaného chladiva, tím větší vliv má na ničení ozónové vrstvy.

Druhým koeficientem je GWP – Global warming potential. Popisuje, jak látky ovlivňují skleníkový efekt, kvůli kterému dochází ke globálnímu oteplování. GWP

rovno jedné se přiřadilo chladivu CO<sub>2</sub>. Stejně jako u předchozího parametru znamená vyšší hodnota větší negativní vliv. [1]

Od 1.1.2017 je nutné provádět pravidelné kontroly těsnosti. Četnost kontrol se posuzuje dle ekvivalentní hmotnosti CO<sub>2-eq</sub> v kilogramech. Ta se vypočítá vynásobením hmotnosti chladiva hodnotou GWP. Dalším faktorem je přítomnost nebo nepřítomnost systému pro automatickou detekci úniku chladiva. Z každé kontroly je potřeba mít záznam. [25]

## A.7 Akumulace

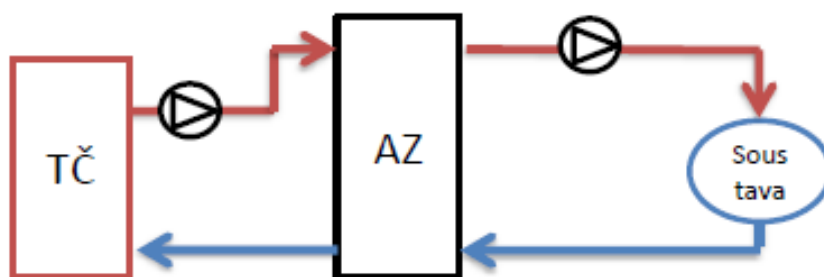
Akumulaci tepla využíváme pro srovnání produkce tepla a potřeby tepla. U tepelných čerpadel využíváme akumulace z následujících důvodů:

- zdroj má příliš velký výkon po většinu topného období,
- snížení počtu startů kompresoru a zajištění jeho delší životnosti,
- pokrytí potřeby tepla v době vysokého tarifu,
- ochrany proti zamrznutí venkovní jednotky,
- oddělení primárního a sekundárního okruhu.

Pro tepelná čerpadla se uvažuje velikost akumulací nádrže, která odpovídá 15 až 30 litrům vody na 1 kW výkonu. [26]

### A.7.1 Paralelní zapojení

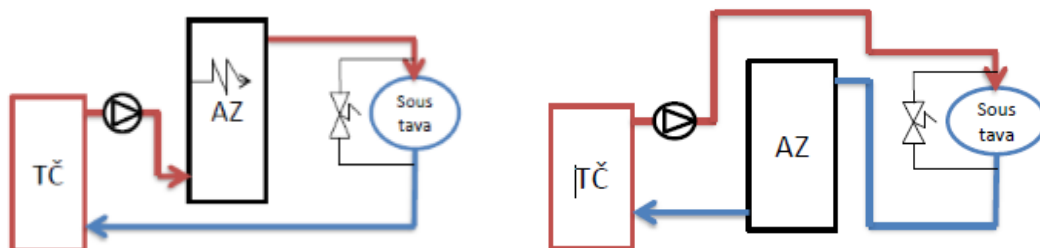
Paralelní zapojení akumulací nádrže zajišťuje minimální průtok pro tepelné čerpadlo. V okruhu na straně tepelného čerpadla je průtok vyšší než v okruhu, kde je teplo odebíráno. Akumulací nádrž plní funkci hydraulického vyrovnávače dynamických tlaků. Nevýhodou je potřeba jednoho oběhového čerpadla navíc mezi tepelným čerpadlem a akumulací zásobníkem. Rostou tak náklady na počáteční investici i na provoz. Kvůli požadavku na vyšší teplotu otopné vody klesá topný faktor čerpadla. [27]



Obrázek 15 Schéma paralelního zapojení akumulací nádrže [27]

## A.7.2 Sériové zapojení

Při sériovém zapojení akumulční nádrže dochází ke zvýšení objemu v celé soustavě. Odpadá potřeba jednoho oběhového čerpadla a otopná voda se může dohřívat elektrickou patronou. Při zapojení nádrže na vratnou větev se zmenší ztráty akumulční nádrže. Systém je vhodný jen pro jeden spotřebitelský okruh a je nutné zajistit minimální průtok u soustav, které nemají konstantní průtok. Při zapojení akumulční nádrže na vratnou větev není možné dohřívat otopnou vodu, která je ohřívána tepelným čerpadlem. [27]



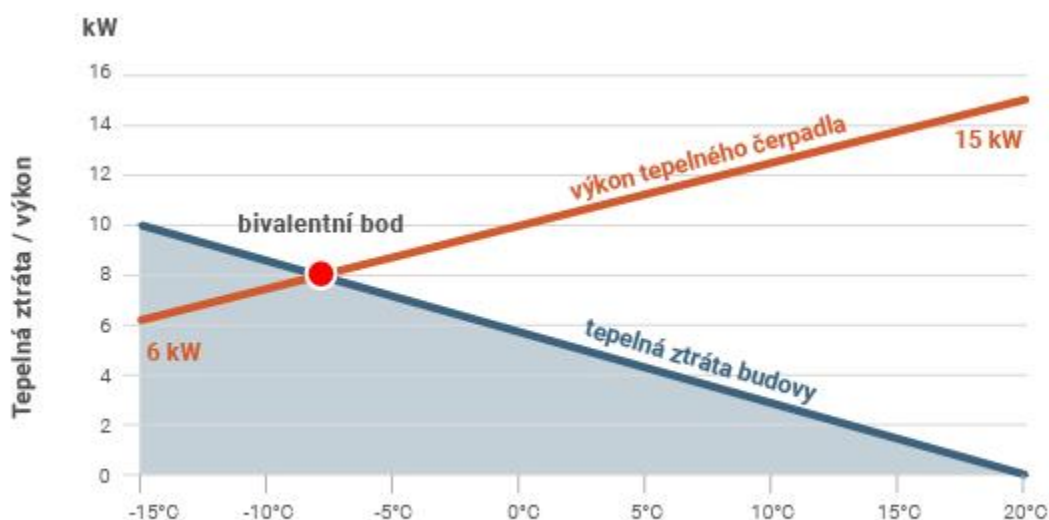
Obrázek 16 Schéma sériového zapojení akumulčního zásobníku, vlevo na přívodní větví, vpravo na vratné větví [27]

## A.8 Provozní režimy tepelného čerpadla

### A.8.1 Bod bivalence

Bivalence je kombinace tepelného čerpadla s jiným konvekčním tepelným zdrojem. K bivalentnímu provozu se přistupuje, pokud není možné vyprodukovaným množstvím tepla pokrýt celou potřebu nebo by dosažení požadované teploty otopné vody bylo příliš neekonomické či nereálné. [Dvořák]

Bod bivalence odpovídá teplotě venkovního vzduchu, kdy se výkon tepelného čerpadla a ztráta objektu rovnají. Při ideálním návrhu se pohybuje od  $-5\text{ °C}$  do  $0\text{ °C}$ . Pokud je bod bivalence v kladných teplotách je nutné navrhnout výkonnější tepelné čerpadlo. [28]



Obrázek 17 Určení bivalentního bodu [29]

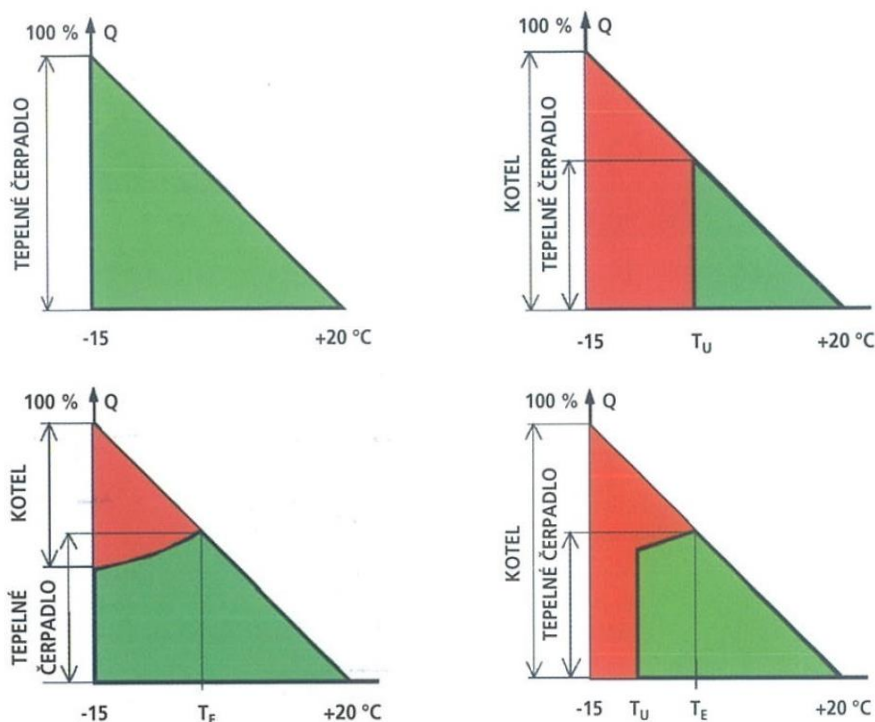
## A.8.2 Provozní režimy

Monovalentní provoz je zajištěn tehdy, kdy pro pokrytí tepelné ztráty celého objektu stačí jen tepelné čerpadlo. Graficky je znázorněn na obrázku 18 vlevo nahoře.

Při alternativně – bivalentním provozu je tepelné čerpadlo v provozu pouze část topné sezóny. Při dosažení bodu bivalence se tepelné čerpadlo vypne a zajištění potřebného výkonu je na jiném tepelném zdroji. Graficky je provozní režim ukázán vpravo nahoře na obrázku 18.

Paralelně – bivalentní provoz nechává tepelné čerpadlo v provozu po celou topnou sezónu, avšak při dosažení bodu bivalence se připojuje druhý tepelný zdroj, který pokrývá ztrátu objektu, kterou již tepelné čerpadlo nezvládne samo pokrýt. Tento režim je znázorněn na obrázku 18 vlevo dole.

Částečně paralelně bivalentní provoz je kombinací předchozích dvou popsaných provozů a je znázorněn na obrázku 18 vpravo dole. Při vyšších teplotách v topné sezóně pracuje tepelné čerpadlo samo, při poklesu teploty se přepne na bivalentní provoz s druhým tepelným zdrojem a při největších mrazech zajistí dodávku tepla už pouze druhý zdroj tepla. [10]



Obrázek 18 Provozní režimy tepelného čerpadla [10]

## A.9 Ekonomie

Návratnost tepelného čerpadla vychází nejlépe u novostaveb. Samotná cena tepelného čerpadla je sice vysoká, ale v porovnání s výdaji na zavedení například plynu, stavbu komína a dalšího zařízení kotelny nevyhází příliš rozdílně. Návratnost investice tak může být i několik měsíců. U výměny zdroje tepla je

vhodné si dobu návratnosti spočítat. Většinou se návratnost pohybuje od pěti do osmi let. [30]

Mezi náklady na tepelné čerpadlo by se měly zahrnout následující položky:

- pořizovací cena samotného tepelného čerpadla a celé technologie,
- náklady na odebranou elektřinu,
- náklady na opravy, údržbu a revize,
- náklady na obsluhu a servis v případě poruchy,
- náklady na úroky, za předpokladu financování pořízení tepelného čerpadla úvěrem. [31]

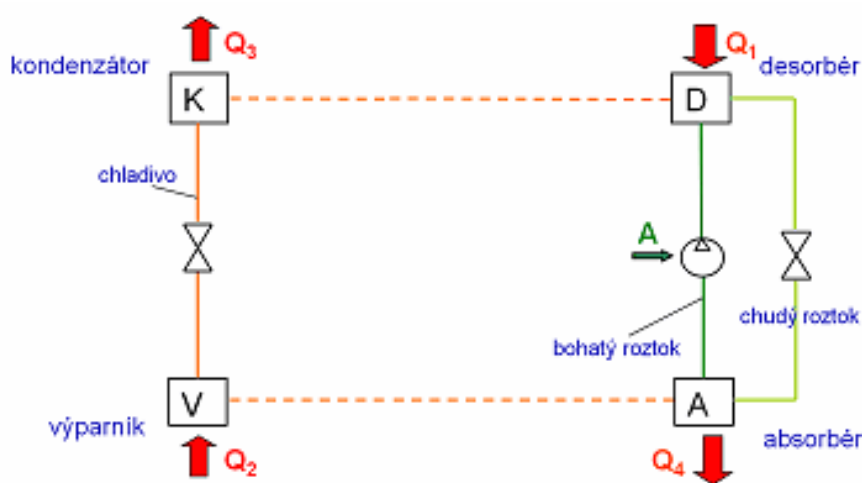
Pro tepelná čerpadla v domácnostech je určena tarifní sazba D57d. V rámci tohoto tarifu se čerpá 20 hodin denně elektřina v levnějším tarifu a zbylé čtyři hodiny ve vysokém. Spotřebiče, jejichž odběr elektrické energie je vysoký, se spínají automaticky v době, kdy je nízký tarif. Pro úsporu je nutné sledovat pravidelně na stránkách distributora dobu, kdy je zapnutý vysoký tarif. Jeho čtyři hodiny mohou být volně rozloženy do celého dne. [32,33]

V rámci dotace Nová zelená úsporám je možné čerpat podporu v oblasti C na výměnu zdroje tepla. O podporu je možné žádat, pokud se tepelné čerpadlo bude instalovat místo kotle na pevná paliva nižší než 3. třídy, kotlů na topné oleje, lokálních topidel nebo elektrického vytápění. Pokud se žádá o tepelné čerpadlo pouze pro teplovodní systém vytápění je výše dotace 80 000 Kč. Při používání čerpadla i pro přípravu teplé vody se dotace zvedá o 20 000 Kč a při zapojení fotovoltaického systému je celková výše dotace 140 000 Kč. U čerpadel typu vzduch/vzduch je výše dotace nejmenší a to 60 000 Kč. Všechna tepelná čerpadla musí mít třídu energetické účinnosti A++.

V rámci novostaveb lze dotaci čerpat pouze za kladení důrazu na použití obnovitelných zdrojů energie, kdy primární energie z neobnovitelných zdrojů nedosáhne 0,6ti násobek ukazatele energetické náročnosti pro referenční budovu  $E_R$ . [34]

## A.10 Absorpční čerpadla

Jak bylo uvedeno v kapitole A.2, hnací energií čerpadel nemusí být pouze elektřiny. V absorpčních čerpadlech koluje chladivo a absorpční látka. Ve výparníku se odpaří chladivo, které je absorbováno v absorbéru do kapalné absorpční látky. Během toho se uvolní absorpční teplo. Za pomoci čerpadla se kapalina dopraví do části oběhu, ve kterém je vyšší pracovní tlak. Zvýší se teplota směsi a v desorbéru, neboli generátoru, se vypudí páry chladiva z absorpční kapaliny. Odtud páry míří do kondenzátoru, kde při kontaktu s chladnějším povrchem zkondenzují. Kapalné chladivo se pak přes expanzní ventil vrací do výparníku. Z důvodu snížení tlaku začne chladivo vřít a odebere teplo ochlazované látky. Cyklus končí opět v absorbéru. Absorpční kapalina se vrací z oblasti vysokého tlaku přes škrťací ventil do oblasti nízkého tlaku.



Obrázek 19 Schéma absorpčního cyklu [35]

Schematicky je cyklus zobrazen na obrázku 19.

Desorbéru dodává energii integrovaný hořák nebo ohřívána teplosměnná plocha. V případě integrovaného hořáku se mluví o přímo vytápěných absorpčních obězích, v druhé případě se jedná o nepřímo vytápěné absorpční oběhy. [35]

### A.10.1 Srovnání s kompresorovými čerpadly

V porovnání s kompresorovými tepelnými čerpadly nelze jednoznačně určit výhodnější systém, vždy je třeba zvážit konkrétní podmínky. Absorpční tepelná čerpadla dosahují sice větších rozměrů, ale mají až pětkrát menší spotřebu elektrické energie, a hlavně menší hlučnost. Pořizovací cena těchto jednotek je vyšší, ta se ale pozitivně projeví jak na ceně servisu, tak i na životnosti. [35]

### A.10.2 Plynová tepelná čerpadla

Plynová tepelná čerpadla se uplatňují hlavně v průmyslových odvětvích a označují se zkratkou GHP. Svou roli hrají ve velkoskladech, výrobních prostorách a u skladování zboží, které je náchylné na změnu teploty. Za pomoci

tepelného čerpadla je možné vytápět i chladit. Nezřídka se vyskytují plynová tepelná čerpadla ve školách či nemocnicích. [36]

Plynová tepelná čerpadla jsou výhodná díky vysoké účinnosti z důvodu využití odpadního tepla motoru a spalin. Pro pohon čerpadla může být využito jak zemního plynu, tak i LPG, které mají menší emisní faktor než elektřina. [37]



Obrázek 20 Instalace plynového tepelného čerpadla [38]

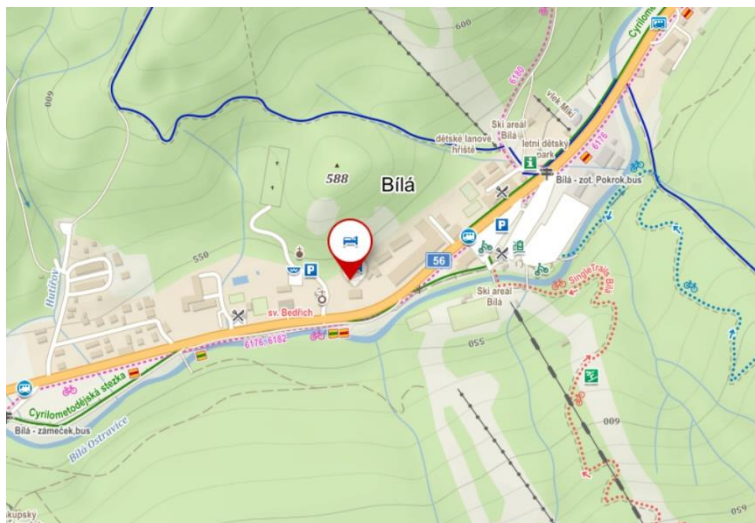
## **B. VÝPOČTOVÁ ČÁST**

## B. VÝPOČTOVÁ ČÁST

### B.1 ÚDAJE O BUDOVĚ

#### B.1.1 Základní informace

Jedná se o dvoupodlažní objekt s obytným podkrovím nacházející se na parcele č.st. 771 v katastrálním území obce Bílá v okrese Frýdek-Místek. Objekt slouží jako instruktorský dům, který budou využívat instruktoři blízkého lyžařského areálu. Budova je navržena v zastavěné části obce a nachází se na téměř rovinatém pozemku.



Obrázek 21 Umístění objektu [39]

Půdorys objektu má pravidelný obdélníkový tvar s obdélníkovou přístavbou. Je zastřešen sedlovou střechou, v části nad schodištěm je střecha plochá. V 1.NP jsou společenské prostory, lyžárna a technická místnost. Ve 2.NP je sedm pokojů s hygienickým zařízením na pokoji a společnou kuchyňkou na patře. V obytném podkroví se nachází pět apartmánů a sklad prádla.

Objekt je vytápěn podlahovým vytápěním. V kapitolách B.4, B.5 a B.6 jsou popsány způsoby přípravy otopné a teplé vody. Objekt je větrán přirozeně, pouze v koupelnách se nachází podtlakové větrání. Osvětlení bude zajištěno denním světlem v kombinaci s umělým osvětlením.

Rozměrová charakteristika budovy:

Zastavěná plocha:	$A_{\text{zastav}} = 198,00 \text{ m}^2$
Čistá podlahová plocha:	$A_{\text{č,pdl}} = 490,34 \text{ m}^2$
Celková energeticky vztažná plocha budovy:	$A_c = 594,00 \text{ m}^2$
Celková plocha obálky budovy:	$A = 1029,2 \text{ m}^3$
Obestavěný prostor:	$V = 1826,5 \text{ m}^3$
Objemový faktor tvaru budovy:	$A/V = 0,56 \text{ m}^2/\text{m}^3$

## B.1.2 Konstrukční systém

Celý objekt je navržen z uceleného systému PURLIVE. Jedná se o stavební systém, který je možné zařadit mezi SIP panely, které pro základní konstrukční prvky využívají samonosných sendvičových panelů. Izolantem je v těchto panelech speciálně aplikovaná tvrdá, litá PUR pěna. Jsou použity panely W190. V 1.NP jsou stěny zatepleny fasádní izolací EPS 70F o tloušťce 100 mm. Ve 2.NP a v podkroví je izolace z minerální vlny o stejné tloušťce. Celková tloušťka obvodových konstrukcí je 345 mm. Vnitřní nosné stěny jsou z KVH profilů vyplněných minerální akustickou izolací ISOVER AKU, opláštěných dvěma sádrovláknitými deskami z každé strany. Celková tloušťka konstrukce je 150 mm. Nenosné vnitřní příčky mají tloušťku 100 mm, jsou dřevěné a opláštěné sádrokartonem. [40]

Vodorovné konstrukce nad 1.NP a 2.NP jsou tvořeny konstrukcí dřevěných nosných trámů, které jsou zaklopeny OSB deskami. Jedná se opět o systémové řešení firmy PURLIVE. Trámy jsou v osové vzdálenosti 625 mm. Na OSB deskách je uložena skladba podlahy. Ze spodní strany jsou trámy zakryty systémovým podhledem.

Střechu kvůli svému tvaru nebylo možné navrhnout ze systému PURLIVE. Budova je zastřešena sedlovou střechou ve sklonu 40°. Na jižní straně budovy je průběžně přes celou střechu vikýř. Sklon jeho střechy je 5°. Konstrukce je navržena jako klasický krov. Šikmá střecha je zateplena 100 mm minerální vlny pod krokvemi a minerální vlnou o tloušťce 180 mm mezi krokvemi. Část budovy, ve které je schodiště je zastřešena plochou střechou. Konstrukce je navržena jako trámový strop, zateplený polystyrenem EPS 100S o tloušťce 130 mm. Sklon této střechy je 2° směrem k severní fasádě objektu. Spád je tvořen klíny z polystyrenu EPS 100S, tloušťka se pohybuje od 20 do 170 mm.

## B.1.2.1 Systém PURLIVE

### B.1.2.1.1 Obvodové stěny

Obvodové stěny jsou tvořeny panelem W190, který je na obrázku 22. Nosnou funkci tvoří KVH hranoly o průřezu 80/140 mm v osové vzdálenosti 625 mm. Prostor mezi hranoly je vyplněn tepelnou izolací z PUR pěny o tloušťce 25 mm. Na stranu interiéru je instalována parozábrana. Z obou stran jsou tyto vrstvy opláštěny deskou Velox WS tloušťky 25 mm.

### B.1.2.1.2 Stropní konstrukce



Obrázek 22 Skladba obvodové stěny PURLIVE W190 [41]

Na obrázku 23 je znázorněna možná skladba stropní konstrukce, kterou výrobce uvádí na svých stránkách. V projektu jsou KVH nosníky, jejichž výška je 280 mm. Konkrétní skladba podlahy v řešeném projektu je popsána v kapitole B.2.2.1.2.



Obrázek 23 Skladba stropní konstrukce [41]

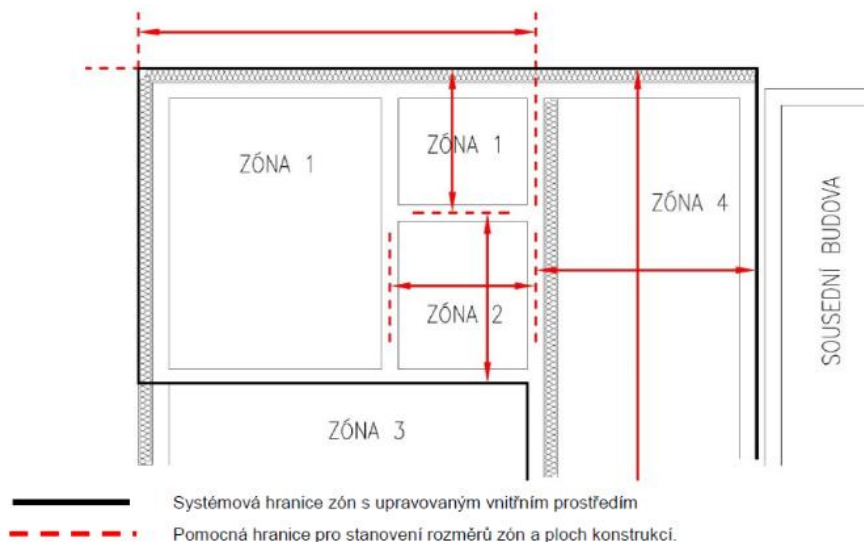
## B.1.3 Zónování budovy

### B.1.3.1 Postup dělení objektu do zón

Objekt je rozdělen do zón podle normy ČSN 73 0331-1, přílohy D. Zónováním budovy se sdružují jednotlivé prostory budovy do zjednodušeného geometrického modelu. Každá zóna je charakterizována geometrickou

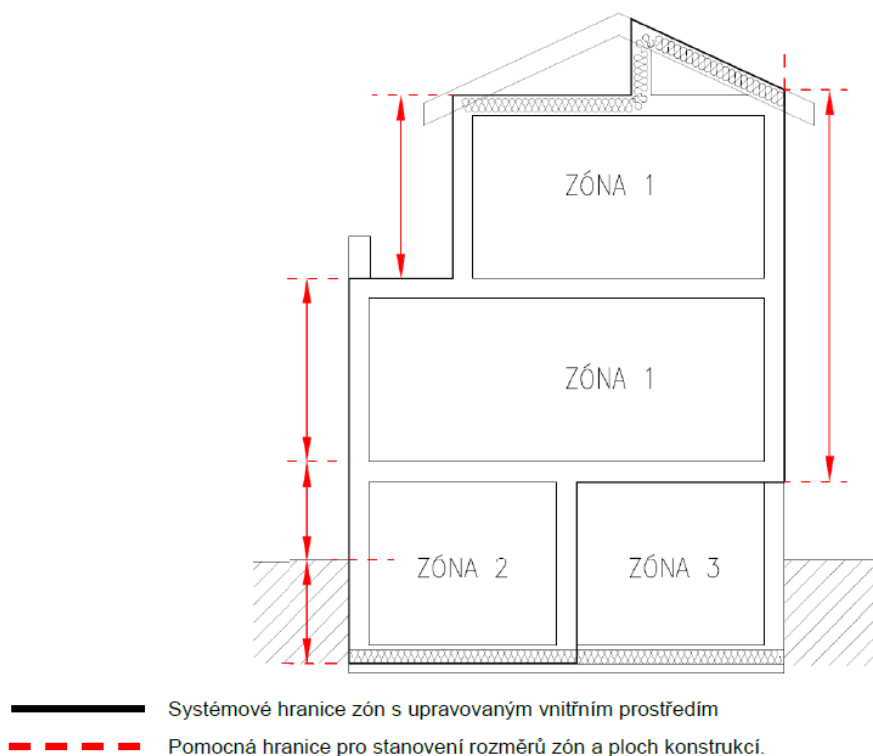
charakteristikou, vlastnostmi obálky budovy, skladbou technických systémů a druhem užití energie a popisem provozu zóny a jejího užívání.

Systémovou hranici zóny tvoří hranice zón, které souvisle ohraničují objem budovy a jsou vystaveny přilehlému prostředí – venkovní vzduch, přilehlá zemina, sousední zóna atd.



Obrázek 24 Zónování budovy dle normy ČSN 73 0331-1, půdorys [42]

Geometrické rozdělení zóny v horizontálním směru je patrné z obrázku 24. Dělení zón ve vertikálním směru se řídí obrázkem 25.

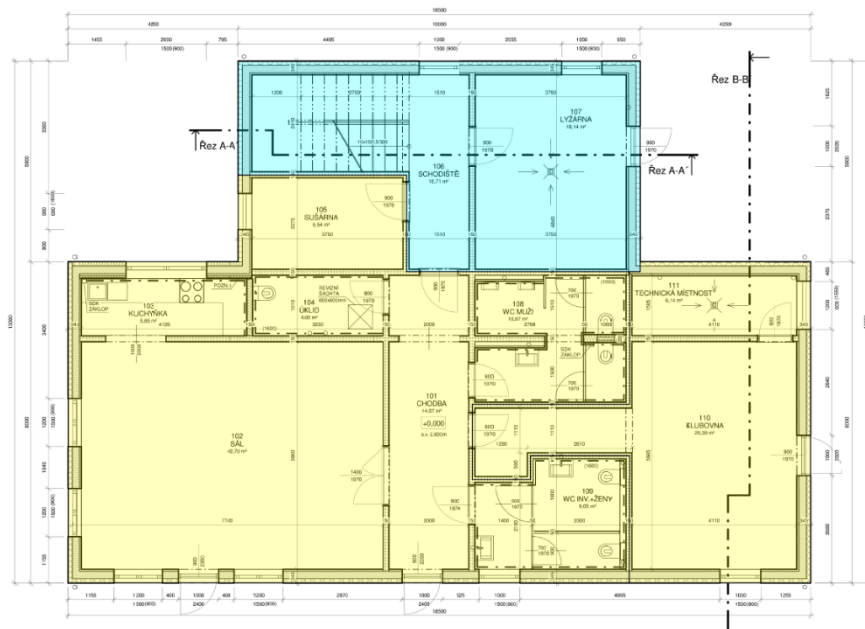


Obrázek 25 Zónování budovy dle normy ČSN 73 0331-1, řez [42]

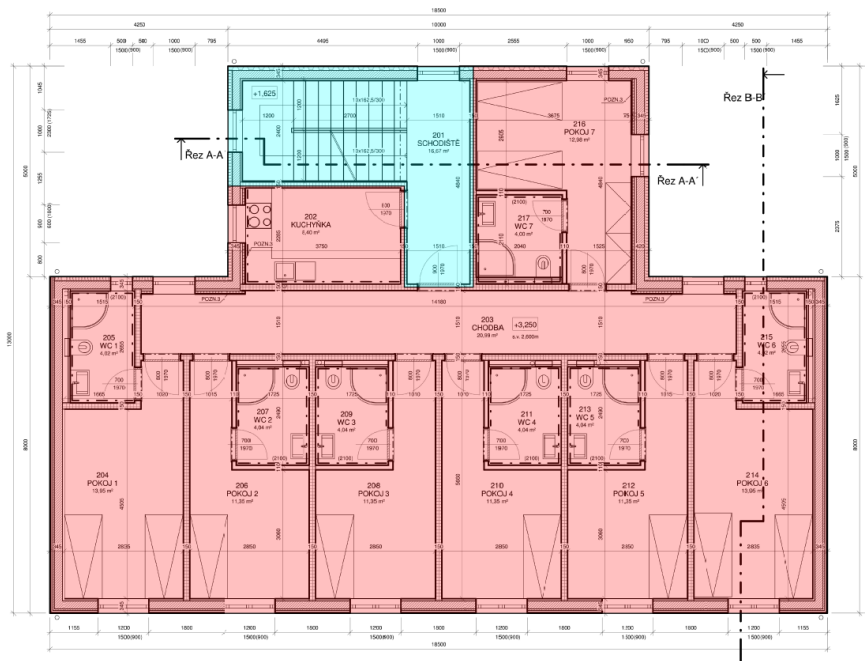
Zóna 1 je uvažována s upravovaným vnitřním prostředím, stejně jako zóna 2. Zóna 3 znázorňuje nevytápěný prostor a zónu 4 tvoří upravované vnitřní prostředí, které sousedí s vedlejší budovou.

### B.1.3.2 Rozdělení objektu do zón

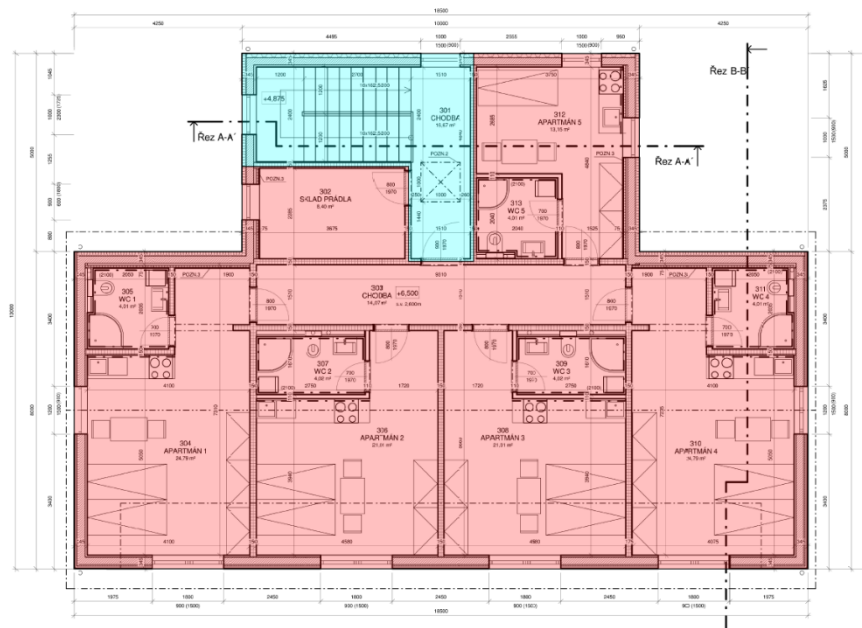
Řešený objekt je rozdělen do tří zón. Ty jsou znázorněny v půdorysu na obrázcích 26, 27, 28, v řezu pak na obrázku 29. Zóna 1 je znázorněna červenou barvou, zóna 2 žlutou barvou a zóna 3 světle modrou barvou.



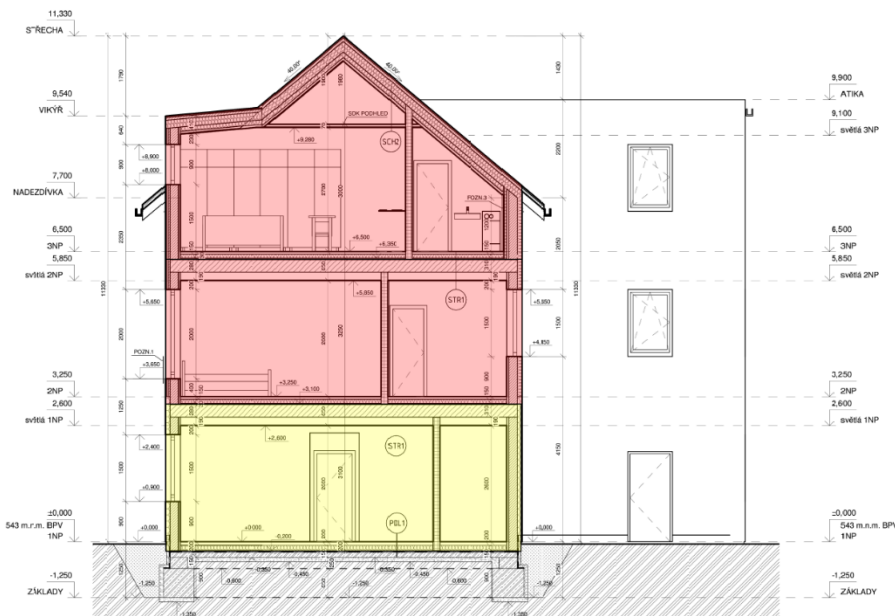
Obrázek 26 Zónování 1.NP [vlastní zpracování]



Obrázek 27 Zónování 2.NP [vlastní zpracování]



Obrázek 28 Zónování podkroví [vlastní zpracování]



Obrázek 29 Zónování, řez [vlastní zpracování]

### B.1.3.2.1 Zóna 1 – Pokoje a apartmány

V červené zóně 1 se nachází pokoje a apartmány. Uživatelský profil zóny je definován jako Ubytovací zařízení – ubytovací prostory, pokoje. Převažující návrhová teplota v zóně je 20 °C. Uvažuje se, že je zóna využívána celý den a po celý rok. Zóna má střední tepelnou kapacitu a je vytápěna podlahovým vytápěním.

Geometrická charakteristika zóny:

Podlahová plocha zóny z vnějších rozměrů:

$$A_{f,ext} = 355,18 \text{ m}^2$$

Obestavěný prostor zóny z vnějších rozměrů:

$$V_{ext} = 1114,77 \text{ m}^3$$

### B.1.3.2.2 Zóna 2 – Společenské prostory

Žlutá zóna 2 zahrnuje společenské prostory, konkrétně sál, klubovnu a k nim přilehlá hygienická zařízení. Součástí této zóny je i technická místnost. Uživatelský profil zóny je zadán jako Ubytovací zařízení – restaurace, stravovací prostory. Převažující návrhová vnitřní teplota je 20 °C a zóna je v provozu po celý rok od 6:00 do 24:00. Zóna má střední tepelnou kapacitu a je vytápěna podlahovým vytápěním.

Geometrická charakteristika zóny:

Podlahová plocha zóny z vnějších rozměrů:  $A_{f,ext} = 155,54 \text{ m}^2$

Obestavěný prostor zóny z vnějších rozměrů:  $V_{ext} = 489,17 \text{ m}^3$

### B.1.3.2.3 Zóna 3 – Schodiště

Modrá zóna 3 vede přes schodiště po celé výšce budovy. Má definovaný uživatelský profil jako Ubytovací zařízení – chodby, komunikace. Převažující návrhová vnitřní teplota je 20 °C. Zóna je v provozu po celý rok 24 hodin denně. Geometrická charakteristika zóny:

Podlahová plocha zóny z vnějších rozměrů:  $A_{f,ext} = 83,28 \text{ m}^2$

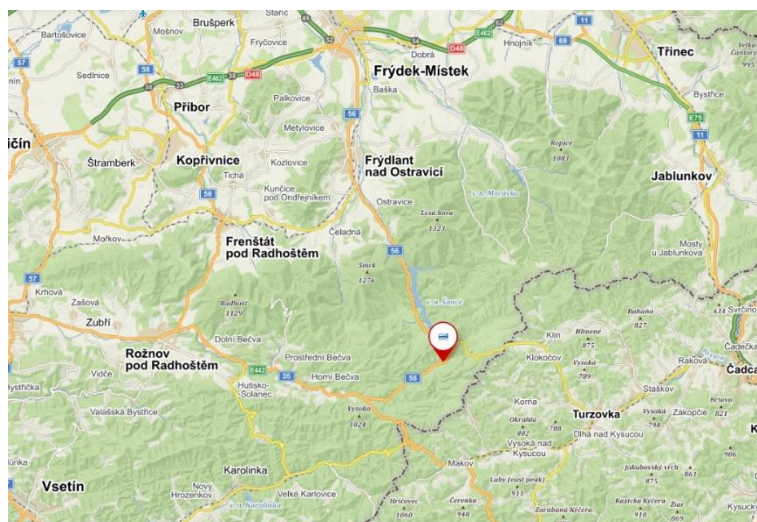
Obestavěný prostor zóny z vnějších rozměrů:  $V_{ext} = 22,58 \text{ m}^3$

## B.2 TEPELNÁ ZTRÁTA BUDOVY

### B.2.1 Základní informace o budově

#### B.2.1.1 Exteriérové okrajové podmínky

Řešený objekt se nachází v obci Bílá v okrese Frýdek-Místek. [43]



Obrázek 30 Obec Bílá [39]

Parcelní číslo:

st. 771

Obec:

Bílá [598020]

Katastrální území:

Bílá [603911]

Klimatická oblast:	3
Nadmořská výška budovy:	544 m n.m.
Návrhová teplota venkovního vzduchu:	-17 °C
Převažující vnitřní návrhová teplota:	20 °C

Objekt se nachází v centru obce, kde je souvislá zástavba, je tedy mírně stíněn.

Interiérové okrajové podmínky

V interiéru jsou uvažovány dvě okrajové podmínky. První je Pokoj pro hosty a druhou je Hotelové haly, zasedací místnosti, jídelny a sály. U obou je návrhová vnitřní teplota 20 °C.

## B.2.2 Výpočet tepelného výkonu

### B.2.2.1 Součinitel prostupu tepla

Objekt instruktorského domu je navržen z uceleného systému PURLIVE. Přesto, že se jedná o systémovou konstrukci, neudává její výrobce ve svých podkladech téměř žádné fyzikálně-technické vlastnosti. Proto bylo nutné tyto údaje dopočítat.

Výpočet je proveden podle normy ČSN 73 0540-2:2011. U nasákavých materiálů, jako je například minerální vlna, byla deklarovaná hodnota součinitele prostupu tepla zhoršena o 7 %, u méně nasákavých materiálů, mezi které patří například pěnový polystyren, byla přírážka rovna 3 %. V kapitole B.2.2.1.2 jsou spočítány součinitele prostupu tepla všech konstrukcí, které se nachází na okraji zón. Následuje tabulka 8, která porovnává vypočtené hodnoty s požadavky uvedenými v normě.

#### B.2.2.1.1 Postup výpočtu součinitele prostupu tepla

Tepelný odpor  $R$  [ $\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$ ]

$$R_i = \frac{d_i}{\lambda_i}$$

$R_i$  – tepelný odpor  $i$ -té vrstvy konstrukce [ $\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$ ]

$d_i$  – tloušťka  $i$ -té vrstvy konstrukce [m]

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

Součtem všech tepelných odporů konstrukce získáme tepelný odpor celé konstrukce.

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

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum \frac{d_i}{\lambda_i} + R_{se}} = \frac{1}{R_T}$$

$U$  – součinitel prostupu tepla [ $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ ]

$R_{si}$  – odpor při přestupu tepla na vnitřní straně [ $\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$ ]

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

$R_T$  – celkový odpor konstrukce při přestupu tepla [ $m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$ ]

**Posouzení** s hodnotou uvedenou v ČSN 73 0540-2:2011.

$$U \leq U_{x,20}$$

$U$  – součinitel prostupu tepla [ $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ ]

$U_{N,20}$  – požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla [ $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ ]

$U_{rec,20}$  – doporučená hodnota součinitele prostupu tepla [ $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ ]

$U_{pas,20}$  – doporučená hodnota součinitele prostupu tepla pro pasivní budovy [ $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ ] [44]

### B.2.2.1.2 Výpočet součinitele prostupu tepla

Tabulka 1 Skladba SOx1 – Obvodová stěna normá, tl. 345 mm [vlastní zpracování]

č.	Materiál	$\lambda$	d	R
		W/mK	m	$m^2K/W$
1	Výmalba	0,990	0,0100	0,01
2	Sádkartón	0,220	0,0125	0,06
3	Instalační předstěna z CD profilů	0,041	0,0375	0,91
4	Parotěsná fólie	0,390	0,0002	0,00
5	Deska Velox WS	0,110	0,0250	0,23
6	KVH profily 80/140 á 625 mm, vyplněny PUR pěnou	0,044	0,1400	3,18
7	Deska Velox WS	0,110	0,0250	0,23
8	Fasádní izolace EPS 70F	0,040	0,1000	2,50
9	Tmel s armovací sítí	0,880	0,0030	0,00
10	Silikonová probarvená omítka	0,700	0,0015	0,00
		součet R:	7,12	$m^2K/W$
		$R_{sj}$ :	0,13	$m^2K/W$
		$R_{se}$ :	0,04	$m^2K/W$
		U:	0,16	$W/m^2K$

Tabulka 2 Skladba SOx2 – Obvodová stěna nosná tl. 345 mm, MW [vlastní zpracování]

č.	Materiál	$\lambda$	d	R
		W/mK	m	m <sup>2</sup> K/W
1	Výmalba	0,990	0,0100	0,01
2	Sádrokartón	0,220	0,0125	0,06
3	Instalační předstěna z CD profilů	0,041	0,0375	0,91
4	Parotěsná fólie	0,390	0,0002	0,00
5	Deska Velox WS	0,110	0,0250	0,23
6	KVH profily 80/140 á 625 mm, vyplněny PUR pěnou	0,044	0,1400	3,18
7	Deska Velox WS	0,110	0,0250	0,23
8	Fasádní izolace z minerální vlny	0,042	0,1000	2,38
9	Tmel s armovací sítí	0,880	0,0030	0,00
10	Silikonová probarvená omítka	0,700	0,0015	0,00
		součet R:	7,00	m <sup>2</sup> K/W
		R <sub>sj</sub> :	0,13	m <sup>2</sup> K/W
		R <sub>se</sub> :	0,04	m <sup>2</sup> K/W
		U:	0,16	W/m <sup>2</sup> K

Tabulka 3 Skladba PDL1 – Podlaha na terénu [vlastní zpracování]

č.	Materiál	$\lambda$	d	R
		W/mK	m	m <sup>2</sup> K/W
1	Keramická dlažba	1,010	0,0100	0,01
2	Anhydritový potěr	1,288	0,0700	0,05
3	PE fólie	0,350	0,0001	0,00
4	Tepelná izolace EPS 100S	0,038	0,1200	3,16
5	Penetrační nátěr + HI 1x modifikovaný asfaltový pás	0,210	0,0040	0,02
		součet R:	3,24	m <sup>2</sup> K/W
		R <sub>sj</sub> :	0,17	m <sup>2</sup> K/W
		R <sub>se</sub> :	0,00	m <sup>2</sup> K/W
		U:	0,31	W/m <sup>2</sup> K

Tabulka 4 Skladba STR1 – Skladba stropu nad 1NP [vlastní zpracování]

č.	Materiál	$\lambda$	d	R
		W/mK	m	m <sup>2</sup> K/W
1	Keramická dlažba	1,010	0,0100	0,01
2	Anhydritový potěr	1,288	0,0600	0,05
3	PE fólie	0,350	0,0001	0,00
4	Tepelná a kročejová izolace z minerální vlny	0,044	0,0800	1,82
5	Dřevěné trámy 280/120 mm á 625 mm	0,180	0,2800	1,56
6	Rošt z R-CD profilů	0,054	0,1750	3,24
7	Podhled z RF desek	0,220	0,0125	0,06
8	Výmalba	0,990	0,0100	0,01
		součet R:	6,74	m <sup>2</sup> K/W
		R <sub>si</sub> :	0,10	m <sup>2</sup> K/W
		R <sub>se</sub> :	0,10	m <sup>2</sup> K/W
		U:	0,16	W/m <sup>2</sup> K

Tabulka 5 Skladba SCH1x – Šikmá střecha [vlastní zpracování]

č.	Materiál	$\lambda$	d	R
		W/mK	m	m <sup>2</sup> K/W
1	Výmalba	0,990	0,0100	0,01
2	Podhled z RF desek	0,220	0,0125	0,06
3	Rošt z R-CD profilů	0,054	0,1750	3,24
4	PE fólie	0,350	0,0001	0,00
5	Tepelná izolace z minerální vlny pod krokve	0,044	0,1000	2,27
6	Dřevěné krokve 180/100 á 625 mm + TI z minerální vlny mezi krokve	0,065	0,1800	2,77
7	Nepropustná pojistná střešní fólie	0,320	0,0002	0,00
		součet R:	8,35	m <sup>2</sup> K/W
		R <sub>si</sub> :	0,10	m <sup>2</sup> K/W
		R <sub>se</sub> :	0,04	m <sup>2</sup> K/W
		U:	0,14	W/m <sup>2</sup> K

Tabulka 6 Skladba SCH2 – Plochá střecha [vlastní zpracování]

č.	Materiál	$\lambda$	d	R
		W/mK	m	m <sup>2</sup> K/W
1	Výmalba	0,990	0,0100	0,01
2	Podhled z RF desek	0,220	0,0125	0,06
3	Rošt z R-CD profilů	0,054	0,0430	0,80
4	Dřevěné trámký 280/120 mm á 625 mm	0,180	0,2800	1,56
5	2x deska OSB tř. III P+D, tl. 15 mm	0,150	0,0300	0,20
6	Pojistná HI – samolepící pás z SBS modifikovaného asfaltu	0,210	0,0030	0,01
7	Tepelná izolace z ISOVER EPS 100S	0,038	0,1300	3,42
8	Tepelná izolace z ISOVER EPS 100S, spádové klíny	0,038	0,0950	2,50
9	Sklovláknitá netkaná textilie	0,210	0,0015	0,01
10	Fólie z PVC-P	0,210	0,0015	0,01
		součet R:	8,57	m <sup>2</sup> K/W
		R <sub>si</sub> :	0,10	m <sup>2</sup> K/W
		R <sub>se</sub> :	0,04	m <sup>2</sup> K/W
		U:	0,13	W/m <sup>2</sup> K

Tabulka 7 Skladba SN1 – Vnitřní nosná stěna tl. 150 mm [vlastní zpracování]

č.	Materiál	$\lambda$	d	R
		W/mK	m	m <sup>2</sup> K/W
1	Výmalba	0,990	0,0100	0,01
2	2x sádrovláknitá deska, tl. 2x12,5 mm	0,202	0,0250	0,12
3	KVH profil 80/100 á 625 mm, vyplněny PUR pěnou	0,052	0,1000	1,92
4	2x sádrovláknitá deska, tl. 2x12,5 mm	0,202	0,0250	0,12
5	Výmalba	0,990	0,0100	0,01
		součet R:	2,19	m <sup>2</sup> K/W
		R <sub>si</sub> :	0,13	m <sup>2</sup> K/W
		R <sub>se</sub> :	0,13	m <sup>2</sup> K/W
		U:	0,43	W/m <sup>2</sup> K

Okenní výplně:  $U = 0,8 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$

Dveře exteriérové:  $U = 1,2 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$

Dveře interiérové:  $U = 2,0 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$

Hodnoty součinitele prostupu tepla výplní otvorů byly zvoleny tak, aby splnily minimálně doporučenou hodnotu, kterou norma požaduje.

Tabulka 8 Přehled hodnot součinitele prostupu tepla [vlastní zpracování]

Konstrukce	Název	U	U <sub>N,20</sub>	U <sub>rec,20</sub>	U <sub>pas,20,max</sub>	U <sub>pas,20,min</sub>
		W/m <sup>2</sup> K	W/m <sup>2</sup> K	W/m <sup>2</sup> K	W/m <sup>2</sup> K	W/m <sup>2</sup> K
SOx1	Obvodová stěna nosná, tl. 345 mm	0,16	0,30	0,25	0,18	0,12
SOx2	Obvodová stěna nosná, tl. 345 mm, MW	0,16	0,30	0,20	0,18	0,12
PDL1	Podlaha na terénu	0,31	0,45	0,30	0,22	0,15
STR1	Skladba stropu nad 1NP	0,16	2,20	1,45	BP	BP
SCH1x	Šikmá střecha	0,14	0,24	0,16	0,15	0,10
SCH2	Plochá střecha	0,13	0,24	0,16	0,15	0,10
SN1	Vnitřní nosná stěna tl. 150 mm	0,43	2,70	1,80	BP	BP
Ox	Okenní výplň	0,80	1,50	1,20	0,80	0,60
Dx	Dveře exteriérové	1,20	1,70	1,20	0,90	0,90
DI	Dveře interiérové	2,00	3,50	2,30	1,70	1,70

Zelené hodnoty splňují požadavky normy, červené již nevyhoví.

x – zastupuje orientaci ke světové straně

BP – bez požadavku

### B.2.2.2 Stanovení a hodnocení průměrného součinitele prostupu tepla

#### B.2.2.2.1 Postup výpočtu průměrného součinitele prostupu tepla

Průměrný součinitel prostupu tepla  $U_{em}$  [W·m<sup>-2</sup>·K<sup>-1</sup>]

$$U_{em} = U_{em,N} = \frac{\sum(U_{N,i} \cdot A_i \cdot b_{i_1})}{\sum A_i} + \Delta U_{em,R}$$

$U_{em}$  – průměrný součinitel prostupu tepla navrhované budovy [W·m<sup>-2</sup>·K<sup>-1</sup>]

$U_{em,N}$  – hodnota průměrného součinitele tepla referenční budovy [W·m<sup>-2</sup>·K<sup>-1</sup>]

$U_{N,i}$  – odpovídající normová požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla i-té teplosměnné konstrukce [W·m<sup>-2</sup>·K<sup>-1</sup>]

$A_i$  – ploch i-té konstrukce stanovená z vnějších rozměrů [m<sup>2</sup>]

$b_i$  – teplotní redukční činitel odpovídající i-té konstrukci [-]

$\Delta U_{em,R}$  – přírážka na vliv tepelných vazeb [W·m<sup>-2</sup>·K<sup>-1</sup>]

Doporučená hodnota součinitele prostupu tepla  $U_{em,rec}$  [W·m<sup>-2</sup>·K<sup>-1</sup>]

$$U_{em,rec} = 0,75 \cdot U_{em,N}$$

$U_{em,rec}$  – doporučená hodnota součinitele prostupu tepla navrhované budovy [W·m<sup>-2</sup>·K<sup>-1</sup>]

$U_{em,N}$  – hodnota průměrného součinitele tepla referenční budovy [W·m<sup>-2</sup>·K<sup>-1</sup>]

## Posouzení

$$U_{em} \leq U_{em,N}$$

$U_{em}$  – průměrný součinitel prostupu tepla navrhované budovy [ $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ ]

$U_{em,N}$  – hodnota průměrného součinitele tepla referenční budovy [ $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ ]

## Zatřídění

Posudek se provede na základě porovnání poměru průměrného součinitele prostupu tepla navrhované budovy ku budově referenční a zatřídění tohoto poměru do klasifikační třídy dle přílohy C normy ČSN 73 0540-2:2011. [44]

### B.2.2.2.2 Výpočet průměrného součinitele prostupu tepla

Průměrný součinitel prostupu tepla byl stanoven za pomoci webového portálu DEKSOFT a programu Energetika.

Průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy  $U_{em}$ :  $0,222 W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$

Požadovaná hodnota průměrného součinitele

prostupu tepla  $U_{em,N}$ :  $0,264 W \cdot (m^2 \cdot K)^{-1}$

Doporučená hodnota  $U_{em,rec}$ :  $0,198 W \cdot (m^2 \cdot K)^{-1}$

Poměr  $U_{em}/U_{em,N}$ :  $0,84$

Klasifikace: B – Úsporná

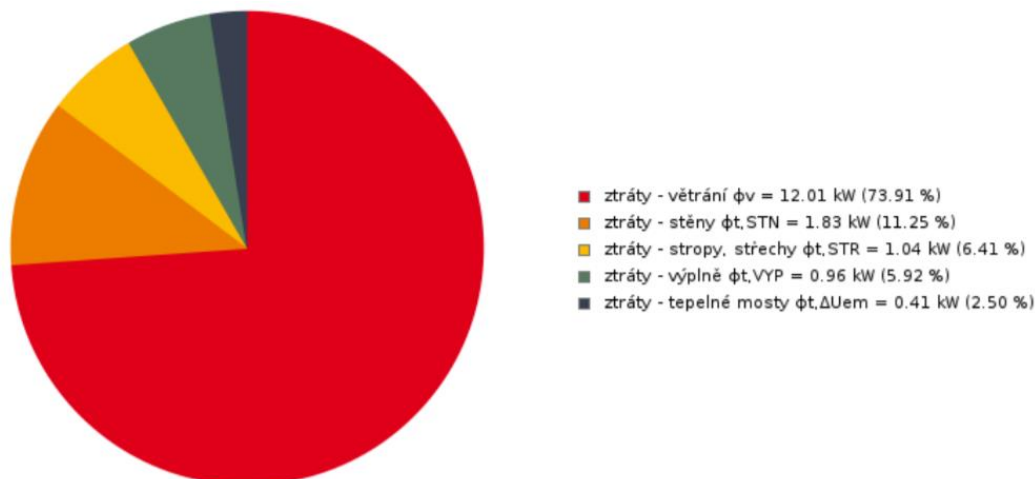
Klasifikace budovy vyšla v kategorii B – Úsporná. Přesto se nejedná o budovu nízkoenergetickou, protože není splněna podmínka  $U_{em} = 0,222 W \cdot (m^2 \cdot K)^{-1} < U_{em,rec} = 0,198 W \cdot (m^2 \cdot K)^{-1}$  a měrná potřeba tepla na vytápění je větší, než  $50 kWh \cdot (m^2 \cdot rok)^{-1}$ .

### B.2.2.3 Tepelná ztráta

Tepelná ztráta objektu byla vypočítána za pomoci webového portálu DEKSOFT a programu Energetika.

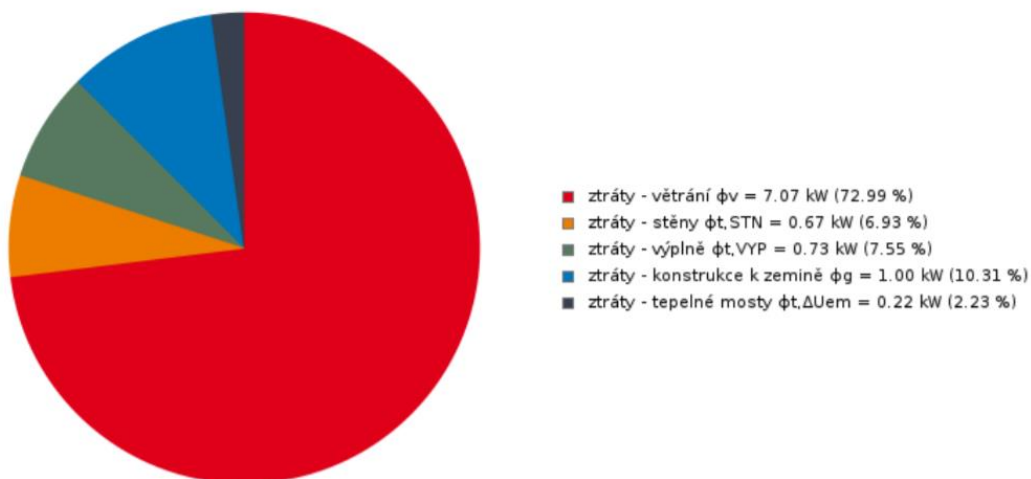
#### B.2.2.3.1 Tepelné ztráty jednotlivých zón

Na obrázku 31 je v koláčovém grafu znázorněna tepelná ztráta zóny 1. Téměř tříčtvrtě podíl má ztráta způsobená větráním. Celková ztráta zóny je 16,25 kW.



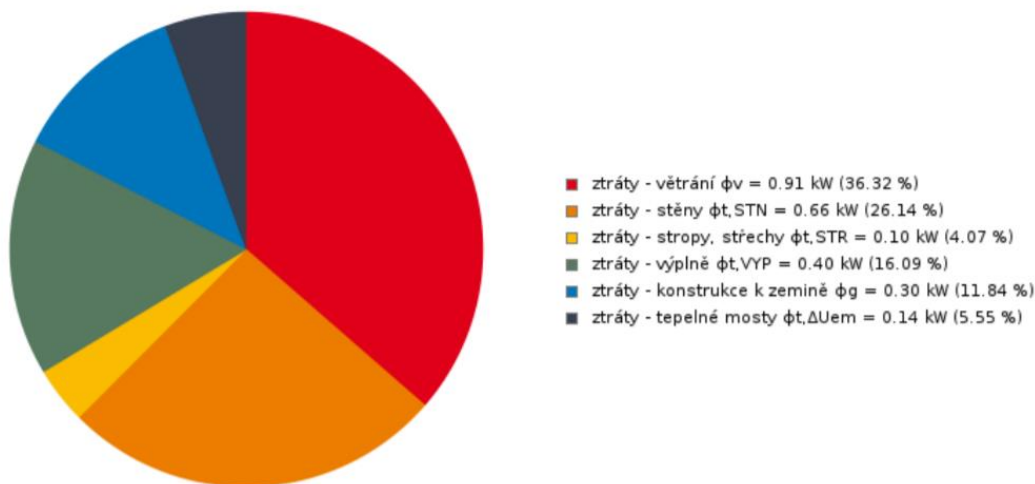
Obrázek 31 Tepelná ztráta zóny 1 – Pokoje a apartmány [vlastní zpracování]

Na obrázku 32 je tepelná ztráta zóny 2. Z důvodu vysoké hodnoty součinitele prostupu tepla konstrukce PDL1 – Podlaha na zemině tvoří druhou největší ztrátu s deseti procentním zastoupením tepelná ztráta prostupem k zemině. Hlavní ztráta této zóny tvořena větráním a podílí se na ztrátě zóny ze 73 %. Celková ztráta zóny je 9,69 kW.



Obrázek 32 Tepelná ztráta zóny 2 - Společenské prostory [vlastní zpracování]

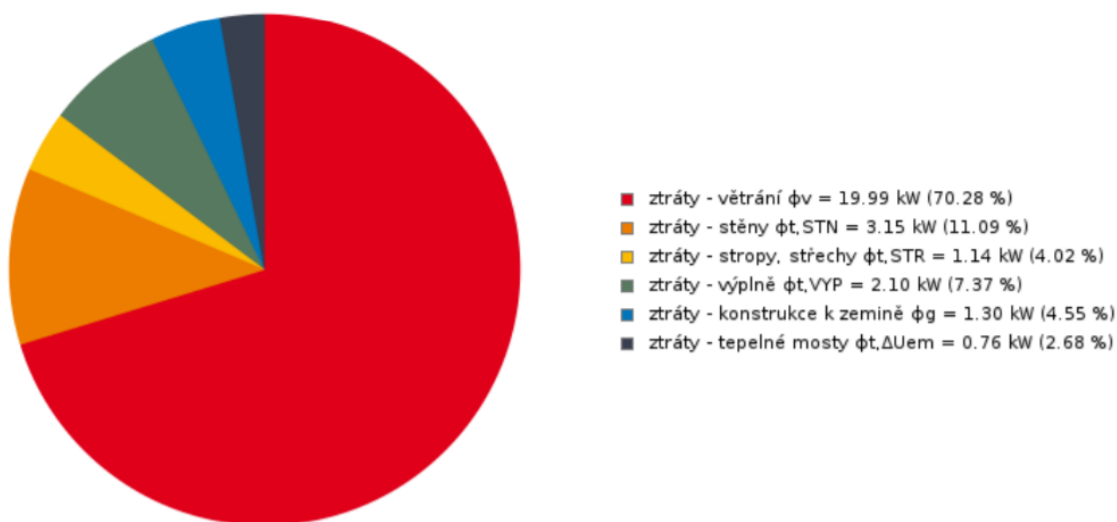
Na obrázku 33 je tepelná ztráta zóny 3. Největší podíl 36 % má opět složka větrání, následovaná 26% ztrátou stěnami. Celková tepelná ztráta zóny je 2,51 kW.



Obrázek 33 Tepelná ztráta zóny 3 – Schodiště [vlastní zpracování]

### B.2.2.3.2 Tepelná ztráta celého objektu

Na obrázku 34 je znázorněno procentuální rozložení ztrát celé budovy. Nejvíce, přes 70 %, tvoří ztráta větráním. Ztráta obvodovými konstrukcemi do exteriéru tvoří 22,48 %, necelých 5 % je zastupuje ztráta konstrukcí k zemině a 2,68 % tvoří tepelné mosty.



Obrázek 34 Celková tepelná ztráta budovy [vlastní zpracování]

Tepelná ztráta zóny 1 – Pokoje a apartmány:	16,25 kW
Tepelná ztráta zóny 2 – Společenské prostory:	9,69 kW
Tepelná ztráta zóny 3 – Schodiště:	2,51 kW
<b>Celková tepelná ztráta objektu:</b>	<b>28,45 kW</b>

## B.3 POTŘEBA TEPLÉ VODY

### B.3.1 POSTUP VÝPOČTU PŘÍPRAVY TEPLÉ VODY

#### B.3.1.1 POTŘEBA TUV

Dle ČSN 06 0320 určíme denní potřebu TV  $V_{2P}$  [m<sup>3</sup>].

#### B.3.1.2 ZÁSOBNÍKOVÝ OHŘEV

Odebrané teplo  $Q_{2t}$  [kWh]

$$Q_{2t} = 1,163 \cdot V_{2P} \cdot (\theta_2 - \theta_1)$$

$Q_{2t}$  – odebrané teplo [kWh]

$V_{2P}$  – denní potřeba vody [m<sup>3</sup>]

$\theta_2$  – teplota TV [°C]

$\theta_1$  – teplota studené vody [°C]

Ztracené teplo  $Q_{2z}$  [kWh]

$$Q_{2z} = Q_{2t} \cdot z$$

$Q_{2z}$  – ztracené teplo [kWh]

$z$  – ztráta [-]

Celkové teplo  $Q_{2p}$  [kWh]

$$Q_{2p} = Q_{2z} + Q_{2t}$$

$Q_{2p}$  – celkové teplo [kWh]

Následně se určí procentuální odběr během dne. Z něj se vypracuje **odběrový diagram**, který znázorňuje křivku odběru tepla ze zásobníku a dodávku tepla do něj.

Velikost zásobníku  $V_z$  [m<sup>3</sup>]

$$V_z = \frac{\Delta Q_{max}}{1,163 \cdot (\theta_2 - \theta_1)}$$

$V_z$  – velikost zásobníku [m<sup>3</sup>]

$\Delta Q_{max}$  – maximální rozdíl tepla mezi odběrem a dodávkou [kWh]

Jmenovitý výkon ohřevu  $Q_{1n}$  [kW]

$$Q_{1n} = (Q_1 / t)$$

$Q_{1n}$  – jmenovitý výkon ohřevu [kW]

$Q_1$  – skutečné teplo [kWh]

$t$  – čas pro nahřátí zásobníku [h]

Potřebná teplosměnná plocha  $A$  [m<sup>2</sup>]

$$A = \frac{Q_{1n} \cdot 10^3}{U \cdot \Delta t}$$

$A$  – potřebná teplosměnná plocha [m<sup>2</sup>]

$U$  – součinitel prostupu tepla přes stěnu výměníku [W·m<sup>-2</sup>·K<sup>-1</sup>]

$\Delta t$  – teplotní rozdíl protiproudého ohřivače [°C]

$$\Delta t = \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{\ln \frac{(T_1 - t_2)}{(T_2 - t_1)}}$$

$T_1$  – teplota přívodní otopné vody [°C]

$T_2$  – teplota vratné otopné vody [°C]

$t_2$  – teplota TV [°C]

$t_1$  – teplota studené vody [°C] [44]

### B.3.1.3 SMÍŠENÝ OHŘEV

Hodinová špička  $V_{\xi}$  [m<sup>3</sup>]

$$V_{\xi} = \frac{V_{2P} \cdot p}{h}$$

$V_{\xi}$  – hodinová špička [m<sup>3</sup>]

$p$  – procentuální podíl během dne [-]

$h$  – počet hodin špičky [-]

Jmenovitý výkon ohřevu  $Q_{1n,30}$  [kW]

$$Q_{1n,30} = \left( \frac{Q_{2P} \cdot p}{h} \right) \cdot 1,3$$

$Q_{1n,30}$  – jmenovitý výkon ohřevu se zahrnutím 30% rezervy [kW]

Potřebná teplosměnná plocha  $A$  [m<sup>2</sup>]

$$A = \frac{Q_{1n} \cdot 10^3}{U \cdot \Delta t} \quad [44]$$

### B.3.1.4 NÁVRH ZÁSOBNÍKU

Vybere se vhodnější metoda, na jejíž výsledky se navrhne zásobník.

## B.3.2 VÝPOČET NÁVRHU TEPLÉ VODY

### B.3.2.1 Potřeba teplé vody

Při výpočtu potřeby teplé vody se uvažovalo s dvaceti hosty, kteří si denně budou připravovat dvě jídla. Potřeba teplé vody pro úklid je počítána pro celý objekt. Celková potřeba teplé vody je shrnuta v tabulce 9.

Tabulka 9 Potřeba teplé vody [vlastní zpracování]

Místo	Typ provozu	Měrná jednotka	Počet měrných jednotek	Spotřeba [m <sup>3</sup> /per]	Součinitel současnosti	Celková spotřeba [m <sup>3</sup> ]
Ubytování	Ubytovací zařízení	1 lůžko	20	0,097	1	1,94
Společenské prostory	Stravování samoobslužné, 2 jídla denně	1 host	20	0,008	1	0,16
	Úklid	100 m <sup>2</sup>	4,9	0,02	1	0,098

**Celková denní spotřeba TV [m<sup>3</sup>]: 2,198**

### B.3.2.2 Zásobníkový ohřev

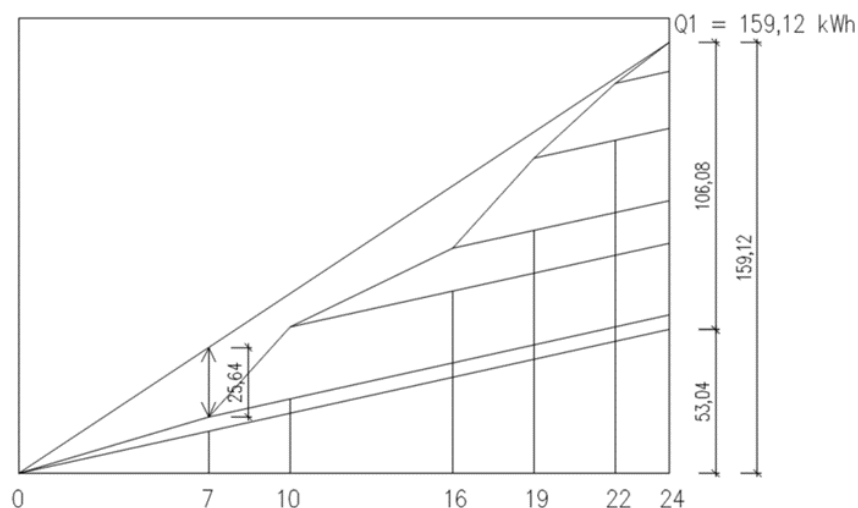
$$Q_{2t} = 1,163 \cdot V_{2P} \cdot (\theta_2 - \theta_1) = 1,163 \cdot 2,198 \cdot (55 - 13,5) = \underline{106,08 \text{ kWh}}$$

$$Q_{2z} = Q_{2t} \cdot z = 106,08 \cdot 0,5 = \underline{53,04 \text{ kWh}}$$

$$Q_{2P} = Q_{2t} + Q_{2z} = 106,08 + 53,04 = \underline{159,12 \text{ kWh}}$$

Tabulka 10 Procentuální podíl odběru TV během dne [vlastní zpracování]

Časový úsek	Procentuální podíl	Odebrané teplo	Celkové teplo
	[%]	[kWh]	[kWh]
0-7	5	5,30	7,96
7-10	25	26,52	39,78
10-16	15	15,91	23,87
16-19	25	26,52	39,78
19-22	20	21,22	31,83
22-24	10	10,61	15,91



Obrázek 35 Odběrový diagram [vlastní zpracování]

Na obrázku 35 je odběrový diagram, ze kterého odečteme skutečné teplo a maximální rozdíl tepla mezi odběrem a dodávkou.

$$Q_1 = 159,12 \text{ kWh}$$

$$Q_{max} = 25,64 \text{ kWh}$$

Z důvodu rozdílného teplotního spádu variant jsou provedeny dvě varianty výpočtů. Jedna pro tepelné čerpadlo a druhá pro plynový kondenzační kotel.

#### **B.3.2.2.1 Varianta 1**

Pro variantu s tepelným čerpadlem je uvažován teplotní spád zásobníku 55/48 °C. Teplota na vstupu do zásobníku je dle normy ČSN 73 0331-1 určena jako 13,5 °C a teplota na výstupu je s ohledem na tepelné čerpadlo zvolena 50 °C. Výsledná teplota teplé vody 55 °C bude dosažena za pomoci elektrické patrony.

$$V_z = 25,64 / (1,163 \cdot (50 - 13,5)) = \underline{0,60 \text{ m}^3}$$

$$Q_{1n} = 159,12 / 24 = \underline{6,63 \text{ kW}}$$

$$\Delta t = ((55 - 50) - (48 - 13,5)) / \ln((55 - 50) / (48 - 13,5)) = \underline{15,27^\circ\text{C}}$$

$$A = 6,63 \cdot 10^3 / (420 \cdot 15,27) = \underline{1,03 \text{ m}^2}$$

Pro zásobníkový ohřev je potřebný zásobník o objemu 0,60 m<sup>3</sup> s výkonem 6,63 kW a plochou výměníku 1,03 m<sup>2</sup>.

#### **B.3.2.2.2 Varianta 2**

U varianty s plynovým kondenzačním kotlem se uvažuje spád tepelného zásobníku 75/50 °C. Teplota na vstupu do zásobníku je 13,5 °C, na výstupu se počítá s teplotou 55 °C.

$$V_z = 25,64 / (1,163 \cdot (55 - 13,5)) = \underline{0,53 \text{ m}^3}$$

$$Q_{1n} = 159,12 / 24 = \underline{6,63 \text{ kW}}$$

$$\Delta t = ((75 - 55) - (50 - 13,5)) / \ln((75 - 55) / (50 - 13,5)) = \underline{27,43^\circ\text{C}}$$

$$A = 6,63 \cdot 10^3 / (420 \cdot 27,43) = \underline{0,58 \text{ m}^2}$$

Pro zásobníkový ohřev je potřebný zásobník o objemu 0,53 m<sup>3</sup> s výkonem 6,63 kW a plochou výměníku 0,58 m<sup>2</sup>.

#### **B.3.2.3 Smíšený ohřev**

Hodinová špička se nachází mezi 7-10 hodinou a následně mezi 16-19 hodinou. Pokaždé trvá tři hodiny. Výpočet teplosměnné plochy je, z důvodu různých hodnot teplotního rozdílu u daných variant, proveden dvakrát.

$$V_{\xi} = (2,198 \cdot 0,25) / 3 = \underline{0,183 \text{ m}^3}$$

$$Q_{1n,30} = (159,12 \cdot 0,25) / 3 = 13,26 \cdot 1,3 = \underline{17,24 \text{ kW}}$$

$$A_{T\check{c}} = 17,24 \cdot 10^3 / (420 \cdot 15,27) = \underline{2,69 \text{ m}^2}$$

$$A_{PKK} = 17,24 \cdot 10^3 / (420 \cdot 27,43) = \underline{1,49 \text{ m}^2}$$

Pro smíšený ohřev je nutný zásobník o objemu 0,183 m<sup>3</sup> s výkonem ohřevu 17,24 kW. Teplosměnná plocha výměníku je pro tepelné čerpadlo 2,69 m<sup>2</sup> a pro plynový kondenzační kotel 1,49 m<sup>2</sup>.

V obou variantách bude uvažován smíšený ohřev.

## B.4 VARIANTA 1 – TEPELNÉ ČERPADLO

První varianta se zabývá instalací tepelného čerpadla jako zdroje pro vytápění i ohřev teplé vody. Spád tepelného čerpadla je 55/48 °C. Venkovní jednotka tepelného čerpadla čerpá energii prostředí a ve vnitřní jednotce dochází za pomoci výměníku k předání tepla otopné soustavě. Odtud jde topná voda přes trojcestný ventil buď do nepřímotopného ohříváče TV nebo do akumulární nádoby, odkud vede do R+S a dále třemi větvemi vytápí objekt podlahovým vytápěním. V nepřímotopném ohříváči TV je umístěna topná patrona.

### B.4.1 Návrh zdroje tepla

#### B.4.1.1 Návrh výkonu tepelného čerpadla

Výkon tepelného čerpadla byl stanoven podle normy ČSN EN 15450.

$$Q_{T\check{c}} = f_{HL} \cdot Q_{HL} + f_{DHW} \cdot Q_{DHW}$$

$Q_{T\check{c}}$  – výkon tepelného čerpadla [kW]

$f_{HL}$  – návrhový činitel pro tepelnou ztrátu, pro střední tepelnou kapacitu budovy = 0,95 [-]

$Q_{HL}$  – návrhová tepelná ztráta budovy [kW]

$f_{DHW}$  – návrhový činitel pro přípravu teplé vody; roven 1,00 [-]

$Q_{DHW}$  – návrhový tepelný výkon pro přípravu teplé vody [kW]

#### B.4.1.2 Výkon tepelného čerpadla

V kapitole B.2.2.3.2 byla stanovena tepelná ztráta budovy 28,45 kW, v kapitole B.3.2.3 byl vypočítán výkon nutný pro ohřev teplé vody 17,24 kW. Tepelné čerpadlo se navrhne na 80 % vypočteného výkonu.

$$Q_{T\check{c}} = 0,95 \cdot 28,45 + 1,00 \cdot 17,24 = \underline{44,27 \text{ kW}}$$

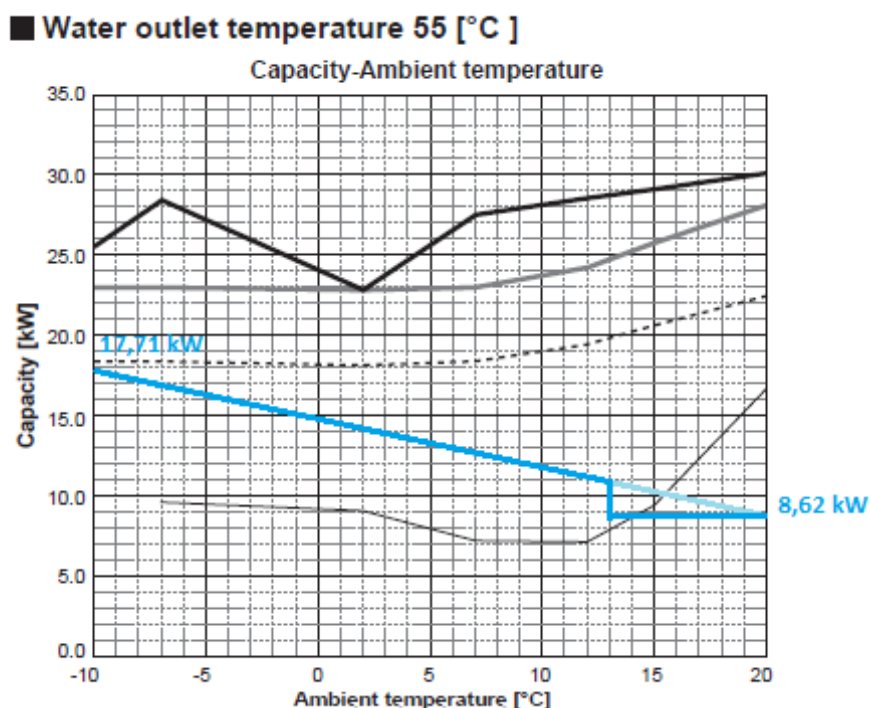
$$Q_{T\check{c},80} = 0,8 \cdot 44,27 = \underline{35,41 \text{ kW}}$$

Jako venkovní modul navrhuji kaskádu dvou tepelných čerpadel Zubadan Inverter PUHZ-SHW230YKA, každé o výkonu 23 kW. Technický list tepelného čerpadla je přílohou P1. Pro pokrytí potřeby výkonu by bylo možné navrhnout kaskádu dvou čerpadel, jedno o výkonu 14 kW, druhé o výkonu 23 kW, výrobce však toto uspořádání striktně nedoporučuje. Došlo by ke zbytečnému přetěžování menší jednotky a tím větší poruchovosti. Čerpadla budou umístěna u obvodové stěny objektu a orientována směrem k lesu, kde již není žádná zástavba. Hluk z jejich provozu se tak nebude šířit do okolní zástavby.



Obrázek 36 Tepelné čerpadlo Zubadan  
Inverter PUHZ-SHW230YKA [45]

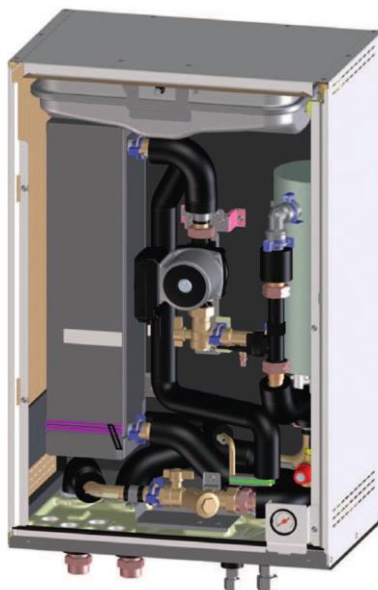
Čerpadla Zubadan Inverter jsou vhodná převážně pro horské regiony a zvládnou pracovat bez bivalentního zdroje i při extrémních teplotách, což je ukázáno na obrázku 37.



Obrázek 37 ivalentní bod čerpadla [46]

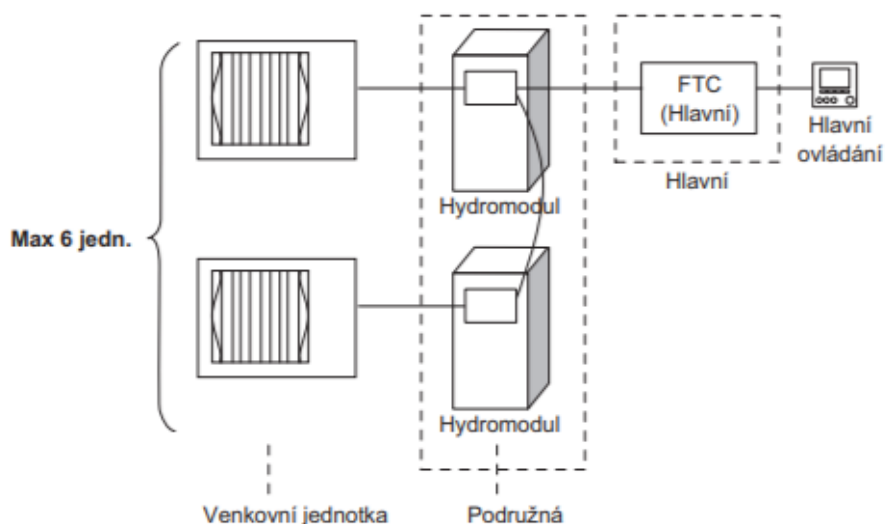
U něj je sice zobrazena křivka pouze do teploty exteriéru -10 °C, v tabulce však výrobce uvádí hodnoty pro teplotu výstupní vody 55 °C až do -15 °C. I při této teplotě je schopno čerpadlo pracovat s výkonem 20,8 kW. To se samozřejmě projeví na hodnotě COP, který klesá na hodnotu 1,41. Chladivem je R410 v množství 1,70 litru. [46]

Vnitřní jednotkou je hydromodul EHSE-YM9ED, zobrazený na obrázku 38. Obsahuje oběhové čerpadlo a topnou patronu, která je schopná spínat ve výkonech 3, 6 a 9 kW a není zahrnuta ve výkonu venkovní jednotky. Celkem je sestava schopna dosahovat výkonu až 32 kW. Technický list je přílohou P2.



Obrázek 38 Řez hydromodulem [14]

Celá sestava je řízena řídicí jednotkou PAC-IF061B-ER2, která je vhodná pro kaskády. Ukázkové zapojení řídicí jednotky je na obrázku 39. Venkovní jednotka nesmí být zapojena přímo k hlavní jednotce, další instrukce jsou přílohou P3.



Obrázek 39 Schéma zapojení řídicí jednotky PAC-IF061B-ER2 [14]

K vratnému potrubí každého hydromodulu bude připojena expanzní nádoba REFLEX NG 25/6.

## B.4.2 Příprava teplé vody

V objektu je navržen smíšený ohřev teplé vody, pro který je potřeba zásobník o objemu 0,183 m<sup>3</sup> s výkonem ohřevu 17,24 kW. Potřebná teplosměnná plocha výměníku je 2,69 m<sup>2</sup>.

Byl navržen nepřímotopný akumulční zásobník OKC NTR 300/HP o objemu 0,286 m<sup>3</sup> a teplosměnnou plochou výměníku 3,2 m<sup>2</sup>. Technický list je přílohou P4.



Obrázek 40 Nepřímotopný akumulční zásobník OKC NTR 300/HP [47]

Vzhledem k teplotnímu spádu tepelného čerpadla, který je 55/48 °C, je nutné instalovat do zásobníku elektrickou topnou jednotku TJ 6/4" o výkonu 3,3 kW. Technický list je přílohou P5.



Obrázek 41 Elektrická topná jednotka TJ 6/4" [48]

## B.4.3 Návrh technické místnosti

### B.4.3.1 Návrh rozdělovače a sběrače

V technické místnosti bude kombinovaný rozdělovač a sběrač se třemi topnými větvemi. Každá větev bude zajišťovat vytápění jednoho podlaží podlahovým vytápěním. Dle výpočtu hmotnostního průtoku  $M$  je navržen vhodný výrobek. Vzhledem k tomu, že R+S slouží pouze pro vytápění, je vstupující hodnotou do výpočtu průtoku pouze tepelná ztráta  $Q_{TZ}$ .

$$Q_{TZ} = \underline{28,45 \text{ kW}}$$

$$M = Q / (1,163 \cdot \Delta t) = 28,45 / (1,163 \cdot (55 - 48)) = \underline{3,49 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}}$$

Dle výpočtu je navržen kombinovaný rozdělovač a sběrač ETL KOMBI pro 3 otopné okruhy s roztečí 250 mm a maximálním průtokem  $10 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  s přívodem na kraji a první zpátečkou do spodní komory. Technický list R+S je přílohou P6.

#### **B.4.3.2 Návrh akumulční nádoby**

Dle pokynů výrobce tepelného čerpadla se uvažuje 15 litrů vody v akumulční nádobě na 1 kW výkonu čerpadla. Vynásobením požadovaného výkonu tepelného čerpadla  $Q_{TV,80}$  získáme objem akumulční nádrže  $V_{AN}$ .

$$V_{AN} = 35,41 \cdot 15 = \underline{531,15 \text{ l}}$$

Dle výpočtu je navržena akumulční nádrž PS 600 N+ o objemu 560 litrů. Její technický list je přílohou P7. Pro správnou funkci a instalaci je nutné pořídit izolaci S-II pro PS 600 N+ a sadu příslušenství pro PSxx N+.

#### **B.4.3.3 Návrh expanzní nádoby**

Velikost expanzní nádoby je hrubě odhadnuta na 10 % z množství otopné vody v systému. Údaj slouží pro nacenění technické místnosti.

Za předpokladu, že bude potrubí podlahového vytápění pokládáno s roztečí 150 mm je spotřeba trubek  $6,6 \text{ m/m}^2$ . Při použití potrubí PEX/AL/PEX 16x2 je obsah vody v 1 m potrubí 0,113 litru, tzn.  $0,746 \text{ l/m}^2$ . [49]

Plocha podlahového vytápění:	490,34 m <sup>2</sup>
Objem vody v podlahovém vytápění:	365,79 l
Objem výměníku zásobníku:	21,00 l
Objem vody v hydromodulu a R+S nebyl zjištěn.	
Celkové množství vody v otopném soustavě:	386,79 l
10 % z celkového množství vody v otopné soustavě:	38,68 l

Do technické místnosti bude navrhnutá expanzní nádoba REFLEX NG 50/6, jejíž technický list je přílohou P8.

#### **B.4.3.4 Doplnování a úprava vody**

Doplnování a úprava vody bude řešena Sestavou pro automatické doplňování a úpravu vody od firmy Reflex. Ta zahrnuje doplňovací jednotku Fillcontrol, změkčovací zařízení Fillsoft I a elektronický vodoměr Fillguard. Sestava je popsána v technickém listu P9. [50]

#### B.4.4 Ekonomické hodnocení

V rámci ekonomického zhodnocení byly uvažovány náklady na vybavení technické místnosti a následné náklady na údržbu během jednoho roku. V poslední řadě byly vyčísleny náklady na energie za rok provozu.

##### Pořizovací náklady

Ceny byly stanoveny k datu 12.12.2021.

Tabulka 11 Pořizovací náklady – varianta 1 [vlastní zpracování]

Číslo	Položka	m.j.	Počet m.j.	Cena za m.j. bez DPH	Cena celkem bez DPH
				[Kč]	[Kč]
1	Tepelné čerpadlo Mitsubishi Electric PUAH-SHW230YKA	ks	2	245 870	491 740
2	Hydromodul EHSE-Y39ED	ks	2	84 610	169 220
3	Expanzní nádoba Reflex NG 25/6	ks	2	920	1 840
4	Řídicí jednotka PAC-IF061B-ER2	ks	1	38 490	38 490
5	Zásobník TV OKC NTR 300/HP	ks	1	15 655	15 655
6	Akumulační nádrž PS 600 N+	ks	1	14 810	14 810
7	Izolace pro PS 600 N+	ks	1	6 630	6 630
8	Sada příslušenství pro PSxx N+	ks	1	730	730
9	Expanzní nádoba Reflex NG 50/6	ks	1	1 926	1 926
10	Rozdělovač + sběrač RS Kombi, délka 2000 mm	ks	1	5 450	5 450
11	Elektrická topná jednotka TJ 6/4", výkon 3,3 kW	ks	1	3 317	3 317
12	Sestava pro automatické dopňování a úpravu vody (Fillguard + Fillsoft I + Fillcontrol)	sada	1	23 821	23 821

**Celkem bez DPH [Kč]: 773 629**

Pořizovací náklady technické místnosti jsou 773 629 Kč bez DPH.

##### Servisní a revizní práce

Ceny servisu a revizí byly stanoveny bez režijních nákladů a práce.

Tabulka 12 Cena servisních a revizních prací – varianta 1 [vlastní zpracování]

Druh	Četnost	Cena bez DPH
Servis a údržba TM dle ČSN EN 15459-1	1 x za rok	10010
Revize těsnosti chladících okruhů	1 x za rok	3250

**Celkem cena za rok [Kč]: 13 260**

Cena servisních prací, údržby a revize těsnosti chladících okruhů byla stanovena na 13 260 Kč bez DPH.

## Náklady na energii

Pro tepelné čerpadlo, uvedené do provozu po 1.4.2005 je pro podnikající osoby určena sazba C56d. V ní je odběr elektřiny 22 hodin v nízkém tarifu a 2 hodiny denně v tarifu vysokém. Cena byla určena dle tarifu dodavatele ČEZ, a.s. Ceník je přílohou P23. [51]

Cena za 1 MWh v nízkém tarifu: **3 372,51 Kč**

Cena za 1 MWh ve vysokém tarifu: **3 484,83 Kč**

Náklady na energii byly vyčísleny k 12.12.2021.

Tabulka 13 Náklady na provoz – varianta 1 [vlastní zpracování]

Energonositel		Vytápění		Příprava teplé vody		Osvětlení		Celkem	
		MWh /rok	tis. Kč/rok	MWh /rok	tis. Kč/rok	MWh /rok	tis. Kč/rok	MWh /rok	tis. Kč/rok
Paliva	Elektřina VT	19,60	5,692	18,20	5,285	5,24	1,522	43,04	12,499
	Elektřina NT		60,593		56,265		16,199		133,057
Energie okolního prostředí	Energie okolního prostředí	45,30	0,000	21,70	0,000	0,00	0,000	67,00	0,000

**Celkem [tis. Kč/rok]: 145,556**

Celkové náklady na energii za jeden rok jsou 145 556 Kč bez DPH.

## B.4.5 Ekologické hodnocení

Pro vyhodnocení ekologického dopadu tepelného čerpadla bylo použito emisních faktorů pro elektrickou energii dle vyhlášky č. 141/2021 Sb., přílohy 4.

Tabulka 14 Ekologické hodnocení – varianta 1 [vlastní zpracování]

Varianta 1 - Tepelné čerpadlo	Znečišťující látka	Energonositel			Celkem
		Elektřina			
		Emisní faktor	Dodaná energie	Měrná emise	
		[kg/MWh]	[MWh/rok]	[t/rok]	
	TZL	0,03680	43,04	0,00158	0,00158
	PM <sub>10</sub>	0,00000		0,00000	0,00000
	PM <sub>2,5</sub>	0,02208		0,00095	0,00095
	SO <sub>2</sub>	0,84124		0,03621	0,03621
	NO <sub>x</sub>	0,56764		0,02443	0,02443
	NH <sub>3</sub>	0,00000		0,00000	0,00000
	VOC	0,00249		0,00011	0,00011
	CO <sub>2</sub>	1012		43,55648	43,55648

## B.5 VARIANTA 2 – KOTEL NA PELETY

Druhá varianta řešení technické místnosti uvažuje s použitím kotle na pelety pro vytápění objektu. Spád kotle na pelety je 85/70 °C. Pneumatickou dopravou budou pelety dopravovány z textilního zásobníku do vyrovnávací nádrže, odkud se šnekovým dopravníkem dostanou do hořáku v kotli na pelety. Při zátopu cirkuluje voda pouze primárním okruhem. Cirkulace je řízena Laddomatem 22. Jakmile je kotel uveden do provozní teploty, začne otopná voda proudit do akumuláční nádrže a odtud do rozdělovače a sběrače. Ten má tři větve a každá z nich zajišťuje otopnou vodu pro podlahové vytápění v jednotlivých patrech. Příprava teplé vody je řešena ohříváčem vody s tepelným čerpadlem. To odnímá energii vzduchu z exteriéru. Jedná se o dva na sobě nezávislé systémy a v letním období tedy není nutné spouštět kotel na pelety.

### B.5.1 Návrh zdroje tepla

#### B.5.1.1 Postup návrhu zdroje tepla

##### Výkon technické místnosti

Při návrhu zdroje tepla bereme v úvahu výkon v kW potřebný pro pokrytí tepelných ztrát  $Q_{VYT}$ , výkon pro ohřev TV  $Q_{TV}$ , výkon pro VZT jednotky  $Q_{VZT}$  a případně výkon technologií  $Q_{TECH}$ .

**Výkon technické místnosti  $Q_{TM}$  [kW]**

$$Q_{TM} = \max\{Q_{PRIP,I}; Q_{PRIP,II}\}$$

$Q_{TM}$  – výkon technické místnosti [kW]

$Q_{PRIP,I}$  – výkon technické místnosti, varianta 1

$$Q_{PRIP,I} = 0,7 \cdot Q_{VYT} + 0,7 \cdot Q_{VZT} + Q_{TV}$$

$Q_{PRIP,II}$  – výkon technické místnosti, varianta 2

$$Q_{PRIP,II} = Q_{VYT} + Q_{VZT} (+Q_{TECH})$$

##### Potřeba pelet

**Spotřeba paliva na vyrobenou energii  $P$  [kg·m<sup>3</sup>]**

$$P = \frac{E \cdot 3,6}{H \cdot \eta}$$

$P$  – spotřeba paliva na vyrobenou energii [kg·m<sup>3</sup>]

$E$  – potřeba energie pro vytápění [kWh]

$H$  – výhřevnost paliva [MJ·kg<sup>-1</sup>]

$\eta$  – účinnost zdroje tepla [%]

Potřeba skladovacího prostoru  $V$  [ $m^3$ ]

$$V = \frac{P}{O}$$

$V$  – potřeba skladovacího prostoru [ $m^3$ ]

$O$  – objemová hmotnost paliva [ $kg \cdot m^3$ ] [44]

### B.5.1.2 Návrh kotle na pelety

#### Výkon technické místnosti

Vzhledem k tomu, že kotel na pelety bude zajišťovat pouze vytápění objektu, je tepelné ztráta jediným vstupem do následujícího výpočtu.

$$Q_{VYT} = \underline{28,45 \text{ kW}}$$

$$Q_{PRIP,I} = 0,7 \cdot 28,45 + 0,7 \cdot 0 + 0 = \underline{19,92 \text{ kW}}$$

$$Q_{PRIP,II} = 28,45 + 0 = \underline{28,45 \text{ kW}}$$

$$Q_{TM} = \max \{19,92; 28,45\} = \underline{28,45 \text{ kW}}$$

Navrhuji kotel na pelety ATMOS D30P o výkonu 8,9 – 29,8 kW. Kotel se dodává bez hořáku a dalšího příslušenství. Technický list je přílohou P10.



Obrázek 42 Kotel na pelety ATMOS D30P [52]

Pro správnou funkci kotle je tedy nutné pořídit hořák ATMOS A45, který má rozsah výkonu 8,5 – 49 kW. V hořáku mohou být spalovány pouze kvalitní bílé pelety, které mají průměr 6 až 8 mm a délku 10 až 25 mm. Při použití jiného druhu pelet by došlo ke spékání pelet ve spalovací komůrce a bylo by nutné hořák čistit nejméně jednou za tři dny. [53]

Do hořáku se pelety dostávají šnekovým hřídelovým dopravníkem DRA50 o délce 1,7 metru a průměru 80 mm.

Šnekový dopravník nabírá pelety z vyrovnávací nádrže o objemu 250 l, do které jsou pelety přiváděny pneumatickým dopravníkem ATMOS APS 250. V rámci výrobku ATMOS APS 250 je obsažena již zmíněná vyrovnávací nádrž, odlučovací zásobník se zabudovaným sacím ventilátorem a rotační snímač hladiny pelet. Doprava pelet je řízena automaticky a na displeji se zobrazuje aktuální stav a činnost. Maximální délka pneumatické dopravy je 2x15 metrů. V projektu je potřeba délka 2x5 metrů.



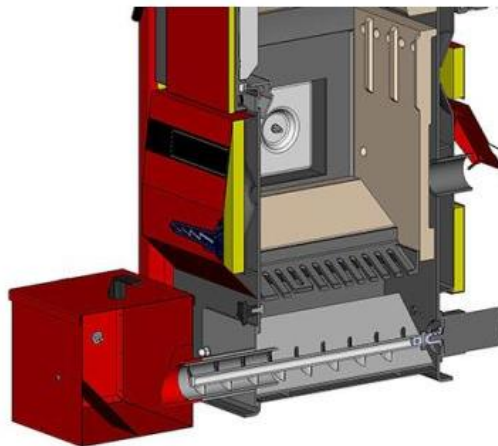
Obrázek 43 Kotel na pelety D30P s hořákem A45, šnekovým dopravníkem DRA50 a zásobníkem pro pneumatickou dopravu APS 250 [54]

Do vyrovnávací nádrže se pelety přivádí z textilního zásobníku na pelety ATZ 7 o objemu 7,9 m<sup>3</sup>. Ten je umístěn v exteriéru. Zásobník je potřeba chránit jak proti slunečnímu záření, tak proti vlivu deště a větru. Pelety budou do zásobníku dopravovány cisternou, na konci topné sezóny je možné pelety dosypat z pytle dvěma otvory po stranách. Pod zásobníkem, který je zavěšen na ocelové konstrukci, je vhodné vytvořit zpevněnou, ideálně betonovou, plochu. Správnou funkci zajišťuje Univerzální nádoba pro textilní zásobníky ATZ, která je na obrázku 44 v černém provedení. Obsahuje pneumatickou nasávací sondu a případně i redukci pro přímé zásobování kotle peletami za pomoci šnekového dopravníku. Není však součástí ceny zásobníku, je nutné ji dokoupit zvlášť. [53]



Obrázek 44 Textilní zásobník ATZ 7 [55]

Pro pohodlí investora je navrženo odpopelňovací zařízení a přídatný popelník o objemu 68 litrů. Díky tomu bude potřeba vybírat popel nejvýše jednou za dva týdny.



Obrázek 45 Odpopelňovací zařízení s přídatným popelníkem [56]

### Potřeba pelet

Pro výpočet potřeby se uvažovalo s peletami Premium Pellets – EN PLUS A1. Mají nízkou popelnatost a výhřevnost  $17,5 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Průměrem i délkou vyhovují požadavku hořáku. [57]

$$E = 51\,100 \text{ kWh/rok}$$

$$H = 17,5 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$$

$$\eta = 87 \%$$

$$O = 650 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$$

$$P = (51100 \cdot 3,6) / (17,5 \cdot 0,87) = \underline{12\,083 \text{ kg}}$$

$$V = 12083 / 650 = \underline{18,59 \text{ m}^3}$$

Potřeba pelet během sezóny je 12 083 kg, objem pelet je 18,59 m<sup>3</sup>. Vzhledem k objemu zásobníku 7,9 m<sup>3</sup> bude nutné doplnit silo třikrát za sezónu.

## B.5.2 Příprava teplé vody

Příprava teplé vody je zajištěna ohřívačem vody AQUA HP 250/2,2 kW o objemu 250 litrů. Jedná se o ohřívač vody s tepelným čerpadlem, které si bere energii z exteriérového vzduchu. Výkon tepelného čerpadla je 1,8 kW. Součástí ohřívače je i elektrické topné těleso s výkonem 2,2 kW. Vzduchotechnické potrubí o průměru 190 mm je vyvedeno na fasádu. Maximální délka pevného VZT potrubí je 20 m, což je v projektu splněno. Osová vzdálenost přívodního a odvodního potrubí musí být minimálně 500 mm, v projektu je navrženo 750 mm. Od tepelného čerpadla bude nutné zařídit odvod kondenzátu do kanalizačního sifonu. Technický list ohřívače je přílohou P11.



Obrázek 46 Ohřívač vody AQUA HP 250/2,2 KW [58]

## B.5.3 Návrh technické místnosti

### B.5.3.1 Návrh rozdělovače a sběrače

V technické místnosti bude kombinovaný rozdělovač a sběrač se třemi topnými větvemi. Každá větev bude zajišťovat vytápění jednoho podlaží podlahovým vytápěním. Dle výpočtu hmotnostního průtoku  $M$  je navržen vhodný výrobek. Vzhledem k tomu, že R+S slouží pouze pro vytápění, je vstupující hodnotou do výpočtu průtoku pouze tepelná ztráta  $Q_{TZ}$ .

$$Q_{TZ} = \underline{28,45 \text{ kW}}$$

$$M = Q / (1,163 \cdot \Delta t) = 28,45 / (1,163 \cdot (85 - 70)) = \underline{1,63 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}}$$

Dle výpočtu je navržen kombinovaný rozdělovač a sběrač ETL KOMBI pro 3 otopné okruhy s roztečí 250 mm a maximálním průtokem 10 m<sup>3</sup>·h<sup>-1</sup> s přívodem na kraji a první zpátečkou do spodní komory. Technický list R+S je přílohou P6.

### **B.5.3.2 Návrh akumulční nádoby**

Při návrhu akumulční nádoby pro kotle na tuhá paliva se uvažuje s 25 litry vody na 1 kW výkonu zdroje.

$$V_{AN} = 28,45 \cdot 25 = \underline{711,25 \text{ l}}$$

V technické místnosti bude instalována akumulční nádoba PS 800 N+ o objemu 804 litrů. To vyhovuje i podmínce výrobce, že minimální objem akumulční nádrže musí být 750 l. Technický list akumulční nádrže je přílohou P12. Pro správnou funkci a instalaci je nutné pořídit izolaci S-II pro PS 800 N+ a sadu příslušenství pro PSxx N+.

### **B.5.3.3 Návrh expanzní nádoby**

Velikost expanzní nádoby je hrubě odhadnuta na 15 % z množství otopné vody v systému. Výrobce Laddomatu 22 uvádí, že při uzavřené tlakové expanzi musí být objem EN 10 až 20 %. Na stranu bezpečnou je tedy voleno 15 %. Údaj slouží pro nacenění technické místnosti. [59]

V kapitole B.4.3.3. byl vypočítán objem vody v podlahovém vytápění.

Objem vody v podlahovém vytápění: 365,79 l

Objem vody v kotli: 91 l

Objem vody v R+S nebyl zjištěn.

Celkové množství vody v otopném soustavě: 456,79 l

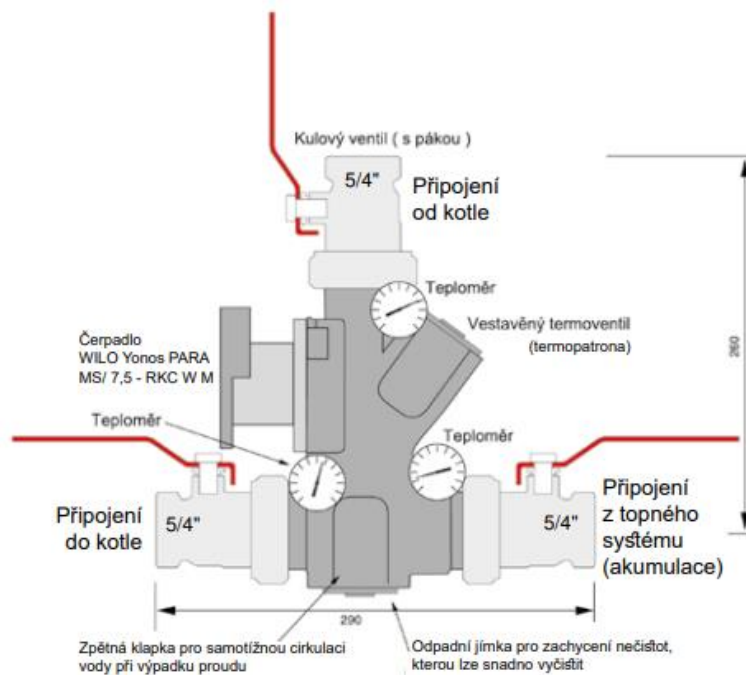
15 % z celkového množství vody v otopné soustavě: 68,52 l

Do technické místnosti bude navrhována expanzní nádoba REFLEX NG 80/6, jejíž technický list je přílohou P8.

### **B.5.3.4 Laddomat 22**

Z důvodu ochrany kotle proti korozi bude instalován Ladomat 22. Jeho funkcí je hlídat teplotu vratné vody do kotle, která nesmí být nižší, než 65 °C. Naopak výstupní teplota z kotle se musí pohybovat mezi 80 až 90 °C. Při nedodržení těchto teplot by došlo ke kondenzaci dehtů a kyselin, které ničí samotný kotel. Teplotní spád otopného systému je 85/70 °C, obě podmínky jsou tedy splněny. Technický list je přílohou P13. [59]

Tělo Laddomatu 22 tvoří litinové těleso. Součástí Laddomatu 22 je termoregulační ventil, oběhové čerpadlo, zpětná klapka, tři kulové ventily a tři teploměry. Schéma Laddomatu 22 je na obrázku 47.



Obrázek 47 Schéma Laddomatu 22 [53]

### B.5.3.5 Doplnování a úprava vody

Doplňování a úprava vody bude řešena Sestavou pro automatické doplňování a úpravu vody od firmy Reflex. Ta zahrnuje doplňovací jednotku Fillcontrol, změkčovací zařízení Fillsoft I a elektronický vodoměr Fillguard. Sestava je popsána v technickém listu P9. [50]

### B.5.3.6 Odkouření a komínové těleso

Pro zajištění odkouření je navržena sestava KIT určená právě pro kotle na pelety, které mají ventilátor, a proto vyžadují těsnění. Kouřovod vede ke komínovému průduchu a směrem k němu stoupá. Komín bude vyveden po fasádě. Jedná se o třísložkový nerezový komín. Průměr kouřovodu i komínu musí být minimálně 150 mm.

## B.5.4 Ekonomické hodnocení

V rámci ekonomického zhodnocení byly uvažovány náklady na vybavení technické místnosti a následné náklady na údržbu během jednoho roku. V poslední řadě byly vyčísleny náklady na energie za rok provozu.

### Pořizovací náklady

Ceny byly stanoveny k datu 12.12.2021.

Tabulka 15 Pořizovací náklady – varianta 2 [vlastní zpracování]

Číslo	Položka	m.j.	Počet m.j.	Cena za m.j. bez DPH	Cena celkem bez DPH
				[Kč]	[Kč]
1	Kotel na pelety D30P	ks	1	66 900	66 900
2	Hořák Atmos A45	ks	1	31 400	31 400
3	Šnekový dopravník hřídelový DRA50 o délce 1,7 m	ks	1	15 400	15 400
4	Pneumatická doprava pelet APS 250 s vyrovnávací nádrží o objemu 250 l	ks	1	38 600	38 600
5	Vyztužená antistatická hadice	m	12,5	252	3 150
6	Textilní zásobník na pelety ATZ 7, objem 7,9 m <sup>3</sup>	ks	1	40 900	40 900
7	Univerzální nádoba pro textilní zásobníky ATZ	ks	1	9 600	9 600
8	Odpopelňovací zařízení	ks	1	11 800	11 800
9	Přídavný popelník – střední, objem 68 l	ks	1	5 900	5 900
10	Expanzní nádoba NG 80/6	ks	1	1 966	1 966
11	Akumulační nádoba PS 800 N+	ks	1	17 770	17 770
12	Izolace pro PS 800 N+	ks	1	7 240	7 240
13	Sada příslušenství pro PSxx N+	ks	1	730	730
14	Rozdělovač + sběrač RS Kombi, délka 2000 mm	ks	1	6 010	6 010
15	Ohřívač vody s tepelným čerpadlem HP 250/2,2 kW	ks	1	44 023	44 023
16	Laddomat 22	ks	1	8 762	8 762
17	VZT potrubí k TČ	sada	1	1 480	1 480
18	Kouřovod	ks	1	495	495
19	Nerezový izolovaný komín + komínová izolovaná roura	sada	1	28 445	28 445
20	Sestava pro automatické dopňování a úpravu vody (Fillguard + Fillsoft I + + Fillcontrol)	sada	1	23 821	23 821

**Celkem bez DPH [Kč]: 364 352**

Pořizovací náklady technické místnosti jsou 364 352 Kč bez DPH.

## Servisní a revizní práce

V tabulce 16 jsou uvedeny ceny servisních a revizních prací.

Tabulka 16 Cena servisních a revizních prací – varianta 2 [vlastní zpracování]

Druh	Četnost	Cena bez DPH
Servisní prohlídka TM dle ČSN EN 15459-1	1 x za rok	1095
Vyčištění spalinové cesty	2 x za rok	500
Revize spalinové cesty	1x za rok	2000
Revize kotle na tuhá paliva	1x za 3 roky	1075

**Celkem cena za rok [Kč]: 4 460**

Cena servisních prací, údržby a revize těsnosti chladících okruhů byla stanovena na 4 460 Kč bez DPH.

## Náklady na energii

I přes instalaci tepelného čerpadla do objektu není možné využít tarifní sazbu pro tepelná čerpadla. Pro poskytnutí této sazby musí být objekt tepelným čerpadlem vytápěn. Elektřina bude tedy účtována dle tarifní sazby C02d. Cena byla určena dle tarifu dodavatele ČEZ, a.s. Ceník je přílohou P23. [51]

Cena za 1 MWh ve vysokém tarifu: **5 616,75 Kč**

Dodavatel uvádí na svých stránkách cenu za 1000 kg pelet 7 090 Kč. Minimální množství pro jeden odběr jsou 2 tuny pelet a doprava pelet je zdarma. Při doplnění zásobníku je potřeba více jak 5 tun pelet. Aby bylo možné porovnat náklady na energii, bylo nutné vypočítat, kolik množství pelet  $m_{pelet}$  je potřeba pro výkon 1 MWh.

$$m_{pelet} = (1000 \cdot 3,6) / (17,5 \cdot 0,87) = 236,45 \text{ kg}$$

Cena za 1MWh při ceně 7 090 Kč/1000 kg pelet: **1 676,45 Kč**

Tabulka 17 Náklady na provoz – varianta 2 [vlastní zpracování]

		Vytápění		Příprava teplé vody		Osvětlení		Celkem	
		MWh /rok	tis. Kč/rok	MWh /rok	tis. Kč/rok	MWh /rok	tis. Kč/rok	MWh /rok	tis. Kč/rok
Paliva	Elektřina VT	20,80	116,828	14,60	82,005	5,24	29,432	40,64	228,265
	Dřevěné peletky	51,10	85,667	0,00	0,000	0,00	0,000	51,10	85,667
Energie okolního prostředí	Energie okolního prostředí	0,00	0,000	27,10	0,000	0,00	0,000	27,10	0,000

**Celkem [tis. Kč/rok]: 313,931**

Celkové náklady na energii za jeden rok jsou 313 931 Kč bez DPH.

## B.5.5 Ekologické hodnocení

Pro vyhodnocení ekologického dopadu tepelného čerpadla bylo použito emisních faktorů pro elektrickou energii dle vyhlášky č. 141/2021 Sb., přílohy 4. Hodnoty emisních faktorů pro dřevěné palety vycházejí z Věstníku Ministerstva životního prostředí. [60]

Tabulka 18 Ekologické hodnocení – varianta 2 [vlastní zpracování]

Varianta 2 - Dřevěné palety	Znečišťující látka	Energonositel					Celkem	
		Elektřina			Dřevěné palety			
		Emisní faktor	Dodaná energie	Měrná emise	Emisní faktor	Dodaná energie		Měrná emise
		[kg/MWh]	[MWh/rok]	[t/rok]	[kg/t]	[t/rok]		[t/rok]
	TZL	0,03680	40,64	0,00150	0,26400	12,083	0,00319	0,00469
	PM <sub>10</sub>	0,00000		0,00000	0,26347		0,00318	0,00318
	PM <sub>2,5</sub>	0,02208		0,00090	0,26083		0,00315	0,00405
	SO <sub>2</sub>	0,84124		0,03419	0,16000		0,00193	0,03612
	NO <sub>x</sub>	0,56764		0,02307	1,49000		0,01800	0,04107
	NH <sub>3</sub>	0,00000		0,00000	0,00000		0,00000	0,00000
	VOC	0,00249		0,00010	0,35500		0,00429	0,00439
	CO <sub>2</sub>	1012		41,12768	0,00000		0,00000	41,12768

## B.6 VARIANTA 3 – PLYNOVÝ KONDENZAČNÍ KOTEL

Třetí varianta se zabývá návrhem plynového kondenzačního kotle jako zdroje pro vytápění a přípravu teplé vody. Otopná voda ve spádu 75/50 °C proudí přes HVDT do kombinovaného rozdělovače a sběrače o čtyřech větvích. Tři z nich slouží pro podlahové vytápění, každá z nich obsluhuje jedno podlaží. Čtvrtá větev je pro TV. Studená voda je do technické místnosti přiváděna do velkého zásobníku, kde se předeřeje teplonosnou látkou ze solární soustavy. Z velkého zásobníku odtéká předeřátá voda do menšího zásobníku, kde je otopnou vodou z PKK ohřata na požadovanou teplotu 55 °C.

### B.6.1 Návrh zdroje tepla

#### B.6.1.1 Postup návrhu zdroje tepla

Při návrhu zdroje tepla bereme v úvahu výkon v kW potřebný pro pokrytí tepelných ztrát  $Q_{VYT}$ , výkon pro ohřev TV  $Q_{TV}$ , výkon pro VZT jednotky  $Q_{VZT}$  a případně výkon technologií  $Q_{TECH}$ .

Výkon technické místnosti  $Q_{TM}$  [kW]

$$Q_{TM} = \max\{Q_{PRIP,I}; Q_{PRIP,II}\}$$

$Q_{TM}$  – výkon technické místnosti [kW]

$Q_{PRIP,I}$  – výkon technické místnosti, varianta 1

$$Q_{PRIP,I} = 0,7 \cdot Q_{VYT} + 0,7 \cdot Q_{VZT} + Q_{TV}$$

$Q_{PRIP,II}$  – výkon technické místnosti, varianta 2

$$Q_{PRIP,II} = Q_{VYT} + Q_{VZT} (+Q_{TECH}) \quad [44]$$

#### B.6.1.2 Návrh zdroje tepla

Plynový kondenzační kotel bude sloužit pro vytápění a pro přípravu teplé vody.

$$Q_{VYT} = \underline{28,45 \text{ kW}}$$

$$Q_{TV} = \underline{17,24 \text{ kW}}$$

$$Q_{PRIP,I} = 0,7 \cdot 28,45 + 0,7 \cdot 0 + 17,24 = \underline{37,16 \text{ kW}}$$

$$Q_{PRIP,II} = 28,45 + 0 = \underline{28,45 \text{ kW}}$$

$$Q_{TM} = \max\{37,16; 28,45\} = \underline{37,16 \text{ kW}}$$

Navrhuji plynový kondenzační kotel BRÖTJE WGB EVO 38i s výkonem 9-38 kW. Technický list kotle je přílohou P14. PKK je na obrázku 48.



Obrázek 48 Plynový kondenzační kotel BRÖTJE WGB EVO 38i [61]

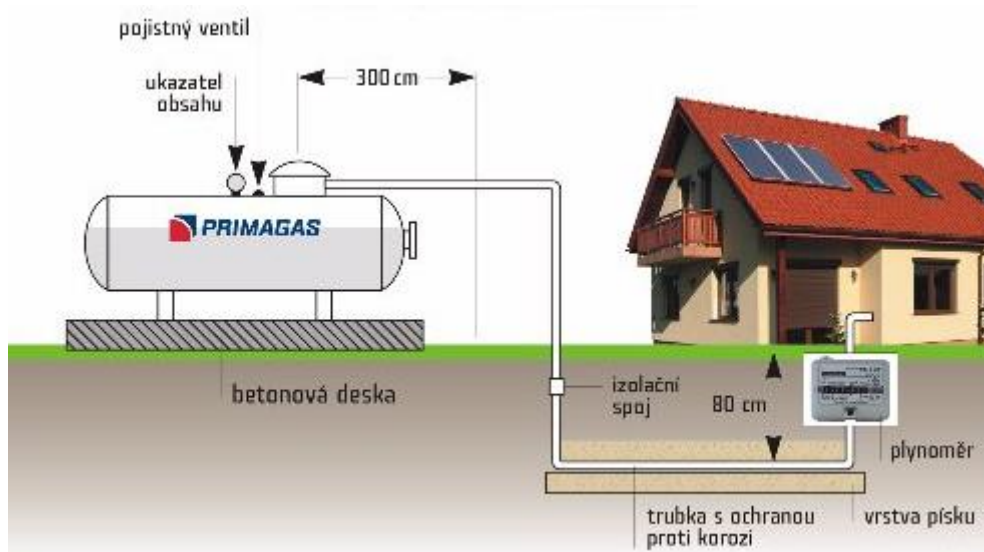
Po prohlédnutí technické infrastruktury obce Bílá bylo zjištěno, že obec není plynofikována. Z tohoto důvodu bude nutné uvažovat s instalací plynového zásobníku LPG. [62]

### B.6.1.3 LPG ocelový zásobník

Potřeba energie pro objekt je 75,4 MWh/rok. Dodavatel plynu na svých webových stránkách uvádí, že 13 kWh odpovídá 1 kg plynu. Pro určení velikosti zásobníku je nutné spočítat kolik kg LPG  $V_{LPG}$  je potřeba pro jeden rok. [63]

$$V_{LPG} = 75400/13 = \underline{5\,800\text{ kg}}$$

Pro jeden rok provozu bude potřeba 5 800 kg plynu LPG. Bude tedy instalován nadzemní zásobník PRIMAGAS s kapacitou 2,1 tuny plynu. Ten bude muset být třikrát ročně doplněn. Doprava plynu je, stejně jako zapůjčení zásobníku, zdarma. V rámci ceny plynu je i revize a servis zásobníku. Zásobník je dodavatelem dálkově sledován a investor bude na klesající hladinu plynu dopředu upozorněn. [64]



Obrázek 49 Schéma uložení zásobníku [65]

Zásobník musí být uložen na betonovém základu a umístěn v dostatečné vzdálenosti od okolních objektů. Při vedení plynového potrubí vodorovně pod zemí musí potrubí vést po vrstvě písku a být uloženo v nezámrzné hloubce, nejméně 80 cm pod terémem.

### B.6.2 Příprava teplé vody

V objektu je navržen smíšený ohřev teplé vody, pro který je potřeba zásobník o objemu  $0,183 \text{ m}^3$  s výkonem ohřevu  $17,24 \text{ kW}$ . Potřebná teplosměnná plocha výměníku je  $2,69 \text{ m}^2$ .

Pro smíšený ohřev teplé vody je navržen nepřímotopný stacionární zásobník OKC NTR 400 NTRR/BP o objemu  $0,363 \text{ m}^3$  a teplosměnnou plochou horního výměníku  $1 \text{ m}^2$  a spodního výměníku  $2 \text{ m}^2$ . Výkon výměníků je  $26$  a  $58 \text{ kW}$ . Technický list zásobníku je přílohou P15.



Obrázek 51 Nepřímotopný akumulční zásobník OKC NTRR 400/BP [66]



Obrázek 50 Zásobník RBC 1500 [67]

Pro podporu ohřevu teplé vody je v návrhu uvažováno se solární soustavou. Pro ni bude sloužit zásobník RBC 1500 s objemem  $1,492 \text{ m}^3$ , plochou výměníku  $4,2 \text{ m}^2$  a výkonem  $136,2 \text{ kW}$ . Technický list zásobníku je přílohou P16.

#### B.6.2.1 Solární systém

V zásobníku RBC 1500 dojde k předehřevu teplé vody solárním systémem. Jsou navrženy dva druhy kolektorů. Technické listy kolektorů jsou přílohou P17. Teplonosnou látkou je kapalina SOLARheat PLUS. Její fyzikální a chemické vlastnosti jsou přílohou P18. Nucený oběh kapaliny zajišťuje solární čerpadlová skupina CSE SOL W P, jehož technický list je přílohou P21.

Prvním je typ CosmoSOL 8253 s optickou účinností  $78 \%$  a plochou apertury  $2,402 \text{ m}^2$ . Tyto panely budou umístěny na šikmé střeše se sklonem  $40^\circ$  a orientací přímo na jih. Druhým typem kolektorů, umístěných na vikýři, je

CosmoSOL 8203 s optickou účinností 79,4 % a plochou apertury 1,926 m<sup>2</sup>. Kolektory jsou ve sklonu 5° a orientovány na jih.



Obrázek 52 Solární kolektor CosmoSOL 8253 [68]

## B.6.2.2 Účinnost solárního kolektoru

### B.6.2.2.1 Postup výpočtu účinnosti solárního kolektoru

Vstupními údaji jsou **střední teplota v době slunečního svitu**  $t_{es}$  [°C] a **střední intenzita slunečního záření**  $G_{t,stř}$  [W·m<sup>-2</sup>].

Účinnost kolektoru pro daný měsíc  $\eta_k$  [%]

$$\eta_k = \eta_0 - a_1 \cdot \frac{t_m - t_e}{G_{t,stř}} - a_2 \cdot \frac{(t_m - t_e)^2}{G_{t,stř}}$$

$\eta_k$  – účinnost kolektoru pro daný měsíc [%]

$\eta_0$  – účinnost kolektoru uvedená výrobcem [%]

$a_1$  – koeficient tepelné ztráty [W·m<sup>-2</sup>·K<sup>-1</sup>]

$t_m$  – průměrná teplota TV [°C]

$t_e$  – výpočtová venkovní teplota [°C]

$a_2$  – koeficient tepelné ztráty [W·m<sup>-2</sup>·K<sup>-1</sup>] [44]

### B.6.2.2.2 Výpočet účinnosti solárního kolektoru

Pro návrh účinnosti solárního kolektoru byly použity údaje z Topenářské příručky. Objekt se nachází v horské oblasti. Přímou pro danou lokalitu nejsou hodnoty v příručce uvedeny, posloužily tedy hodnoty pro město Brno. [69]

#### B.6.2.2.2.1 Výpočet účinnosti solárních kolektorů CosmoSOL 8253

Jedná se o kolektory se sklonem 40°. Průměrná teplota teplé vody je 40 °C.

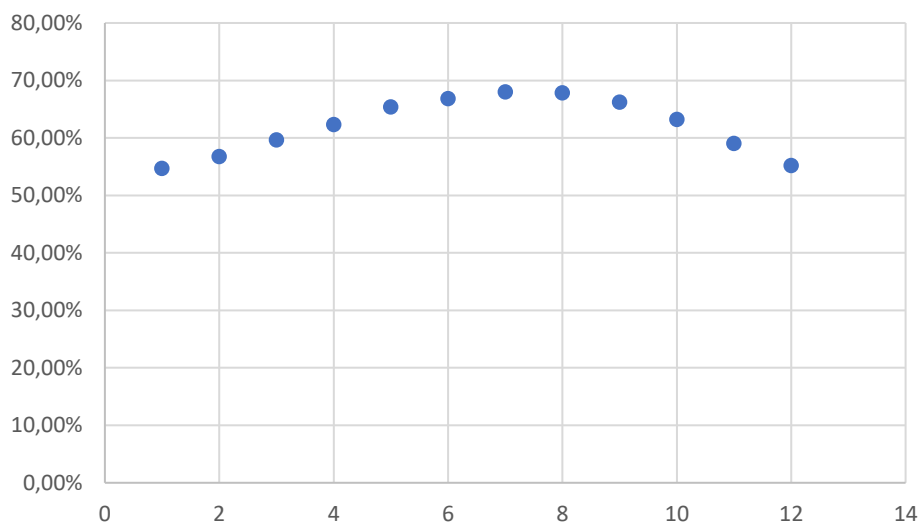
$\eta_0 = 78 \%$

$a_1 = 3,123 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$

$a_2 = 0,019 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$

Tabulka 19 Účinnost solárního kolektoru CosmoSOL 8253 během roku [vlastní zpracování]

měsíc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$t_{es}$	1,7	2,8	7	12	17,2	20,2	22,1	21,8	18,5	13,1	7,7	3,5
$G_{t, stř}$	634	672	675	655	643	623	623	624	647	663	638	611
$\eta$	54,74%	56,80%	59,67%	62,38%	65,39%	66,88%	68,05%	67,88%	66,26%	63,26%	59,08%	55,20%



Obrázek 53 Účinnost kolektoru CosmoSOL 8253 [vlastní zpracování]

#### B.6.2.2.2 Výpočet účinnosti solárních kolektorů CosmoSOL 8203

Jedná se o kolektory se sklonem 5°. Průměrná teplota teplé vody je 40 °C.

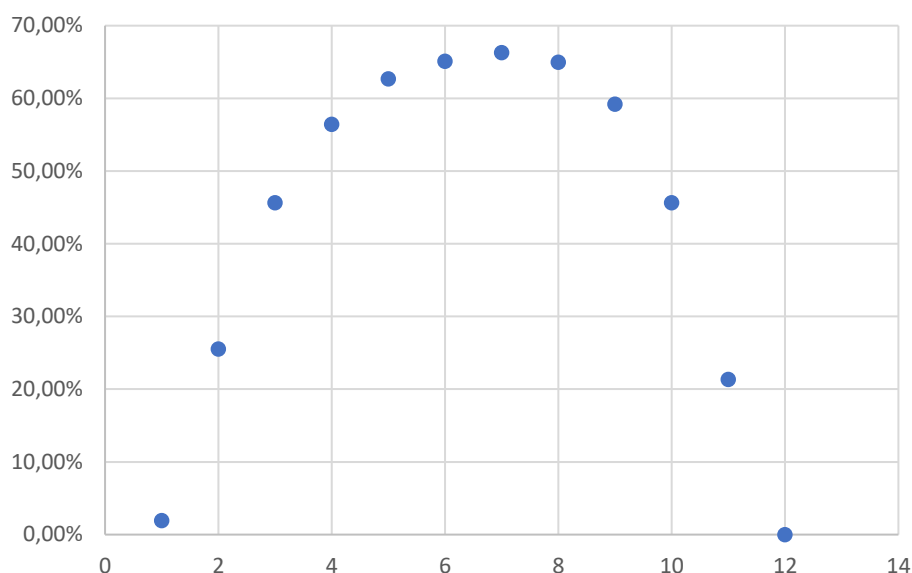
$$\eta_0 = 79,4 \%$$

$$a_1 = 4,164 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$a_2 = 0,008 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$$

Tabulka 20 Účinnost solárního kolektoru CosmoSOL 8205 během roku [vlastní zpracování]

měsíc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$t_{es}$	1,7	2,8	7	12	17,2	20,2	22,1	21,8	18,5	13,1	7,7	3,5
$G_{t, stř}$	221	308	433	535	593	599	589	543	462	349	246	193
$\eta$	1,93%	25,51%	45,65%	56,43%	62,69%	65,11%	66,31%	64,96%	59,22%	45,65%	21,33%	0,00 %



Obrázek 54 Účinnost kolektoru CosmoSOL 8203 [vlastní zpracování]

### B.6.2.3 Návrh solárního kolektoru

#### B.6.2.3.1 Postup návrhu solárních kolektorů

Vstupními údaji pro návrh solárního systému jsou **možná dávka difúzního záření**  $H_{t,den,dif}$  [ $\text{kWh}\cdot\text{m}^{-2}$ ], **teoreticky možná dávka ozáření**  $H_{t,den,teor}$  [ $\text{kWh}\cdot\text{m}^{-2}$ ], **poměrná doba slunečního svitu**  $\tau$  [-] a **účinnost kolektoru pro daný měsíc**  $\eta_k$  [%].

**Denní dávka ozáření na plochu**  $H_{t,den}$  [ $\text{kWh}\cdot\text{m}^{-2}$ ]

$$H_{t,den} = \tau \cdot H_{t,den,teor} + (1 - \tau) \cdot H_{t,den,dif}$$

$H_{t,den}$  – denní dávka ozáření na plochu [ $\text{kWh}\cdot\text{m}^{-2}$ ]

**Denní měrný tepelný zisk**  $q_k$  [ $\text{kWh}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{den}^{-1}$ ]

$$q_k = \eta_k \cdot H_{t,den}$$

$q_k$  – denní měrný tepelný zisk [ $\text{kWh}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{den}^{-1}$ ]

**Energie potřebná za den**  $E_{den}$  [kWh]

$$E_{den} = 1,163 \cdot V \cdot (t_{TV} - t_w) \cdot (1 + z)$$

$E_{den}$  – energie potřebná za den [kWh]

$V_{2P}$  – potřeba teplé vody za den [ $\text{m}^3$ ]

$t_{TV}$  – teplota teplé vody [ $^{\circ}\text{C}$ ]

$t_w$  – teplota studené vody [ $^{\circ}\text{C}$ ]

$z$  – koeficient ztráty = 0,3 [-]

**Energie potřebná za měsíc**  $E_{měsíc}$  [kWh]

$$E_{měsíc} = E_{den} \cdot n$$

$E_{měsíc}$  – energie potřebná za měsíc [kWh]

$n$  – počet dní v měsíci [-]

**Aperturní plocha  $A_k$  [m<sup>2</sup>]**

$$A_k = \frac{(1 + p) \cdot V_{2p}}{q_k}$$

$A_k$  – aperturní plocha [m<sup>2</sup>]

$p$  – ztráta, volíme = 0,1 [-]

**Počet kolektorů  $P_k$  [ks]**

$$P_k = \frac{A_k}{A_{1ks}}$$

$P_k$  – počet kolektorů [ks]

$A_{1ks}$  – aperturní plocha jednoho kolektoru [m<sup>2</sup>]

**Skutečná aperturní plocha  $A_{ks}$  [m<sup>2</sup>]**

$$A_{ks} = A_{1ks} \cdot P_k$$

$A_{ks}$  – skutečná apertutní plocha [m<sup>2</sup>]

**Střední teplota absorbéru  $t_{k,m}$  [°C]**

$$t_{k,m} = 25 + 11000 \cdot \frac{A_k}{Q_{pc}}$$

$t_{k,m}$  – střední teplota absorbéru [°C]

$Q_{pc}$  – roční potřeba tepla, součet energie potřebné za všechny měsíce [kWh]

**Ztráty solární soustavy  $p_s$  [-]**

$$p_s = \frac{0,26}{A_k} + 100 \cdot \frac{A_k}{Q_{pc}}$$

$p_s$  – ztráty solární soustavy [-]

**Měsíční teoretický využitelný tepelný zisk kolektorové plochy  $Q_{k,u}$  [kWh]**

$$Q_{k,u} = 0,9 \cdot \eta_k \cdot n \cdot H_{T,den} \cdot A_{ks} \cdot (1 - p)$$

$Q_{k,u}$  – měsíční teoretický využitelný tepelný zisk kolektorové plochy [kWh]

**Využitelné tepelné zisky solární soustavy  $Q_{ss,u}$  [kWh]**

$$Q_{ss,u} = \min(Q_{k,u}; Q_{pc})$$

$Q_{ss,u}$  – využitelné tepelné zisky solární soustavy [kWh]

**Solární pokrytí  $f$  [%]**

$$f = 100 \cdot \frac{\sum_1^{12} Q_{ss,u}}{\sum_1^{12} Q_{pc}}$$

$f$  – solární pokrytí [%] [44]

### **B.6.2.3.2 Návrh solárních kolektorů**

V tabulkách 21 a 22 je proveden návrh solárních kolektorů dle typu a sklonu. V tabulce 23 v kapitole B.6.2.3.3 jsou pak návrhy sloučeny a jsou vypočítány celkové využitelné tepelné zisky.

### B.6.2.3.2.1 Návrh solárních kolektorů CosmoSOL 8253

Tabulka 21 Návrh solárních kolektorů CosmoSOL 8253 [vlastní zpracování]

		leden	únor	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	říjen	listopad	prosinec
počet dnů v měsíci	n	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
možná dávka difúzního ozáření	$H_{t,den,dif}$	0,31	0,44	0,66	0,87	1,06	1,22	1,18	1,04	0,8	0,54	0,36	0,27
možná dávka teoretického ozáření	$H_{t,den,teor}$	5,34	6,58	7,92	8,9	9,8	10,01	9,75	8,89	8,03	6,96	5,66	4,86
poměrná doba slunečního svitu	$\tau$	0,18	0,31	0,38	0,39	0,48	0,53	0,56	0,53	0,50	0,37	0,23	0,12
účinnost [%]	$\eta$	54,74	56,80	59,67	62,38	65,39	66,88	68,05	67,88	66,26	63,26	59,08	55,20
denní dávka na plochu	$H_{t,den}$	1,22	2,34	3,42	4,00	5,26	5,88	5,98	5,20	4,42	2,92	1,58	0,82
denní měrný tepelný zisk	$q_k$	0,665	1,331	2,040	2,496	3,436	3,932	4,069	3,530	2,926	1,844	0,933	0,453
energie za den	$E_{den}$	159,12	159,12	159,12	159,12	159,12	159,12	159,12	159,12	159,12	159,12	159,12	159,12
energie za měsíc	$E_{m\acute{e}síc}$	4932,72	4455,36	4932,72	4773,6	4932,72	4773,6	4932,72	4932,72	4773,6	4932,72	4773,6	4932,72
aperturní plocha	$A_k$	263,09	131,50	85,80	70,12	50,93	44,52	43,02	49,58	59,83	94,91	187,62	386,31
počet kolektorů	$P_k$	109,53	54,75	35,72	29,19	21,21	18,53	17,91	20,64	24,91	39,51	78,11	160,83
počet potřebných ks		110	55	36	30	22	19	18	21	25	40	79	161
počet ks na střeše	$P_{ks}$	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
počet bloků		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
skutečná aperturní plocha	$A_{ks}$	28,824	28,824	28,824	28,824	28,824	28,824	28,824	28,824	28,824	28,824	28,824	28,824
Bilance solárního systému													
střední teplota absorberu	$t_{k,m}$	30,46	30,46	30,46	30,46	30,46	30,46	30,46	30,46	30,46	30,46	30,46	30,46
účinnost kolektorů	$\eta_k$	54,74	56,80	59,67	62,38	65,39	66,88	68,05	67,88	66,26	63,26	59,08	55,20
ztráty solární soustavy	$p_s$	0,45	0,23	0,15	0,12	0,09	0,08	0,08	0,09	0,11	0,17	0,32	0,67
měsíční teoretický využitelný tepelný zisk	$Q_{k,u}$	292,13	746,00	1393,12	1700,83	2507,04	2807,36	3009,98	2581,73	2032,40	1236,62	490,49	121,77
rozdíl vyrobené a potřebné energie		4640,59	3709,36	3539,60	3072,77	2425,68	1966,24	1922,74	2350,99	2741,20	3696,10	4283,11	4810,95
využitelné tepelné zisky	$Q_{ss,u}$	<b>292,13</b>	<b>746,00</b>	<b>1393,12</b>	<b>1700,83</b>	<b>2507,04</b>	<b>2807,36</b>	<b>3009,98</b>	<b>2581,73</b>	<b>2032,40</b>	<b>1236,62</b>	<b>490,49</b>	<b>121,77</b>
solární pokrytí	f	32,58	32,58	32,58	32,58	32,58	32,58	32,58	32,58	32,58	32,58	32,58	32,58

### B.6.2.3.2 Návrh solárních kolektorů CosmoSQL 8203

Tabulka 22 Návrh solárních kolektorů CosmoSQL 8203 [vlastní zpracování]

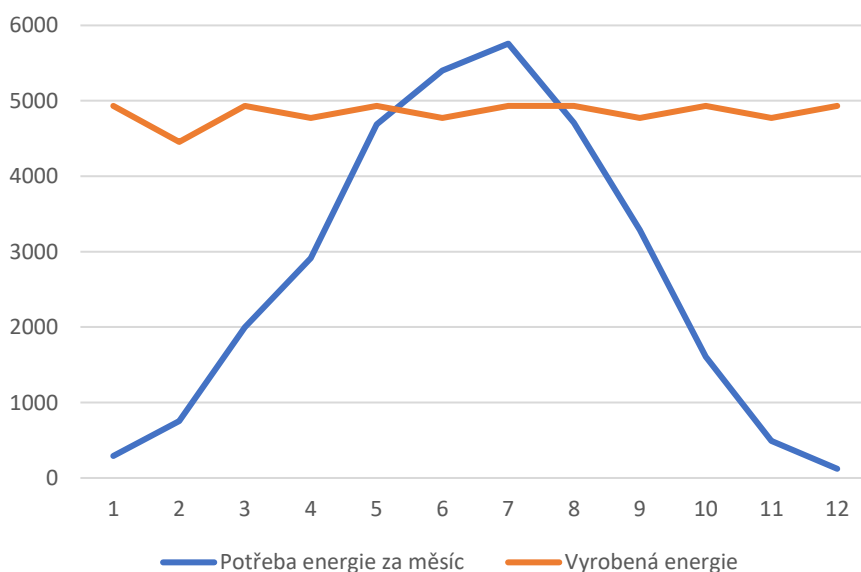
		leden	únor	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	říjen	listopad	prosinec
počet dnů v měsíci	n	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
možná dávka difúzního ozáření	$H_{t,den,dif}$	0,29	0,41	0,6	0,77	0,93	1,1	1,07	0,96	0,74	0,5	0,34	0,26
možná dávka teoretického ozáření	$H_{t,den,teor}$	1,87	3,03	5,09	7,28	9,05	9,62	9,23	7,74	5,75	3,68	2,19	1,53
poměrná doba slunečního svitu	$\tau$	0,18	0,31	0,38	0,39	0,48	0,53	0,56	0,53	0,50	0,37	0,23	0,12
účinnost [%]	$\eta$	1,93	25,51	45,65	56,43	62,69	65,11	66,31	64,96	59,22	45,65	21,33	-4,87
denní dávka na plochu	$H_{t,den}$	0,57	1,22	2,31	3,31	4,83	5,62	5,64	4,55	3,25	1,68	0,77	0,41
denní měrný tepelný zisk	$q_k$	0,011	0,312	1,053	1,867	3,026	3,656	3,740	2,958	1,922	0,765	0,163	-0,020
energie za den	$E_{den}$	159,12	159,12	159,12	159,12	159,12	159,12	159,12	159,12	159,12	159,12	159,12	159,12
energie za měsíc	$E_{m\acute{e}síc}$	4932,72	4455,36	4932,72	4773,6	4932,72	4773,6	4932,72	4932,72	4773,6	4932,72	4773,6	4932,72
aperturní plocha	$A_k$	15816,93	561,32	166,25	93,73	57,84	47,87	46,80	59,18	91,08	228,71	1071,79	-8712,36
počet kolektorů	$P_k$	6584,90	233,69	69,21	39,02	24,08	19,93	19,49	24,64	37,92	95,22	446,21	-3627,13
počet potřebných ks		6585	234	70	40	25	20	20	25	38	96	447	-3627
počet ks na střeše	$P_{ks}$	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
počet bloků		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
skutečná aperturní plocha	$A_{ks}$	28,824	28,824	28,824	28,824	28,824	28,824	28,824	28,824	28,824	28,824	28,824	28,824
Bilance solárního systému													
střední teplota absorberu	$t_{k,m}$	30,46	30,46	30,46	30,46	30,46	30,46	30,46	30,46	30,46	30,46	30,46	30,46
účinnost kolektorů	$\eta_k$	1,93	25,51	45,65	56,43	62,69	65,11	66,31	64,96	59,22	45,65	21,33	0,00
ztráty solární soustavy	$p_s$	27,23	0,97	0,29	0,16	0,10	0,09	0,09	0,11	0,16	0,39	1,85	-15,00
měsíční teoretický využitelný tepelný zisk	$Q_{k,u}$	-233,46	7,49	603,01	1214,71	2180,47	2595,62	2748,31	2125,72	1256,78	372,39	-107,48	0,00
rozdíl vyrobené a potřebné energie		5166,18	4447,87	4329,71	3558,89	2752,25	2177,98	2184,41	2807,00	3516,82	4560,33	4881,08	4932,72
využitelné tepelné zisky	$Q_{ss,u}$	<b>0,00</b>	<b>7,49</b>	<b>603,01</b>	<b>1214,71</b>	<b>2180,47</b>	<b>2595,62</b>	<b>2748,31</b>	<b>2125,72</b>	<b>1256,78</b>	<b>372,39</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
solární pokrytí	f	22,56	22,56	22,56	22,56	22,56	22,56	22,56	22,56	22,56	22,56	22,56	22,56

### B.6.2.3.3 Sloučení návrhů

Tabulka 23 obsahuje výsledný měsíční teoretický využitelný tepelný zisk. Těchto hodnot bylo dosaženo instalací 12 kusů solárních kolektorů CosmoSOL 8253 a stejného počtu solárních kolektorů CosmoSOL 8203. Oba typy kolektorů mohou být instalovány v blocích po šesti kusech. Na šikmé střeše i vikýři tak budou instalovány vždy dva bloky.

Tabulka 23 Využití solární energie [vlastní zpracování]

		leden	únor	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	říjen	listopad	prosinec
CosmoSOL 8253, 45°	Q <sub>ku</sub>	292,13	746,00	1393,12	1700,83	2507,04	2807,36	3009,98	2581,73	2032,40	1236,62	490,49	121,77
CosmoSOL 8203, 0°	Q <sub>ku</sub>	0,00	7,49	603,01	1214,71	2180,47	2595,62	2748,31	2125,72	1256,78	372,39	0,00	0,00
Měsíční teoretický využitelný tepelný zisk	Σ Q <sub>ku</sub>	<b>292,13</b>	<b>753,49</b>	<b>1996,13</b>	<b>2915,53</b>	<b>4687,51</b>	<b>5402,98</b>	<b>5758,29</b>	<b>4707,46</b>	<b>3289,18</b>	<b>1609,01</b>	<b>490,49</b>	<b>121,77</b>
Potřeba energie	E <sub>měsíc</sub>	4932,72	4455,36	4932,72	4773,6	4932,72	4773,6	4932,72	4932,72	4773,6	4932,72	4773,6	4932,72
Rozdíl		4640,59	3701,87	2936,59	1858,07	245,21	-629,38	-825,57	225,26	1484,42	3323,71	4283,11	4810,95



Obrázek 55 Využití solární energie [vlastní zpracování]

Z grafu na obrázku 55 je možné vyčíst, že v červnu a červenci bude možné teplou vodu připravovat pouze za pomoci solárního systému. Po zbytek roku bude solární systém teplou vodu pouze předehřívat.

## B.6.3 Návrh technické místnosti

### B.6.3.1 Návrh rozdělovače a sběrače

V technické místnosti bude kombinovaný rozdělovač a sběrač se čtyřmi topnými větvemi. Tři větve budou obsluhovat podlahové vytápění, pro každé podlaží je určena jedna větev. Čtvrtá větev slouží pro přípravu teplé vody. Součtem potřebného výkonu pro tepelnou ztrátu a potřebného výkonu pro ohřev TV se určí celkový výkon  $Q_{RS}$ , ze kterého se vypočítá hmotnostní průtok  $M$ , dle kterého se navrhne R+S.

$$Q_{TZ} = \underline{28,45 \text{ kW}}$$

$$Q_{TV} = \underline{17,24 \text{ kW}}$$

$$Q_{RS} = 28,45 + 17,24 = \underline{45,69 \text{ kW}}$$

$$M = Q / (1,163 \cdot \Delta t) = 45,59 / (1,163 \cdot (75 - 50)) = \underline{1,56 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}}$$

Dle výpočtu je navržen kombinovaný rozdělovač a sběrač ETL KOMBI pro 4 otopné okruhy s roztečí 250 mm a maximálním průtokem  $15 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  s přívodem na kraji a první zpátečkou do spodní komory. Technický list R+S je přílohou P6.

### **B.6.3.2 Návrh HVDT**

Aby byla zajištěna správná funkce HVDT je potřeba jeho objem  $V_{HVDT}$  zvětšit o 5 až 10 % oproti průtoku otopnou soustavou.

$$V_{HVDT} = 1,56 \cdot 1,05 = 1,65 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

Navrhuji HVDT 24B s maximálním průtokem  $1,8 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ . Technický list je přílohou P19.

### **B.6.3.3 Návrh expanzní nádoby**

Velikost expanzní nádoby je hrubě odhadnuta na 10 % z množství otopné vody v systému. Údaj slouží pro nacenění technické místnosti.

V kapitole B.4.3.3. byl vypočítán objem vody v podlahovém vytápění.

Objem vody v podlahovém vytápění: 365,79 l

Objem vody zásobníku OKC 400 NTRR/BP: 21,00 l

Obsah kotlové vody: 3,50 l

Objem v HVDT: 2,90 l

Objem vody v R+S nebyl zjištěn.

Celkové množství vody v otopném soustavě: 419,19 l

10 % z celkového množství vody v otopné soustavě: 41,92 l

Do technické místnosti bude navržena expanzní nádoba REFLEX NG 50/6, jejíž technický list je přílohou P8.

### **B.6.3.4 Návrh solární expanzní nádoby**

Údaj slouží pro nacenění technické místnosti. Odhad objemu teplotnosné látky byl stanoven dvounásobkem množství vody v solárních kolektorech.

Objem vody v solárních kolektorech: 37,2 l

Objem výměníku zásobníku RBC 1500: 26,00 l

Odhad objemu teplotnosné kapaliny v potrubí: 74,4 l

Celkové množství vody v solárním systému: 137,6 l

Do technické místnosti bude navržena expanzní nádoba REFLEX S 140/10, jejíž technický list je přílohou P20.

### **B.6.3.5 Neutralizační box**

Odvod kondenzátu z kotle bude do kanalizace odváděn ve spádu 3 %. Před vypuštěním do kanalizace dojde ke zneutralizování kondenzátu v neutralizačním boxu NEUTRAKON 100/70, jehož technický list je přílohou P22.

#### **B.6.3.6 Odkouření a komínové těleso**

Instalovaný plynový kondenzační kotel je spotřebičem typu C, není proto nutné zajistit specifické požadavky na přívod vzduchu, objem prostoru nebo větrání. Přívod spalovacího vzduchu a odtah spalin bude řešen koaxiálním potrubím DN80/125.

#### **B.6.3.7 Doplnování a úprava vody**

Doplnování a úprava vody bude řešena Sestavou pro automatické doplňování a úpravu vody od firmy Reflex. Ta zahrnuje doplňovací jednotku Fillcontrol, změkčovací zařízení Fillsoft I a elektronický vodoměr Fillguard. Sestava je popsána v technickém listu P9. [50]

## B.6.4 Ekonomické hodnocení

V rámci ekonomického zhodnocení byly uvažovány náklady na vybavení technické místnosti a následné náklady na údržbu během jednoho roku. V poslední řadě byly vyčísleny náklady na energie za rok provozu.

### Pořizovací náklady

Ceny byly stanoveny k datu 12.12.2021.

Tabulka 24 Pořizovací náklady – varianta 3 [vlastní zpracování]

Číslo	Položka	m.j.	Počet m.j.	Cena za m.j. bez DPH	Cena celkem bez DPH
				[Kč]	[Kč]
1	Brötje WGB EVO 38i	ks	1	68 108	68 108
2	HVDT ETL 24B	ks	1	5 297	5 297
3	Expanzní nádoba Reflex N 50/6	ks	1	1 926	1 926
4	Neutralizační jednotka Neutrakon, 4,1 kg	ks	1	3 461	3 461
5	Rozdělovač + sběrač RS Kombi, délka 2500 mm	ks	1	7 630	7 630
6	Zásobník OKC 400 NTRR/BP	ks	1	26 509	26 509
7	Zásobník RBC 1500	ks	1	120 700	120 700
8	Čerpadlová skupina CSE SOL W P	ks	1	8 200	8 200
9	Expanzní nádoba Reflex S 140/10	ks	1	5 650	5 650
10	Solární panel COSMOSOL 8253	ks	12	13 464	161 568
11	Solární panel COSMOSOL 8203	ks	12	11 511	138 132
12	Koaxiální odkouření 80/125 mm Brilon (1x koleno s kontrolním otvorem, trubka 1000 mm, trubka 500 mm)	sada	1	2 210	2 210
13	Sestava pro automatické dopňování a úpravu vody (Fillguard + Fillsoft I + +Fillcontrol)	sada	1	23 821	23 821
14	Koaxiální odkouření DN80/125	sada	1	25 370	25 370

**Celkem bez DPH [Kč]: 598 580**

Pořizovací náklady technické místnosti jsou 598 580 Kč bez DPH.

## Servisní a revizní práce

V tabulce 25 jsou uvedeny ceny servisních a revizních prací.

Tabulka 25 Cena servisních a revizních prací – varianta 3 [vlastní zpracování]

Druh	Četnost	Cena bez DPH
Servisní prohlídka TM dle ČSN EN 15459-1	1 x za rok	2 315
Vyčištění spalinové cesty	2 x za rok	500
Revize spalinové cesty	1x za rok	2 000
Revize kotle na plynná paliva	1x za 3 roky	2 400

**Celkem cena za rok [Kč]: 6 115**

Cena servisních prací, údržby a revize spalinové cesty a kotle byla stanovena na 6 115 Kč bez DPH.

## Náklady na energie

Cena elektrické energie je stanovena podle tarifní sazby C02d dodavatele ČEZ, a.s. Ceník je přílohou P23. [50]

Cena za 1 MWh ve vysokém tarifu: **5 616,75 Kč**

Ceny plynu se udávají v Kč/m<sup>3</sup>, proto je nutné vypočtené MWh nejprve převést do kil zkapalněného LPG. Dle webových stránek dodavatele se 1 kg zkapalněného LPG rovná 13 kWh elektrické energie. Množství v kilech je následně potřeba vynásobit hodnotou 0,546 pro dosažení potřeby LPG v m<sup>3</sup>. [63]

I přes opakované kontaktování dodavatele plynu se do termínu odevzdání práce nepodařilo zjistit cenu za m<sup>3</sup>. Proto byla odečtena cena z webových stránek jiného dodavatele, který aktualizoval ceny plynu naposledy v roce 2016. [70]

Cena LPG za m<sup>3</sup>: **60 Kč**

Tabulka 26 Náklady na provoz – varianta 3 [vlastní zpracování]

		Vytápění		Příprava teplé vody		Osvětlení		Celkem	
		MWh /rok	tis. Kč/rok	MWh /rok	tis. Kč/rok	MWh /rok	tis. Kč/rok	MWh /rok	tis. Kč/rok
Paliva	Elektrina VT	1,73	9,717	0,25	1,404	5,24	29,432	7,22	40,553
	Propan butan/LPG	60,00	151,200	15,40	38,808	0,00	0,000	75,40	190,008
Energie okolního prostředí	Energie okolního prostředí	0,00	0,000	25,60	0,000	0,00	0,000	25,60	0,000

**Celkem [tis. Kč/rok]: 230,561**

Celkové náklady na energie za jeden rok jsou 230 561 Kč bez DPH.

## B.6.5 Ekologické hodnocení

Pro vyhodnocení ekologického dopadu tepelného čerpadla bylo použito emisních faktorů pro elektrickou energii dle vyhlášky č. 141/2021 Sb., přílohy 4. Hodnoty emisních faktorů pro dřevěné palety vycházejí z Věstníku Ministerstva životního prostředí. [60]

Tabulka 27 Ekologické hodnocení – varianta 3 [vlastní zpracování]

Varianta 3 - Plynový kondenzační kotel	Znečišťující látka	Energonositel					Celkem	
		Elektřina			LPG			
		Emisní faktor	Dodaná energie	Měrná emise	Emisní faktor	Dodaná energie		Měrná emise
		[kg/MWh]	[MWh/rok]	[t/rok]	[kg/t]	[t/rok]		[t/rok]
	TZL	0,03680	7,22	0,00027	0,05500	5,800	0,00032	0,00058
	PM <sub>10</sub>	0,00000		0,00000	0,05500		0,00032	0,00032
	PM <sub>2,5</sub>	0,02208		0,00016	0,05500		0,00032	0,00048
	SO <sub>2</sub>	0,84124		0,00607	0,02500		0,00015	0,00622
	NO <sub>x</sub>	0,56764		0,00410	0,75800		0,00440	0,00849
	NH <sub>3</sub>	0,00000		0,00000	0,00000		0,00000	0,00000
	VOC	0,00249		0,00002	0,08700		0,00050	0,00052
	CO <sub>2</sub>	1012,00000		7,30664	0,23700		0,00137	7,30801

## B.7 SHRNUÍ A POROVNÁNÍ VARIANT

V následující kapitole budou za pomoci grafů a tabulek porovnány dříve popsané varianty.

### B.7.1 Ekonomické porovnání

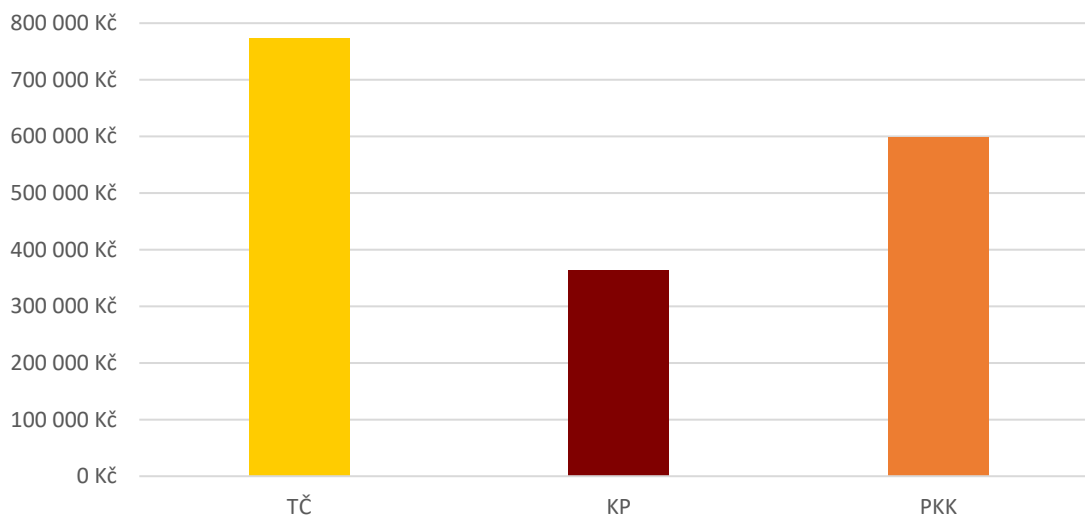
Všechny ceny v následujících kapitolách jsou uvažovány bez DPH a vztahují se k datu 12.12.2021.

#### B.7.1.1 Pořizovací náklady

V tabulce 28 jsou vypsány pořizovací náklady jednotlivých variant. Tabulce 28 odpovídá graf na obrázku 56.

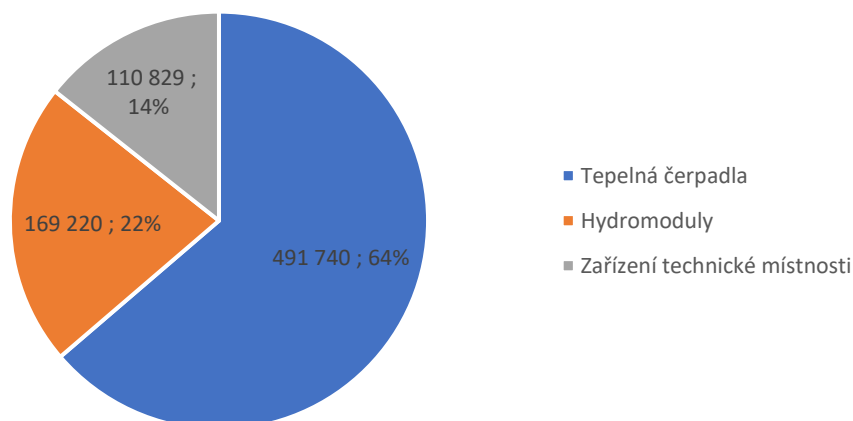
Tabulka 28 Pořizovací náklady jednotlivých variant [vlastní zpracování]

Varianta	TČ	KP	PKK
Pořizovací náklady bez DPH	773 629	364 352	598 580



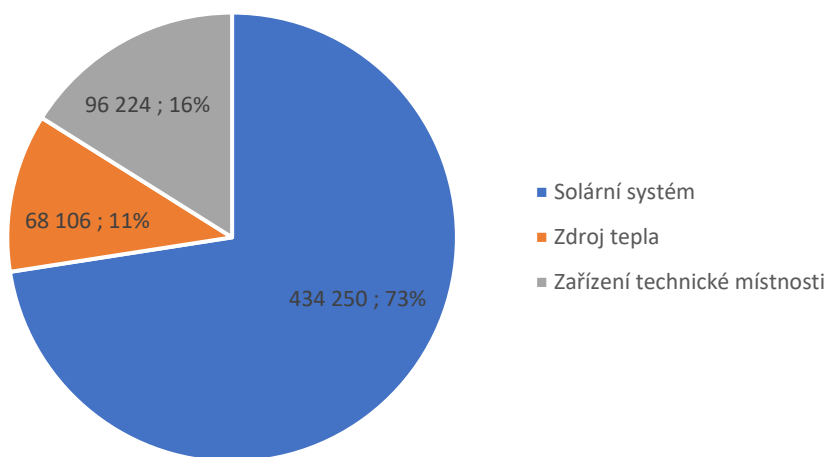
Obrázek 56 Pořizovací náklady jednotlivých variant [vlastní zpracování]

Nejvyšší pořizovací náklady jsou u varianty 1, tedy tepelného čerpadla. Z grafu na obrázku 57 lze vyčíst, že z celkové sumy 773 629 Kč tvoří 86 % ceny náklady na pořízení dvou kusů TČ a hydromodulů. Cenu by šlo snížit pořízením levnějších tepelných čerpadel, ty by ale nemusely mít stejnou vlastnost jako navržená TČ, a to pracovat bez bivalentního zdroje. Tím by stouply náklady na energie na provoz.



Obrázek 57 Rozložení nákladů varianty 1 [vlastní zpracování]

Druhou nejnákladnější variantou je varianta 3 s plynovým kondenzačním kotlem, jejíž pořizovací náklady vyšly na 598 580 Kč. Samotná investice do PKK není tak nákladná, ale 73 % nákladů tvoří solární systém, tzn. solární kolektory, zásobník RBC 1500, solární EN a solární čerpadlová skupina. Bez něj by však nevyšel v PENB požadavek na neobnovitelnou primární energii, proto bylo nutné s ním uvažovat.



Obrázek 58 Rozložení nákladů varianty 3 [vlastní zpracování]

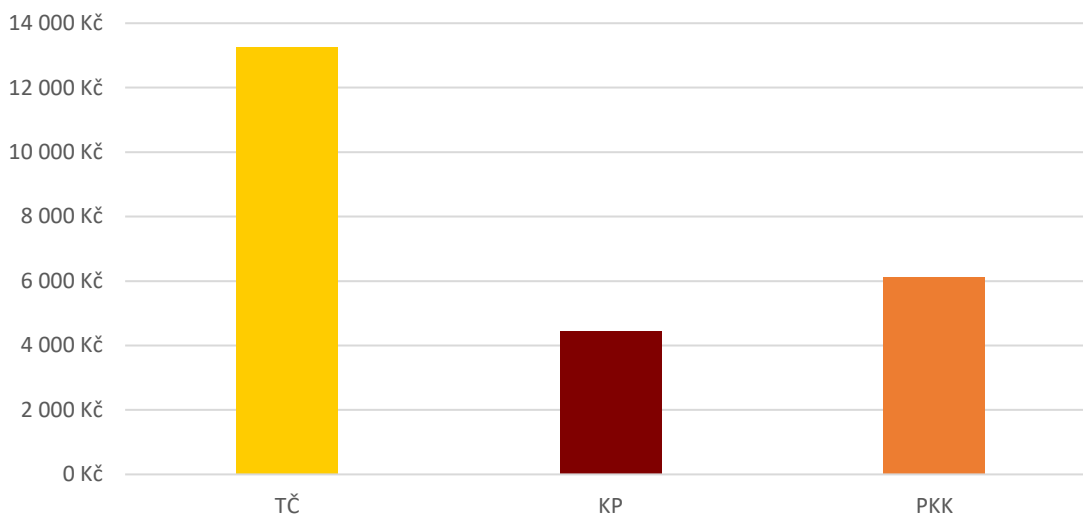
Nejlevnější možností je druhá varianta, kdy pořizovací cena kotle na pelety s tepelným čerpadlem pro ohřev TV vychází na 364 352 Kč.

### B.7.1.2 Roční náklady servisních a revizních prací

Tabulka 29 a k němu odpovídající graf na obrázku 59 srovnávají roční náklady servisních a revizních prací.

Tabulka 29 Roční náklady servisních a revizních prací [vlastní zpracování]

Varianta	TČ	KP	PKK
Náklady na revizních a servisních prací	13 260	4 460	6 115



Obrázek 59 Roční náklady servisních a revizních prací [vlastní zpracování]

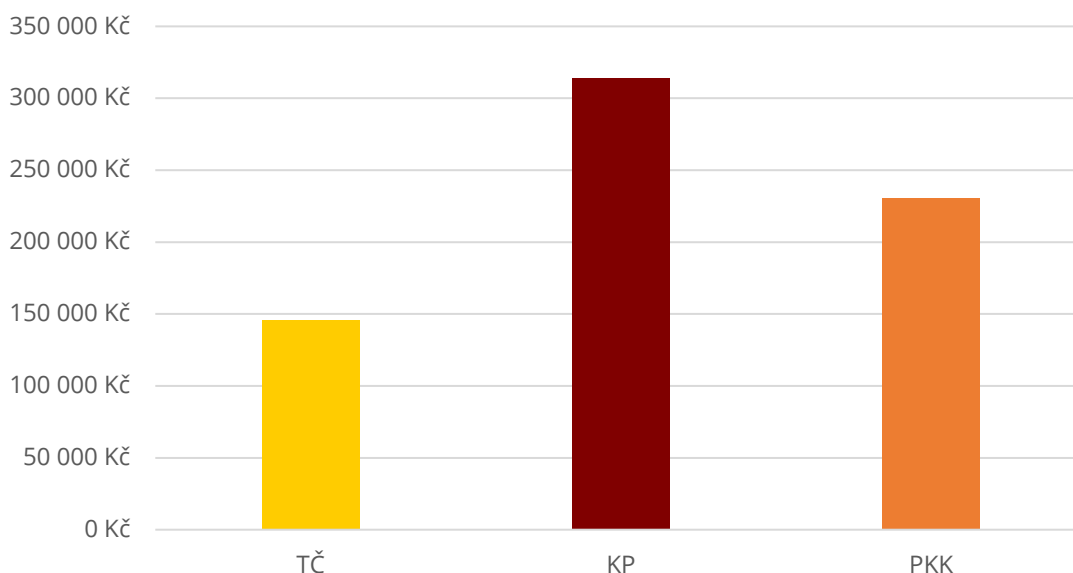
Nejnákladnější je varianta 1 s tepelným čerpadlem, následovaná variantou 2 s PKK. Nejlevnější jsou servisní a revizní náklady kotle na pelety. Rozdíl mezi nejlevnější a nejdražší variantou je trojnásobný, avšak v celkovém měřítku pořizovacích nákladů a nákladů na provoz je tato položka zanedbatelná. Výpočet byl proveden dle normy ČSN EN 15459-1, kde jsou ceny stanoveny procentem z investičních nákladů. To značně ovlivňuje náklady u varianty 1, kde byla navržena poměrně drahá tepelná čerpadla.

### B.7.1.3 Roční náklady na provoz systémů

Tabulka 30 a k ní korespondující graf na obrázku 60 porovnávají roční náklady na provoz systémů.

Tabulka 30 Roční náklady na provoz systémů [vlastní zpracování]

Varianta	TČ	KP	PKK
Náklady na energie	145 556	313 931	230 561



Obrázek 60 Roční náklady na provoz systémů [vlastní zpracování]

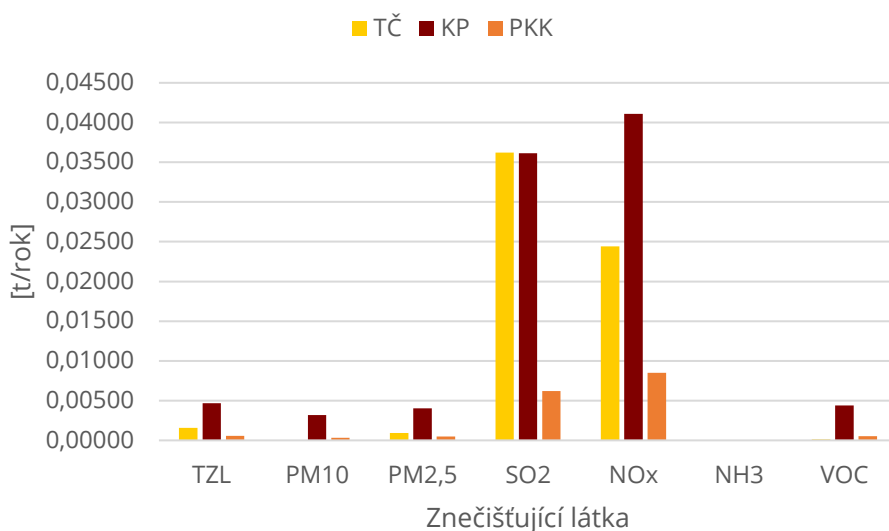
Nejvíce nákladná je na roční provoz varianta 2 s kotlem na pelety. Z celkových výdajů tvoří 72 % náklady na drahou elektrickou energii. Druhou nejdražší variantou je varianta 3 s PKK. Nejlevnější je varianta 1 s tepelným čerpadlem. Je to díky využívání nízkého tarifu, ve kterém je elektrická energie čerpána 22 hodin denně.

### B.7.2 Ekologické porovnání

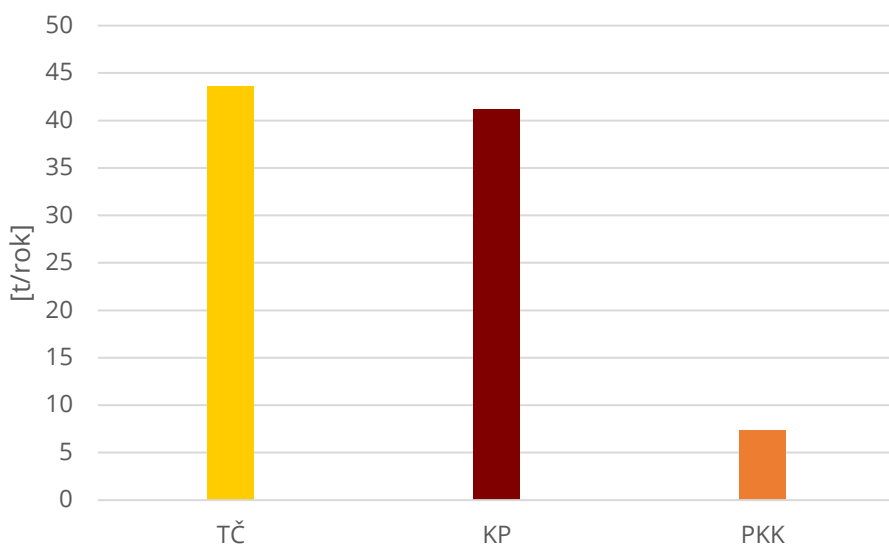
V tabulce 31 je srovnáno množství emisí jednotlivých znečišťujících látek pro všechny tři varianty. Vzhledem k několikanásobně větším emisím CO<sub>2</sub> jsou emise pro větší názornost rozloženy do dvou grafů na obrázcích 61 a 62.

Tabulka 31 Množství emisí jednotlivých znečišťujících látek [vlastní zpracování]

Znečišťující látka	TČ	KP	PKK
TZL	0,00158	0,00469	0,00058
PM <sub>10</sub>	0,00000	0,00318	0,00032
PM <sub>2,5</sub>	0,00095	0,00405	0,00048
SO <sub>2</sub>	0,03621	0,03612	0,00622
NO <sub>x</sub>	0,02443	0,04107	0,00849
NH <sub>3</sub>	0,00000	0,00000	0,00000
VOC	0,00011	0,00439	0,00052
CO <sub>2</sub>	43,55648	41,12768	7,30801



Obrázek 61 Množství emisí jednotlivých znečišťujících látek [vlastní zpracování]



Obrázek 62 Množství vyprodukovaného CO<sub>2</sub> [vlastní zpracování]

Pro vyhodnocení ekologického dopadu jednotlivých variant byly jednotlivé znečišťující látky obodovány v rozsahu od jednoho do tří bodů. Obodování je znázorněno barevně v tabulce 32. Zelená barva se rovná jednomu bodu, žlutá dvěma a červená třem bodům. Tyto body byly v rámci každé varianty sečteny.

Dle ekologického dopadu tak vyšla nejlépe s nejméně body varianta 3 s PKK, následována variantou 1 s TČ. Nejhůře z pohledu ekologie dopadla varianta 2 s kotlem na pelety.

Tabulka 32 Vyhodnocení množství emisí [vlastní zpracování]

Znečišťující látka		TČ	KP	PKK
TZL	[t/rok]	0,00158	0,00469	0,00058
PM <sub>10</sub>		0,00000	0,00318	0,00032
PM <sub>2,5</sub>		0,00095	0,00405	0,00048
SO <sub>2</sub>		0,03621	0,03612	0,00622
NO <sub>x</sub>		0,02443	0,04107	0,00849
NH <sub>3</sub>		0,00000	0,00000	0,00000
VOC		0,00011	0,00439	0,00052
CO <sub>2</sub>		43,55648	41,12768	7,30801
Body		18	22	12

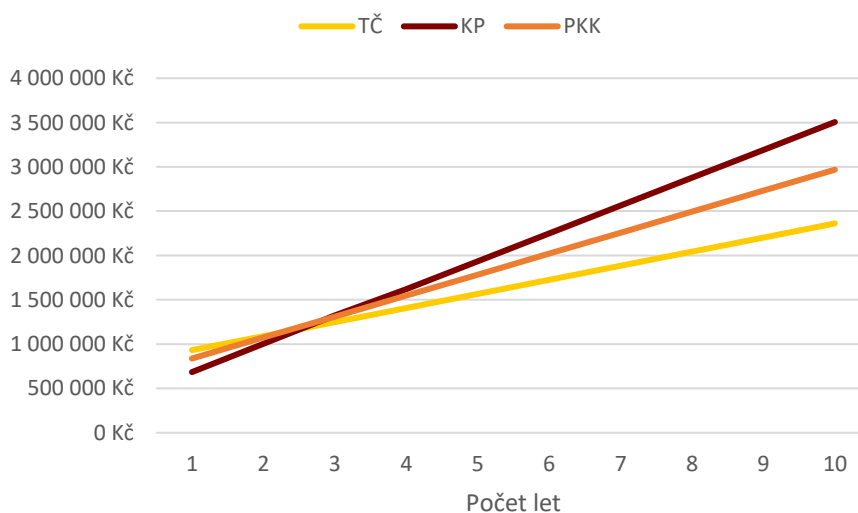
## B.8 VÝBĚR VARIANTY

Pro výběr nevhodnější varianty byla stanovena čtyři kritéria. Ta byla obodována hodnotami 1 až 4, dle důležitosti od nejmenší hodnoty po nevyšší. Stejně tak byly hodnotami 1 až 3 obodovány jednotlivé varianty dle toho, jak vyšly ve srovnání.

Nejdůležitějším kritériem byly celkové náklady varianty po deseti letech. Ty jsou spočítány v tabulce 33 v tisících Kč a znázorněny grafem na obrázku 63. V prvním roce je započítána počáteční investice, náklady na energie a náklady na servisní a revizní práce. V dalších letech se přičítají pouze náklady na energie, servis a revize.

Tabulka 33 Přehled celkových nákladů v průběhu 10 let v tis. Kč [vlastní zpracování]

Rok	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
TČ	932	1 091	1 250	1 409	1 568	1 727	1 885	2 044	2 203	2 362
KP	684	1 003	1 326	1 622	1 936	2 250	2 563	2 877	3 191	3 505
PKK	838	1 074	1 311	1 548	1 784	2 021	2 258	2 494	2 731	2 968



Obrázek 63 Přehled celkových nákladů v průběhu 10 let [vlastní zpracování]

Z grafu lze vyčíst, že mezi druhým a třetím rokem po spuštění systémů se jednotlivé křivky nákladů protnou a počáteční vysoká investice do tepelného čerpadla začne být výhodnější z důvodu nižších nákladů na energie, servis a revize. Naopak operativní náklady kotle na pelety jsou tak vysoké, že překonají počáteční nízkou investici v době nákupu vybavení technické místnosti. Varianta s kotlem na pelety se na začátku spuštění technické místnosti pohybuje mezi předchozími variantami a zůstává ve stejném pořadí i po deseti letech.

Druhým kritériem bylo posouzení ekologického dopadu na životní prostředí. Vyhodnocení proběhlo dle bodového ohodnocení v tabulce 32 v kapitole B.7.2.

Třetí kritérium posuzuje, jak náročná bude starost o systém v době provozu. Nejsou zde zahrnuty servisní a revizní prohlídky, ty jsou v takřka stejné míře totožné u všech variant. Nejnižším skóre byl obodován systém s tepelným čerpadlem, který je téměř bezúdržbový. Ač si stav plynu v zásobníku bude sama kontrolovat dodavatelská firma a dá se počítat s tím, že bude možné LPG doplnit i bez přítomnosti majitele nemovitosti, vzniká tu už malá zátěž na obsluhu v průběhu provozu. Nejhůře dopadla varianta s kotlem na pelety, kde se bude muset hlídat stav pelet v textilním zásobníku, ale hlavně se v nejvýše čtrnácti denních intervalech bude muset vyprazdňovat přídatný popelník.

Posledním kritériem byla výše počáteční investice. Z obrázku 63 je zřejmé, že počáteční investice po dvou letech není tak důležitá, protože větší vliv v jednotlivých variantách budou hrát operativní náklady. I tak bylo toto kritérium zahrnuto z důvodu finanční náročnosti vstupní investice.

Tabulka 34 Multikritériální srovnání variant [vlastní zpracování]

Důležitost	1	2	3	4	Suma
Kritérium	Náklady za 10 let	Ekologický dopad	Péče o systém	Pořizovací náklady	
TČ	1	2	1	3	<b>20</b>
KP	3	3	3	1	<b>22</b>
PKK	2	1	2	2	<b>18</b>

Z multikritériálního hodnocení je patrné, že nejvýhodněji vyšla varianta 3 s plynovým kondenzačním kotlem, následována variantou 1 s tepelným čerpadlem a nejhůře dopadla varianta s kotlem na pelety.

### B.8.1 Doporučení

Osobně bych investorovi doporučila realizovat variantu s tepelným čerpadlem. Při odebrání kritéria počáteční investice by tato varianta vyšla s osmi body nejlépe. Následovala by s deseti body varianta s PKK a se skóre 18 bodů varianta s KP. Poslední kritérium bych si dovolila odebrat ze dvou důvodů. Prvním je, že v porovnání s celkovými náklady na stavbu a následné vybavení objektu se sice nejedná o zanedbatelnou položku, ale ani o značně převažující část rozpočtu. Druhým důvodem je fakt, že investorem je již dlouho zavedená

společnost a je zde předpoklad, že bude mít pro výstavbu objektu dostatečné finance.

Při realizaci varianty s tepelným čerpadlem se bude jednat o téměř bezúdržbový provoz, u kterého není nutné sledovat stav jakéhokoli paliva a který má nízké náklady na energie. Další výhodou je využívání nízkého tarifu od dodavatele energií. Veškeré vybavení technické místnosti není tak prostorově náročné jako u ostatních variant, proto by bylo možné zmenšit velikost technické místnosti a zvětšit tak klubovnu. Zároveň by nebylo potřeba dvoukřídlych dveří, protože největší průměr v technické místnosti má akumulční nádrž a to 650 mm bez izolace. Posledním benefitem je absence jak komínového tělesa na fasádě, tak i jakéhokoli zásobníku, ať už na pelety nebo na LPG. Okolí instruktorského objektu umístěného blízko lesa tak zůstane příjemné pro všechny hosty.

## **C. PROJEKT**

## **C. PRŮKAZY ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY**

Pro všechny varianty technických místností popsaných v kapitole B byly za pomoci webového rozhraní DEKSOFT a programů Energetika a Tepelná technika 1D vypracovány průkazy energetické náročnosti budovy. Kompletní PENB jsou samostatnými přílohami, na dalších stránkách budou uvedeny pouze grafická znázornění průkazů dle vyhlášky č. 264/2020 Sb.

PENB pro variantu 1 – tepelné čerpadlo je přílohou PENB1.

PENB pro variantu 2 – kotel na pelety je přílohou PENB2.

PENB pro variantu 3 – plynový kondenzační kotel je přílohou PENB3.

### **C.1 Přehled výsledků PENB**

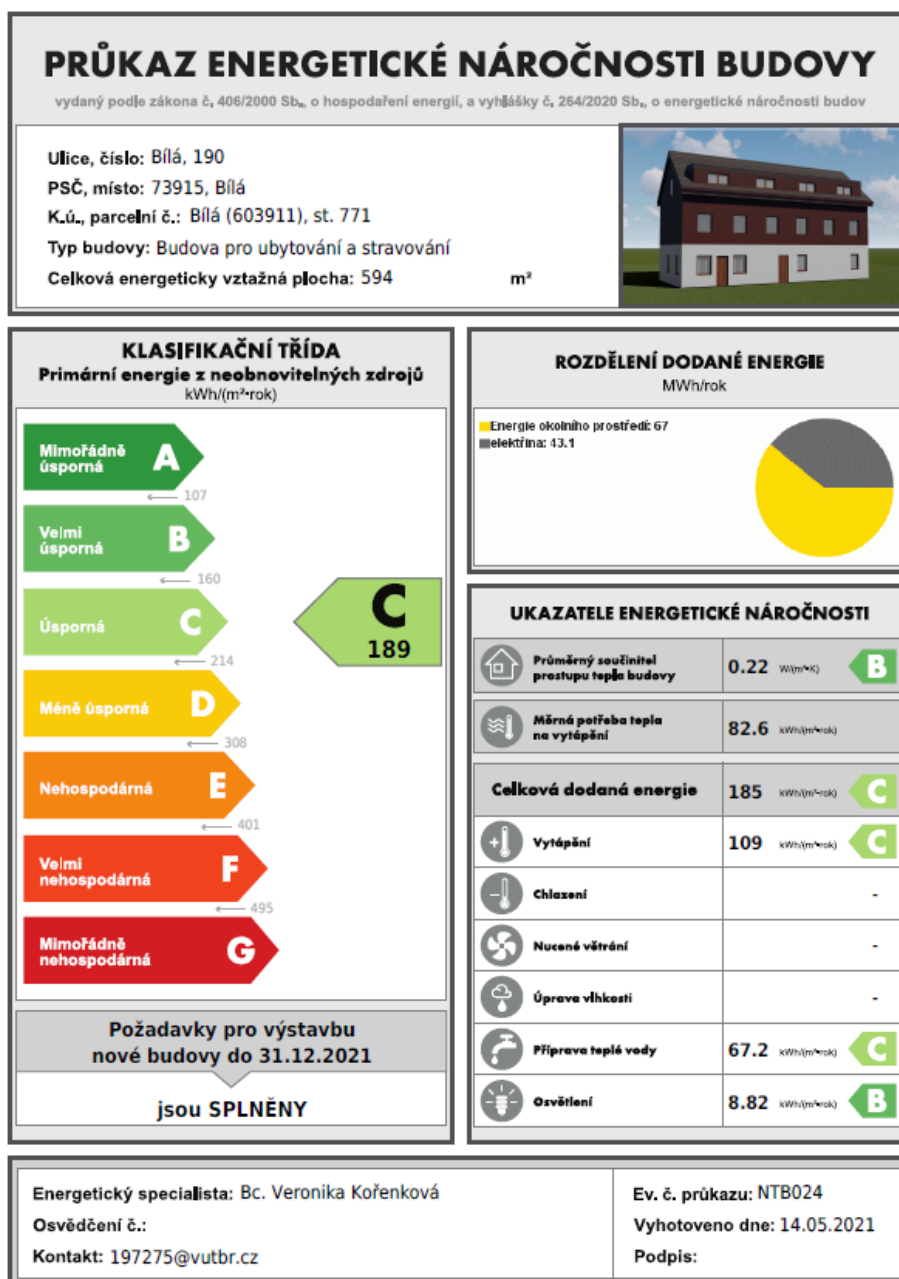
Podle § 6 odst. 1 vyhlášky č. 264/2020 Sb., o energetické náročnosti budov jsou požadavky na budovy s téměř nulovou spotřebou energie splněny, pokud:

- primární energie z neobnovitelných zdrojů energie vztažená na m<sup>2</sup> energeticky vztažené plochy,
- celková dodaná energie za rok vztažená na m<sup>2</sup> energeticky vztažené plochy,
- průměrný součinitel prostupu tepla,

nejsou vyšší než referenční hodnoty ukazatelů energetické náročnosti pro referenční budovu.

## C.1.1 Varianta 1 – Tepelné čerpadlo

Na obrázku 64 je grafické znázornění PENB pro variantu 1.



Obrázek 64 Grafické znázornění PENB varianty 1 [vlastní zpracování]

V tabulce 35 jsou vyhodnoceny požadavky dle dříve uvedené vyhlášky.

Tabulka 35 Vyhodnocení V1 dle vyhlášky č. 264/2020 Sb. [vlastní zpracování]

Hodnocený parametr	Jednotka	Varianta 1 - TČ		
		Vypočtená hodnota	Referenční hodnota	Splněno
Neobnovitelná primární energie	[kWh·m <sup>-2</sup> ·rok <sup>-1</sup> ]	188,78	200,55	ANO
Celková dodaná energie	[kWh·m <sup>-2</sup> ·rok <sup>-1</sup> ]	185,34	197,32	ANO
U <sub>em</sub>	[W·m <sup>-2</sup> ·K <sup>-1</sup> ]	0,22	0,26	ANO

## C.1.2 Varianta 2 – Kotel na pelety

Na obrázku 65 je grafické znázornění PENB pro variantu 2.



Obrázek 65 Grafické znázornění PENB pro variantu 2 [vlastní zpracování]

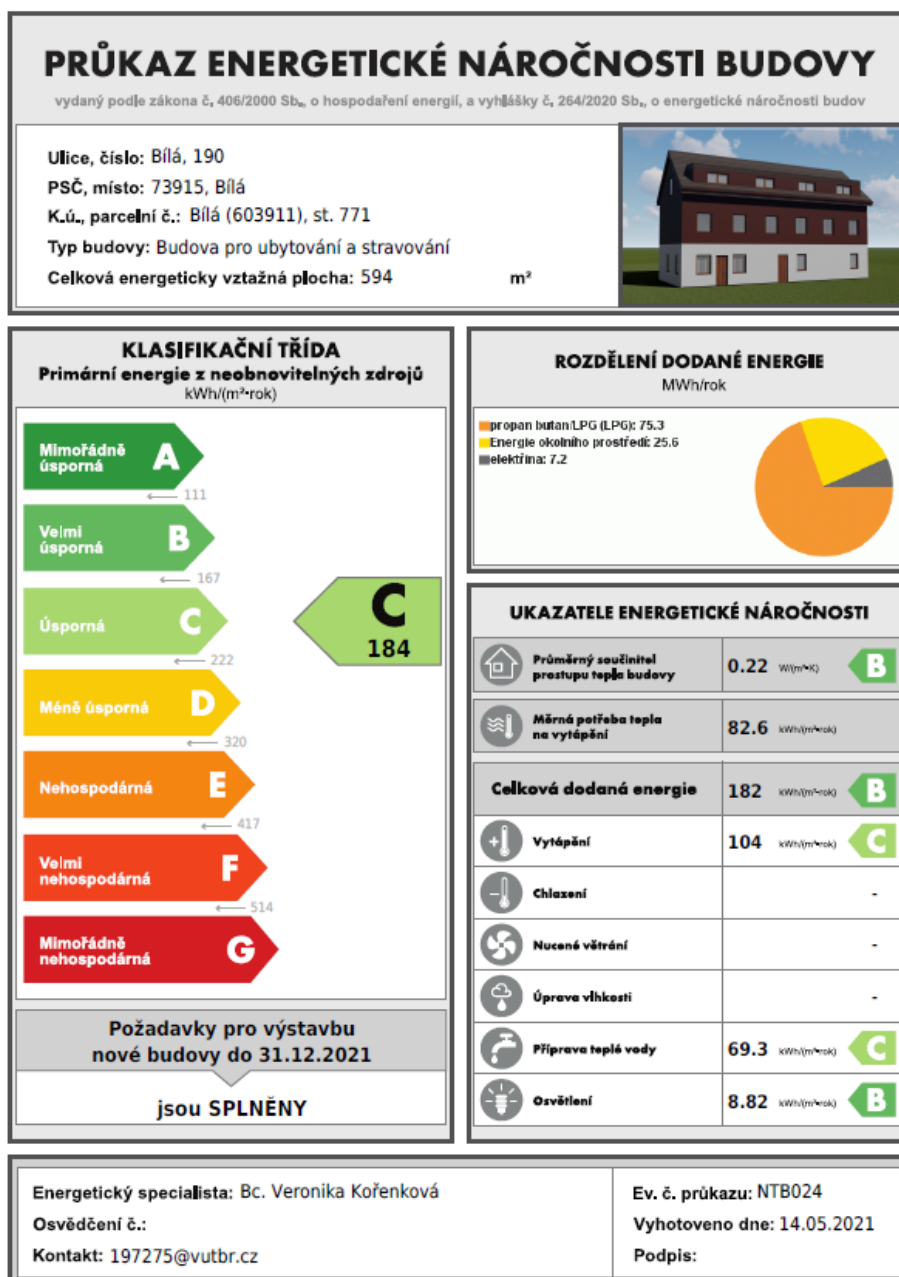
V tabulce 36 jsou vyhodnoceny požadavky dle dříve uvedené vyhlášky.

Tabulka 36 Vyhodnocení V2 dle vyhlášky č. 264/2020 Sb. [vlastní zpracování]

Hodnocený parametr	Jednotka	Varianta 2 - KP		
		Vypočtená hodnota	Referenční hodnota	Splněno
Neobnovitelná primární energie	[kWh·m <sup>2</sup> ·rok <sup>-1</sup> ]	195,13	206,65	ANO
Celková dodaná energie	[kWh·m <sup>2</sup> ·rok <sup>-1</sup> ]	200,16	203,83	ANO
U <sub>em</sub>	[W·m <sup>-2</sup> ·K <sup>-1</sup> ]	0,22	0,26	ANO

### C.1.3 Varianta 3 – Plynový kondenzační kotel

Na obrázku 66 je grafické znázornění PENB pro variantu 3.



Obrázek 66 Grafické znázornění PENB pro variantu 3 [vlastní zpracování]

V tabulce 37 jsou vyhodnoceny požadavky dle dříve uvedené vyhlášky.

Tabulka 37 Vyhodnocení V3 dle vyhlášky č. 264/2020 Sb. [vlastní zpracování]

Hodnocený parametr	Jednotka	Varianta 3 - PKK		
		Vypočtená hodnota	Referenční hodnota	Splněno
Neobnovitelná primární energie	[kWh·m <sup>2</sup> ·rok <sup>-1</sup> ]	183,78	208,43	ANO
Celková dodaná energie	[kWh·m <sup>2</sup> ·rok <sup>-1</sup> ]	182,01	204,45	ANO
U <sub>em</sub>	[W·m <sup>-2</sup> ·K <sup>-1</sup> ]	0,22	0,26	ANO

### C.1.4 Srovnání variant

Ve všech vypracovaných variantách byla budova dle primární energie z neobnovitelných zdrojů zatříděna do klasifikační třídy C – Úsporná.

Požadavek na celkovou dodanou energii vyšel ve všech variantách také do třídy C – Úsporná. Celková dodaná energie pro osvětlení je, vzhledem ke stejnému technickému řešení, shodná pro všechny varianty a hodnocena třídou B – Velmi úsporná. Stejně tak u přípravy teplé vody se hodnoty příliš neliší a všechny varianty spadají do třídy C – Úsporná. Významnější rozdíl je u celkové dodané energie na vytápění objektu. Nejmenší hodnota je u PKK, který pracuje s účinností přesahující 100 %. O trochu vyšší celkovou dodanou energii má TČ. Obě varianty jsou klasifikovány stupněm C – Úsporná. U varianty s kotlem na pelety vyšla klasifikace do třídy D – Méně úsporná. Důvodem je nízká sezónní účinnost zdroje tepla.

Tabulka 38 Shrnutí celkové dodané energie pro všechny varianty [vlastní zpracování]

Varianta	Celková dodaná energie [kWh·m <sup>-2</sup> ·rok <sup>-1</sup> ]			
	Vytápění	Příprava teplé vody	Osvětlení	Suma
Varianta 1 - TČ	109,00	67,20	8,82	185,02
Varianta 2 - KP	121,00	70,30	8,82	200,12
Varianta 3 - PKK	104,00	69,30	8,82	182,12

Z hlediska požadavku na průměrný součinitel prostupu tepla budovy byla budova zatříděna do klasifikační třídy B – velmi úsporná, s měrnou potřebou tepla na vytápění 82,6 kWh·m<sup>-2</sup>·rok<sup>-1</sup>.

## ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo zpracovat tři varianty průkazů energetické náročnosti budovy, kdy každá bude obsahovat jiný zdroj tepla.

V rámci literární rešerše jsem zpracovala téma tepelná čerpadla. Informace načtené z knih a webových stránek mi pak pomohly při vypracování výpočtové části. Ta se věnovala popsání variant průkazů. Jako první variantu jsem navrhla dvě tepelná čerpadla pro vytápění i přípravu teplé vody. V druhé variantě jsem zvažovala instalaci kotle na pelety spolu s tepelným čerpadlem pro přípravu teplé vody. I přes nízké počáteční náklady se tato varianta ukázala v dlouhodobém hledisku jako nejnákladnější, a i její ekologické hodnocení dopadlo nejhůř. Poslední variantou byl návrh technické místnosti s plynovým kondenzačním kotlem pro vytápění i přípravu teplé vody. Předehřev teplé vody zajišťuje solární systém. Po vyhodnocení všech kritérií bych investorovi doporučila zvolit první variantu s tepelným čerpadlem. Poslední část práce obsahuje průkazy energetické náročnosti budovy, které jsem zpracovala v programu Energetika. Všechny byly zatříděny do klasifikační třídy C – Úsporná. Součástí diplomové práce jsou půdorysy technických místností, schéma zapojení technické místnosti a situační výkres pro každou variantu.

## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

Diplomová práce byla vypracována v souladu s následujícími zákony, vyhláškami a normami:

- Vyhláška č. 141/2021 Sb., o energetickém posudku a o údajích vedených v Systému monitoringu spotřeby energie. 2021
- Vyhláška č. 264/2020 Sb., o energetické náročnosti budov. 2020
- Zákon č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií. In.: 2000.
- ČSN 06 0320. *Tepelné soustavy v budovách – Příprava teplé vody – Navrhování a projektování*. Praha: Český normalizační institut, 2006.
- ČSN 73 0331-1. *Energetická náročnost budov – Typické hodnoty pro výpočet: Část 1: Obecná část a měsíční výpočtová data*. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2020.
- ČSN 73 0540-2. *Tepelná ochrana budov: Část 2: Požadavky*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.
- ČSN 73 0540-4. *Tepelná ochrana budov: Část 4: Výpočtové metody*. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- ČSN EN 12831-1. *Energetická náročnost budov – Výpočet tepelného výkonu: Část 1: Tepelný výkon pro vytápění, Modul M3-3*. Praha, 2018.
- ČSN EN 15450. *Tepelné soustavy v budovách – Navrhování tepelných soustav s tepelnými čerpadly*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.
- ČSN EN 15459-1. *Energetická náročnost budov – Postup pro ekonomické hodnocení energetických soustav v budovách: Část 1: Výpočtové postupy, Modul M1-14*. Praha: Česká agentura pro standartizaci, 2018.
- ČSN EN ISO 52016-1. *Energetická náročnost budov – Potřeba energie na vytápění a chlazení, vnitřní teploty a citelné a latentní tepelné výkony*. Praha: Česká agentura pro standartizaci, 2019.
- TNI 73 0302. *Energetické hodnocení solárních tepelných soustav – Zjednodušený výpočtový postup*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014.

### Knižní zdroje

- [1] ŽERAVÍK, Antonín. *Stavíme tepelné čerpadlo: [návratnost i za jeden rok]*. Přerov: Antonín Žeravík, 2003. ISBN 80-239-0275-X.
- [2] DUFKA, Jaroslav. *Vytápění netradičními zdroji tepla: [biomasa - tepelná čerpadla - solární systémy]*. Praha: BEN - technická literatura, 2003. ISBN 80-730-0079-2.
- [3] DVOŘÁK, Zdeněk, Luděk KLAZAR a Jiří PETRÁK. *Tepelná čerpadla*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1987, 339 s.
- [10] TINTĚRA, Ladislav. *Tepelná čerpadla*. Praha: ARCH, 2003. ISBN 80-861-6561-2.
- [13] BALÁK, Rudolf a Karel PROKEŠ. *Nové zdroje energie*. Praha: SNTL, 1984, 207 s. Polytechnická knižnice. Řada 1, Věda a technika populárně. ISBN (Váz.):.
- [69] VALENTA, Vladimír. *Topenářská příručka*. Praha: Agentura ČSTZ, 2007. ISBN 978-80-86028-13-2.

### Online zdroje

- [4] Tepelná čerpadla vzduch-voda. *CS-MTRADE, S.R.O.* [online]. Pardubice, 2020 [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: [www.csmtrade.cz/produkty/tepelna-čerpadla/](http://www.csmtrade.cz/produkty/tepelna-čerpadla/)
- [5] Sadi Carnot: Úvahy o hnací síle ohně (1824). *Scienceworld* [online]. Praha: Folutions, 2004 [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <https://www.scienceworld.cz/neziva-priroda/sadi-carnot-uvahy-o-hnaci-sile-ohne-1824-2063/>
- [6] The surprising story of how the heat pump was invented. *Tennessean* [online]. Gannet, 2020 [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <https://eu.tennessean.com/story/sponsor-story/middle-tennessee-electric/2018/04/05/surprising-story-how-heat-pump-invented/489918002/>
- [7] MPO podpořilo vydání publikace Energetická účinnost v českých zemích za posledních 100 let. *MPO* [online]. Praha, 2019 [cit. 2022-01-08]. Dostupné z:

- <https://www.mpo.cz/cz/energetika/energeticka-ucinnost/mpo-podporilo-vydani-publikace-energeticka-ucinnost-v-ceskych-zemich-za-poslednich-100-let--251307/>
- [8] Tepelná čerpadla v letech 1981–2018. *MPO* [online]. Praha, 2019, 2019 [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: [https://www.mpo.cz/cz/energetika/statistika/obnovitelne-zdroje-energie/tepelna-cerpadla-v-letech-1981\\_2018--246557/](https://www.mpo.cz/cz/energetika/statistika/obnovitelne-zdroje-energie/tepelna-cerpadla-v-letech-1981_2018--246557/)
- [9] Tepelná čerpadla - princip funkce a rozdělení. *OEnergetice* [online]. OM Solutions, 2015 [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/teplo/tepelna-cerpadla>
- [11] Pravidla údržby tepelných čerpadel. *TZB-info* [online]. Praha: topinfo, 2006 [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/3099-pravidla-udrzby-tepelnych-cerpadel>
- [12] Výměník pro tepelné čerpadlo [ který vybrat? ]. *SWEP* [online]. Ostrava, 2020 [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <https://www.vymeniky-tepla.cz/cerpadla/#kondenzator>
- [14] Ke stažení. *Zubadan, tepelné čerpadlo od výrobce Mitsubishi Electric* [online]. Pardubice: CS-MTRADE, s.r.o [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <http://www.zubadan.cz/tepelne-cerpadlo-zubadan-download#link>
- [15] Tepelná čerpadla vzduch/voda. *Tepelná čerpadla IVT* [online]. Praha, 2020 [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <https://www.cerpadla-ivt.cz/cz/tepelna-cerpadla-vzduch-voda>
- [16] Tepelná čerpadla země/voda – plocha. *Tepelná čerpadla IVT* [online]. Praha, 2020 [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <https://www.cerpadla-ivt.cz/cz/tepelna-cerpadla-zeme-voda-plocha>
- [17] Tepelná čerpadla země/voda – vrt. *Tepelná čerpadla IVT* [online]. Praha, 2020 [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <https://www.cerpadla-ivt.cz/cz/tepelna-cerpadla-zeme-voda-vrt>
- [18] Tepelná čerpadla země/voda (vodní plocha). *Tepelná čerpadla IVT* [online]. Praha, 2020 [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <https://www.cerpadla-ivt.cz/cz/tepelna-cerpadla-zeme-voda-vodni-plocha>
- [19] Tepelná čerpadla voda/voda (studny). *Tepelná čerpadla IVT* [online]. Praha, 2020 [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <https://www.cerpadla-ivt.cz/cz/tepelna-cerpadla-voda-voda-studny>
- [20] Tepelná čerpadla vzduch/vzduch. *Tepelná čerpadla IVT* [online]. Praha, 2020 [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <https://www.cerpadla-ivt.cz/cz/tepelna-cerpadla-vzduch-vzduch>
- [21] ŠIKULA, Ondřej. Základy termodynamiky pro chlazení [online]. 2021 [cit. 2021-12-25]. Prezentace předmětu Ochlazování budov. Dostupné z: <https://www.lms.fce.vutbr.cz/enrol/index.php?id=1022>
- [22] What is the T-s diagram for the Carnot refrigeration cycle? *Quora* [online]. Quora, 2019 [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <https://www.quora.com/What-is-the-T-s-diagram-for-the-Carnot-refrigeration-cycle>
- [23] Parametry pro hodnocení efektivity tepelných čerpadel: COP a SCOP. *TZB-info* [online]. Praha: topinfo, 2015 [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/13196-parametry-pro-hodnoceni-efektivite-tepelnych-cerpadel-cop-a-scop>
- [24] Chladiva používaná v tepelných čerpadlech. *TZB-info* [online]. Praha: topinfo, 2015 [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/12647-chladiva-pouzivana-v-tepelnych-cerpadlech>
- [25] Tepelná čerpadla a kontroly těsnosti od 1. ledna 2017. *TZB-info* [online]. Praha: topinfo, 2016 [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/14986-tepelna-cerpadla-a-kontroly-tesnosti-od-1-ledna-2017>
- [26] MATUŠKA, Tomáš. Navrhování a bilancování tepelných čerpadel [online]. 2021 [cit. 2021-12-25]. Prezentace předmětu Alternativní zdroje energií (inteligentní budovy). Dostupné z: [http://users.fs.cvut.cz/tomas.matuska/wordpress/wp-content/uploads/2015/02/AZE-P6-tepelna\\_cerpadla\\_navrhovani\\_bilancovani.pdf](http://users.fs.cvut.cz/tomas.matuska/wordpress/wp-content/uploads/2015/02/AZE-P6-tepelna_cerpadla_navrhovani_bilancovani.pdf)
- [27] POČINKOVÁ, Marcela. Tepelná čerpadla [online]. 2021 [cit. 2021-12-25]. Prezentace předmětu Obnovitelné a alternativní zdroje. Dostupné z: <https://lms.fce.vutbr.cz/enrol/index.php?id=1060>
- [28] Dokumenty. *AVTČ* [online]. 2021 [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <https://www.avtc.cz/?page=dokumenty>
- [29] Bivalentní zapojení tepelného čerpadla s dotopovým kotlem. *PROTC* [online]. Praha: GT Energy, 2019, 2020 [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <https://www.projektuj-tepelna-cerpadla.cz/cz/bivalentni-zapojeni-tepelneho-cerpadla-s-dotopovym-kotlem>
- [30] Návrhovatelnost tepelného čerpadla. *Tepelná čerpadla IVT* [online]. Praha, 2020 [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <https://www.cerpadla-ivt.cz/cz/navratnost-tepelneho-cerpadla>
- [31] Co pohlídat v nabídce na tepelné čerpadlo? *ERÚ* [online]. Praha: Energetický regulační úřad, 2021, 2017 [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <https://www.eru.cz/-/e2-80-9eco-pohlidat-v-nabidce-na-tepelne-cerpadl-1>
- [32] Přehled distribučních sazeb elektřiny. *Skupina ČEZ* [online]. ČEZ, 2021 [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/podpora/vsechny-clanky/prehled-distribucnich-sazeb-elektřiny-93426>
- [33] Tarif pro tepelné čerpadlo. *Tenaur.cz* [online]. Praha: ČEZ Prodej, a.s, 2021 [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <https://www.tenaur.cz/tarif-pro-tepelne-cerpadlo/>
- [34] Dokumenty pro rodinné domy. *Nová zelená úsporám* [online]. Státní fond životního prostředí ČR, 2021 [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <https://novazelenausporam.cz/dokumenty/rodinne-domy/>
- [35] Systémy společné výroby elektrické energie, tepla a chladu. *TZB-info* [online]. Praha: topinfo, 2010 [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <https://energetika.tzb-info.cz/kogenerace/6519-systemy-spolecne-vyroby-elektricke-energie-tepla-a-chladu>
- [36] Plynové tepelné čerpadlo se představuje. *Časopis Stavebnictví* [online]. Praha: INFORMAČNÍ CENTRUM ČKAIT, 2016 [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <https://www.casopisstavebnictvi.cz/clanky-plynove-tepelne-cerpadlo-se-predstavuje.html>
- [37] GHP - plynová tepelná čerpadla. *TC MACH* [online]. Brno: TC Mach [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <https://www.tepelna-cerpadla-mach.cz/tepelna-cerpadla-pro-prumyslove-objekty/ghp-plynove-cerpadlo.php>

- [38] Plynové tepelné čerpadlo ROBUR se stalo součástí unikátního projektu moderní mateřské školky v Jihlavě. *TZB-info* [online]. Praha: topinfo, 2020 [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/20524-plynovye-tepelne-cerpadlo-robur-se-stalo-soucasti-unikatniho-projektu-moderni-materske-skolky-v-jihlave>
- [39] Řešený objekt. *Mapy.cz* [online]. Praha: Seznam.cz, 2021 [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <https://mapy.cz/turisticka?uc=9q-dGxU6Zd&ud=B%C3%ADI%C3%A1+190%2C+B%C3%ADI%C3%A1%2C+739+15%2C+Fr%C3%BDdek-M%C3%ADstek&ut=%C5%98e%C5%A1en%C3%BD+objekt&vlastni-body=&x=18.4546388&y=49.4425554&z=18>
- [40] Dřevěné sendvičové panely. *PURLIVE.cz* [online]. Zlín: PURLIVE, 2021 [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <https://www.purlive.cz/cz/stavebni-systemy/popis-systemu.html>
- [41] Konstrukce dřevostaveb. *PURLIVE.cz* [online]. Zlín: PURLIVE, 2021 [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <https://www.purlive.cz/cz/stavebni-systemy/konstrukce.html>
- [43] Informace o pozemku. *Nahlížení do katastru nemovitostí* [online]. Zlín: Český úřad zeměměřický a katastrální, 2021 [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <https://sgi-nahlizenidokn.cuzk.cz/marushka/default.aspx?themeid=3&&MarQueryId=2EDA9E08&MarQParam0=3186084802&MarQParamCount=1&MarWindowName=Marushka>
- [44] Veronika Kořenková *Vytápění polyfunkční budovy*. Brno, 2020. 182 s., 76 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technických zařízení budov. Vedoucí práce Ing. Marcela Počinková, Ph.D.
- [45] PUHZ-SHW230YKA Tepelné čerpadlo Zubadan 23kW. *CS-MTRADE* [online]. CS-Mtrade, 2020 [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <https://www.csmtrade.cz/produkty/tepelna-cerpadla/zubadan-power-inverter-a-eco-inverter-venkovni-jednotky/zubadan/puhz-shw230yka-tepelne-cerpadlo-zubadan-23kw/produkt/YBO1000101/>
- [46] *Ke stažení | CS-MTRADE* [online]. CS-Mtrade, 2020 [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <https://www.csmtrade.cz/ke-stazeni/>
- [47] Dražice OKC 300 NTR/HP - ohřívač vody | *TOPENILEVNE.CZ* [online]. Trutnov: PROFI-UNION, spol. s r.o, 2021 [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <https://www.topenilevne.cz/drazice-okc-300-ntr-hp-p38377/>
- [48] Elektrická topná jednotka TJ 6/4". *Ohřívače a zásobníky teplé vody Dražice* [online]. Benátky nad Jizerou: DRUŽSTEVNÍ ZÁVODY DRAŽICE-STROJÍRNA, 2020 [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <https://www.dzd.cz/prislusenstvi/topna-jednotka-tj-6-4>
- [49] Jak vypočítat délku trubek na podlahové vytápění. *KvalitniPodlahovka.cz* [online]. Čestlice: REHAU, 2021 [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <https://kvalitnipodlahovka.cz/jak-vypocitat-delku-trubek-na-podlahove-vytapeni/>
- [50] Fillsoft – úprava vody v soustavách vytápění a chlazení. *TOPIN* [online]. Praha: Topin Media, s. r. o, 2021 [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <https://www.topin.cz/clanky/fillsoft-uprava-vody-v-soustavach-vytapeni-a-chlazen-detail-9743>
- [51] Elektřina na dobu neurčitou | Elektřina. *Skupina ČEZ* [online]. Praha: ČEZ, a. s, 2021 [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/firmy/cs/elektrina/elektrina-na-neurcito.html>
- [52] Atmos D 30 P Kotel na tuhá paliva. *TOPENILEVNE.CZ* [online]. Trutnov: PROFI-UNION, spol. s r.o, 2021 [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: [https://www.topenilevne.cz/atmos-d-30-p-p43713/?gclid=Cj0KCQiA2sqOBhCGARIsAPuPK0jbH4tovVCHX4Zz5nEaz3LB0\\_0UIIwmN1TPm3\\_EscccGboBSA OzaLsaAVZwEALw\\_wcB](https://www.topenilevne.cz/atmos-d-30-p-p43713/?gclid=Cj0KCQiA2sqOBhCGARIsAPuPK0jbH4tovVCHX4Zz5nEaz3LB0_0UIIwmN1TPm3_EscccGboBSA OzaLsaAVZwEALw_wcB)
- [53] Ke stažení. *ATMOS* [online]. Bělá pod Bezdězem: Jaroslav Cankař a syn ATMOS, 2021 [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <https://www.atmos.eu/ke-stazeni/>
- [54] Atmos APS 250 Pneumatická doprava pelet (červená). *TOPENILEVNE.CZ* [online]. Trutnov: PROFI-UNION, spol. s r.o, 2021 [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <https://www.topenilevne.cz/atmos-aps-250-h0550-p43792/#gallery>
- [55] Atmos textilní zásobník pelet ATZ 7. *TOPENILEVNE.CZ* [online]. Trutnov: PROFI-UNION, spol. s r.o, 2021 [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <https://www.topenilevne.cz/atmos-textilni-zasobnik-pelet-atz-7-p43771/>
- [56] Atmos Odpopelňovací zařízení pro kotle D30P, D40P. *TOPENILEVNE.CZ* [online]. Trutnov: PROFI-UNION, spol. s r.o, 2021 [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <https://www.topenilevne.cz/atmos-odpopelnovaci-zarizeni-pro-kotle-d30p-d40p-p43760/>
- [57] PREMIUM PELLETS - EN PLUS A1. *Kohutovy Paliva* [online]. Frýdek-Místek: Kohut Trade Company, 2021 [cit. 2022-01-09]. Dostupné z: <https://www.kohutovypaliva.cz/pelety/pelety-en-plus-a1/>
- [58] AQUA HP. *Ohřívače a zásobníky teplé vody Dražice* [online]. Benátky nad Jizerou: DRUŽSTEVNÍ ZÁVODY DRAŽICE-STROJÍRNA, 2020 [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: [www.dzd.cz/ohrivace-a-zasobniky-teple-vody/ohrivace-vody-s-tepelnym-cerpadlem/aqua-hp#ke-stazeni](http://www.dzd.cz/ohrivace-a-zasobniky-teple-vody/ohrivace-vody-s-tepelnym-cerpadlem/aqua-hp#ke-stazeni)
- [59] ATMOS Laddomat 22. *GAS.cz* [online]. Olomouc: GAS-TM [cit. 2022-01-09]. Dostupné z: <https://www.gas.cz/atmos-laddomat-22/produkt/12135/336/#downloads>
- [60] Věstník MŽP. *Ministerstvo životního prostředí* [online]. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2021 [cit. 2022-01-09]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/cz/vestnik\\_mzp](https://www.mzp.cz/cz/vestnik_mzp)
- [61] WGB EVO 15 - 38i. *Plynové kondenzační kotle BRÖTJE* [online]. Napajedla: GIENGER spol. s r.o., 2021 [cit. 2022-01-09]. Dostupné z: <https://www.broetje-topeni.cz/wgb-evo/>
- [62] Územní plán. *Oficiální stránky obce Bílá* [online]. Bílá: Obecní úřad Bílá, 2021 [cit. 2022-01-09]. Dostupné z: <https://www.obecbila.cz/urad/uzemni-plan/>

- [63] LPG od Primagasu. *Primagas* [online]. Praha: PRIMAGAS, 2020 [cit. 2022-01-09]. Dostupné z: <https://www.primagas.cz/co-je-lpg>
- [64] Zásobníky na LPG. *Primagas* [online]. Praha: PRIMAGAS, 2020 [cit. 2022-01-09]. Dostupné z: [https://www.primagas.cz/typy\\_zasobniku](https://www.primagas.cz/typy_zasobniku)
- [65] AKCE! Příspěvek na kotel. *TZB-info* [online]. Praha: topinfo, 2018 [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/123823-akce-prispevek-na-kotel>
- [66] Dražice OKC 400 NTRR/BP ohřívač vody nepřímotopný stacionární. *TOPENILEVNE.CZ* [online]. Trutnov: PROFI-UNION, spol. s r.o, 2021 [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <https://www.topenilevne.cz/drazice-okc-400-ntrr-bp-p48190/>
- [67] Zásobník RBC 1500. *Regulus* [online]. Praha: REGULUS spol. s r.o., 2021 [cit. 2022-01-09]. Dostupné z: <https://www.regulus.cz/cz/zasobnik-rbc-1500>
- [68] Solární kolektor FK8253 2H vertikální. *NEOSOLAR* [online]. Jihlava: Neosolar, spol. s r.o., 2021 [cit. 2022-01-09]. Dostupné z: <https://eshop.neosolar.cz/solarni-kolektor-fk8253-2h-vertikalni>
- [70] Tabulka nákladů. *Aeri* [online]. Brno: Aeri, 2021 [cit. 2022-01-09]. Dostupné z: <https://www.aeri.cz/saving/tabulka-nakladu>

## Online zdroje příloh

- [72] Akumulační nádrž PS 600 N+. *Regulus* [online]. Praha: R E G U L U S spol. s r.o., 2021 [cit. 2022-01-09]. Dostupné z: <https://www.regulus.cz/cz/akumulacni-nadrz-ps-600-nplus>
- [73] Expanzní nádoby 'Reflex NG a N'. *Reflex* [online]. Praha: Reflex CZ, 2021 [cit. 2022-01-09]. Dostupné z: <https://www.reflexcz.cz/cz/expanzni-nadoby-reflex-ng-a-n>
- [74] Katalog výrobků. *ETL* [online]. Praha: ETL-Ekotherm, 2021 [cit. 2022-01-09]. Dostupné z: <https://www.etl.cz/katalog-vyrobku>
- [75] Doplnovací a odplyňovací zařízení, systémy a automaty. *Reflex* [online]. Praha: Reflex CZ, 2021 [cit. 2022-01-09]. Dostupné z: <https://www.reflexcz.cz/cz/doplnovaci-a-odplynovaci-zarizeni>
- [76] Akumulační nádrž PS 800 N+. *Regulus* [online]. Praha: R E G U L U S spol. s r.o., 2021 [cit. 2022-01-09]. Dostupné z: <https://www.regulus.cz/cz/akumulacni-nadrz-ps-800-n~1>
- [77] DOKUMENTY. *Plynové kondenzační kotle BRÖTJE* [online]. Napajedla: GIENGER spol. s r.o., 2021 [cit. 2022-01-09]. Dostupné z: <https://www.broetje-topeni.cz/dokumenty/>
- [78] Neutralizační zařízení. *Neutakon®* [online]. Praha: Brilon, 2021 [cit. 2022-01-09]. Dostupné z: [https://www.neutakon.cz/#prehled\\_modelu](https://www.neutakon.cz/#prehled_modelu)
- [79] OKC NTRR/BP. *Ohřívače a zásobníky teplé vody Dražice* [online]. Benátky nad Jizerou: DRUŽSTEVNÍ ZÁVODY DRAŽICE-STROJÍRNA, 2021 [cit. 2022-01-09]. Dostupné z: <https://www.dzd.cz/ohrivace-a-zasobniky-teple-vody/nepriomotopne-zasobniky/stacionarni/okc-ntrr-bp#ke-stazeni>
- [80] Čerpadlová skupina CSE SOL W P. *Regulus* [online]. Praha: R E G U L U S spol. s r.o., 2021 [cit. 2022-01-09]. Dostupné z: <https://www.regulus.cz/cz/cerpadlova-skupina-cse-sol-w-p>
- [81] Expanzní nádoby 'Reflex S'. *Reflex* [online]. Praha: Reflex CZ, 2021 [cit. 2022-01-09]. Dostupné z: <https://www.reflexcz.cz/cz/expanzni-nadoby-reflex-s>
- [82] Kolektory COSMO a solární systémy CosmoSOL. *GIENGER spol. s r.o.* [online]. Napajedla: GIENGER spol. s r.o., 2021 [cit. 2022-01-09]. Dostupné z: <https://www.gienger.cz/soubory-ke-stazeni/topeni/solarni-systemy/kolektory-cosmo/>
- [83] SOLARheat PLUS – ZEVAR [online]. Větrný Jeníkov: ZEVAR, 2020 [cit. 2022-01-09]. Dostupné z: <https://www.zevar.cz/produktove-rady/teplonosne-kapaliny-pro-solarni-systemy/solarheat-plus>

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

1.NP	- první nadzemní podlaží
2.NP	- druhé nadzemní podlaží
CO <sub>2</sub>	- oxid uhličitý
COP	- topný faktor
č. st.	- číslo stavební
ČEZ	- České energetické závody
ČSN	- česká technická norma
ČSN EN	- evropská norma převzatá do národního systému norem ČR
DPH	- daň z přidané hodnoty
EN	- evropská norma
EPS	- pěnový polystyren
GWP	- global warming potential – potenciál globálního oteplování
HI	- hydroizolace
HVDT	- hydraulický vyrovnávač dynamických tlaků
KP	- kotel na pelety
ks	- kus
KVH	- das Konstruktionsvollholz – konstrukční stavební dřevo
LPG	- Liquefied Petroleum Gas – zkapalněný ropný plyn
m. j.	- měrná jednotka
n. m.	- nad mořem
NH <sub>3</sub>	- amoniak
NO <sub>x</sub>	- oxidy dusíku
ODP	- ozone depletion potential
OSB	- oriented strand board – lisovaná deska z orientovaně rozprostřených velkoplošných třísek
PENB	- průkaz energetické náročnosti budovy
PKK	- plynový kondenzační kotel
PM <sub>10</sub>	- pevné částice menší než 10 μm
PM <sub>2,5</sub>	- pevné částice menší než 2,5 μm
PUR	- polyuretan
PVC-P	- měkčený polyvinylchlorid
R+S	- rozdělovač a sběrač
Sb.	- sbírka zákonů
SBS	- styren-butadien-styren
SIP	- structural insulated panel – stavebně izolační panel
SO <sub>2</sub>	- oxid siřičitý
TČ	- tepelné čerpadlo
TI	- tepelná izolace
tl.	- tloušťka

- TV - teplá voda
- TZL - tuhé znečišťující látky
- V1 - varianta 1
- V2 - varianta 2
- V3 - varianta 3
- VOC - těžké organické látky
- VZT - vzduchotechnika

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Kompresorové tepelné čerpadlo [4] .....	13
Obrázek 2 Počet prodaných tepelných čerpadel celkem a dle typu [8].....	14
Obrázek 3 Obecné principiální schéma tepelného čerpadla [1].....	15
Obrázek 4 Principiální schéma termostatického expanzního ventilu [1].....	17
Obrázek 5 Stav hladin podzemní vody ve dvou studních v klidu a při provozu tepelného čerpadla [1].....	18
Obrázek 6 Tepelné čerpadlo vzduch/voda [15] .....	19
Obrázek 7 Zvýšený výkon systému Zubadan [14].....	20
Obrázek 8 Znázornění systému split vlevo a systému monoblok vpravo [14].	20
Obrázek 9 Tepelné čerpadlo země/voda, plošný kolektor [16] .....	21
Obrázek 10 Tepelné čerpadlo země/voda, svislý kolektor [17].....	22
Obrázek 11 Tepelné čerpadlo voda/voda, plošný kolektor [18] .....	22
Obrázek 12 Tepelné čerpadlo voda/voda, svislý kolektor [19] .....	23
Obrázek 13 Tepelné čerpadlo vzduch/vzduch [20] .....	23
Obrázek 14 Obrácený Carnotův cyklus v souřadnicích T-s [22].....	24
Obrázek 15 Schéma paralelního zapojení akumulární nádrže [27] .....	26
Obrázek 16 Schéma sériového zapojení akumulárního zásobníku, vlevo na přívodní větvi, vpravo na vratné větvi [27] .....	27
Obrázek 17 Určení bivalentního bodu [29] .....	27
Obrázek 18 Provozní režimy tepelného čerpadla [10].....	28
Obrázek 19 Schéma absorpčního cyklu [35].....	30
Obrázek 20 Instalace plynového tepelného čerpadla [38] .....	31
Obrázek 21 Umístění objektu [39] .....	33
Obrázek 22 Skladba obvodové stěny PURLIVE W190 [41].....	35
Obrázek 23 Skladba stropní konstrukce [41].....	35
Obrázek 24 Zónování budovy dle normy ČSN 73 0331-1, půdorys [42] .....	36
Obrázek 25 Zónování budovy dle normy ČSN 73 0331-1, řez [42] .....	36
Obrázek 26 Zónování 1.NP [vlastní zpracování] .....	37
Obrázek 27 Zónování 2.NP [vlastní zpracování] .....	37
Obrázek 28 Zónování 3.NP [vlastní zpracování] .....	38
Obrázek 29 Zónování, řez [vlastní zpracování].....	38
Obrázek 30 Obec Bílá [39] .....	39
Obrázek 31 Tepelná ztráta zóny 1 – Pokoje a apartmány [vlastní zpracování] 47	
Obrázek 32 Tepelná ztráta zóny 2 - Společenské prostory [vlastní zpracování] .....	47
Obrázek 33 Tepelná ztráta zóny 3 – Schodiště [vlastní zpracování].....	48
Obrázek 34 Celková tepelná ztráta budovy [vlastní zpracování].....	48
Obrázek 35 Odběrový diagram [vlastní zpracování].....	51
Obrázek 36 Tepelné čerpadlo Zubadan Inverter PUAZ-SHW230YKA [45].....	54
Obrázek 37 bivalentní bod čerpadla [46] .....	54
Obrázek 38 Řez hydromodulem [14].....	55
Obrázek 39 Schéma zapojení řídicí jednotky PAC-IF061B-ER2 [14].....	55
Obrázek 40 Nepřímotopný akumulární zásobník OKC NTR 300/HP [47] .....	56

Obrázek 41 Elektrická topná jednotka TJ 6/4" [48] .....	56
Obrázek 42 Kotel na pelety ATMOS D30P [52] .....	61
Obrázek 43 Kotel na pelety D30P s hořákem A45, šnekovým dopravníkem DRA50 a zásobníkem pro pneumatickou dopravu APS 250 [54] .....	62
Obrázek 44 Textilní zásobník ATZ 7 [55].....	63
Obrázek 45 Odpopelňovací zařízení s přídatným popelníkem [56] .....	63
Obrázek 46 Ohříváč vody AQUA HP 250/2,2 KW [58].....	64
Obrázek 47 Schéma Laddomatu 22 [53] .....	66
Obrázek 48 Plynový kondenzační kotel BRÖTJE WGB EVO 38i [61].....	71
Obrázek 49 Schéma uložení zásobníku [65] .....	71
Obrázek 50 Zásobník RBC 1500 [67].....	72
Obrázek 51 Nepřímotopný akumulární zásobník OKC NTRR 400/BP [66] .....	72
Obrázek 52 Solární kolektor CosmoSOL 8253 [68] .....	73
Obrázek 53 Účinnost kolektoru CosmoSOL 8253 [vlastní zpracování] .....	74
Obrázek 54 Účinnost kolektoru CosmoSOL 8203 [vlastní zpracování] .....	75
Obrázek 55 Využití solární energie [vlastní zpracování] .....	80
Obrázek 56 Pořizovací náklady jednotlivých variant [vlastní zpracování].....	86
Obrázek 57 Rozložení nákladů varianty 1 [vlastní zpracování] .....	87
Obrázek 58 Rozložení nákladů varianty 3 [vlastní zpracování] .....	87
Obrázek 59 Roční náklady servisních a revizních prací [vlastní zpracování] ....	88
Obrázek 60 Roční náklady na provoz systémů [vlastní zpracování].....	89
Obrázek 61 Množství emisí jednotlivých znečišťujících látek [vlastní zpracování] .....	90
Obrázek 62 Množství vyprodukovaného CO <sub>2</sub> [vlastní zpracování].....	90
Obrázek 63 Přehled celkových nákladů v průběhu 10 let [vlastní zpracování] 91	
Obrázek 64 Grafické znázornění PENB varianty 1 [vlastní zpracování].....	96
Obrázek 65 Grafické znázornění PENB pro variantu 2 [vlastní zpracování] .....	97
Obrázek 66 Grafické znázornění PENB pro variantu 3 [vlastní zpracování] .....	98

## SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Skladba SOx1 – Obvodová stěna norná, tl. 345 mm [vlastní zpracování] .....	41
Tabulka 2 Skladba SOx2 – Obvodová stěna nosná tl. 345 mm, MW [vlastní zpracování] .....	42
Tabulka 3 Skladba PDL1 – Podlaha na terénu [vlastní zpracování] .....	42
Tabulka 4 Skladba STR1 – Skladba stropu nad 1NP [vlastní zpracování] .....	43
Tabulka 5 Skladba SCH1x – Šikmá střecha [vlastní zpracování] .....	43
Tabulka 6 Skladba SCH2 – Plochá střecha [vlastní zpracování] .....	44
Tabulka 7 Skladba SN1 – Vnitřní nosná stěna tl. 150 mm [vlastní zpracování] .....	44
Tabulka 8 Přehled hodnot součinitele prostupu tepla [vlastní zpracování] .....	45
Tabulka 9 Potřeba teplé vody [vlastní zpracování] .....	51
Tabulka 10 Procentuální podíl odběru TV během dne [vlastní zpracování] .....	51
Tabulka 11 Pořizovací náklady – varianta 1 [vlastní zpracování] .....	58
Tabulka 12 Cena servisních a revizních prací – varianta 1 [vlastní zpracování] .....	58
Tabulka 13 Náklady na provoz – varianta 1 [vlastní zpracování] .....	59
Tabulka 14 Ekologické hodnocení – varianta 1 [vlastní zpracování] .....	59
Tabulka 15 Pořizovací náklady – varianta 2 [vlastní zpracování] .....	67
Tabulka 16 Cena servisních a revizních prací – varianta 2 [vlastní zpracování] .....	68
Tabulka 17 Náklady na provoz – varianta 2 [vlastní zpracování] .....	68
Tabulka 18 Ekologické hodnocení – varianta 2 [vlastní zpracování] .....	69
Tabulka 19 Účinnost solárního kolektoru CosmoSOL 8253 během roku [vlastní zpracování] .....	74
Tabulka 20 Účinnost solárního kolektoru CosmoSOL 8205 během roku [vlastní zpracování] .....	74
Tabulka 21 Návrh solárních kolektorů CosmoSOL 8253 [vlastní zpracování] ..	78
Tabulka 22 Návrh solárních kolektorů CosmoSOL 8203 [vlastní zpracování] ..	79
Tabulka 23 Využití solární energie [vlastní zpracování] .....	80
Tabulka 24 Pořizovací náklady – varianta 3 [vlastní zpracování] .....	83
Tabulka 25 Cena servisních a revizních prací – varianta 3 [vlastní zpracování] ..	84
Tabulka 26 Náklady na provoz – varianta 3 [vlastní zpracování] .....	84
Tabulka 27 Ekologické hodnocení – varianta 3 [vlastní zpracování] .....	85
Tabulka 28 Pořizovací náklady jednotlivých variant [vlastní zpracování] .....	86
Tabulka 29 Roční náklady servisních a revizních prací [vlastní zpracování] .....	88
Tabulka 30 Roční náklady na provoz systémů [vlastní zpracování] .....	89
Tabulka 31 Množství emisí jednotlivých znečišťujících látek [vlastní zpracování] .....	89
Tabulka 32 Vyhodnocení množství emisí [vlastní zpracování] .....	91
Tabulka 33 Přehled celkových nákladů v průběhu 10 let v tis. Kč [vlastní zpracování] .....	91
Tabulka 34 Multikriteriální srovnání variant [vlastní zpracování] .....	92
Tabulka 35 Vyhodnocení V1 dle vyhlášky č. 264/2020 Sb. [vlastní zpracování] ..	96
Tabulka 36 Vyhodnocení V2 dle vyhlášky č. 264/2020 Sb. [vlastní zpracování] ..	97
Tabulka 37 Vyhodnocení V3 dle vyhlášky č. 264/2020 Sb. [vlastní zpracování] ..	98

Tabulka 38 Shrnutí celkové dodané energie pro všechny varianty [vlastní zpracování] .....	99
---	----

## **SEZNAM PŘÍLOH – PENB A VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE**

- PENB1 – Průkaz energetické náročnosti budovy pro variantu V1
- PENB2 – Průkaz energetické náročnosti budovy pro variantu V2
- PENB3 – Průkaz energetické náročnosti budovy pro variantu V3
- V01 – Půdorys 1.NP
- V02 – Půdorys 2.NP
- V03 – Půdorys podkroví
- V04 – Řez A-A'
- V05 – V1 – Půdorys TM
- V06 – V1 – Schéma zapojení TM
- V07 – V1 – Situace
- V08 – V2 – Půdorys TM
- V09 – V2 – Schéma zapojení TM
- V10 – V2 – Situace
- V11 – V3 – Půdorys TM
- V12 – V3 – Schéma zapojení TM
- V13 – V3 – Situace

## SEZNAM PŘÍLOH – TECHNICKÉ LISTY

- P1 – Technický list tepelného čerpadla Zubadan Inventer PUAZ-SHW230YKA [45]
- P2 – Technický list hydromodulu EHSE-Y39ED [45]
- P3 – Technický list řídicí jednotky PAC-IF061B-ER2 [14]
- P4 – Technický list akumulčního zásobníku OKC NTR 300/HP [47]
- P5 – Technický list elektrické topné jednotky TJ 6/4" [48]
- P6 – Technický list rozdělovače a sběrače RS KOMBI [74]
- P7 – Technický list akumulční nádrže PS 600 N+ [72]
- P8 – Technický list expanzních nádob řady NG a N [73]
- P9 – Technický list automatického doplňování a úpravy vody [75]
- P10 – Technický list kotle na pelety ATMOS D30P [53]
- P11 – Technický list AQUA HP 250/2,2 kW [53]
- P12 – Technický list akumulční nádrže PS 800 N+ [76]
- P13 – Technický list Laddomatu 22 [59]
- P14 – Technický list plynového kondenzačního kotle BRÖTJE WGB EVO 38i [77]
- P15 – Technický list akumulčního zásobníku OKC NTRR 400/BP [79]
- P16 – Technický list zásobníku RBC 1500 [67]
- P17 – Technický list solárních kolektorů CosmoSOL 8203 a 8253 [82]
- P18 – Fyzikální a chemické vlastnosti kapaliny SOLARheat PLUS -32 °C []
- P19 – Technický list hydraulického vyrovnávače dynamických tlaků 24B [74]
- P20 – Technický list expanzních nádob řady S [81]
- P21 – Technický list čerpadlové skupiny CSE SOL W P [80]
- P22 – Technický list neutralizační jednotky Neutrakon [78]
- P23 – Ceník elektrické energie ČEZ [32]