

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV



**NÁVRH VYTÁPĚNÍ POYFUNKČNÍHO DOMU**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vypracovala:

Michala Školová

Vedoucí práce:

Ing. Pavla Dvořáková, Ph.D.

2021/2022

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Školová	Jméno: Michaela	Osobní číslo: 484443
Zadávací katedra: K125 - Katedra technických zařízení budov		
Studijní program: SI - Stavební inženýrství		
Studijní obor: C - Konstrukce pozemních staveb		

### II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Návrh vytápění polyfunkčního domu	
Název bakalářské práce anglicky: Design of a heating system in a multifunctional building	
Pokyny pro vypracování:  Pro zadaný objekt polyfunkčního domu navrhnete formou studie možné varianty řešení systému vytápění. Vyberte vhodné řešení, toto řešení rozpracujte ve formě projektové dokumentace pro vydání stavebního povolení. Projekt dokumentujte příslušnými půdorysy, řezy, schémata, výpočty a technickou zprávou.  Seznam doporučené literatury: Kabele, Karel : Technická zařízení budov - Vytápění ISBN 978-80-01-05203-7 Kabele a kol.: Energetické a ekologické systémy budov 1, ČVUT 2010 Jiří Bašta, Karel Kabele - Otopné soustavy teplovodní. 1 ISBN 80-02-01254-2 Dušan Petráš a kol. - Vytápění rodinných a bytových domů ISBN 80-8076-020-9 příslušné normy a předpisy	
Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Pavla Dvůřáková Ph.D.	
Datum zadání bakalářské práce: 23.2.2022	Termín odevzdání BP v IS KOS: 15.5.2022 <i>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</i>
Podpis vedoucího práce	Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

Datum převzetí zadání	Podpis studenta(ky)
-----------------------	---------------------

**Čestné prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem svoji bakalářskou práci na téma „**Návrh vytápění polyfunkčního domu**“ vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a podkladů.

V Praze dne: .....

.....

Michaela Školová

**Poděkování:**

Tímto bych ráda poděkovala paní Ing. Pavle Dvořákové, Ph.D. za ochotu, trpělivost, cenné rady a připomínky, které mi poskytla při vedení mé bakalářské práce.

## **Abstrakt**

Bakalářská práce se zabývá návrhem vytápění polyfunkčního domu. Práce je rozdělena na studii, koncept a projekt. Ve studii jsou popsány možné zdroje vytápění s ohledem na využití objektu a místní možnosti. Jsou zpracovány návrhy jednotlivých zdrojů a jejich ekonomická proveditelnost. Jednotlivé varianty jsou porovnány na základě nákladů, vlivu na životní prostředí a uživatelského komfortu. Na základě vícekritériální analýzy je vybrán nejvhodnější zdroj pro polyfunkční dům, a to tepelné čerpadlo země-voda.

Je zpracován koncept TZB polyfunkčního domu ve formě výkresu pro nejvýhodnější variantu tepelné čerpadlo země-voda.

Pro zvolenou variantu je zpracována projektová dokumentace vytápění. Projekt je dokumentován výkresovou dokumentací, technickou zprávou a přílohou s výpočty a technickými listy. Ve výpočtové části jsou provedeny výpočty tepelných ztrát objektu a základní energetické výpočty. Na jejich základě je dále proveden návrh otopných ploch, dimenzí topných okruhů, tepelného čerpadla a expanzní nádoby.

## **Klíčová slova**

vytápění, polyfunkční dům, otopné soustavy, zdroje vytápění, vícekritériální analýza, tepelné čerpadlo

## **Abstract**

The bachelor thesis deals with the design of heating of a multifunctional house. The work is divided into a study, a concept and a project. In the study, possible heating sources are described with regard to the use of the building and local possibilities. The design of the individual sources and their economic feasibility are elaborated. The different options are compared on the basis of cost, environmental impact and user comfort. On the basis of a multi-criteria analysis, the most suitable source for a multifunctional building is selected, namely a ground-to-water heat pump.

The indoor environmental and building services engineering concept of the multifunctional building is developed in the form of a drawing for the most favourable ground-source heat pump option.

The project documentation for the heating system is prepared for the selected variant. The project is documented with drawings, a technical report and an annex with calculations and technical sheets. In the calculation part, calculations of heat losses of the building, basic energy calculations are made. On the basis of the calculations, the design of heating surfaces, the dimensions of heating circuits, heat pump and expansion vessel are also made.

## **Keywords**

heating, multifunctional building, heating systems, heating sources, multi-criteria analysis, heat pump

## **Obsah bakalářské práce**

- STUDIE
- KONCEPT TZB POYFUNKČNÍHO DOMU
- PROJEKT
- PŘÍLOHA – VÝPOČTY, TECHNICKÉ LISTY

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV



**STUDIE**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vypracovala:

Michala Školová

Vedoucí práce:

Ing. Pavla Dvořáková, Ph.D.

2021/2022

## Obsah

1. Úvod .....	10
2. Popis objektu .....	10
3. Otopné teplovodní soustavy .....	10
3.1. Způsob propojení otopných těles.....	10
3.2. Způsob vedení vody k otopným tělesům.....	11
3.3. Teplotní parametry otopných soustav .....	11
3.4. Druhy oběhu vody .....	12
3.5. Materiály potrubí.....	12
4. Rozdělení zdrojů tepla.....	13
4.1. Plynový kotel.....	13
4.1.1. Palivo.....	13
4.1.2. Rozdělení kotlů.....	14
Kotel konvenční .....	14
Kotel kondenzační.....	14
4.2. Elektrický kotel .....	15
4.2.1. Rozdělení elektrických kotlů.....	15
4.3. Kotel na biomasu.....	16
4.3.1. Palivo.....	16
4.3.2. Rozdělení kotlů.....	16
4.3.3. Komfort při topení.....	17
4.4. Tepelné čerpadlo .....	18
4.4.1. Tepelné čerpadlo vzduch – voda .....	19
4.4.2. Tepelné čerpadlo země – voda .....	20
4.4.3. Tepelné čerpadlo voda – voda.....	21
5. Konkrétní zdroj tepla pro polyfunkční dům .....	22
5.1. Plynový kondenzační kotel.....	22
5.1.1. Stanovení pořizovacích nákladů.....	22
5.1.2. Stanovení ročních provozních nákladů.....	24
5.2. Elektrický kotel .....	24
5.2.1. Stanovení pořizovacích nákladů.....	26
5.2.2. Stanovení ročních provozních nákladů.....	26
5.3. Kotel na biomasu.....	26
5.3.1. Stanovení pořizovacích nákladů.....	28
5.3.2. Stanovení ročních provozních nákladů.....	28
Stanovení roční spotřeby paliva .....	28
5.4. Tepelné čerpadlo vzduch – voda .....	28



5.4.1.	Stanovení pořizovacích nákladů.....	30
5.4.2.	Stanovení ročních provozních nákladů.....	30
5.5.	Tepelné čerpadlo země – voda .....	30
5.5.1.	Stanovení pořizovacích nákladů.....	32
5.5.2.	Stanovení ročních provozních nákladů.....	32
6.	Porovnání zdrojů tepla.....	32
6.1.	Stanovení rozhodovacích kritérií.....	32
6.1.1.	Kritérium č.1 – Náklady .....	32
6.1.2.	Kritérium č.2 – Vliv na životní prostředí .....	34
6.1.3.	Kritérium č.3 – Uživatelský komfort.....	35
6.2.	Vyhodnocení variant .....	36
7.	Otopná soustava .....	37
8.	Současná situace.....	38
8.1.	Možný vývoj cen.....	38
8.2.	Shrnutí .....	39
9.	Závěr.....	40
10.	Seznamy .....	41
10.1.	Literatura a použité zdroje.....	41
10.2.	Seznam obrázků.....	43
10.3.	Seznam tabulek.....	43
10.4.	Seznam grafů.....	44

# 1. Úvod

V dnešní době, kdy ceny energií stoupají, uživatelé vyžadují co největší komfort a zároveň je snaha co nejméně zatěžovat životní prostředí, se volba správného zdroje tepla stává významným tématem.

Ještě před několika lety převládala tradice vytápět budovy zdroji tepla na fosilní paliva nebo na elektrickou energii. Tyto zdroje byly nejdostupnější a nákladově nejvýhodnější. S fosilními palivy jakožto s neobnovitelnými zdroji je však třeba šetřit a od jejich využívání odstupovat. Zejména i cena a dodávky plynu jsou v posledních měsících nejisté a uživatelé od plynových kotlů ustupují. Dnes je trend volit alternativnější zdroje, které jsou šetrnější k životnímu prostředí a jejich provoz je levnější. Díky těmto faktorům se zdroje tepla jako jsou kotle na biomasu a tepelná čerpadla čím dál více používají.

Z těchto důvodů jsem se rozhodla udělat studii jednotlivých zdrojů tepla, které lze použít v objektu polyfunkčního domu. Jednotlivé zdroje poté porovnam mezi sebou pomocí vícekritériální analýzy, a to z hlediska finanční stránky (pořizovací náklady a provozní náklady), z hlediska dopadu na životní prostředí (produkce NOx a třída energetické náročnosti) a z hlediska uživatelského komfortu (míra obslužnosti a hladina akustického výkonu).

Dále zpracuji projektovou dokumentaci vytápění, kterou podložím výkresy, výpočty a technickou zprávou.

## 2. Popis objektu

Polyfunkční dům se nachází na parcele číslo 478/582 v katastrálním území Roudné. Obec Roudné je součástí aglomerace Českých Budějovic.

Jedná se o dvoupatrový nepodsklepený objekt. V 1.NP je situována technická místnost a 4 zubní ordinace s potřebnou vybaveností (čekárny, WC, místnost pro zaměstnance). Ve 2.NP se nachází 4 bytové jednotky a 4 kancelářské prostory.

První nadzemní podlaží polyfunkčního domu je půdorysně menší než druhé nadzemní podlaží. Budova je založena na základových pasech (stěny) a základových patkách (sloupy podporující 2.NP). Konstruktivní nosný systém je kombinovaný, tvořený převážně nosnými stěnami, které doplňuje 6 sloupů podporující vykonzolovanou část 2. NP. Nosné stěny jsou navrženy z keramických cihel Poroherm 30 AKU tl. 300 mm, obvodové stěny jsou doplněny o kontaktní zateplovací systém Etics tl. 180 mm. Stropy objektu jsou tvořeny železobetonovými monolitickými deskami tl. 250 mm. Objekt je zastřešen plochou střechou.

V místě budovy jsou zavedeny veškeré inženýrské sítě, na parcelu je vyvedena vodovodní kanalizační přípojka i přípojka NN a plynu.

## 3. Otopné teplovodní soustavy

Zásadní rozlišení teplovodních soustav je ve způsobu propojení jednotlivých otopných těles. Podle propojení se soustavy dělí na jednotrubkové a dvoutrubkové otopné soustavy.

### 3.1. Způsob propojení otopných těles

#### Jednotrubkové otopné soustavy

U jednotrubkových otopných soustav jsou otopná tělesa propojena sériově. V otopné soustavě jsou postupně propojena všechna otopná tělesa tak, že teplonosná látka prochází postupně od prvního tělesa až k poslednímu. Nelze tedy v jednotlivých částech soustavy určit, zda se jedná o směs vody přiváděné, nebo o vodu vratnou.

Při návrhu jednotrubkové otopné soustavy je nutné počítat s tím, že teplota přiváděné vody s délkou soustavy klesá, díky tomu se mění i měrný výkon jednotlivých otopných těles. [1]

### Dvoutrubkové otopné soustavy

Otopná tělesa u dvoutrubkových soustav jsou propojena paralelně. V soustavě se vždy nachází dvě trubky. Trubka přivodní přivádějící ohřátou vodu do otopných těles a trubka s vratnou vodou, která vede ochlazenou vodu zpět ke zdroji vytápění. Všechna otopná tělesa mají stejnou teplotu přivodní a vratné vody, což zjednodušuje návrh otopné soustavy. Dvoutrubkové soustavy patří v praxi k nejpoužívanějším soustavám. [1]

## 3.2. Způsob vedení vody k otopným tělesům

Rozlišujeme 3 druhy: horizontální, vertikální a hvězdicovité soustavy.

### Horizontální soustava

Většina rozvodů horizontální soustavy je vedena vodorovně v podlaze. Soustava obsahuje minimální počet stoupaček, na které je napojena síť vertikálního potrubí, na ní jsou dále napojena otopná tělesa. Mezi horizontální soustavou se řadí i etážové soustavy kde je zdroj tepla umístěn ve stejném patře jako otopná tělesa. [1]

### Vertikální soustava

Pro vertikální soustavu je charakteristický větší počet stoupaček, na které jsou přímo napojeny otopná tělesa. Potrubí mezi otopnými tělesy a stoupačkami mají velmi krátké vzdálenosti. [1]

### Hvězdicovitá soustava

Hvězdicová soustava se začala rozvíjet a používat spolu s příchodem plastů a snahou je využívat. Jedná se o soustavu, ve které je nejčastěji uprostřed objektu umístěna stoupačka, na ní navazuje v každém podlaží rozdělovač a sběrač ze kterého je do každého otopného tělesa vedena dvoutrubková připojovací soustava. Snahou je dimenzovat vertikální potrubí s co nejméně odbočkami a s co nejmenším počtem spojů z důvodů možnosti poruch rozvodů a z důvodu vysoké ceny. V ideálním případě by mělo být připojovací potrubí vyrobené z jednoho kusu potrubí. [1]

## 3.3. Teplotní parametry otopných soustav

Při navrhování vytápění objektu pracujeme se dvěma teplotními spády. Teplotní spád na otopných tělesech a teplotní spád otopných soustav.

Teplotní spád na otopných tělesech se liší podle druhu místnosti, ve kterém se nachází. Volí se s ohledem na druh otopné soustavy. U jednotrubkových otopných soustav se volí teplotní spád otopných těles menší, než je teplotní spád otopné soustavy. Rozdíl teplot je mezi 5-10 °C. U dvoutrubkových soustav je spád stejný u teplovodních soustav se pohybujeme v rozmezí 15-25 °C.

Teplota otopné vody je ve výpočtu nejvyšší teplota, se kterou se pracuj. Podle teploty se soustavy dělí do čtyř kategorií. [1]

Teplovodní nízkoteplotní	$t \leq 65^{\circ}\text{C}$
Teplovodní otevřené	$65^{\circ}\text{C} < t \leq 95^{\circ}\text{C}$
Teplovodní uzavřené	$65^{\circ}\text{C} < t < 115^{\circ}\text{C}$
Horkovodní	$t \geq 115^{\circ}\text{C}$

Tabulka 1 - Teplota otopné vody v soustavách [1]

### 3.4. Druhy oběhu vody

V otopných soustavách se rozlišují dva druhy oběhu vody. Soustavy s přirozeným oběhem a soustavy s oběhem nuceným.

#### Soustavy s přirozeným oběhem

Oběh vody mezi kotlem a otopnými tělesy je způsoben přetlakem. Přetlak v soustavě vzniká díky tomu, že vratné potrubí má nižší teplotu než voda přívodního potrubí, tudíž má i menší hustotu, která v kotli způsobuje vyšší hydrostatický tlak na vratném potrubí a nižší na potrubí přívodním.

Tento druh soustav se v praxi používá u menších objektů. Je vhodný pro menší soustavy v budovách s malou půdorysnou plochou a většími výškovými rozdíly mezi otopnými tělesy a kotlem z důvodů zajištění dostatečného tlaku.

Podle polohy kotle se soustavy dělí na dva druhy, soustavu s horním rozvodem a soustavu se spodním rozvodem. Pro soustavy s přirozeným oběhem je nejběžnější volba dvoutrubkové otopné soustavy. [1]

#### Soustavy s nuceným oběhem

U objektů, pro které je soustava s přirozeným oběhem nevyhovující například z důvodů velké půdorysné plochy, se volí soustava s nuceným oběhem.

Pohyb vody v soustavě je způsoben oběhovým čerpadlem umístěným nejčastěji na přívodním potrubí. Soustava je schopna na rozdíl od soustavy s přirozeným oběhem si poradit s mnohem většími tlakovými ztrátami.

Soustavy s nuceným oběhem mají značné výhody. Menší dimenze potrubí z důvodu možných vyšších rychlostí proudění a z důvodu možných vyšších tlakových ztrát se kterými si je oběhové čerpadlo schopno poradit. Menší světlosti potrubí poté vedou ke snižování cen, ke snadnější montáži a menší prostorové náročnosti. Další výhodou je nulové omezení na umístění zdroje tepla. Kotel může být umístěn ve stejné výškové úrovni jako otopná tělesa. [1]

### 3.5. Materiály potrubí

Materiál pro potrubí se postupně vyvíjí a mění. V dnešní době lze potrubí zhotovit z celé řady materiálů, například z oceli, mědi nebo plastu. Před návrhem otopné soustavy je důležité stanovit si materiál, protože postup výpočtu se mění.

Velké odlišnosti jsou v mechanických vlastnostech plastů a kovů. Plasty jsou oproti kovům křehčí a je nutné je chránit proti mechanickému poškození. Naopak potrubí z kovových materiálů může být volně ložené bez dalších úprav. Platové rozvody mají oproti kovovým potrubím výhodu, že nepodléhají korozi z vnější ani vnitřní strany. [1]

#### Potrubí z oceli

Ocelové potrubí je tradiční historický materiál pro trubní rozvody. Spojuje se svařováním elektrickým obloukem nebo plamenem. Po celém obvodu musí být chráněno protikorozními úpravami. Pro horizontální trubky se používají ocelové trubky v kombinaci s plastovým opláštěním. [1]

#### Potrubí z mědi

Měděné potrubí se v TZB začalo používat až mnohem později z důvodů, že měď byla dlouho považována za strategický materiál, kterým se na trubní systémy nesmělo plýtvat. Měď má značné výhody. Je považována za baktericidní materiál, má vysokou odolnost proti korozi, stárnutí, má velkou pevnost a lze z ní navrhnout potrubí s malou tloušťkou stěn.

Nejčastější spojování měděných trubek je kapilární pájení. Závítové spoje se používají jen u napojování armatur. [1]

### Potrubí z plastu

V současné době je značný rozvoj plastů, na trh stále přicházejí nové druhy trubek s inovativním složením. Nejčastěji používaným platem pro trubní rozvody jsou síťovaný polyetylen, statický polypropylen, chlorované PVC a polybuten.

Hlavním rozdílem oproti tradičním materiálům je větší délková teplotní roztažnost a nižší pevnost. Montáž plastových rozvodů je snazší, rychlejší a není často potřeba kvalifikovaných montérů. Spoje se provádí mechanickými spojkami nebo svařováním. [1]

## 4. Rozdělení zdrojů tepla

Zdroje tepla jsou obecně zařízení, ve kterých probíhá proces přeměny energie, která se nachází v palivech, na energii, která se následně odevzdá objektu pomocí teponosné látky. Zdroje se liší podle druhu paliva, způsobu spalování a výsledné velikosti tepelného výkonu. Podle velikosti jmenovitého tepelného výkonu jsou zdroje rozděleny na malé, střední a velké zdroje. Střední zdroje tepla jsou zdroje s výkonem 500-3500 kW a jsou vhodné pro vytápění a přípravu teplé vody pro jeden až dva domy. V případě polyfunkčního domu budou použity právě střední zdroje tepla.

Zdroje tepla lze dělit podle několika kritérií. Podle skupenství paliva, podle provozního tlaku, podle umístění zdroje tepla nebo například podle teploty a druhu teponosné látky. [2]

Domovní kotelna	Nízotlaká	Nízkotlaká	Středotaká
Tepelný výkon (kW)	500 - 3500	nad 3500	od 500
Teplota teponosné látky (°C)	teplá voda do 110	teplá voda do 110	horká voda nad 110
Provozní tlak teponosné látky (kPa)	pára s přetlakem do 50	pára s přetlakem do 50	pára s přetlakem od 50 do 1600
Druh paliva	tuhé, kapalné, plynné	tuhé, kapalné, plynné	tuhé, kapalné, plynné
Umístění zdroje	vytápěný objekt, samostatný objekt	samostatný objekt	samostatný objekt

Tabulka 2 - Základní klasifikace středních zdrojů tepla [2]

### 4.1. Plynový kotel

Energie se získává spalováním paliva. V plynových kotlích dochází nejčastěji ke spalování zemního plynu. Možné je také použití zkapalněných plynů propanu, butanu nebo zemního plynu. [2]

#### 4.1.1. Palivo

Plynná paliva jsou směsí hořlavých a nehořlavých plynů. Pro zásobování teplem v objektech se nejčastěji používá zemní plyn, svítiplyn, propan-butan nebo bioplyn. Faktorem ovlivňující kvalitu plynu je spalné teplo, které určuje výhřevnost plynu. Na základě spalného tepla se navrhuje druh kotle a průběh spalovacího procesu. [2]

#### Zemní plyn

Zemní plyn je přírodní plyn složený z plynných alkanů – methanu, ethanu, propanu a butanu. Je přibližně dvakrát lehčí než vzduch, výbušný, nedýchatelný ale není jedovatý. Jeho spalováním nevznikají žádné pevné částice (prach, popel, saze), ani žádné nebezpečné plyny. Z pohledu emisí při

spalování zemního plynu nevzniká v moderních kotlích oxid uhelnatý. Emise CO<sub>2</sub> jsou v porovnání s kotli na spalování uhlí nebo biomasy na úrovni 25–50 %.

Masivní používání zemního plynu je dáno velkými zásobami na světě. Díky možnosti využití kondenzace a velké možnosti regulace spalování dokážeme využít až 98 % jeho energetického obsahu. [2] [3]

### **Zkapalněné plyny**

Výhody zkapalněných plynů jsou stejné jako u plynných forem paliva. Další z výhod je možnost použití zkapalněných plynů v místech, kde není zavedena dodávka plynného zemního plynu, nebo možnost použití v případě poškození plynovodní sítě.

Mezi nevýhody patří nutnost instalace zásobníků na zkapalněné plyny. [3]

## **4.1.2. Rozdělení kotlů**

Plynové kotle se dělí podle několika kritérií.

### **Podle umístění**

Podle umístění se dělí na kotle na závěsné a stacionární.

Závěsné kotle se umísťují se na zeď a nezabírají podlahovou plochu. Používají převážně v menších objektech, jako jsou rodinné domy.

Stacionární kotle jsou umístěny na podlaze. Jedná se většinou o kotle větší velikostí i výkonem, těžší, kotle s integrovaným zásobníkem teplé vody. Stacionární kotle se používají pro větší objekty. [4]

### **Podle odtahu spalin**

Spaliny se mimo objekt odvádí přirozenou nebo nucenou cestou.

Odtah spalin přirozenou cestou mají ve většině případů kotle atmosférické. Odtah spalin ústí do komína a přívod vzduchu pro hoření je přímo z místnosti, kde se kotel nachází.

Přidáním ventilátoru pro dotah spalin, který je součástí kotle, vznikne odtah nucený. Takový odtah mají turbo kotle, kde je řízený jak odtah, tak přívod vzduchu z exteriéru do kotle. [4]

### **Podle kondenzace**

Zda v kotli probíhá či neprobíhá kondenzace vodní páry se kotle dělí do dvou kategorií. Kotel konvenční (klasický) a kotel kondenzační. [4]

#### **Kotel konvenční**

Konvenční kotel je klasický typ kotle, ve kterém spalováním plynu ohřívá teplotně nosná látka. Může sloužit jak k vytápění, tak k ohřevu teplé vody. Spaliny z hoření nejsou nijak využívány, z těchto důvodů mají kotle konvenční nižší účinnost, ale zároveň nižší pořizovací cenu oproti kotlům kondenzačním. [4]

#### **Kotel kondenzační**

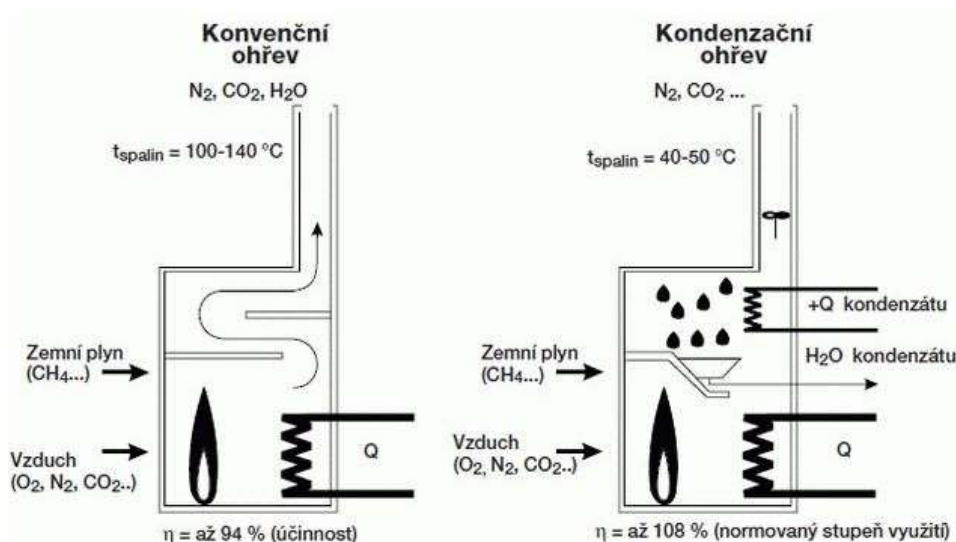
Kondenzační kotle využívají kondenzace vodní páry obsažené v spalinách a využívají teplo obsažené ve spalinách, které by jinak opustilo objekt komínem a nebylo by využito.

Spaliny vznikají díky hoření zemního plynu. Skládají se z vodní páry, oxidu uhličitého a dusíku. Teplota spalin se pohybuje okolo 40-90 °C, pokud se spaliny následně ochladí pod teplotu rosného bodu, dojde ke kondenzaci a následně k uvolnění tepla.

Podrobně řečeno, vratná otopná voda je přehřívána spaliny, které tak ochlazuje. Následně již přehřátá voda putuje do kotle, kde se dohřeje na požadovanou teplotu.

Díky kondenzaci musí být teplosměnná plocha i komínkový prostor vyroben z materiálu odolávajícímu korozi.

Díky využití latentního tepla spalin kotle dosahují účinnosti až 98 %. Zbylé dvě procenta jsou ztráty sáláním kotle, spaliny a odváděním kondenzátu. [4]



Obrázek 1 - Rozdíl ve fungování konvenčního a kondenzačního kotle [4]

## 4.2. Elektrický kotel

Elektrický kotel je zařízení, které zajišťuje vytápění pomocí elektřiny. Těleso, které je napojeno na elektrickou energii ohřívá otopnou vodu pomocí topných tyčí a čerpadla. Zařízení lze použít jak pro vytápění radiátory, tak pro vytápění podlahové.

Mezi jeho hlavní výhody patří nízká pořizovací cena, rychlá a levná montáž, tichý provoz a malá prostorová náročnost. Na rozdíl od plynových kotlů v případě kotle elektrického není potřeba do objektu přivádět přípojky plynu, nebo vybudovat komín pro odvod spalin. Z důvodů, že kotel nic nespaluje ani netlakuje nevyžaduje žádné čistící ani seřizovací potřeby. Nevýhodou elektrických kotlů je vysoká provozní cena díky vysokým cenám za elektřinu.

Elektrické kotle je nejvhodnější používat u objektů s malou tepelnou ztrátou. Nejčastěji se používají v malých nízkoenergeticky náročných a pasivních domech, nebo se elektrické kotle volí i jako doplňkový zdroj vytápění v kombinaci například s krbovými kamny. [5]

### 4.2.1. Rozdělení elektrických kotlů

Elektrické kotle rozdělujeme do dvou kategorií. Kotle přímotopné a kotle se zásobníkem vody

#### Přímotopný kotel

Přímotopné kotle se vyznačují téměř bezobslužným a bezhlučným provozem, mají okamžitý výkon a díky tomu jsou velmi citlivé na změny. Díky tomu, že neobsahují zásobník teplé vody jsou velmi malé a mohou být umístěny v jakékoliv části objektu. Oproti kotlům zásobníkovým mají ale vyšší spotřebu energie, tedy i vyšší náklady na provoz. [6]

## **Kotel se zásobníkem**

Jako z názvu vyplývá, kotle jsou doplněny o zásobníkovou nádrž teplé vody a fungují na principu topných tyčí, které ohřívají vodu. Díky zásobníku jsou v případě výpadku elektřiny schopny vytáčet objekt i několik hodin, ale díky zásobníku mají také vyšší nároky na umístění a větší prostorovou náročnost. [6]

## **4.3. Kotel na biomasu**

Hlavním důvodem používání kotlů na spalování biomasy je snaha přestat používat neobnovitelné zdroje. Neobnovitelné zdroje jako je například ropa, zemní plyn či uhlí vznikají více než tisíce let, jejich těžení nepříznivě ovlivňuje životní prostředí a zásoby klesají, což zvyšuje jejich cenu. Biomasa jakožto obnovitelný zdroj energie je velmi výhodná. Lze získávat z cíleného pěstování v zemědělství, ale i jako odpadní prvek ze zemědělství, lesnictví a průmyslu. Při spalování biomasy se uvolňuje stejné množství CO<sub>2</sub>, které předtím vegetace spotřebovala při svém růstu. Biomasa je díky těmto vlastnostem zdrojem energie s nízkým dopadem na životní prostředí. [7]

### **4.3.1. Palivo**

Vedle tradičního spalování kusového dřeva se v poslední době upřednostňuje používání dřevního odpadu, jako jsou piliny, štěpka, brikety a nejčastěji pelety. [7]

#### **Pelety**

Pelety jsou palivo dodávané ve formě slisovaných granulí kruhového průřezu. Nejčastěji pelety získáváme z dřevní biomasy, okrajově z biomasy rostlinné. Vyrábí se lisováním suché hmoty  $w < 10\%$ . Jejich výhřevnost se pohybuje okolo 17 – 18 MJ/kg.

Hlavními výhodami pelet je nenáročnost pro životní prostředí, nezávislost na dodávkách fosilních paliv, snadná manipulace a skladnost. Při použití kotlů na pelety lze docílit velké bezoblužnosti jako při použití plynového kondenzačního, nebo elektrického kotle. [7]

#### **Brikety**

Brikety jsou palivo ve formě válců s otvory nebo bez. Získávají se lisováním rostlinné, nebo dřevní biomasy za vysokých teplot.

Mezi výhody briket patří nízká vlhkost, nenáročnost pro životní prostředí a využití popelu jako přírodního hnojiva. Snadná je i manipulace a skladování. Nevýhodou je častá potřeba obsluhy kotle, proto se často volí brikety pouze jako doplňkový zdroj tepla. [7]

### **4.3.2. Rozdělení kotlů**

Kotle lze dělit podle několika kritérií, ať už je to podle spalovaného paliva, způsobu hoření, možnosti regulovat hoření a výkon, nebo míry automatizace kotle.

Podle vyhlášky č. 415/2012 Sb. Přílohy 18 se kotle dělí podle typu spalovacího stacionárního zdroje do devíti kategorií: kotel prohřívací, odhořívací, zplyňovací, kotel automatický se šnekovým dopravníkem, kotel automatický s rotačním roštem, kotel automatický přestavěný, kotel automatický speciální, lokální topidlo s výměníky a kotel jiný. [8]

#### **Kotel prohřívací**

Jedná se o nejstarší princip spalování známý už z otevřených ohnišť a krbů. Palivo je položeno na roštu a plamen i spaliny volně procházejí skrz palivo až do horní části kotle, kde se nachází výměník. Spalovací komora je totožná s příkladací komorou. Prohřívací kotel je kotel stacionární s ruční dodávkou paliva. [8]



### **Kotel odhořivací**

U odhořivacího kotle je palivo uloženo na roštu přes příkladací komoru a ohdořívá. Plamen je ale mimo prostory roštu v oddělené šamotem vykládané spalovací komoře. Kotel má velmi malou možnost regulace spalování. Jedná se o kotel stacionární s ruční dodávkou paliva. [8]

### **Kotel zplyňovací**

Kotel zplyňovací je speciální druh odhořivacího kotle. Plamen je odváděn do speciální komory. Do spalovací komory je přiváděn sekundární spalovací vzduch přes otvor nebo trysku. Kvalita zplyňovacího kotle je závislá hlavně na kvalitě spalovací komory. Aby došlo k co nejkvalitnějšímu zplynění paliva, musí být plamenu ponechán v komoře časově dlouhý prostor. Spalovací komora musí být žáruvzdorná a schopna odolávat teplotám až 1200 °C. Nejčastěji jsou komory těchto kotlů tvořeny žárobetonem.

Zplyňovací kotle se oproti kotlům odhořivacím liší i řízeným přívodem vzduchu pomocí ventilátoru. Přívod vzduchu zkvalitňuje spalování a snižuje komínový tah. Díky těmto vlastnostem má kotel vyšší možnost regulovat výkon a průběh spalování. Kotel zplyňovací vyžaduje ruční dodávku energie. [8]

### **Kotel automatický se šnekovým dopravníkem**

Kotle se šnekovým dopravníkem jsou nejpoužívanější kotle díky jejich automatizaci a velmi malé potřebě obsluhy. Palivo je na rošt kotle dodáváno pomocí horizontálního, nebo šikmého dopravníku ze samostatné násypky. Na roštu dále dochází ke spalování paliva. [8]

### **Kotel automatický s rotačním roštem**

Spalování paliva probíhá na bubnovém roštu, který se otáčí kolem své horizontální osy. Palivo umístěné v násypce nad bubnovým roštem je díky rotaci postupně odebíráno. [8]

### **Kotel automatický přestavěný**

Přestavěné kotle vznikly ze snahy zákazníků zautomatizovat kotle prohřívací, odhořivací, nebo zplyňovací, které již v objektech mají. Změna kotle s ruční dodávkou paliva na kotel automatický je dosažena například zabudováním hořáku do spalovací komory, nebo přestavěním kotle přímo u provozovatele. [8]

### **Kotel automatický speciální**

Speciální automatické kotle jsou učené pro spalování biomasy, která nemá pravidelný formát pelet, briket atd. Jedná se například o piliny štěpku nebo slámu. Kotle jsou oproti kotlům se šnekovým dopravníkem robustnější, mají větší dimenze dopravníku a jsou oproti nim naddimenzované. [8]

### **Lokální topidlo s výměníky**

Lokální topidlo s výměníky je teplovodní kotel. Jedná se i klasická krbová kamna nebo vložky, které mají výměník napojený na otopnou soustavu. [8]

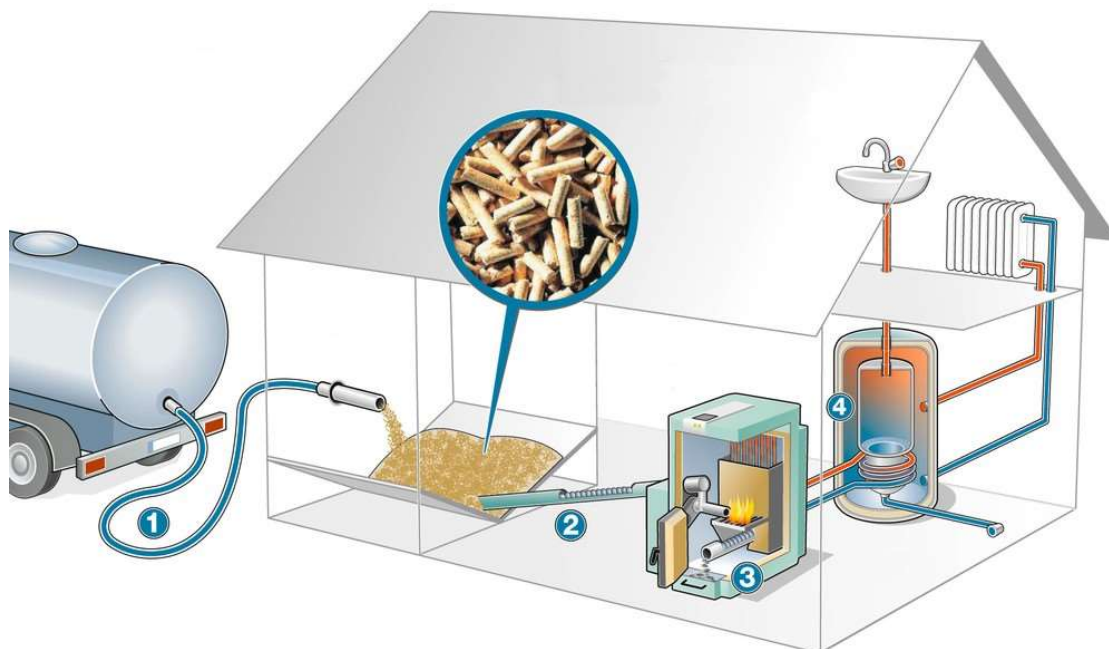
### **Kotel jiný**

Tato kategorie se ve vyhlášce uvádí z důvodů, že se výrobce se svým produktem nevejde ani do jedné z předešlých kategorií. Do této kategorie spadají atypické kotle.

## **4.3.3. Komfort při topení**

V současné době je komfort při topení peletami jeden z hlavních faktorů ovlivňující návrh kotle. Z těchto důvodů je cílem návrhu dosáhnout co největší bezobslužnosti jako například u kotlů plynových. Volí se dovoz pelet a jejich doprava do skladovacího prostoru pomocí cisterny,

kompresoru a stlačeného vzduchu. Dále se palivo do automatického kotle pomocí šnekového dopravníku. Do soustavy lze také za kotlové těleso přidat akumulční zásobník na teplou vodu a tím snížit čas, kdy kotel aktivně pracuje (viz obrázek č. 2). [7]



Obrázek 2 - Systém komfortního vytápění peletami [7]

1 – doprava pelet z cisterny přímo do skladovacího prostoru

2 - dávkování pelet do kotle šnekovým dopravníkem

3 – automatický kotel na pelety

4 – akumulční nádrž teplé vody

#### 4.4. Tepelné čerpadlo

Tepelná čerpadla pracují na principu předávání energie mezi dvěma prostředími. Z prvního prostředí s nižší teplotou (z vody, vzduchu nebo ze země) se energie odebírá a předává se do prostředí druhému, kterým může být voda, nebo vzduch.

Jelikož teplo samovolně nemůže přecházet z chladnějšího do teplejšího prostředí, obsahuje tepelné čerpadlo kompresor napojený na elektrickou energii. Tepelný výkon čerpadla je dán součtem energie odebrané z vnějšího prostředí a energie dodané kompresoru. Poměr těchto dvou hodnot se nazývá topný faktor a určuje účinnost čerpadla.

Tepelná čerpadla mají čtyři části - výparník, kondenzátor, kompresor a expanzní ventil.

##### Princip fungování

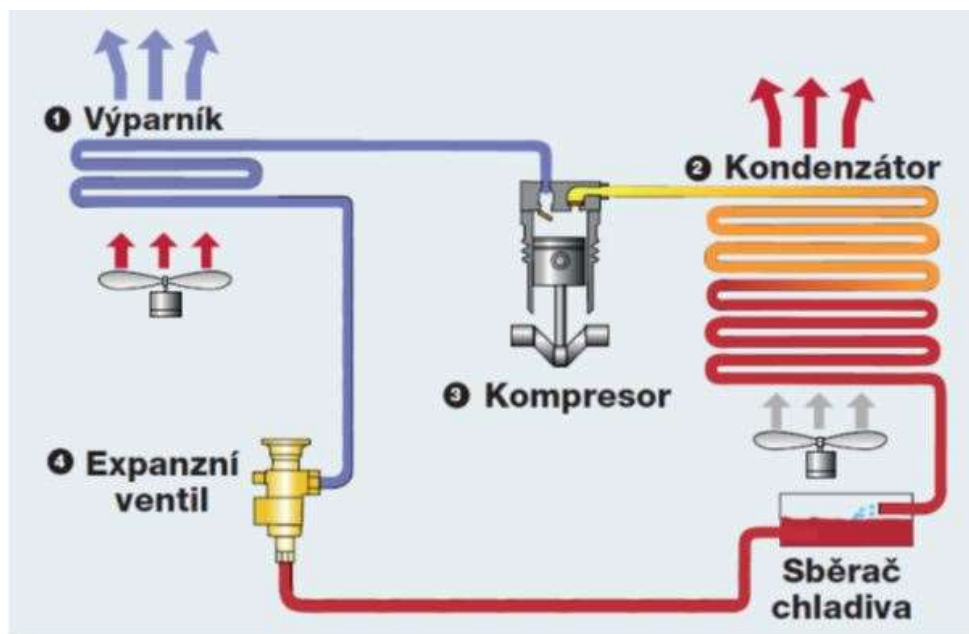
Princip fungování tepelných čerpadel spočívá v cyklicky se opakujících procesech změn skupenství a teploty kapaliny s ní s nízkým bodem varu. Tato kapalina se nazývá pracovní médium, nebo chladivo.

Médium proudí v kapalném stavu přes expanzní nádobu na výparník. Výparník je zdroj tepla, kterým může být vzduch, podzemní voda, nebo půda. U zdroje tepla dojde pomocí expanzní nádoby ke

snížení tlaku, a dojde ke změně skupenství pracovního média. Teplota média klesne pod teplotu zdroje tepla, médium se začne vypařovat a tím odebírá teplo z okolí.

Dále pracovní médium v plynném stavu putuje stlačením v kompresoru do kondenzátoru. Kondenzátor je místo, za kterého lze energii naakumulovanou v plynném stavu média odebírat. Může to být například akumulací zásobník vody. Zde dojde ke zvýšení tlaku a médium začne kondenzovat a předávat svou naakumulovanou energii zásobníku teplé vody, který ji dále distribuuje pomocí otopných soustav do objektu.

Po kondenzaci je zase médium v kapalném stavu a putuje k výparníku a děj se opakuje (děj čerpadla viz obrázek č.3). Tepelná čerpadla dělíme podle druhu prostředí, mezi kterými si předávají energii na tepelné čerpadla vzduch – voda, země – voda a voda – voda. [9] [10] [11]



Obrázek 3 - Cyklus tepelného čerpadla [11]

#### 4.4.1. Tepelné čerpadlo vzduch – voda

Tepelné čerpadlo vzduch – voda získávají energii z venkovního vzduchu díky venkovní splitové jednotce (viz obrázek č. 4). Mezi jejich výhody patří nižší pořizovací cena, oproti čerpadlům země – voda rychlejší instalace bez potřeby velkého pozemku, možnost volby tepelného čerpadla bez akumulací nádrže. Nevýhodami těchto čerpadel je hluk venkovní jednotky, vyšší spotřeba elektřiny a kratší životnost kompresoru, než u čerpadel země – voda a klimatické faktory ovlivňující výkonnost čerpadla (venkovní teplota). [9] [12] [13]



Obrázek 4 - Tepelné čerpadlo vzduch – voda [12]

#### 4.4.2. Tepelné čerpadlo země – voda

Tepelná čerpadla země – voda využívají energii z e země pomocí zemních vrtů, zemních košů, nebo přes ploché zemní kolektory (viz obrázek č. 5 respektive č. 6).

Zemní vrty se provádějí hluboko do země od desítek až do dvou set metrů. Zemní koše jsou mělké, provádějí se přibližně v hloubce 10 – 20 m. Oproti plošným kolektorům nezabírají velkou plochu pozemku, Vrty mohou být prováděny i pod základovou deskou objektu. Díky stabilním teplotám v podloží mají tyto tepelná čerpadla stabilní výkon a mají nejvyšší topný výkon. Nevýhodou je, že jejich instalace se neobejde bez zemních prací.

Plošné kolektory se provádějí v hloubce pouze 1,2 – 1,5 m, ale energii užívají nejen ze spodu ze zemního masivu, ale i z vrchu. Energií z vrchu je myšleno sluneční záření, dešťová voda zasakující se do země. Je nezbytné mít tedy při instalaci tohoto tepelného čerpadla dostatečnou plochu pozemku.

Celkově v porovnáním s čerpadly vzduch – voda jsou tyto čerpadla nákladnější ale bezhlučné a s nižší spotřebou elektřiny a s delší životností. [9] [12] [13]



Obrázek 5 - Tepelné čerpadlo země – voda, vrt nebo zemí koš [12]



Obrázek 6 - Tepelné čerpadlo země – voda, plošná kolektor [12]

#### 4.4.3. Tepelné čerpadlo voda – voda

Tepelná čerpadla voda – voda odebírají energii z vody, a to buď pomocí studen, nebo plošných kolektorů (viz obrázek č. 7 respektive č. 8).

V provedení pomocí studen se energie odebírá ze spodní geotermální vody. Voda se čerpadlem dopravuje do výměníku tepelného čerpadla a po ochlazení se je vrácena zpět do podloží. Studny mají nižší investiční náklady oproti zemním vrtům u čerpadel země – voda, ale jejich provedení lze uskutečnit jen v lokalitách s dostatkem vody. Mezi další nevýhody patří i vyšší náklady na servis (čištění) a nižší životnost částí pro čerpání spodní vody.

Plošné kolektory se umísťují na dna vodních ploch (rybníky, řeky, aj.). Jedná se o plastové hadice, které jsou naplněny nemrznoucí směsí a slouží pro přenos tepla mezi vodou a tepelným čerpadlem. Toto provedení je nejlevnější varianta tepelných čerpadel země – voda a voda – voda. Náklady na vybudování kolektorů jsou nízká a mají dlouho životnost. Jsou zároveň i bezhlučné a bezúdržbové. Nevýhodou je možné provedení jen v blízkosti vodní plochy a nutné povolení správce povodí. [12]



Obrázek 7 - Tepelné čerpadlo voda – voda, studna [12]



Obrázek 8 - Tepelné čerpadlo voda – voda, plošný kolektor [12]

## 5. Konkrétní zdroj tepla pro polyfunkční dům

Předpoklady

### 5.1. Plynový kondenzační kotel

V případě vytápění v polyfunkčním domě plynovým kondenzačním kotlem je navržen kotel Bosch Condens GC9000iW 20 E 23

<b>BOSCH Condens GC9000iW 20 E 23</b>	
Tepelný výkon	2,8 - 20 kW
Účinnost	94 %
Třída NOx dle ČSN EN 483	5
Třída energetické účinnosti	A
Hladina akustického výkonu	42 dB

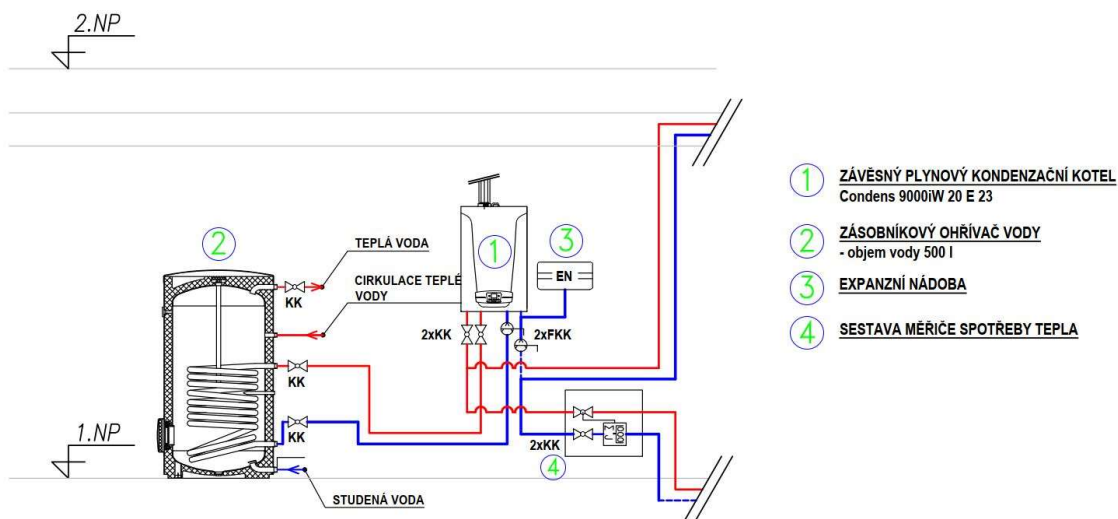
Tabulka 3 - Plynový kondenzační kotel Condens GC9000iW 20 E 23 [16]

#### 5.1.1. Stanovení pořizovacích nákladů

<b>Produkt</b>	<b>Cena Kč (bez DPH)</b>
Kotel Condens GC9000iW 20 E 23	75 600
Expanzní nádoba	1 000
Zásobník TV Vitocell 100-V 500 l	46 990
Komín	15 250
Montáž	9 400
Uvedení do provozu	1 770
Revize spalinové cesty	1 350
Revize plynovodu	1 200
Plynovodní přípojka (přípojky 10 m)	32 000
<b>Cena celkem</b>	<b>184 560</b>

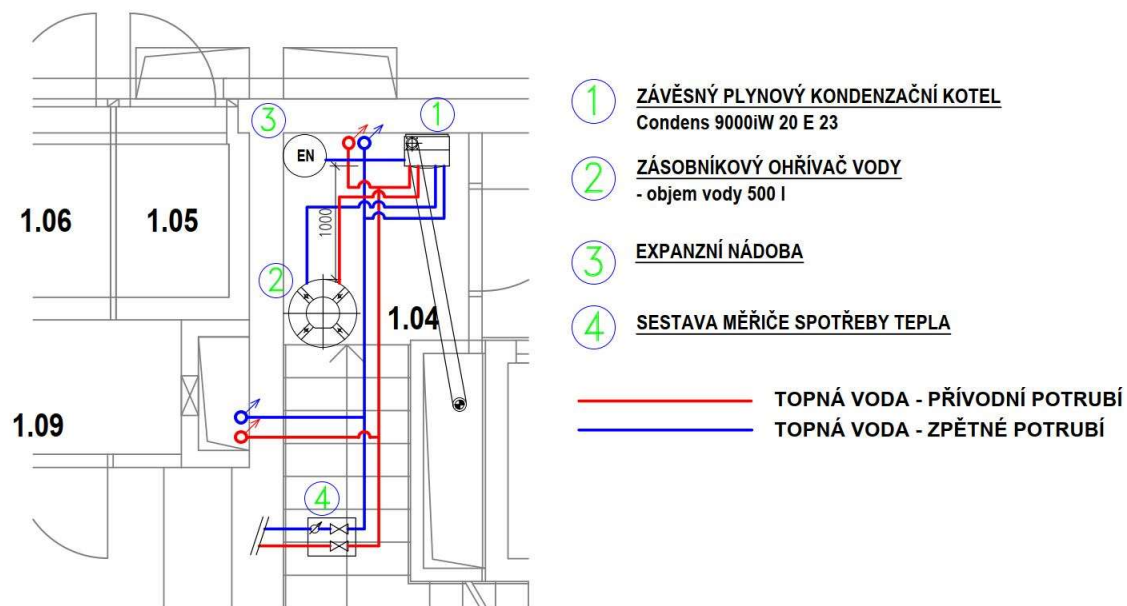
Tabulka 4 - Pořizovací náklady plynového kondenzačního kotle [16] [19]

## Schéma zapojení plynového kondenzačního kotle



Obrázek 9 - Schéma zapojení plynového kondenzačního kotle

## Schéma technické místnosti – plynový kondenzační kotel



Obrázek 10 - Schéma technické místnosti – plynový kondenzační kotle

### 5.1.2. Stanovení ročních provozních nákladů

Pro stanovení ročních nákladů pro provoz plynového kotle byl použit kalkulátor cen energií. [14]

#### Vstupní parametry pro výpočet:

Kraj – Jihočeský

Okres – České Budějovice

Osvobození od ekologické daně

Roční spotřeba tepla  $Q_R = 40,585$  MWh/rok

Využití zemního plynu pro vytápění a ohřev teplé vody

Výpočet proveden dne 21.3.2022

Popis položky	Množství	Měrná jednotka	Jednotková cena bez DPH (Kč)	Celkem bez DPH (Kč)
<b>PLATBA ZA DISTIBUCI</b>				
Pevná cena za odebraný plyn	40,585	MWh	284,72	11 555,36
Stálá měsíční platba za přistavenou kapacitu	12,00	měsíc	209,96	2 519,52
Poplatek OTE	40,585	MWh	2,04	82,79
<b>PLATBA ZA SLUŽBY DODÁVKY</b>				
Komoditní složky ceny	40,585	MWh	1 290,00	55 354,65
Měsíční poplatek za odběrné místo	12,00	měsíc	89,00	1 068,00
<b>CELKEM (Kč)</b>			bez DPH	<b>67 580,32</b>
			DPH	14 191,87
			S DPH	81 772,19

Tabulka 5 – Výpočet ročních nákladů za plyn pro kondenzační kotel [14]

<b>Provozní náklady plynového kondenzačního kotle</b>	
Popis položky	Cena bez DPH (Kč)
Revize kolte (1 x za 3 roky) – 1 500,-	500
Pravidelná roční údržba	1 000
Čištění kotle a kontrola komínu (1 x za rok)	1 000
<b>Celkem</b>	<b>2 500</b>

Tabulka 6 - Provozní náklady plynového kondenzačního kotle [15]

## 5.2. Elektrický kotel

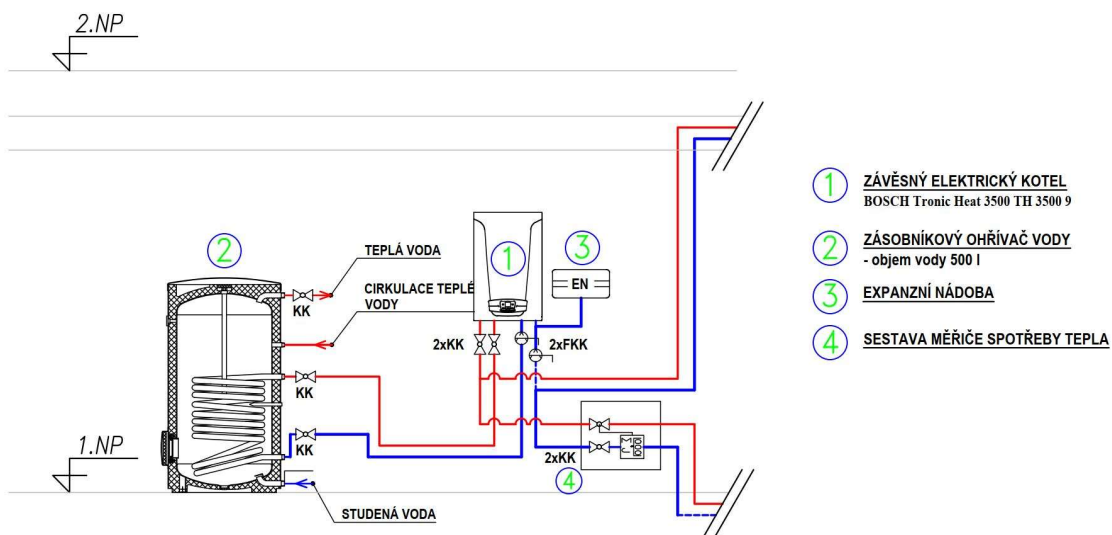
Pro polyfunkční dům je navržen elektrokotel Bosch Tronic Heat 3500 TH3500 9

<b>BOSCH Tronic Heat 3500 TH 3500 9</b>	
Tepelný výkon	6 kW
Účinnost	99 %
Třída NOx dle ČSN EN 483	-
Třída energetické účinnosti	D
Hladina akustického výkonu	39 dB

Tabulka 7 - Elektrokotel Tronic Heat 3500 TH3500 9 [16]

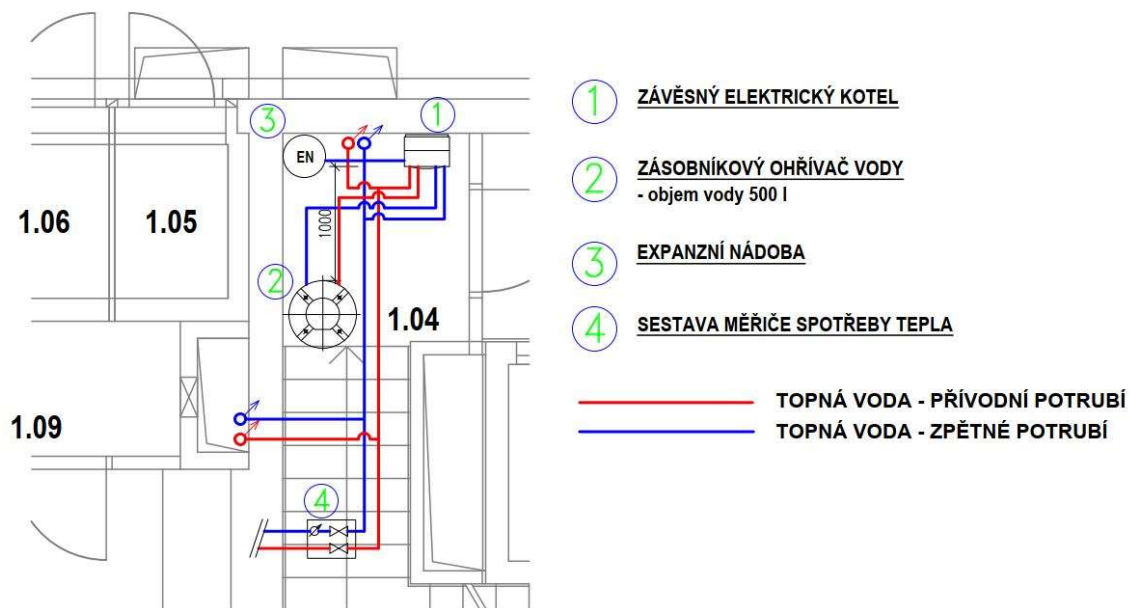


## Schéma zapojení elektrokotle



Obrázek 11 - Schéma zapojení elektrokotle

## Schéma technické místnosti – elektrokotel



Obrázek 12 - Schéma technické místnosti – elektrokotel

### 5.2.1. Stanovení pořizovacích nákladů

Produkt	Cena Kč (bez DPH)
Kotel Tronic Heat 3500 TH 3500 9	16 100
Expanzní nádoba	1 000
Zásobník TV Vitocell 100-V 500 l	46 990
Montáž	6 500
<b>Cena celkem</b>	<b>70 590</b>

Tabulka 8 - Pořizovací náklady Elektrokotle [16] [19]

### 5.2.2. Stanovení ročních provozních nákladů

Pro stanovení ročních nákladů pro provoz plynového kotle byl použit kalkulátor cen energií. [14]

#### Vstupní parametry pro výpočet:

Kraj – Jihočeský

Okres – České Budějovice

Roční spotřeba tepla  $Q_R = 40,585$  MWh/rok

Využití elektrické energie pro vytápění a ohřev teplé vody

Jistič před kotlem 16 A

Spotřeba ve VT je 2/3 z celkové spotřeby

Výpočet proveden dne 21.3.2022

Popis položky	Sazba	Počet jednotek	Měrná jednotka	Jednotková cena bez DPH (Kč)	Celkem bez DPH (Kč)
Silová energie	VT	27 060	kWh	2,674	72 358,44
	NT	14		2,674	36,17
Měsíční poplatek za odběrné místo		12	měsíc	59,00	708,00
Daň z elektřiny		27 074	kWh	0,0283	766,18
<b>OBCHOD S ELEKTRINOU</b>					
Použití sítí	VT	27 074	kWh	0,23857	6 455,70
	NT	14		0,18926	2,56
Měsíční poplatek za odběrné místo		12	měsíc	256,00	3 072,00
<b>DISTRIBUČNÍ SLUŽBY</b>					
Systémové služby	SS	27 074	kWh	0,11353	3 073,66
Obnovitelné zdroje	PoZE				8 524,80
	OZE				50,40
<b>CELKEM (Kč)</b>				bez DPH	<b>95 047,92</b>
				DPH	19 960,06
				S DPH	115 007,98

Tabulka 9 - Provozní náklady elektrokotle [15]

## 5.3. Kotel na biomasu

V objektu polyfunkčního domu je žádoucí plně automatizovaný kotel na biomasu, který vykazuje bezobslužnost. Navrhují kotel na pelety ve standardu jako kotel ATMOS D14P.



### 5.3.1. Stanovení pořizovacích nákladů

Produkt	Cena Kč (bez DPH)
Kotel ATMOS D14P	42 500
Hořák ATMOS A25	24 200
Šnekový dopravník hřídelový DRA50	18 100
Nádrž na pelety 500 l	9 850
Expanzní nádoba	1 000
Zásobník TV Vitocell 100-V 500 l	46 990
Komín	15 000
Montáž s uvedením do provozu	14 400
Revize spalinové cesty	1 240
<b>Cena celkem</b>	<b>173 280</b>

Tabulka 11 - Pořizovací náklady kotle na biomasu [17] [18]

### 5.3.2. Stanovení ročních provozních nákladů

#### Stanovení roční spotřeby paliva

Pro stanovení použijeme vztah pro bilanční výpočet roční potřeby paliva

$$M = Q_v H_m$$

$Q_R$  (kW) je požadovaný výkon zdroje, v případě polyfunkčního domu  $Q_R = 7,43$  kW

$H_m$  (t/kW) je roční potřeba paliva na 1 kW projektovaného výkonu zdroje, pro pelety a automatický kotel se uvádí hodnota  $H_m = 520$  kg = 0,52 t/kW

$$M = 8,15 \times 0,52 = 4,238 \text{ t}$$

Průměrná cena za 1 t pelet se pohybuje okolo 6 000,- Kč. Celkové náklady na pelety za jeden rok pro polyfunkční dům budou tedy  $4,238 \times 6 000 = 25 430,-$  Kč.

Provozní náklady kotle na biomasu	
Popis položky	Cena bez DPH (Kč)
Revize kolte (1 x za 3 roky) – 1 500,-	500
Dovoz pelet v cisterně od 4t po ČR	zdarma
Pravidelná roční údržba	1 000
Čištění kotle a kontrola komínu (1 x za rok)	1 000
<b>Celkem</b>	<b>2 500</b>

Tabulka 12 - Provozní náklady kotle na biomasu [17]

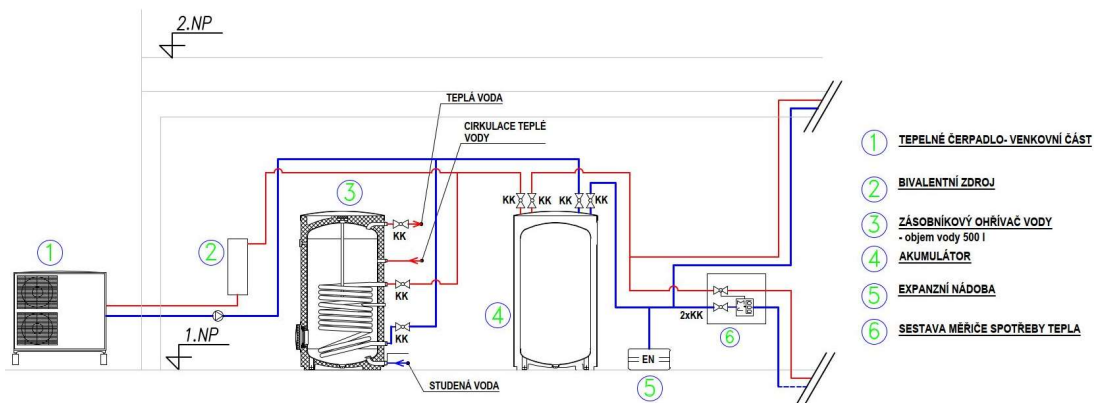
## 5.4. Tepelné čerpadlo vzduch – voda

Pro polyfunkční dům je navrženo tepelné čerpadlo vzduch – voda NIBE F2040-8 VVM 320

NIBE F2040-8 VVM 320	
Tepelný výkon	8 kW
Účinnost	90,3 %
Třída NOx dle ČSN EN 483	-
Třída energetické účinnosti	A++
Hladina akustického výkonu	54 dB

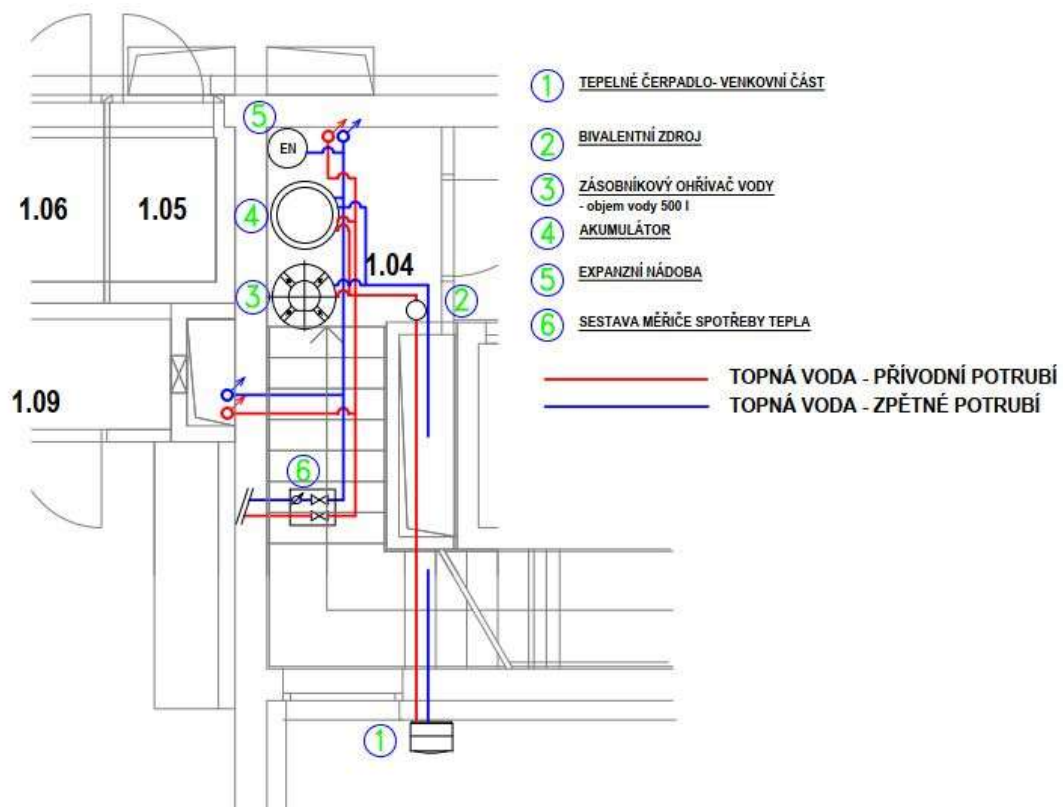
Tabulka 13 - Tepelné čerpadlo vzduch – voda NIBE D2040-8 VVM 310/500[20]

## Schéma zapojení tepelného čerpadla vzduch-voda



Obrázek 15- Schéma zapojení tepelného čerpadla vzduch-voda

## Schéma technické místnosti – tepelné čerpadlo vzduch – voda



Obrázek 16 - Schéma technické místnosti – tepelné čerpadlo vzduch-voda

### 5.4.1. Stanovení pořizovacích nákladů

Produkt	Cena Kč (bez DPH)
NIBE F2040-8 VVM 320	223 500
Expanzní nádoba	1 000
Zásobník TV Vitocell 100-V 500 l	46 990
Materiál pro montáž	34 500
Montáž a spuštění čerpadla	25 500
Příslušenství - Kontrola před UDP, dopojení chladicího systému,...	9 900
<b>Cena celkem</b>	<b>341 390</b>

Tabulka 14 - Pořizovací náklady tepelného čerpadla vzduch - voda [20]

### 5.4.2. Stanovení ročních provozních nákladů

Stanovení ročních provozních nákladů pro tepelné čerpadlo vzduch-voda bylo vypočítáno pomocí online kalkulačky [21].

#### Vstupní parametry pro výpočet:

Tepelná ztráta objektu = 6,016 kW

Roční spotřeba tepla pro vytápění  $Q_{VYT}$  = 9,989 MWh/rok

Roční spotřeba tepla pro ohřev TUV  $Q_{TV}$  = 30,596 MWh/rok

Otopný systém: radiátorový

Tepelné čerpadlo vzduch – voda, účinnost = 90,3%

Bivalentní bod	-15 °C
Průměrná paušální platba za elektroměr	4 600
Průměrná cena el. energie - pohon běžného tepelného čerpadla	26 500
<b>Celkem náklady na elektrickou energii</b>	<b>31 100</b>

Tabulka 15 - Provozní náklady tepelného čerpadla vzduch-voda [21]

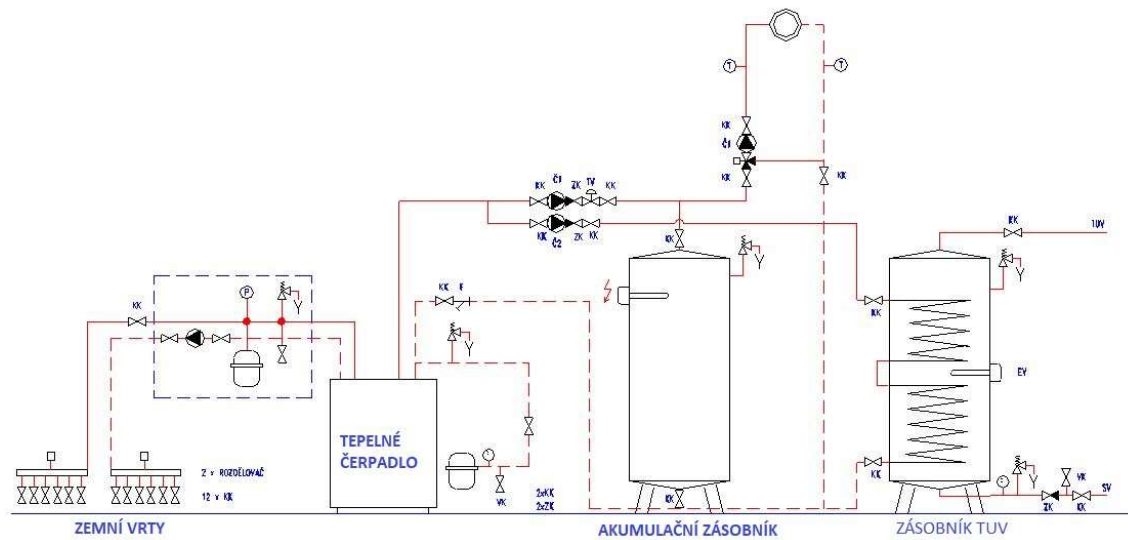
## 5.5. Tepelné čerpadlo země – voda

Objekt se nachází na pozemku s malou výměrou, z těchto důvodů nelze zvolit tepelné čerpadlo země – voda s plošnými kolektory, ale pouze s vrty. Pro polyfunkční dům je navrženo tepelné čerpadlo země – voda IVT GEO 606E. Zemina v lokalitě Roudné u Českých Budějovic je písek střední zemitosti, pro návrh zemích vrtů byla použita hodnota pro štěrk nebo písek nasycený vodou, 65 W/m. Pro polyfunkční dům jsou navrženy dva zemní vrty do hloubky 58 m. [22]

IVT GEO 606E	
Tepelný výkon	7,37 kW
Účinnost	101 %
Třída NOx dle ČSN EN 483	-
Třída energetické účinnosti	A+++
Hladina akustického výkonu	44 dB

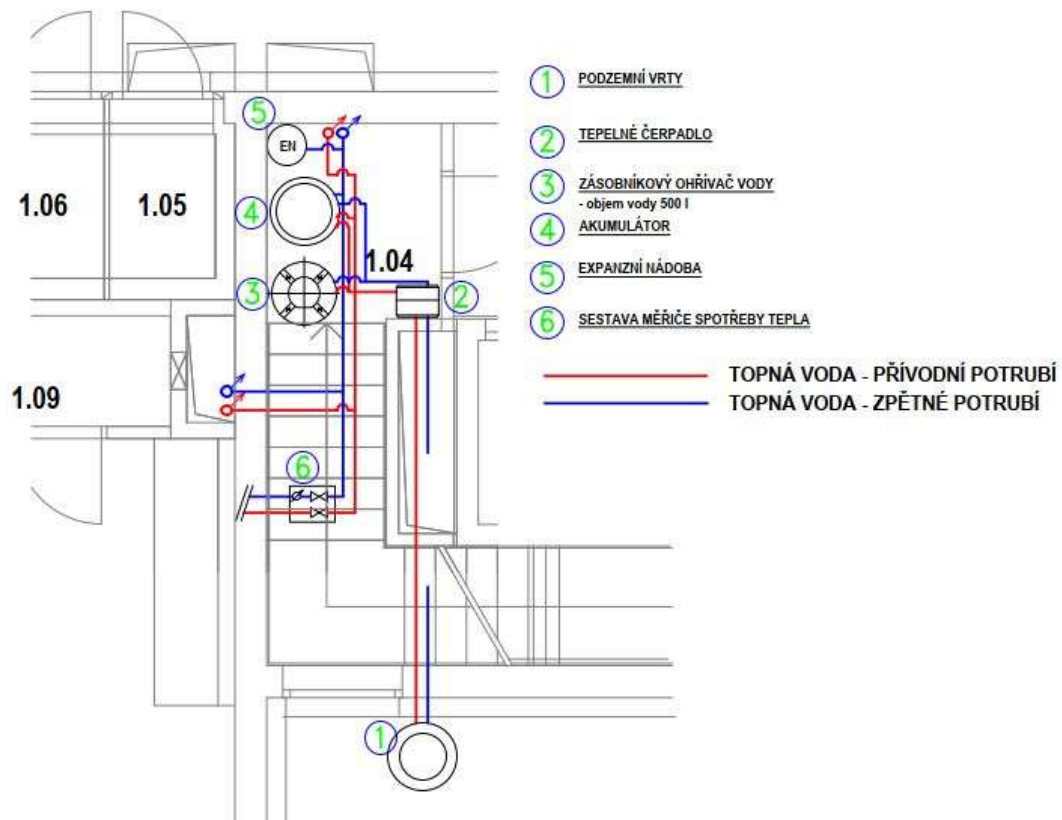
Tabulka 16 - Tepelné čerpadlo země – voda NIBE F1126-8 [20]

## Schéma zapojení tepelného čerpadla země-voda



Obrázek 17 - Schéma zapojení tepelného čerpadla země-voda [24]

## Schéma technické místnosti – tepelné čerpadlo země – voda



Obrázek 18 - Schéma technické místnosti-tepelné čerpadlo země-voda

### 5.5.1. Stanovení pořizovacích nákladů

Produkt	Cena Kč (bez DPH)
IVT GEO 606E	196 000
Expanzní nádoba	1 000
Zásobník TV Vitocell 100-V 500 l	46 990
Vybudování zemních vrtů (odhad 1200 Kč/m)	139 200
Materiál pro montáž	34 500
Montáž a spuštění čerpadla	35 000
Príslušenství	10 000
<b>Cena celkem</b>	<b>462 690</b>

Tabulka 17 - Pořizovací náklady tepelného čerpadla země – voda [20], [22]

### 5.5.2. Stanovení ročních provozních nákladů

Stanovení ročních provozních nákladů pro tepelné čerpadlo vzduch-voda bylo vypočítáno pomocí online kalkulačky [21].

#### Vstupní parametry pro výpočet:

Tepelná ztráta objektu = 6,016 kW

Roční spotřeba tepla pro vytápění  $Q_{VYT} = 9,989$  MWh/rok

Roční spotřeba tepla pro ohřev TUV  $Q_{TV} = 30,596$  MWh/rok

Otopný systém: radiátorový

Tepelné čerpadlo vzduch – voda, účinnost = 90,3%

Bivalentní bod	-15 °C
Průměrná paušální platba za elektroměr	4 600
Průměrná cena el. energie – běžná spotřeba	700
Průměrná cena el. energie - pohon běžného tepelného čerpadla	18 400
<b>Celkem náklady na elektrickou energii</b>	<b>23 700</b>

Tabulka 18 - Provozní náklady tepelného čerpadla země-voda [21]

## 6. Porovnání zdrojů tepla

### 6.1. Stanovení rozhodovacích kritérií

#### 6.1.1. Kritérium č.1 – Náklady

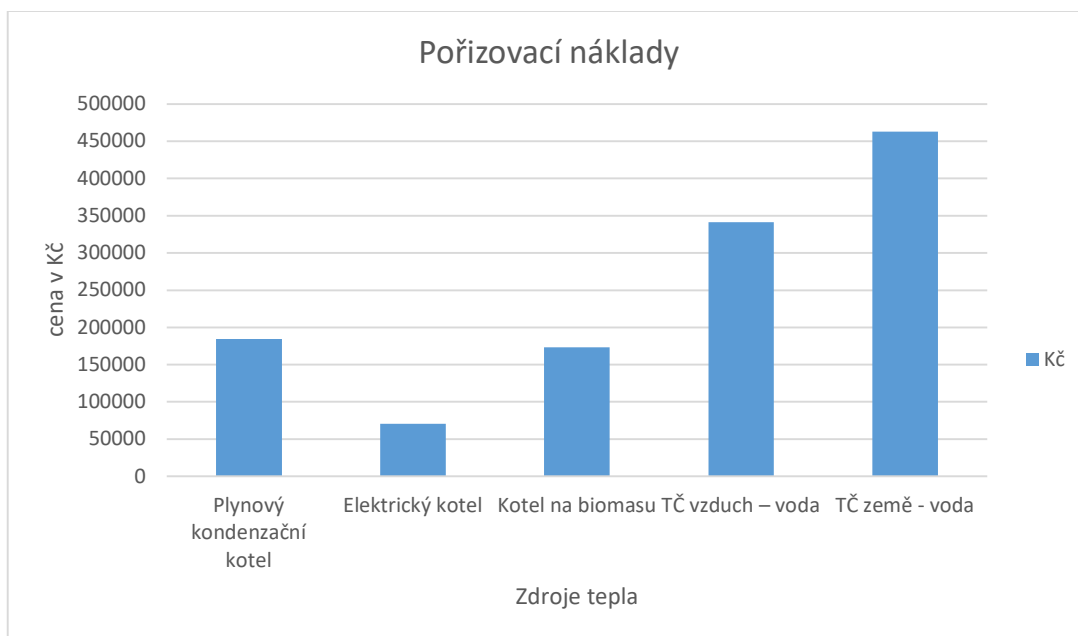
Přehled pořizovacích a provozních nákladů jednotlivých zdrojů

Zdroj	Pořizovací náklady bez DPH (Kč)	Provozní náklady bez DPH (Kč)
Plynový kondenzační kotel	184 560	70 080
Elektrický kotel	70 590	95 048
Kotel na biomasu	173 280	27 930
TČ vzduch – voda	341 390	31 100
TČ země – voda	462 690	23 700

Tabulka 19 - Přehled pořizovacích a provozních nákladů jednotlivých zdrojů

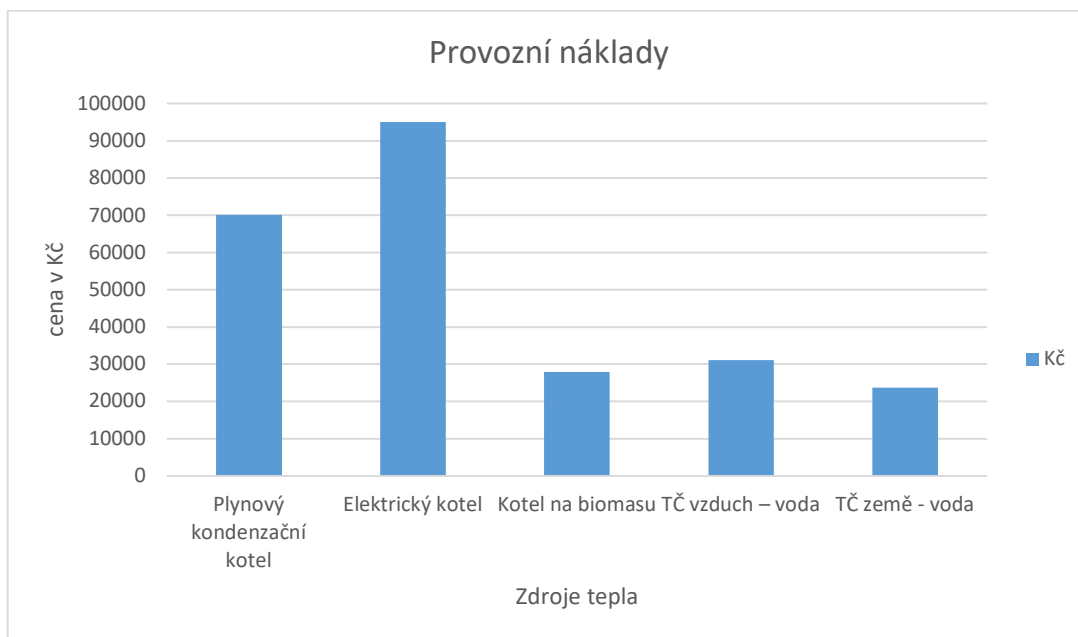


## Pořizovací náklady



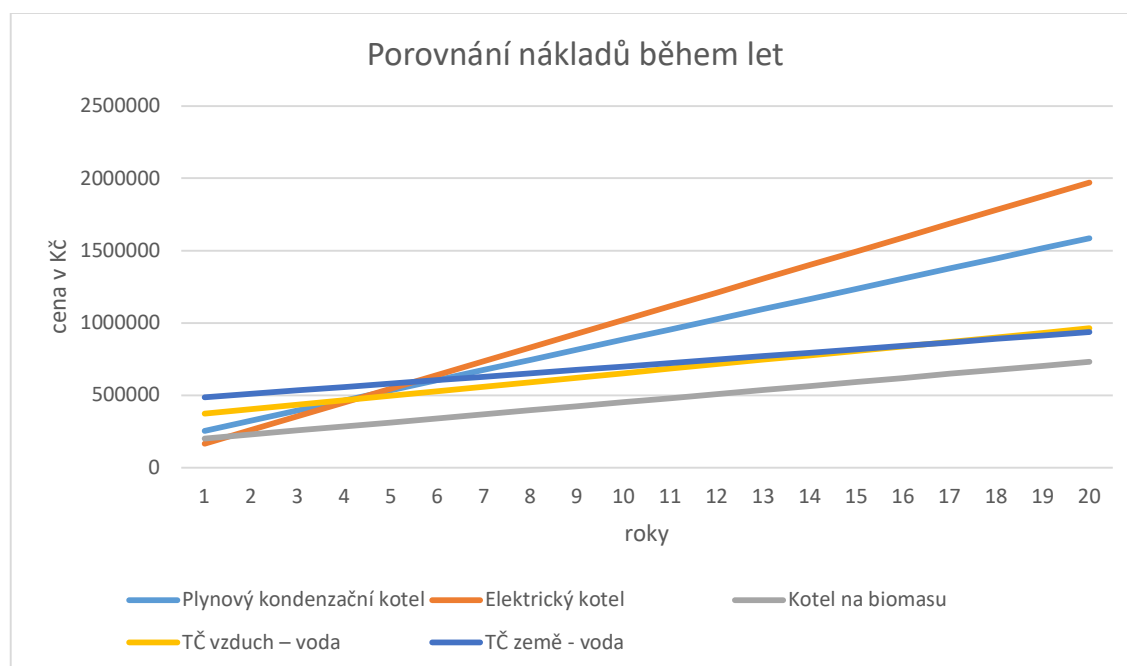
Rovnice 1 - Pořizovací náklady jednotlivých zdrojů tepla

## Provozní náklady



Rovnice 2 - Provozní náklady jednotlivých zdrojů tepla

## Porovnání nákladů během let



Rovnice 3 - Porovnání nákladů během let

Z grafu vyplývá, že při životnosti zdrojů tepla 20 let je nejlevnější variantou kotel na biomasu. Nejlevnější variantou se stává už po prvním roce provozu, kdy křivka nákladů elektrického kotle protne křivku nákladů kotle na biomasu. Naopak nejhorší varianta je elektrický kotel. Z grafu je také patrné, že investice do tepelných čerpadel se začíná vracet až po 6 ti letech.

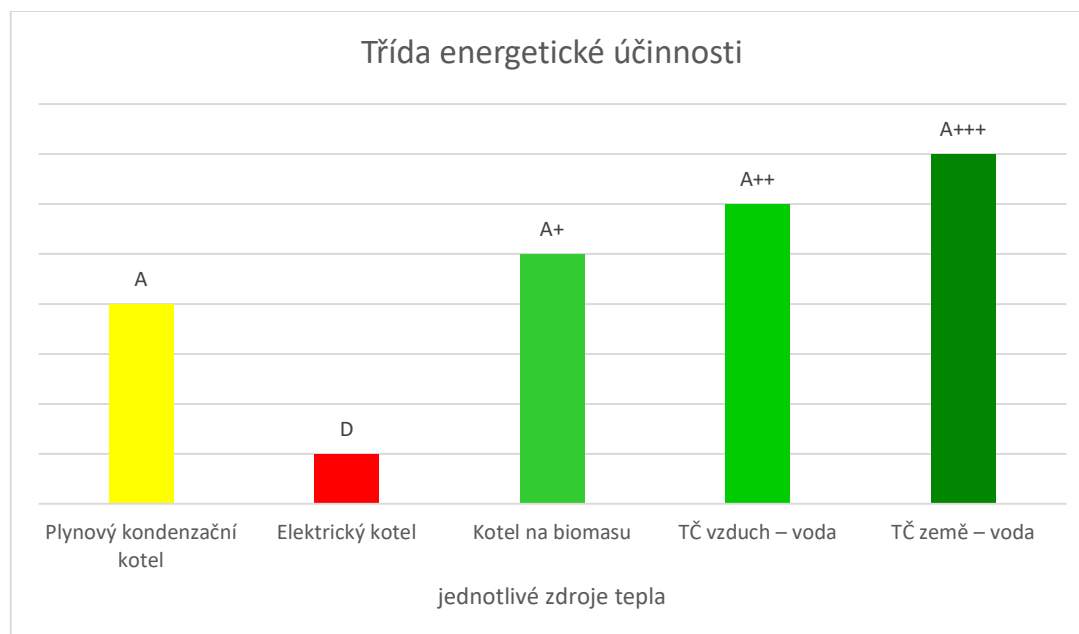
### 6.1.2. Kritérium č.2 – Vliv na životní prostředí

#### Emise škodlivin a třída energetické náročnosti

Zdroj tepla	Třída NOx dle ČSN EN 483	Třída energetické účinnosti
Plynový kondenzační kotel	5	A
Elektrický kotel	-	D
Kotel na biomasu	5	A+
TČ vzduch – voda	-	A++
TČ země – voda	-	A+++

Tabulka 20 – Přehled emisí škodlivin a tříd energetické náročnosti jednotlivých zdrojů

## Třída energetické účinnosti

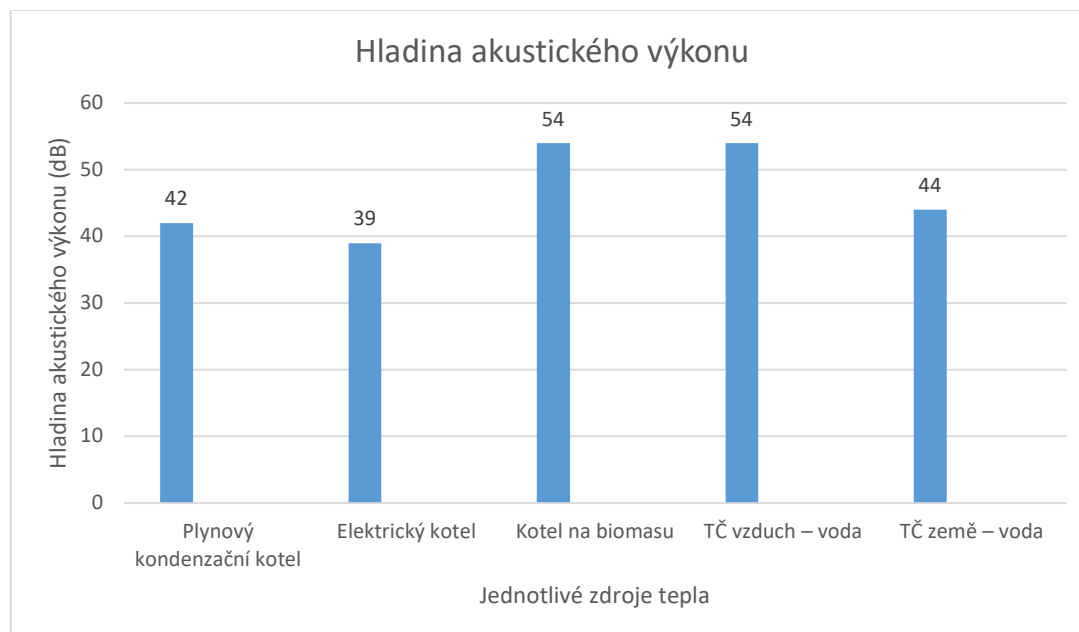


Rovnice 4 - Třídy energetické účinnosti jednotlivých zdrojů

Z pohledu vlivu na životní prostředí se nejlepším zdrojem tepla jeví tepelná čerpadla. Mají nejlepší třídu energetické účinnosti a neprodukují škodliviny. Naopak nejhorším zdrojem tepla je elektrický kotel, nebo plynový kondenzační kotel. Elektrický kotel má třídu energetické účinnosti jen D a plynový kotel A a třídu produkce Nox 5.

### 6.1.3. Kritérium č.3 – Uživatelský komfort

#### Hladina akustického výkonu a obslužnost jednotlivých zdrojů



Rovnice 5 - Hladina akustického výkonu jednotlivých zdrojů

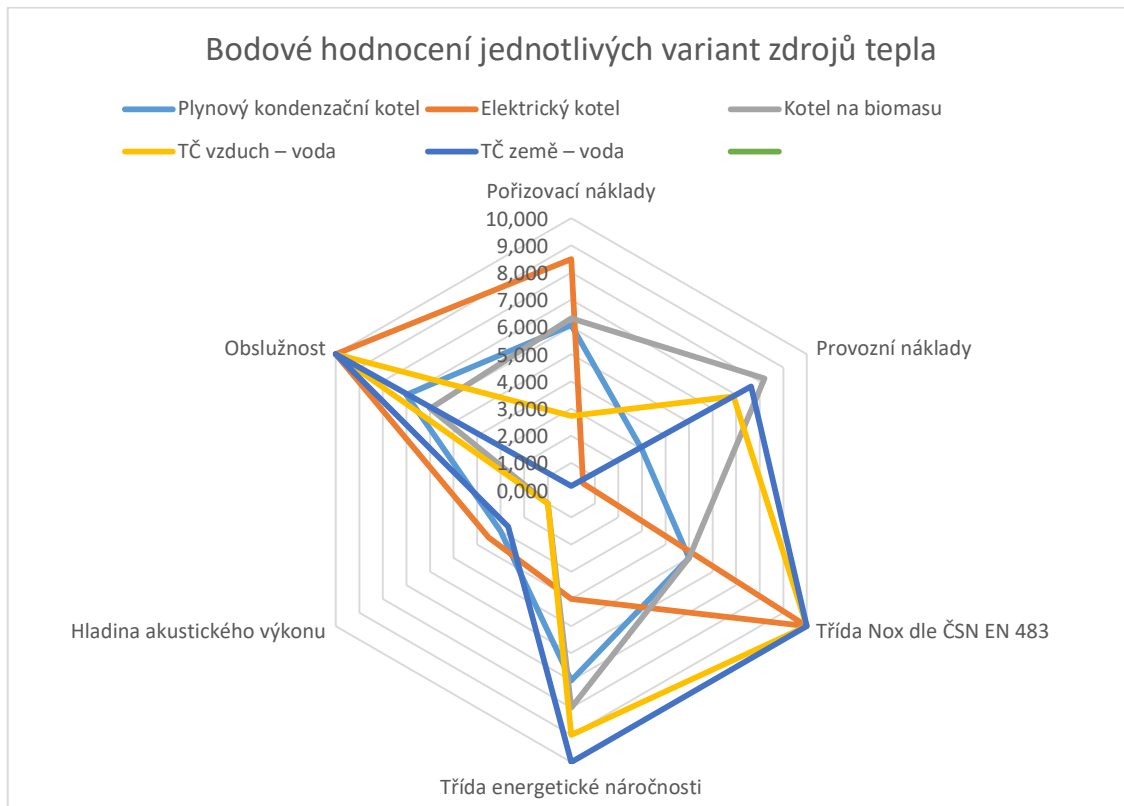
Do uživatelského komfortu je nutné zařadit i míru obslužnosti. Nejvíce náročné na obsluhu jsou kotle na biomasu. I přes plně automatický provoz díky šnekovému dopravníku vyžaduje kotel občasnou kontrolu na vysypání popelu a kontrolu kotle. Podle velikosti zásobovacího prostoru palivo je třeba jednou za rok objednat dodávku pelet a provést čištění komínu. Druhý nejhorší zdroj je plynový kondenzační kotel, který vyžaduje jednou za pravidelnou údržbu a čištění komínu a jednou za tři roky povinnou revizi kotle.

Z hlediska uživatelského komfortu je třeba zohlednit i hladinu akustického výkonu. Vysoká míra akustického výkonu nepříznivě působí na člověka. Nejtišším zdrojem tepla je elektrický kotel a tepelné čerpadlo země – voda. Naopak nejhluchnějším zdrojem je tepelné čerpadlo vzduch – voda a kotel na biomasu.

## 6.2. Vyhodnocení variant

Pro vyhodnocení nejlepšího zdroje tepla je použita vícekriteriální analýza hodnocení, konkrétně Metfesselova alokace. Tato metoda je založena na rozdělení bodů mezi jednotlivá kritéria podle důležitosti. Celková suma bodů je 100 [23]. Počet přidělených bodů je dle vlastního uvážení s ohledem na požadavky provozu polyfunkčního domu.

Číslo kritéria	Kritérium	Body	Pořadí
1	Pořizovací náklady	20	2
1	Provozní náklady	32	1
2	Třída Nox dle ČSN EN 483	9	5
2	Třída energetické náročnosti	9	4
3	Hladina akustického výkonu	15	3
3	Obslužnost	15	3
$\Sigma$		<b>100</b>	



Rovnice 6 - Bodové hodnocení jednotlivých variant zdrojů tepla

Č. kritéria	Zdroj tepla	Plynový kondenzační kotel	Elektrický kotel	Kotel na biomasu	TČ vzduch – voda	TČ země – voda	Body kritéria
1	Pořizovací náklady	6,07	8,50	6,31	2,74	0,16	20
1	Provozní náklady	2,99	0,50	8,21	6,89	7,63	32
2	Třída NOx dle ČSN EN 483	5	10	5	10	10	9
2	Třída energetické náročnosti	7	4	8	9	10	9
3	Hladina akustického výkonu	3	3,5	1	1	2,67	15
3	Obslužnost	7	10	6	10	10	15
Celkem získaných bodů		475,21	514,31	610,89	611,21	617,32	
<b>Pořadí</b>		<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	

Tabulka 21 - Vyhodnocení nevhodnějšího zdroje tepla

## 7. Otopná soustava

Pro objekt je navržena horizontální dvourubková otopná soustava s teplotním spádem 55/45 °C. Oběh vody v soustavě je nucený, pro oběh vody jsou instalována oběhová čerpadla. Pro trubní rozvody je navrženo pastové potrubí a jako zdroj tepla pro vytápění a přípravu teplé vody je navrženo tepelné čerpadlo země-voda.

## 8. Současná situace

Během zpracovávání studie a porovnávání jednotlivých zdrojů tepla se výrazně změnila politická situace ve světě. Ceny energií jednotlivých zdrojů tepla ve studii byly zjišťovány v březnu 2022. Situace ohledně vytápění objektů se s ohledem na válečný konflikt mezi Ruskem a Ukrajinou v posledních měsících vyhroutil. Původní předpoklad byl takový, že evropské domácnosti budou ustupovat od vytápění fosilními palivy v rozmezí patnácti až dvaceti let. Dnes, kdy dodávky zemního plynu z Ruska jsou nejisté a jeho cena skokově roste, je snaha od nich ustoupit a přechod na alternativnější zdroje energie uspíšit. [26]

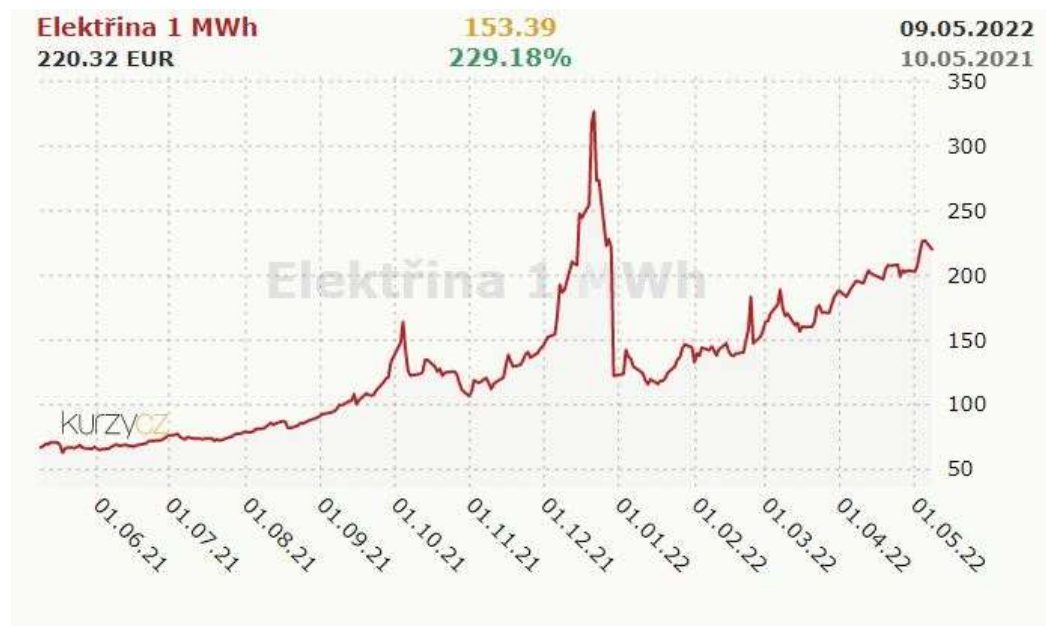
### 8.1. Možný vývoj cen

#### Pelety

Mezi důvody zdržování jsou dlouhodobě rostoucí ceny elektřiny a dřevní suroviny. Nyní se mezi další hlavní důvod řadí nedostatek pelet na evropském trhu z důvodů zákazu dovozu z Ruska a Běloruska a omezenému dovozu z Ukrajiny. Ceny v prvním čtvrtletí roku 2022 rostly jen v řádech několika procent. Dá se ale očekávat, že s nástupem topné sezóny a větší poptávkou vzrostou o 10 - 20%. [26]

#### Elektřina

Elektrická energie je ve vytápění používána přímo pro vytápění u elektrokotlů, ale i pro provoz jiných zdrojů, jako jsou například tepelná čerpadla. Výrazný nárůst cen elektřiny začal po oživení ekonomiky po konci covidové pandemie a stále pokračuje. Odhadovaný růst ceny elektřiny je až na hodnotu 15 Kč/kWh v rozmezí pěti až osmi let. V České republice trh s elektřinou výrazně zasáhlo ukončení fungování společnosti Bohemia Energy a dalších menších dodavatelů, což je vidět na výchylce v grafu v období přelomu roků 2021 a 2022 (viz obrázek č.19). [26] [27]



Obrázek 19 - Vývoj ceny elektřiny [27]

## Zemní plyn

S ohledem na současnou politickou situaci ve světě je nejdiskutovanější právě zemní plyn. Jeho hlavním dodavatelem je Ruská federace a jeho dodávky jsou díky válečnému konfliktu nejisté a Evropská země se od nic snaží odstoupit, a to nejen díky skokově roustoucí ceně (viz obrázek č.20), ale i z důvodů politických. [26] [28]



Obrázek 20 - Vývoj ceny zemního plynu [28]

## 8.2. Shrnutí

Při zpracování studie a stanovování provozních nákladů jednotlivých zdrojů nebylo se změnou situace počítáno. S přihlédnutím na aktuální stav a trend růstu cen by byl ovlivněn převážně plynový kondenzační kotel a kotel elektrický. Ceny na provoz byly počítány ke dni 21.3.2022, nyní, o měsíc a půl později, ceny nestandardně vzrostly a je očekávaný růst i v budoucnu.

Komodita	Cena 21.3.2022 (Kč)	Cena 9.5.2022 (Kč)
Elektrina (za 1MWh)	4007,0	5503,9
Zemní plyn (za 1MMBtu)	117,5	166,9

Tabulka 22 - Vývoj cen

Dá se tedy předpokládat, že pokud by ve výsledném vyhodnocení a ve vícekritériální analýze byl zohledněn aktuální stav, především plynový kondenzační kotel, ale i elektrický kotel by ztratily body. Jelikož se ale zdroje umístily na posledním, respektive předposledním místě, volba nevhodnějšího zdroje pro polyfunkční dům bude stále stejná. Nejvhodnějšími zdroji se pro polyfunkční dům jeví tepelná čerpadla nebo kotel na spalování biomasy.

## 9. Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo navrženo vytápění pro polyfunkční dům. Pro zvolený objekt jsem popsala a navrhla pět zdrojů tepla – plynový kondenzační kotel, elektrický kotel, kotel na biomasu, tepelné čerpadlo vzduch-voda a tepelné čerpadlo země-voda. Všechny zdroje tepla jsem mezi sebou porovnávala pomocí vícekritériální analýzy. Rozhodujícími faktory analýzy byly náklady, vliv na životní prostředí a uživatelský komfort. Pro vyhodnocení jsem jednotlivým faktorům přidělila body podle jejich důležitosti. Nejvíce bodů a tím pádem největší váhu jsem udělila nákladům provozním, druhá největší počet bodů jsem udělila nákladům pořizovacím. Třetí největší počet bodů získal uživatelský komfort, kam řadím hladinu akustického výkonu a obslužnost zdrojů tepla. Vycházela jsem z pocitu, že většina lidí při výběru zdroje nejvíce přihlíží na cenu a svůj komfort. Naopak nejméně bodů získal faktor vlivu na životní prostředí, kam patří třída NOx a třída energetické náročnosti zdroje. Výsledkem analýzy byl určen nejvýhodnější zdroj vytápění, a to je konkrétně tepelné čerpadlo země-voda.

V druhé části práce jsem zpracovala projekt vytápění se zjištěným nevýhodnějším zdrojem. Na základě tepelných ztrát objektu jsem navrhla otopné plochy. Dále jsem zvolila trasu přívodního a vratného potrubí a navrhla dimenze jednotlivých úseků. Návrhy jsem provedla v programu TechCON. Součástí projektu je také návrh expanzní nádoby otopné soustavy, který byl proveden pomocí výpočtové pomůcky na webu Tzb-info [25]. Projekt vytápění je dokumentován výpočty, technickou zprávou a výkresy.



## 10. Seznamy

### 10.1. Literatura a použité zdroje

- [1] - BAŠTA, Jiří a Karel KABELE. *Otopné soustavy - teplovodní*. Praha: Společnost pro techniku prostředí, 1998. Sešit projektanta - pracovní podklady. ISBN 80-020-1254-2.
- [2] - PETRÁŠ, Dušan a Karel KABELE. *Vytápění rodinných a bytových domů*. Bratislava: Jaga, 2005. Vytápění. ISBN 80-807-6020-9.
- [3] - Vytápíme plynem. Tzb-info.cz [online]. [cit. 2022-03-14]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/vytapime-plynem>
- [4] - BUFKA, Aleš, Jana BLECHOVÁ TOURKOVÁ, Miroslav MODLÍK a Jana VEVERKOVÁ. Přehled trhu plynových kotlů 2017 – 2019, díl 1. – Kategorie kotlů, druhy plynů a spotřeby. Tzb-info.cz [online]. 11.6.2020 [cit. 2022-03-14]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/vytapime-plynem/20786-prehled-trhu-plynovych-kotlu-2017-2019-dil-1-kategorie-kotlu-druhy-plynu-a-spotreby>
- [5] – VANDOVÁ, Jarmila. Kdy se vám vyplatí používat elektrokotel? Bydlo.cz [online] Dostupné z: <https://www.bydlo.cz/magazin/kdy-se-vam-vyplati-pouzivat-elektrokote>
- [6] – Jak správně vybrat elektrokotel?. Akoupeľnyatopeni.cz/ [online]. [cit. 2022-03-14]. Dostupné z: <https://www.akoupeľnyatopeni.cz/clanky/jak-spravne-vybrat-elektrokotel>
- [7] – STUPAVSKÝ, Vladimír. O vytápění biomasou od A až do Z. Tzb-info.cz [online]. 14.10.2020 [cit. 2022-03-14]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/vytapeni-peletami/8814-o-vytapeni-biomasou-od-a-az-do-z>
- [8] - LYČKA, Zdeněk. Typy teplovodních kotlů na pevná paliva. Tzb-info.cz [online]. 27.5.2019 [cit. 2022-03-14]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/vymeny-kotlu/19079-typy-teplovodnich-kotlu-na-pevna-paliva>
- [9] - KAPOUN, Michal. Co je to tepelné čerpadlo - základní části, druhy. Tzb-info.cz [online]. 30.4.2015 [cit. 2022-03-15]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/12629-co-je-to-tepelne-cerpadlo-zakladni-casti-druhy>
- [10] – Na jakém principu funguje tepelné čerpadlo. Viessmann.cz [online]. [cit. 2022-03-15]. Dostupné z: <https://www.viessmann.cz/cs/rady-a-tipy/tepelne-cerpadlo-princip.html>
- [11] - HODBOŮ, Josef. Tepelná čerpadla – základní informace. Tzb-info.cz [online]. 7.11.2021 [cit. 2022-03-15]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/23093-tepelna-cerpadla-zakladni-informace>
- [12] - Typy tepelných čerpadel. Cerpada-ivt.cz [online]. [cit. 2022-03-15]. Dostupné z: <https://www.cerpada-ivt.cz/cz/tepelna-cerpadla-vzduch-voda>
- [13] - Tepelná čerpadla, druhy, výhody, úspory. Tzb-info.cz [online]. 17.12.2019 [cit. 2022-03-15]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/20011-tepelna-cerpadla-druhy-vyhody-uspory>
- [14] <https://kalkulator.tzb-info.cz> [online]. [cit. 2022-03-20]. Dostupné z: <https://kalkulator.tzb-info.cz>
- [15] - Ceník pravidelné roční údržby plynových kotlů. Serviskotlu123.cz [online]. [cit. 2022-03-21]. Dostupné z: <http://serviskotlu123.cz/servisni-prohlidky.html>

- [16] - Výrobky. Bosch-thermotechnology.com/ [online]. [cit. 2022-03-21]. Dostupné z: <https://www.bosch-thermotechnology.com/cz/cs/rodinne-domy-a-byty/uvod/>
- [17] - Montáže kotlů. <https://www.bosch-thermotechnology.com/> [online]. [cit. 2022-03-21]. Dostupné z: <https://www.kotlenauhli.cz/kotle/1-O-NAS/11-Montaz-kotle>
- [18] - Automatické kotle na pelety. Atmos.eu/ [online]. [cit. 2022-03-21]. Dostupné z: <https://www.atmos.eu/produkt/automaticke-kotle-na-pelety/>
- [19] – Nabídka služeb. Kotelnaklic.cz [online]. [cit. 2022-03-21]. Dostupné z: <https://www.kotelnaklic.cz/nabidka-sluzeb-2//>
- [20] – Tepelná čerpadla NIBE. Nibe.cz/ [online]. [cit. 2022-03-21]. Dostupné z: <https://www.nibe.cz/>
- [21] – Tepelná čerpadla - vypočet nákladů na energie v domácnosti. Vytapeni.cz [online]. [cit. 2022-03-28]. Dostupné z: <http://www.vytapeni.cz/kalkulacky/tepelna-cerpadla>
- [22] – Návrh zemní sondy pro tepelné čerpadlo. Tzb-info.cz [online]. [cit. 2022-03-28]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/13052-navrh-zemni-sondy-pro-tepelne-cerpadlo>
- [23] – Vyhodnocení variant: Příloha Vzdělávacího manuálu pro hodnocení dopadů regulace (RIA). Vlada.cz [online]. [cit. 2022-03-30]. Dostupné z: [https://www.vlada.cz/assets/ppov/lrv/ria/Vzdelavaci-manual-pro-RIA-UV-2017-priloha-Vyhodnoceni-variant\\_1.pdf](https://www.vlada.cz/assets/ppov/lrv/ria/Vzdelavaci-manual-pro-RIA-UV-2017-priloha-Vyhodnoceni-variant_1.pdf)
- [24] – MATUŠKA, Tomáš, Jan SCHWARZER a Bořivoj ŠOUREK. Tepelná čerpadla - teorie a schémata: D1. Zapojení s akumulacním zásobníkem - základní zapojení. Tzb-info.cz [online]. ČVUT, Fakulta strojní, Ústav techniky prostředí, 2005, 31.10.2015 [cit. 2022-04-04]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/2820-tepelna-cerpadla-teorie-a-schemata-i>
- [25] - REINBERK, Zdeněk. Výpočet objemu tlakové expanzní nádoby pro vytápění. Tzb-info.cz/ [online]. [cit. 2022-04-25]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/60-vypocet-objemu-tlakove-expanzni-nadoby-pro-vytapeni>
- [26] - LYČKA, Zdeněk. Čím nahradit plynové kotle? Sociální hledisko, náklady a budoucnost. Tzb-info.cz [online]. 6.5.2022 [cit. 2022-05-10]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/vymeny-kotlu/23802-cim-nahradit-plynove-kotle-socialni-hledisko-naklady-a-budoucnost>
- [27] - Elektřina - ceny a grafy elektřiny, vývoj ceny elektřiny 1 MWh - 1 rok - měna EUR. Kurzy.cz [online]. [cit. 2022-05-10]. Dostupné z: <https://www.kurzy.cz/komodity/cena-elektřiny-graf-vyvoje-ceny/>
- [28] - Zemní plyn - ceny a grafy zemního plynu, vývoj ceny zemního plynu 1 MMBtu - 1 rok - měna USD. Kurzy.cz [online]. [cit. 2022-05-10]. Dostupné z: <https://www.kurzy.cz/komodity/zemni-plyn-graf-vyvoje-ceny/>

## 10.2. Seznam obrázků

Obrázek 1 - Rozdíl ve fungování konvenčního a kondenzačního kotle [4] .....	15
Obrázek 2 - Systém komfortního vytápění peletami [7] .....	18
Obrázek 3 - Cyklus tepelného čerpadla [11] .....	19
Obrázek 4 - Tepelné čerpadlo vzduch – voda [12].....	20
Obrázek 5 - Tepelné čerpadlo země – voda, vrt nebo zemí koš [12] .....	20
Obrázek 6 - Tepelné čerpadlo země – voda, plošná kolektor [12].....	21
Obrázek 7 - Tepelné čerpadlo voda – voda, studna [12].....	21
Obrázek 8 - Tepelné čerpadlo voda – voda, plošný kolektor [12].....	22
Obrázek 9 - Schéma zapojení plynového kondenzačního kotle .....	23
Obrázek 10 - Schéma technické místnosti – plynový kondenzační kotle .....	23
Obrázek 11 - Schéma zapojení elektrokotle.....	25
Obrázek 12 - Schéma technické místnosti – elektrokotel.....	25
Obrázek 13 - Schéma zapojení kotle na biomasu [18].....	27
Obrázek 14 - Schéma technické místnosti – kotel na biomasu .....	27
Obrázek 15- Schéma zapojení tepelného čerpadla vzduch-voda .....	29
Obrázek 16 - Schéma technické místnosti – tepelné čerpadlo vzduch-voda.....	29
Obrázek 17 - Schéma zapojení tepelného čerpadla země-voda [24].....	31
Obrázek 18 - Schéma technické místnosti-tepelné čerpadlo země-voda.....	31
Obrázek 19 - Vývoj ceny elektřiny [27].....	38
Obrázek 20 - Vývoj ceny zemního plynu [28] .....	39

## 10.3. Seznam tabulek

Tabulka 1 - Teplota otopné vody v soustavách [1] .....	11
Tabulka 2 - Základní klasifikace středních zdrojů tepla [2].....	13
Tabulka 3 - Plynový kondenzační kotel Condens GC9000iW 20 E 23 [16].....	22
Tabulka 4 - Pořizovací náklady plynového kondenzačního kotle [16] [19].....	22
Tabulka 5 – Výpočet ročních nákladů za plyn pro kondenzační kotel [14].....	24
Tabulka 6 - Provozní náklady plynového kondenzačního kotle [15].....	24
Tabulka 7 - Elektrokotel Tronic Heat 3500 TH3500 9 [16].....	24
Tabulka 8 - Pořizovací náklady Elektrokotle [16] [19].....	26
Tabulka 9 - Provozní náklady elektrokotle [15].....	26
Tabulka 10 - Automatický kotel na pelety ATMOS D14P [18].....	27
Tabulka 11 - Pořizovací náklady kotle na biomasu [17] [18] .....	28
Tabulka 12 - Provozní náklady kotle na biomasu [17].....	28
Tabulka 13 - Tepelné čerpadlo vzduch – voda NIBE D2040-8 VVM 310/500[20] .....	28
Tabulka 14 - Pořizovací náklady tepelného čerpadla vzduch - voda [20].....	30
Tabulka 15 - Provozní náklady tepelného čerpadla vzduch-voda [21] .....	30
Tabulka 16 - Tepelné čerpadlo země – voda NIBE F1126-8 [20] .....	30
Tabulka 17 - Pořizovací náklady tepelného čerpadla země – voda [20], [22] .....	32
Tabulka 18 - Provozní náklady tepelného čerpadla země-voda [21] .....	32
Tabulka 19 - Přehled pořizovacích a provozních nákladů jednotlivých zdrojů .....	32
Tabulka 20 – Přehled emisí škodlivin a tříd energetické náročnosti jednotlivých zdrojů.....	34
Tabulka 21 - Vyhodnocení nejvhodnějšího zdroje tepla.....	37
Tabulka 22 - Vývoj cen.....	39

## 10.4. Seznam grafů

Graf 1 - Pořizovací náklady jednotlivých zdrojů tepla.....	33
Graf 2 - Provozní náklady jednotlivých zdrojů tepla .....	33
Graf 3 - Porovnání nákladů během let.....	34
Graf 4 - Třídy energetické účinnosti jednotlivých zdrojů .....	35
Graf 5 - Hladina akustického výkonu jednotlivých zdrojů.....	35
Graf 6 - Bodové hodnocení jednotlivých variant zdrojů tepla .....	37