



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

## ENERGETICKÝ ÚSTAV

ENERGY INSTITUTE

# NOVÉ TECHNOLOGIE PRO VYTÁPĚNÍ RODINNÝCH DOMŮ

NEW TECHNOLOGIES FOR FAMILY HOUSES HEATING

## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

## AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Dominik Novák

## VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Martin Lisý, Ph.D.

BRNO 2024



# Zadání bakalářské práce

Ústav: Energetický ústav  
Student: **Dominik Novák**  
Studijní program: Základy strojního inženýrství  
Studijní obor: Základy strojního inženýrství  
Vedoucí práce: **Ing. Martin Lisý, Ph.D.**  
Akademický rok: 2023/24

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

## **Nové technologie pro vytápění rodinných domů**

### **Stručná charakteristika problematiky úkolu:**

Způsob vytápění RD je stále aktuálnější téma, jak z důvodu ekologizace, tak i z důvodu bezpečnosti dodávek tepla. Pro modelový dům zpracovat studii výměny zdroje vytápění za ekologicky a ekonomicky výhodnější variantu.

### **Cíle bakalářské práce:**

- zpracovat rešerši moderních způsobů tepelného zásobování RD,
- porovnat jednotlivé způsoby vytápění,
- zpracovat základní studii pro modelový dům.

### **Seznam doporučené literatury:**

JANDAČKA, J., MIKULÍK, M.: Technologie pre zvyšovanie energetickeho potencialu biomasy. TU Žilina 2007, ISBN 978-80-969595-4-9.

BAŠTA J.: Regulace vytápění, ČVUT v Praze, 2007 ISBN - 978-80-01-02582-6.

BROŽ, K.: Vytápění. Praha 2006, ISBN 80-01-02536-5.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2023/24

V Brně, dne

L. S.

---

doc. Ing. Jiří Pospíšil, Ph.D.  
ředitel ústavu

---

doc. Ing. Jiří Hlinka, Ph.D.  
děkan fakulty

## **ABSTRAKT**

Práce se zabývá problematikou moderního vytápění v rodinných domech. Cílem této práce je seznámení s jednotlivými variantami moderních zdrojů vytápění. K tomuto problému se postupuje ve třech krocích. V první části této bakalářské práce byla zpracována teoretická část jednotlivých zdrojů na vytápění za pomoci literární rešerše. V druhé části byla provedena základní studie pro modelový rodinný dům. V poslední části bylo provedeno vyhodnocení navržených zdrojů a celkové vyhodnocení.

### **Klíčová slova**

Vytápění, tepelné ztráty, zdroje vytápění, tepelné čerpadlo, komfort, ekologie

## **ABSTRACT**

The work deals with the issue of modern heating in family houses. The aim of this work is to introduce the different variants of modern heating sources. This problem is approached in three steps. In the first part of this bachelor thesis, the theoretical part of the different heating sources was elaborated with the help of a literature search. In the second part, a baseline study for a model family house was carried out. In the last part, an evaluation of the proposed sources and an overall assessment was carried out.

### **Keywords**

Heating, heat loss, heating sources, heat pump, comfort, ecology

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

NOVÁK, Dominik. Nové technologie pro vytápění rodinných domů [online]. Brno, 2024 [cit. 2024-05-11]. Dostupné z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/154011>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Energetický ústav. Vedoucí práce Martin Lisý.

## **PODĚKOVÁNÍ**

Rád bych poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Martinu Lisému, Ph.D, za odborné rady při tvorbě bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat firmě CEVRE Consultants s.r.o. za poskytnutí licence výpočetního programu. V neposlední řadě chci velmi poděkovat přítelkyni a rodině za podporu po celou dobu studia.

## Obsah

<b>1</b>	<b>Zpracování přehledu moderních způsobů tepelného zásobování rodinných domů ...</b>	<b>9</b>
1.1	Vytápění elektřinou.....	9
1.1.1	Elektrokotle.....	9
1.1.2	Sálavé panely .....	10
1.2	Tepelná čerpadla .....	11
1.3	Kotle na zemní plyn.....	16
1.3.1	Kondenzační plynové kotle.....	16
1.4	Zdroje na tuhá paliva .....	17
1.4.1	Krbová kamna.....	17
1.4.2	Zplyňovací kotel .....	18
1.4.3	Automatický kotel.....	19
1.5	Fototermické panely .....	21
1.6	Akumulace tepla .....	21
1.7	Kombinace zdrojů.....	22
1.8	Shrnutí technologií .....	24
<b>2</b>	<b>Základní studie pro modelový dům .....</b>	<b>28</b>
2.1	Popis modelového domu .....	28
2.2	Popis softwaru .....	28
2.3	Vstupní parametry .....	29
2.4	Návrh systému .....	31
2.4.1	Kondenzační plynový kotel .....	32
2.4.2	Automatický kotel.....	33
2.4.3	Tepelné čerpadlo vzduch-voda.....	34
2.4.4	Elektrokotel.....	36
<b>3</b>	<b>Vyhodnocení navržených zdrojů .....</b>	<b>37</b>
	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>39</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....</b>	<b>41</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ.....</b>	<b>47</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>47</b>



# **1 Zpracování přehledu moderních způsobů tepelného zásobování rodinných domů**

Vytápění rodinných domů, je velice aktuální téma. Velký význam hrají nejen ceny energií nebo paliva, ale i směrnice z Evropské unie. Konkrétněji směrnice Evropského parlamentu a Rady o energetické náročnosti budov – EPBD IV, která má za cíl do roku 2040 dosáhnout úplného ukončení používání kotlů na fosilní paliva. Od 1. ledna 2030 by měly být realizovány všechny budovy s požadavkem pro budovy s nulovými emisemi. Budova s nulovými emisemi je taková, která vyžaduje nulové nebo velmi nízké množství energie, produkuje nulové emise uhlíku z fosilních paliv na místě a produkuje nulové nebo velmi nízké provozní emise skleníkových plynů. Od 1. ledna 2025 členské státy nesmějí poskytovat finanční pobídky na instalaci samostatných kotlů na fosilní paliva. Do 31. prosince 2029 mají být všechny nové obytné budovy navrženy tak, aby optimalizovaly svůj potenciál pro výrobu solární energie na základě slunečního záření v dané lokalitě, a umožnily tak následně nákladově efektivní instalaci solárních technologií. [1]

U moderního zásobování tepla rodinných domů je kladen vysoký požadavek především na ekologickou stránku a zároveň využívání obnovitelné energie. Při navrhování je však důležité myslet i na pořizovací náklady, náklady spojené s chodem zařízení a servisní služby. Jako další faktor vytápění rodinných domů je komfort užívání, hlučnost, náklady na pořízení paliva a jeho následné uskladnění. V neposlední řadě hraje důležitou roli i umístění budovy. Všechny tyto faktory pak ovlivňují výsledné rozhodnutí majitele domu, který se rozhoduje o výběru zdroje pro vytápění a případně i přípravy teplé vody. Pro lepší pochopení výběru konkrétního zdroje vytápění a jejich kombinací je důležité znát konkrétní zařízení a jejich samotné výhody a nevýhody, které jsou popsány na následujících stranách.

## **1.1 Vytápění elektřinou**

Elektrické vytápění se vyznačuje snadnou a rychlou regulací. V případě přímotopných elektrických topidel jde o velmi jednoduchou a rychlou instalaci. V případě ostatních elektrických zařízení jsou téměř všechny systémy komfortní pro samotného uživatele, především díky svému jednoduchému ovládání a regulaci teploty. Nevýhodou však může být výše ceny elektrické energie. Nejvíce se zdroje na elektřinu uplatní v nízkoenergetických domech, kde nejsou velké ztráty tepla netěsnostmi obálky budovy, čímž je minimalizována potřeba tepla na vytápění. [2]

### **1.1.1 Elektrokotle**

Vyrábí se převážně jako menší závěsná zařízení. Vzhledem k vysokým nákladům za elektřinu se hodí spíše do budov s nízkou potřebou tepla nebo jako bivalentní zdroj tepla k tepelným čerpadlům nebo kotlům na biomasu. K otopnému systému ho můžeme napojit přímým, smíšeným nebo akumulacním způsobem. Při jeho provozu nevznikají žádné nebezpečné plyny, nepotřebuje ke svému chodu žádný komín, není hlučný a je pro nás ekologicky šetrný v místě užívání. [3]

Instalace a následný chod se vyznačuje snadnou údržbou, ovládním a zajistí nám maximální komfort při užívání. Elektrokotel můžeme ovládat i na dálku, což nám přinese další výhody užívání tohoto zdroje vytápění. Svými malými rozměry můžeme navíc elektrokotel umístit téměř kamkoliv do místnosti rodinného domů bez nutnosti mít speciální technickou místnost.

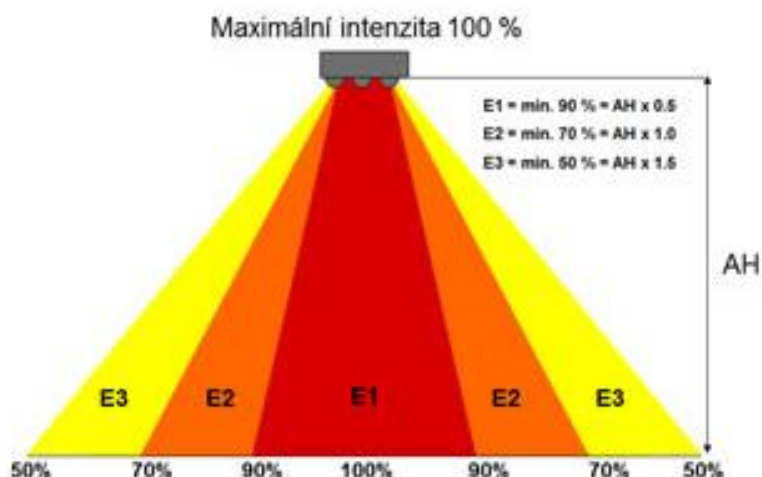
Účinnost elektrokotle je velmi vysoká, a to až 99 %. Pořizovací cena za elektrokotel od výrobce More-Top o výkonu 8 kW nás vyjde na 21 222 Kč. [4]

### 1.1.2 Sálavé panely

Sálavé panely jsou zdrojem tepla, které se vyznačují plochou konstrukcí a pracují na principu emise tepelného vlnění. Vlnění neohřívá vzduch, ale přeměňuje se na tepelnou energii až po dopadu na povrch tělesa viz obrázek 1. Teplotní pohodu v místnosti zajišťuje zvýšení teploty stěn, stavebních konstrukcí a osob v ní. Sálavé panely jsou navíc bezúdržbové a můžeme je dle typu umístit na strop nebo na stěnu. [5]

V nízkoenergetických či pasivních domech můžeme sálavé panely použít jako primární zdroj vytápění. Panely je třeba umístit do každé místnosti, abychom dokázali jednotlivé místnosti vytopit. Sálavé panely jsou určeny pro aplikaci s důrazem na nejvyšší kvalitu vzduchu. Šíření tepla pomocí sálání se nepřepaluje a ani se nevyří vzduch. Největší rozdíly sálavých panelů najdeme hlavně po stránce výkonu a designu. [6]

Náklady na pořízení sálavého panelu ECOSUN 1050 CR Basalt black o výkonu 1050 W jsou 12 768,68 Kč. Účinnost sálavého panelu je dle výrobce ECOSUN 100 %. [7]



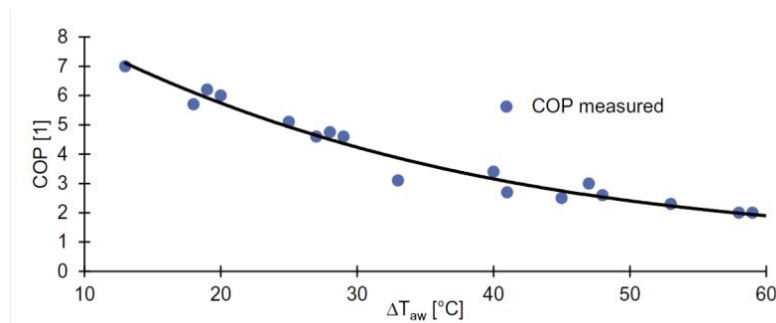
Obrázek 1 Intenzita sálání stropních panelů [8]

## 1.2 Tepelná čerpadla

Tepelné čerpadlo je zařízení, díky kterému můžeme vytápět, chladit a ohřívat vodu. Velkou výhodou jsou nízké provozní náklady, snadné ovládání a nejsou kladeny téměř žádné nároky na obsluhu. Tepelným čerpadlem můžeme vytápět malé rodinné domy i velké komplexy budov. [9]

Tepelná čerpadla rozdělujeme podle toho, odkud získávají teplo (ze vzduchu, z vody nebo ze země). A za druhé podle toho, kam vyrobené teplo předává (do vzduchu nebo do vody).

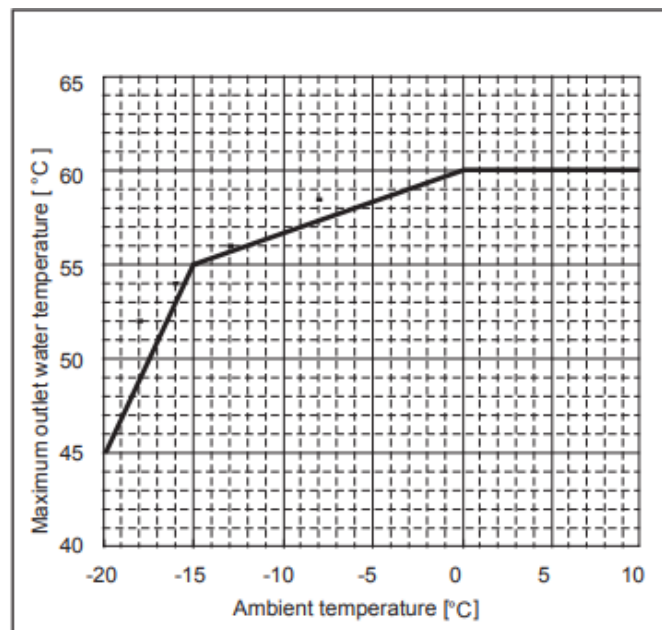
Důležitý parametr u tepelných čerpadel je topný faktor (COP), který udává účinnost tepelného čerpadla. Jeho rozmezí se nejčastěji pohybuje od 2-4. Topný faktor nám udává poměr mezi vyrobeným teplem a spotřebovanou energií. Například COP ve výši 3 nám udává, že na vyrobení 3kW tepla potřebujeme 1kW elektrické energie. Zároveň čím je větší rozdíl teplot mezi vstupní a výstupní hodnotou tepelného čerpadla, tím více nám klesá topný faktor a snižuje se tedy jeho celková účinnost viz obrázek 2.



Obrázek 2 Vztah mezi COP a rozdílem teplot [10]

Sezónní topný faktor SCOP vyjadřuje provozní efektivitu tepelného čerpadla. Stanovuje se výpočtem podle normy ČSN EN 14825. Pomocí definovaných provozních podmínek (zvolená tepelná ztráta budovy, nízkoteplotní nebo vysokoteplotní otopná soustava) a klimatickým podmínkám, představuje reálnější provozní efektivitu daného tepelného čerpadla než hodnota COP. [11]

Tepelná čerpadla dokážou pracovat i při minusových teplotách, a to až do  $-20$  °C viz obrázek 3. Přesto se může stát, že teplota venkovního vzduchu dosáhne hranice, kdy tepelné čerpadlo nebude schopné dodat požadovaný tepelný výkon. Taková teplota se označuje jako bod bivalence. V tomto momentě tepelné čerpadlo potřebuje pomocný zdroj tepla např. elektrokotel nebo elektrické topné tyče, které dokážou společně pokrýt potřeby tepla na vytápění. [12]



Obrázek 3 Maximální výstup teplé vody při různých teplotách [13]

V současné době rozlišujeme podle principu tepelná čerpadla:

- Kompresorová tepelná čerpadla
- Absorpční tepelná čerpadla
- Adsorpční tepelná čerpadla

Nejběžnější je využití kompresorového tepelného čerpadla. Kompresor stlačuje odpařené chladivo na vysoký tlak, čímž se silně ohřívá. Vzniklé teplo je využito k ohřevu a sdílení tepla se uskutečňuje v kondenzátoru, kde se chladivo opět zkapalní a pomocí expanzního ventilu se pod tlakem uvolní. Ochlazené chladivo se vrací zpět do výparníku. [14]

Absorpční tepelná čerpadla využívají odpadní teplo z chladicích zařízení, chemických závodů a oceláren. Využití tohoto typu čerpadla, je určené spíše pro tepelné elektrárny s využitím vodního chlazení, tepla z kanalizačních systémů, tepla povrchové vody nebo geotermální energie. [14]

Adsorpční tepelná čerpadla jsou zatím jen ve formě výzkumu a vývoje.

Všechny druhy tepelných čerpadel nám zajistí bezemisní provoz v místě spotřeby, protože nedochází ke spalování fosilních paliv, ale pouze ke spotřebě elektřiny [15]. Jako další výhoda tepelných čerpadel je ta, že nám odpadá starost s jakýmkoliv dovozem a skladováním paliva, jako tomu může být při kotlech na tuhá paliva a nepotřebujeme mít žádné rozvody plynu.

## Chladiva

Chladivo je kapalina používaná pro přenos tepla, které absorbuje teplo při nižší teplotě a nižším tlaku a odvádí teplo při vyšší teplotě a vyšším tlaku.

Dobré chladivo poznáme podle následujících kritérií:

- Dobré termodynamické vlastnosti
  - Nízký bod varu
  - Vysoké výparné teplo
- Šetrné k životnímu prostředí
  - Minimální dopad na životní prostředí
  - Neškodné pro život
- Dostupnost
  - Levné
  - Dostupné zásoby

## Konstrukce tepelných čerpadel

### Monoblok

Konstrukce monobloku představuje jeden větší kompaktní systém umístěný ve vnějším prostředí. Ve venkovní jednotce se nahřívá voda na vysokou teplotu (dle výrobce Viillant až 75 °C – tepelné čerpadlo aroTHERM plus) [16]. odkud se rozvádí do zásobníku teplé vody. Nevýhodou mohou být ztráty v rozvodech při nízkých venkovních teplotách. [17]

### Splitové tepelné čerpadlo

Skládá se z venkovní a vnitřní jednotky. Ve venkovní jednotce je umístěn kondenzátor a kompresor a ve vnitřní jednotce se nachází výparník a expanzní ventil. Systém je vhodný zejména pro větší domy z důvodu možností řízení teploty pro dva a více samostatných okruhů vytápění. Nevýhodou je nutnost častějších revizí z důvodů legislativních požadavků. Výhodou je vyšší efektivita při chladném počasí a minimální tepelné ztráty v rozvodech chladiva do vnitřní jednotky. [17]

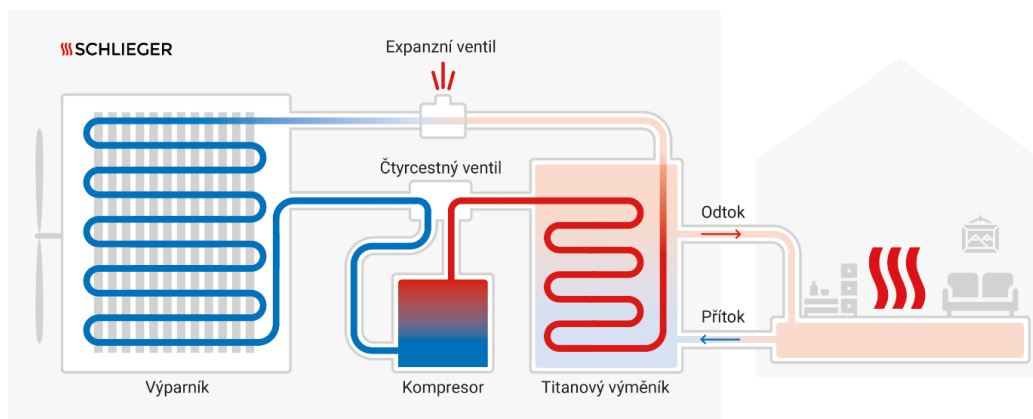
### Tepelná čerpadla vzduch-voda

U tohoto typu čerpadla získáváme ve výparníku teplo z okolního vzduchu a předáváme ho chladivu, které se nachází v primárním okruhu. Chladivo putuje přes kompresor, kde se díky zvýšení tlaku zahřeje, změní své skupenství z kapalného na plynné a putuje do sekundárního okruhu. Tam předá primární okruh (chladivo) svou tepelnou energii do sekundárního okruhu

(voda). Ohřátá voda je dále využita na vytápění objektu. Chladivo, které předalo svou tepelnou energii, putuje přes expanzní ventil, kde změní zpět své skupenství na kapalné a putuje na začátek do výparníku viz obrázek 4. [18]

Při nízkých venkovních teplotách, může docházet k zamrznutí plochy výparníku. Tepelná čerpadla jsou proti zamrznutí vybavena a dokážou se sami odmrazovat. Při detekci zamrznutí výparníku přejde tepelné čerpadlo do reverzního chodu. Při něm se z výparníku stane kondenzátor a z kondenzátoru se stane výparník. Celý proces odmrazení trvá přibližně 10 min čímž však dojde ke snížení výkonnosti tepelného čerpadla i SCOP. [19, 20]

Pořizovací cena tepelná čerpadla LG split systém vzduch-voda o výkonu 5,5kW je 108 000 Kč. Vnitřní jednotka obsahuje také elektrický bivalentní zdroj o výkonu 6kW a provozní rozsah topení je až do  $-25^{\circ}\text{C}$ . Výrobce garantuje teplotu výstupní vody až na  $65^{\circ}\text{C}$  a SCOP až 4,9 při vstupní/výstupní teplotě (7/35). [21]



Obrázek 4 Schéma tepelného čerpadla vzduch-voda [18]

### Tepelná čerpadla vzduch-vzduch

Tepelné čerpadlo získává teplo z venkovního vzduchu a ohřívá vzduch uvnitř budovy. Topný faktor je závislý na venkovní teplotě a není vhodný pro domy s větším počtem místností. V létě však můžeme tímto systémem nejen vytápět, ale především chladit, čistit a odvlhčovat vzduch. Nemůžeme však ohřívat vodu, a navíc je jednotka hlučnější, což může narušit náš komfort. [22]

Cenově se jedná o nejlevnější druh tepelných čerpadel. Výrobce Midea nabízí tepelné čerpadlo vzduch – vzduch o výkonu  $3 \times 2,5 \text{ kW}$  za pořizovací cenu 63 525 Kč. [23]

Zároveň je velmi rychlá instalace a následný bezúdržbový provoz. Jako nevýhodu, však můžeme považovat hlučnost jednotky, která nám bude do místnosti dodávat teplo.

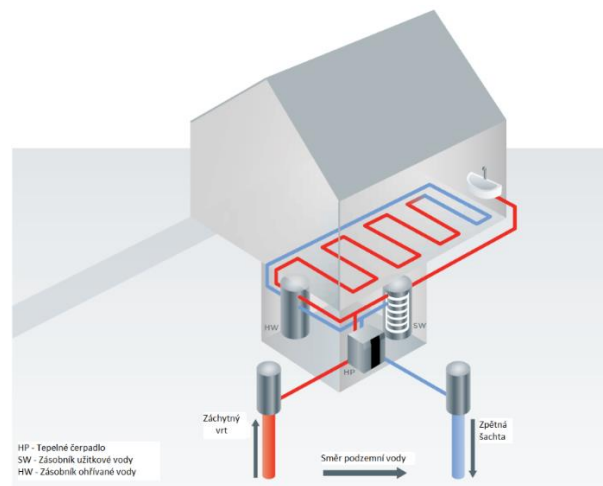
### Tepelná čerpadla voda-voda

Řadí se mezi nejúčinnější vytápěcí systémy pomocí využívání podzemní vody, která si udržuje teplotu mezi  $7^{\circ}\text{C}$  a  $13^{\circ}\text{C}$ . Pro tento typ tepelného čerpadla se vyžadují 2 zemní vrty

viz obrázek 5. Jeden je využit pro čerpání podzemní vody a druhý je určen pro vypouštění využití chladné vody. Podzemní voda je do výměníku poháněna čerpadlem, kde předává vodu do zásobníku a poté odchází do zpětné šachty, kde studená voda odtéká. [24]

Ideální je instalace tohoto druhu tepelného čerpadla pro domy s přístupem k vodě třeba ze studny nebo podzemní vody. Díky stálé teplotě podzemní vody nám roste účinnost COP, což bude mít pozitivní dopad na úspory za vytápění. Abychom však získaly funkční systém voda-voda, tak budeme potřebovat projektovou dokumentaci, a hlavně instalaci celého systému, která je velmi nákladná a bude vyžadovat větší počáteční investice. Je nutné myslet i na běžnou údržbu systému, a hlavně na úpravu primární vody, která nám zvyšuje provozní náklady. [25]

Výrobce MasterTherm garantuje pro nízkoteplotní provoz 35 °C SCOP 4,5 za pořizovací cenu 164 900 Kč bez DPH. [26]



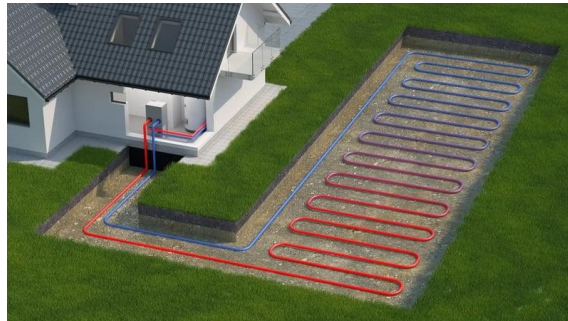
Obrázek 5 Princip tepelného čerpadla voda – voda [27]

## Tepelná čerpadla země-voda

Tepelné čerpadlo odebírá teplo pod povrchem země, kde jsou uloženy hadice s nemrzoucí směsí, které přenáší teplo mezi zemí a tepelným čerpadlem. Výhody u těchto zařízení jsou nízké pořizovací náklady obdobné jako se vzduchovými tepelnými čerpadly, avšak mají ještě o 30% nižší spotřebu energie než tepelná čerpadla využívající teplo ze vzduchu. Navíc jsou bezhlučná a téměř bezúdržbová. Nevýhodou je požadavek na velkou plochu podzemních kolektorů, nad kterými bychom neměli nic dalšího stavět. Pro kolektory je nutné zajistit výkopové práce a potřebujeme mít vhodnou zeminu. Všechny výkopové a instalační práce nám navyšují investiční náklady na instalaci tepelného čerpadla. [28]

Tepelné čerpadlo země-voda dokáže zajistit stabilní topný výkon, který není závislý na venkovním prostředí, a to za pomoci kolektorů uložených pod povrchem země viz obrázek 6. Navíc nedochází k námraze výparníku jako tomu může být u vzduchových tepelných čerpadel.

Výrobce MasterTherm nabízí model AquaMaster 17ICP pro středně teplotní provoz 55 °C za 225 900 Kč bez DPH s SCOP 3,76. [29]



Obrázek 6 Jak funguje tepelné čerpadlo země-voda [30]

### 1.3 Kotle na zemní plyn

Plynové kotle jsou stále velmi oblíbený zdroj vytápění hlavně díky svým příznivým pořizovacím cenám a jednoduché obsluze. Pro instalaci je však nutné mít do domu zavedenou plynovou přípojku a kvůli produkování spalin je nutné mít komín pro plynová zařízení.

Druhy plynových kotlů:

- Závěsné kotle  
Svými menšími rozměry a menším výkonem jsou vhodnou variantou do novostaveb i rekonstrukcí. Je možné je instalovat přímo na zeď a můžeme nimi vytápět a zároveň ohřívat teplou vodu.
- Stacionární kotle  
Oproti závěsným kotlům mají vyšší výkon a zabírají i více prostoru. Vyžadují již samostatnou kotelnu nebo větší technickou místnost pro jejich umístění.

#### 1.3.1 Kondenzační plynové kotle

Kondenzační kotel využívá teplo kondenzačních par. Při ochlazení spalin pod teplotu rosného bodu začne vodní pára kondenzovat, a přitom ve výměníku uvolňuje teplo viz obrázek 7. Ochlazená zpáteční voda, která se vrací z vytápěcího systému o teplotě do 55 °C se tak ohřívá od teploty spalin. Teplota spalin se pohybuje v rozmezí 40-90 °C v závislosti na teplotě vytápěcí vody a výkonu kotle. Následně se voda v kotli dohřeje na požadovanou výstupní teplotu.

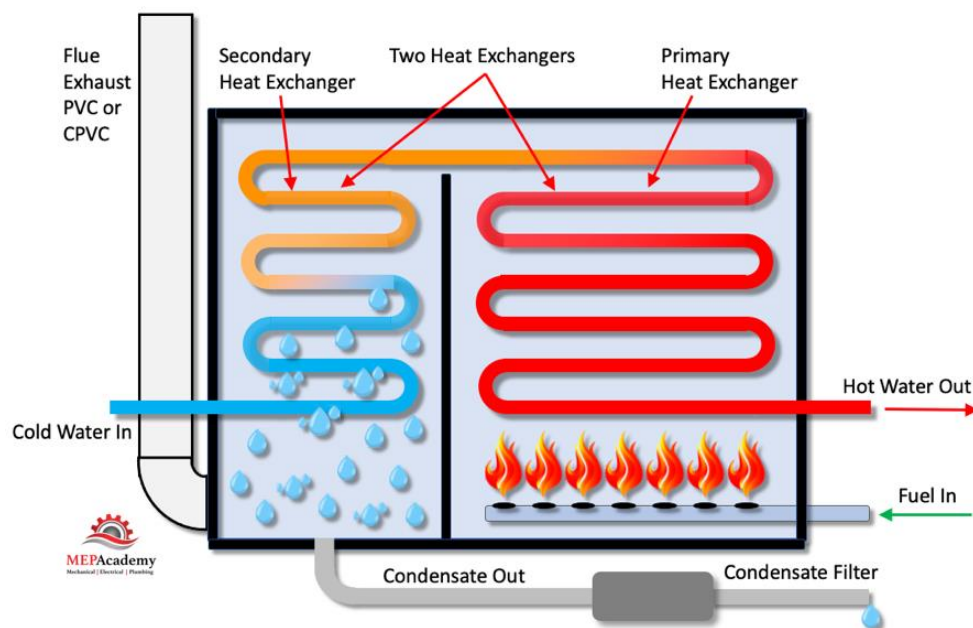
Vzhledem k režimu kondenzace musí být teplosměnná plocha v kotlích korozi vzdorná a stejně tak, musí být odolný i materiál komínové konstrukce. Díky nižší teplotě spalin je možné u kondenzačních kotlů použít plastové spalinovody, které jsou i odolné vůči korozi. Výhodou použití plastových spalinovodů i nižší pořizovací cena. [31]

Účinnost kondenzačních kotlů ze spalného tepla dosahuje až 98 %. Spalinami a odváděním kondenzátu ztrácíme zbývající 2 %. Využití energie v plynu je tedy velmi vysoké. [32]



Při pořízení kondenzačního kotle je nutné myslet i na odvod kondenzátu. Při provozu kotle o příkonu 10 kW a době hoření 10 h za den je množství vyprodukovaného kondenzátu 14 l/den. Hodnota pH kondenzátů vzniklých spalováním plynu činí 2,8 až 5,5. Odvádění kondenzátu do stokové sítě, je možné pouze za podmínek uvedené v jejím kanalizačním řádu. V brněnském kanalizačním řádu je uveden limit pH 6,0 až 9,0 [33]. Při nesplnění těchto limitů, je povinnost neutralizovat odváděný kondenzát. [34]

Pořizovací náklady kondenzačního kotle od výrobce Protherm o výkonu 12 kW vychází na 27 987 Kč. [35]



Obrázek 7 Jak funguje kondenzační kotel [36]

## 1.4 Zdroje na tuhá paliva

Řadíme je mezi levnější zařízení, avšak nesmíme zapomenout na jeho největší nevýhodu, což je pravidelné dokupování a přikládání paliva. V topné sezóně nám úklid popela a přikládání paliva může zabrat i necelou hodinu denně.[37]

Jako zdroje na tuhá paliva využíváme kotle, které se používají jako centrální zdroj vytápění anebo kamna, která využíváme převážně jako lokální zdroj vytápění.

Od 1.9.2024 můžou rodinné domy vytápět pouze kotli, které spadají do 3., 4. nebo 5. emisní třídy. [38]

### 1.4.1 Krbová kamna

Krbová kamna jsou často používána v pasivních a nízkoenergetických rodinných domech kvůli nízké pořizovací ceně. K výhodám krbových kamen patří téměř okamžité teplo, kterého se

dočkáme po zatopení v krbu. Krbová kamna jsou užívána hlavně jako lokální zdroj pro vytápění. Připojením k tepelnému výměníku a za pomoci rozvodů lze vytopit i ostatní místnosti. [39]

Jako palivo můžeme používat kusové dřevo nebo dřevěné brikety. Kamna nám umožňují vytvořit útulnou atmosféru, což může být požadavek od investora nebo majitele domu. [40]

Krbová kamna bez teplovodního výměníku pro rodinné domy o jmenovitém výkonu 6,3 kW pořídíme za 39 99 0Kč. [41]

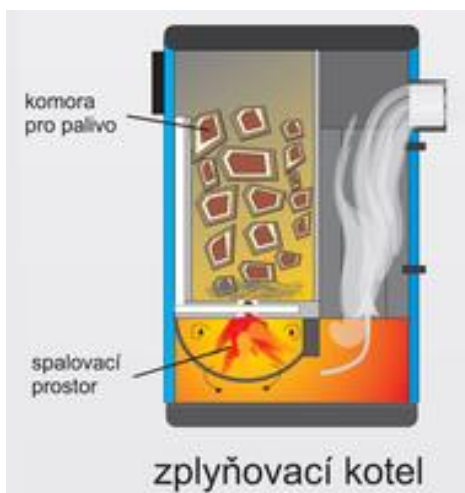
### 1.4.2 Zplyňovací kotel

Je moderní typ kotle, který je určen k vysoce účinnému spalování kusového dřeva a v menší míře i briket. V současné době představují zplyňovací kotle nejmodernější technologii vytápění pomocí kotlů, kde většina dostupných modelů splňuje nejvyšší 5. emisní třídu dle nařízení EU. [42]

Zplyňovací kotel je odhořivací kotel s ručním přikládáním a vícestupňovým spalováním, které je podporováno řízeným odtahovým ventilátorem. Ventilátor se nachází u vstupu do komína, vhání do kotle vzduch, čímž se zvyšuje průtok vzduchu, a to vede k dokonalejšímu spalování viz obrázek 8. Proces spalování probíhá ve dvou fázích, kde v první fázi se až 80 % tuhého paliva vlivem vysoké teploty mění na plyn a jen 20 % paliva shoří. V druhé fázi shoří vytvořený plyn. [42]

Do vysoce účinných zplyňovacích kotlů s velkým zásobníkem na tuhé palivo stačí přikládat dvakrát až třikrát denně. Frekvence přikládání přitom závisí na mnoha faktorech (venkovní teplota, přítomnost akumulární nádrže, velikost komory na palivo a výhřevnost paliva). Vyšší nároky na obsluhu, přípravu a skladování paliva však vykompenzují nižší pořizovací náklady a nižší náklady na samotné palivo. [42]

Pořizovací náklady na zplyňovací kotel od výrobce Atmos DC 22 S o jmenovitém výkonu 15-22 kW pořídíme za 58 668 Kč. [43]



Obrázek 8 Schéma zplyňovacího kotle [67]

### 1.4.3 Automatický kotel

Automatické kotle na pelety řadíme mezi komfortně nejlepší na trhu. Interval mezi jednotlivým přikládáním paliva je závislý na velikosti zásobníku (standartně 250, 500 nebo 1000 l) a může být v rozmezí 1 až 10 dní. Při dostatečném množství, může být jako zásobník využita i kotelná a zásoba paliva v zásobníku nám může vydržet i celou topnou sezónu. Kotel si sám dodává palivo do zásobníku za pomoci šnekového dopravníku, dokáže regulovat výkon hořáku, a tedy výkon celého kotle viz obrázek 11. Navíc se kotel dokáže sám rozhořet a začít vytápět. Pořizovací náklady jsou vyšší oproti ostatním kotlům na tuhá paliva, avšak vyšší cena nám kompenzuje vyšší interval mezi přikládáním paliva do kotle a elektronickou regulací, která řídí chod kotle a přizpůsobuje ho konkrétním podmínkám celého topného systému. [44, 45]

Podavače pro automatické zplyňovací kotle viz obrázek 9:

- Kovový podavač
- Litinový podavač



Obrázek 9 Kovový a litinový podavač [46]

Nevýhodou litinového podavače je, že nelze využít zálevový systém, který chrání systém proti zpětnému prohoření materiálu. Navíc při výskytu kamene může litinový podavač prasknout, jelikož je litina křehký materiál.

Oproti tomu kovový podavač se jeví jako vhodnější alternativa, který využívá zálevový systém a je vyroben z masivní 6 mm oceli, tudíž nehrozí prasknutí kamenem v palivu. Kovový šnek je oproti litinovému lehčí a méně namáhá převodovku. [46]

Základní typy hořáků:

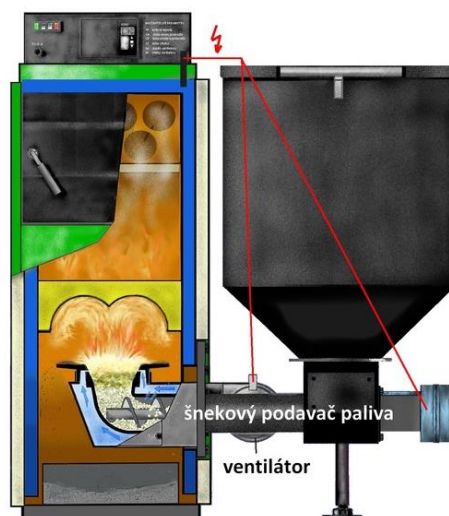
- Samočisticí (žlabový) hořák
- Retortový hořák
- Univerzální čtvercový hořák viz obrázek 10



Obrázek 10 Univerzální čtvercový hořák [46]

Mezi nejefektivnější patří univerzální čtvercové hořáky. Dokážou spalovat širokou škálu materiálů. Čtvercový tvar a foukání vzduchu ze čtyř stran směrem do středu dosahuje hořák vysoké spalovací teploty. A právě díky konstrukčnímu řešení a nízké hlučnosti při chodu podavače patří univerzální čtvercový hořák mezi nejprodávanější. [46]

Celkové pořizovací náklady na automatický kotel Benekov C 17 o jmenovitém výkonu 19 kW pořídíme za 130 680 Kč. Účinnost kotle dosahuje dle výrobce BENEKOV až 92 %. [47]

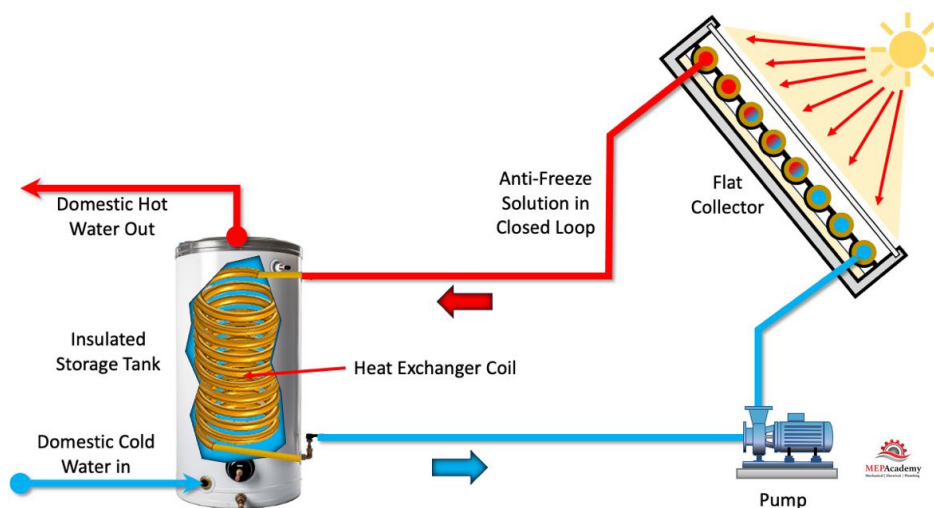


Obrázek 11 Schéma automatického kotle [68]

## 1.5 Fototermické panely

Nejčastěji jsou kolektory umístěny na střeše objektu, kde přímo ze slunečního záření získávají energii k ohřevu vody. Voda je pomocí čerpadla poslána do zásobníku, kde přes výměník předá teplo do vody v zásobníku viz obrázek 12. Pro 1 m<sup>2</sup> instalovaných trubkových kolektorů na střeše se uvažuje potřeba 100 litrů objemu zásobníku. Ze zásobníku může být voda použita k ohřevu užitkové vody nebo jako sekundární zdroj k vytápění objektu. Z toho plyne, že systém je přímo závislý na sluneční energii a v nesluneční dny nedojde k ohřevu vody prostřednictvím fototermickým kolektorům a je nutné mít připravený sekundární zdroj. V přechodných obdobích nám může energie ze solárních kolektorů zcela pokrýt potřeby na vytápění a přinese tak velkou finanční úsporu. [48]

Pořizovací náklady na fototermické panely včetně bojleru o objemu 200 l nás vyjdou na 179 000 Kč. [49]



Obrázek 12 Schéma přímého solárního ohřevu vody [50]

## 1.6 Akumulace tepla

Akumulace tepla je proces, při kterém se teplo uchovává pro jeho pozdější využití. Cílem akumulace tepla je hlavně ekonomicky výhodnější provoz. Např. u kotlů na tuhá paliva, které fungují nejlépe při vyšších výkonech nechceme ohřátou vodu posílat rovnou do otopné soustavy, ale chceme ji uchovávat i pro pozdější využití. Z toho důvodu používáme akumulární nádrže.

Výhody akumulace tepla zahrnují optimalizaci využití přebytečné energie a snížení spotřeb energií. Vodní zásobníky využijeme především u zdrojů na tuhá paliva pro uchování přebytečného tepla anebo u fototermických panelů. [51]

Izolace akumulární nádrže se pohybuje obvykle v rozmezí 8 nebo 10 cm. Voda v nádrži udrží teplo přibližně 24 h. Objem zásobníku se vždy volí na základě výkonu vytápěcího zařízení. Pro rychlý přehled lze uvažovat na 1 kW výkonu 55 l objemu akumulární nádrže. [52]

Akumulační zásobník od výrobce KIIP THERM o objemu 480 l včetně izolace pořídíme za 14 550 Kč. [53] K pořízení akumulčního zásobníku nesmíme zapomenout na zvýšené náklady na armatury.

## 1.7 Kombinace zdrojů

Kombinace jednotlivých zdrojů využíváme hlavně z důvodu, kdy nám jednotlivý zdroj nezajistí dostatek energie ve všech částech roku nebo by zdroj pracoval s velmi malou účinností a nepokryval potřeby pro vytápění. Hybridní systémy vytápění kombinují často fosilní paliva s obnovitelnými energiemi a díky tomu jsou i šetrnější k životnímu prostředí.

Kombinace jednotlivých zdrojů dělíme podle počtu použitých zdrojů vytápění na:

- Monovalentní (jeden zdroj vytápění)
- Bivalentní (dva zdroje vytápění)
- Trivalentní (tři zdroje vytápění)

### Monovalentní zdroj

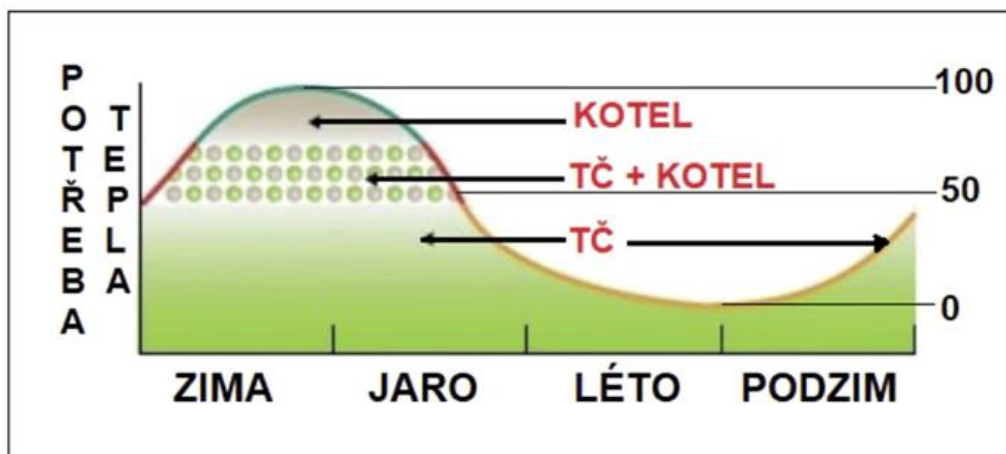
Monovalentní zdroj nám zajišťuje energii na vytápění během celého roku, a to za pomoci jednoho jediného zdroje. Výhoda, kterou nám tento způsob přináší je hlavně ekonomická, kdy nám stačí si pořídit pouze jediný zdroj na vytápění. Nevýhodou může být potenciál poruchy, a tedy nemožnost vytápět. Z toho důvodu se kombinuje více zdrojů vytápění. [54]

### Bivalentní zdroje

U bivalentních zdrojů využíváme kombinace dvou zařízení na vytápění viz obrázek 13. Při poruše zdroje nám pokryje potřebu na vytápění druhý zdroj, a navíc se zdroje mohou doplňovat a pracovat tak efektivněji. [54]

Mezi nejčastější kombinace bivalentních zdrojů řadíme:

- Tepelná čerpadla + elektrokotel
- Tepelná čerpadla + Kondenzační plynový kotel
- Kotel na tuhá paliva + solární kolektory
- Kondenzační plynový kotel + solární kolektory

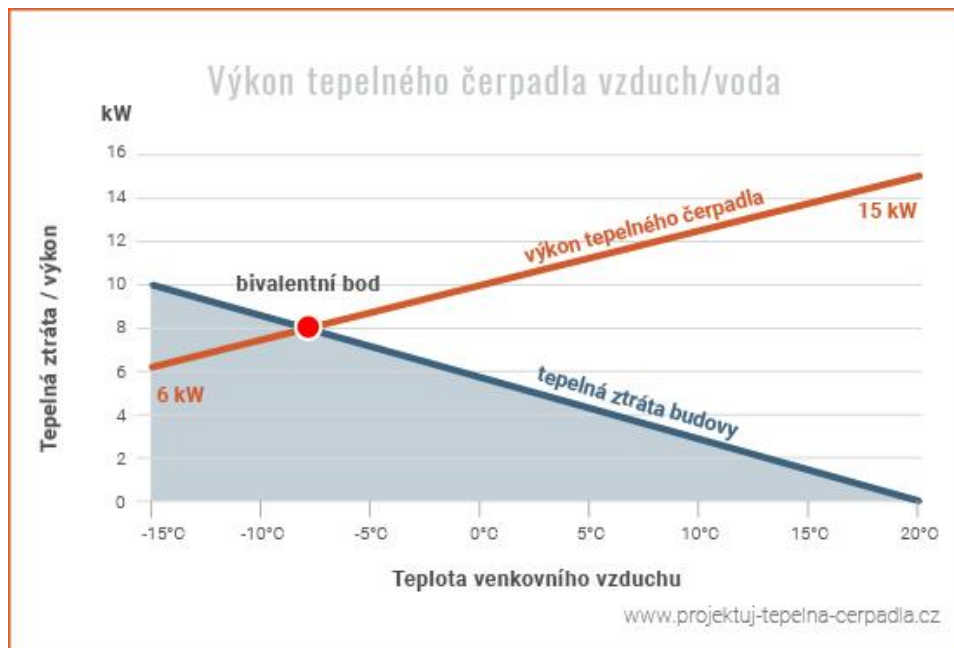


Obrázek 13 Možnost hybridního vytápění v různých ročních obdobích [55]



## Tepelné čerpadla + elektrokotel

Kombinace tepelného čerpadla jako primárního zdroje a elektrokotle jako bivalentního zdroje se využívá jak u novostaveb, tak i u rekonstrukcí, kde máme malé ztráty prostupem tepla obálkou budovy. Tepelné čerpadlo pracuje velkou část roku a elektrokotle se zapíná pouze pokud teplota venkovního vzduchu klesne pod tzv. bivalentní bod viz obrázek 14. Teplota pro bivalentní bod se pohybuje v rozmezí  $-3\text{ °C}$  do  $-10\text{ °C}$ . [56]



Obrázek 14 Výkon tepelného čerpadla v závislosti na venkovní teplotě vzduchu [56]

## Trivalentní zdroje

U trivalentních zdrojů se jedná o kombinaci třech zdrojů vytápění. Z pohledu efektivity se jedná o skvělou myšlenku, kdy jednotlivé zdroje využíváme v jejich ideálních podmínkách, které nám přinesou maximální vyžadovaný výkon. Nevýhodou použití třech zdrojů vytápění jsou vyšší pořizovací náklady nejen na samotná zařízení, ale i na jejich projektovou dokumentaci a správné zapojení a uvedení do provozu. [54]

Mezi nejčastější kombinace trivalentních zdrojů řadíme:

- Kondenzační plynový kotel + kotel na tuhá paliva + solární kolektory
- Kondenzační plynové kotle + tepelné čerpadlo + solární kolektory
- Kotle na tuhá paliva + solární kolektory + eklektický ohřev

## 1.8 Shrnutí technologií

Všechny uvedené technologie pro moderní vytápění rodinných domů mají své výhody a nevýhody. Při pořízení zdroje na vytápění rodinného domu je důležité si stanovit, jaké vlastnosti očekáváme od jednotlivých zdrojů a na základě toho zvolit.

Pro přehlednost jednotlivých technologií je k dispozici základní porovnání každého výše popsaného zařízení.

### Tepelná čerpadla

Mezi hlavní výhody řadíme vysokou efektivitu a s tím spojené nižší náklady na provoz. Tepelná čerpadla nejsou časově náročná na údržbu a neprodukuje žádné emise v místě užívání, což může být výhodou při pořízení především v městské zástavbě. Tepelnými čerpadly můžeme ohřívat i teplou užitkovou vodu (vzduch-voda, země-voda, voda-voda) a není třeba pořizovat zvlášť zdroj na ohřev TV.

Nevýhody tepelných čerpadel je vysoká pořizovací cena a hluchost venkovní jednotky.

Tabulka 1 Výhody a nevýhody tepelného čerpadla

Tepelná čerpadla	
Výhody	Nevýhody
Nízké provozní náklady	Vyšší pořizovací náklady
Bezobslužnost	Hluchost
Nulové emise v místě užívání	
Možnost ohřevu TV	

### Elektrokotle

Elektrokotle jsou vybírány pro své nízké pořizovací náklady. Jsou bezhlučné a díky svým malým rozměrům je lze umístit téměř kamkoliv v domě. Nepotřebují komín, a navíc je možné pomocí nich ohřívat i teplou užitkovou vodu. S jejich účinností až 99 % pak nevznikají téměř žádné ztráty energie.

Nevýhodou elektrokotle je však vysoká cena za elektřinu.

Tabulka 2 Výhody a nevýhody elektrokotle

Elektrokotle	
Výhody	Nevýhody
Nízká pořizovací cena	Vyšší cena za elektřinu
Levná a rychlá montáž	
Není hlučný	
Zabírá málo prostoru	
Nepotřebuje komín	
Možnost ohřevu TV	



## Kondenzační plynové kotle

Výhodou kondenzačních kotlů je vysoká efektivita. Kotle se dají snadno regulovat a dokážou i ohřívat TV, čímž nám odpadá nutnost pořízení zdroje pro ohřev TV, což nám ušetří počáteční náklady.

Pro kondenzační kotle je však nutné mít zavedenou do domu přípojku plynu a musí být vyvložkovaný komín, a navíc se musí na kotli provádět každoroční revize, což má vše vliv na zvýšení nákladů při samotném pořízení zdroje i při jeho provozu. Kotel je nutné mít napojený na kanalizaci, kvůli odvodu kondenzátu.

Tabulka 3 Výhody a nevýhody kondenzačního plynového kotle

Kondenzační plynové kotle	
Výhody	Nevýhody
Minimální množství emisí uvolněných do ovzduší	Vyvložkovaný komín
Snadná regulace	Roční revize
Dostupnost paliva	Nutnost napojení na kanalizaci
Nižší pořizovací cena	
Možnost ohřevu TV	

## Krbová kamna

Kamna jsou příznivá svou nízkou pořizovací cenou a nezávislostí na elektřině.

Krbová kamna naopak vyžadují časté přikládání paliva a jejich pravidelné čištění a s tím přichází zvýšená prašnost v okolí kamen. Bez rozvodů nám kamna vytápí pouze místnost, ve které se nacházejí a je nutné myslet na to, jak se budou vytápět místnosti ostatní.

Tabulka 4 Výhody a nevýhody krbových kamen

Krbová kamna	
Výhody	Nevýhody
Nezávislý zdroj energie	Zvýšené množství prachu a nečistot
Nízká pořizovací cena	Náročná na obsluhu
	Pravidelné čištění krbu
	Lokální zdroj tepla

## Zplyňovací kotel

U zplyňovacího kotle je výhodou nižší pořizovací cena a nižší cena za provoz. Kotle dokážou ohřívat i TV a odpadá nám tak nutnost pořízení samotného zdroje na ohřev TV.

Zplyňovací kotle vyžadují pravidelné přikládání a vyžadují časovou náročnost při uskladňování paliva. Zároveň je vytvořeno více nečistot způsobené častým přikládáním a čištěním. U kotle je vyžadována samostatná místnost pro umístění.

Tabulka 5 Výhody a nevýhody zplyňovacího kotle

Zplyňovací kotel	
Výhody	Nevýhody
Levný provoz	Nutnost ručního přikládání
Nižší pořizovací náklady	Prostorová náročnost
Možnost ohřevu TV	Nutnost prostor pro uskladnění paliva

## Automatický kotel

Automatická dodávka paliva prodlužuje interval přikládání a vyžaduje tak nižší časovou náročnost. U automatických kotlů se používá nejčastěji pelety, které nám šetří čas i se samotnou přípravou paliva. Kotle umožňují napojení na ohřev TV.

Automatické kotle mají vyšší pořizovací náklady, kvůli zvýšené technologické náročnosti zařízení.

Tabulka 6 Výhody a nevýhody automatického kotle

Automatický kotel	
Výhody	Nevýhody
Automatické podávání topiva	Vyšší pořizovací cena
Dejší interval doplňování topiva (dny až týdny)	
Minimální práce s přípravou topiva	
Možnost ohřevu TV	

## Fototermické panely

Fototermické panely jsou výhodné díky svým nízkým provozním nákladům a jednoduché obsluze. Energii přijímají ze slunečních paprsků a patří mezi ekologické zdroje energie.

Nevýhodou je náročná instalace od specializované firmy a vyšší pořizovací náklady. Kvůli nestálé a proměnlivé sluneční energii se nejde spolehnout pouze na tento jediný zdroj.

Tabulka 7 Výhody a nevýhody fototermických panelů

Fototermické panely	
Výhody	Nevýhody
Nízké provozní náklady	Náročná instalace
Jednoduchá obsluha	Vyšší pořizovací náklady
Ekologický zdroj energie	Nestálý přísun sluneční energie
Možnost ohřevu TV	

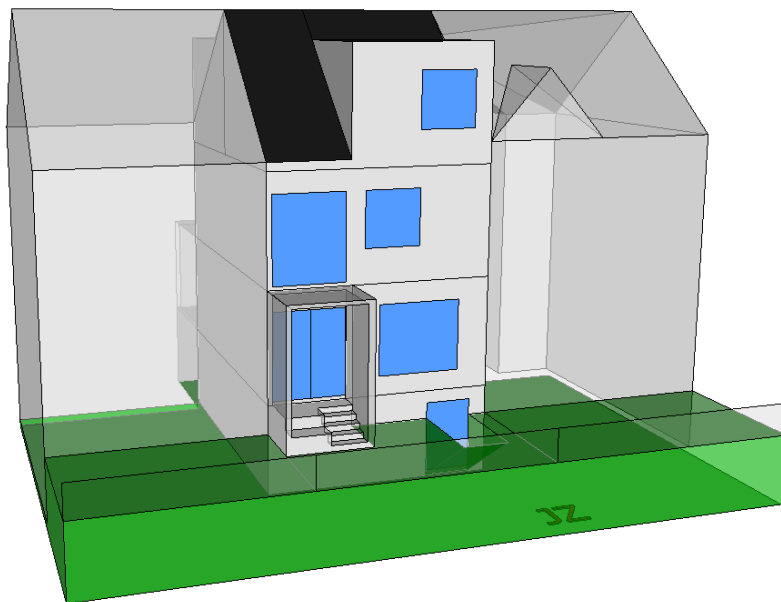
## 2 Základní studie pro modelový dům

Pro porovnání jednotlivých variant vytápění jsou podstatné vstupní parametry. K tomuto posouzení bude sloužit modelový dům, kde jsou stanoveny základní parametry jako např. potřeba tepla na vytápění, počet uživatelů v rodinném domě, profil užívání budovy a její obalová konstrukce a výplně otvorů.

### 2.1 Popis modelového domu

Jako modelový dům jsme si zvolili řadový rodinný dům viz obrázek 15. Objekt se nachází v městské zástavbě Brno – Černá Pole. Hlavní rozměr domu je 8,86 x 6,54 m o celkové vnější ploše 230 m<sup>2</sup>. Rodinný dům má k dispozici jedno podzemní a 3 nadzemní podlaží. Dvě stěny řadového domu jsou v kontaktu se sousedními stěnami a SV a JZ stěny jsou v kontaktu s exteriérem. Část střechy je se sklonem 40° a část střechy je plochá. V rodinném domě se uvažuje se čtyřčlennou rodinou. Uvažovaný objekt prošel kompletní rekonstrukcí včetně zateplení a výměny technických zařízení.

Větrání je řešeno jako nucené rovnotlaké. Pro větrání rodinného domu je navržena větrací VZT jednotka MultiVac Daphne HRDA2-300. Jednotka je vybavena diagonálním deskovým rekuperátorem s účinností ZZT 82 % a je vybavena obtokem pro letní období a elektrickým přehříváčem a ohříváčem vzduchu. Pro výpočet je uvažován měrný příkon ventilátorů  $SFP = 2380 \text{ W.s/m}^3$ .



Obrázek 15 Modelový dům

### 2.2 Popis softwaru

Program ENERGIE 2023 je určen ke komplexnímu hodnocení energetické náročnosti budov. Využívá se především pro tvorbu PENB (průkaz energetické náročnosti budovy). Umožňuje výpočet průměrného součinitele prostupu tepla budovy, měrných tepelných toků prostupem a větráním a výpočet potřeby energie na vytápění a chlazení. Výpočet počítá i s dílčí dodanou

energií (vytápění, chlazení, nucené větrání, úprava vlhkosti vzduchu, příprava teplé vody, osvětlení) produkcí energie (solární kolektory, fotovoltaika, kogenerace), celkové dodané energie, primární energie z neobnovitelných zdrojů a emisí CO<sub>2</sub>. Výpočet probíhá v hodinovém kroku a software umožňuje nastavení vlastních nebo smluvních profilů, které je možné po jednotlivých hodinách upravovat dle skutečnosti. Program zpracovává energetický průkaz podle vyhlášky MPO ČR č. 264/2020 Sb. A energetický štítek podle ČSN 730540-2 (2011). [57]

## 2.3 Vstupní parametry

Pro výpočet byly použity jednotná smluvní klimatická data pro ČR a v zimním období je návrhová teplota zvolena na -15°C. Budova je rozdělena do jedné zóny podle smluvního profilu: Obytné zóny – rodinný dům – prostor bytu dle ČSN 73 0331-1.

Obálka budovy je tvořena z plných pálených cihel a vápenocementových tvárníc zateplené tepelnou izolací EPS o tl. 150-200 mm. Podlaha na zemině tvořena z podkladního betonu, tepelné izolace kooltherm o tl. 50 + 60 mm a broušeného cementového potěru. Šikmá střecha s dřevěnými krokviemi je vyplněna minerální izolací o tl. 180 mm a plochá střecha je tvořena za pomoci stropních trámů a je zateplena pomocí EPS 150S o tl. 140 mm a spádovými klíny o tl. 55 mm.

Tabulka 8 Přehled konstrukcí vnějších stěn modelového domu

F		OBÁLKA BUDOVY						
<p><i>Obálkou budovy je soubor všech teplosměnných konstrukcí na systémové hranici celé budovy, které jsou vystaveny přilehlému prostředí, jež tvoří venkovní vzduch (EXT), přilehlá zemina (ZEM), vnitřní vzduch v přilehlém nevytápěném prostoru (NEVYT) nebo sousední budově (SOUS). Budova může být rozdělena na teplotní zóny o různých návrhových vnitřních teplotách s různými požadavky na obalové konstrukce. Hodnocené konstrukce jsou porovnávány s referenční hodnotou, která odpovídá platnému požadavku pro novostavby.</i></p>								
Přehled stavebních prvků a konstrukcí na obálce budovy		Návrhová vnitřní teplota zóny	Přiléhající prostředí	Plocha konstrukce	Součinitel prostupu tepla konstrukce			
					Vypočtená hodnota	Požadavek ČSN 73 0540-2	Referenční hodnota	Dosažená úroveň vypočtená / referenční hodnota
Ozn.	Název	°C	---	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> .K			
STĚNY VNĚJŠÍ				114,1				
SV1	F01 CPP 450 + XPS 200	20,0	EXT	2,9	0,144	0,30	0,30	48 %
SV2	F02 CPP 450 + EPS 200	20,0	EXT	10,7	0,152	0,30	0,30	51 %
SV3	F04 CPP 560 + EPS 200	20,0	EXT	5,2	0,149	0,30	0,30	50 %
SV4	F06 VPC 240 + EPS 200	20,0	EXT	73,1	0,153	0,30	0,30	51 %
SV5	F07 VPC 150 + EPS 200	20,0	EXT	9,3	0,155	0,30	0,30	52 %
SV6	F13 VPC 150 + EPS 150	20,0	EXT	8,5	0,201	0,30	0,30	67 %
SV7	F14 VPC 150 + EPS 200	20,0	EXT	4,4	0,155	0,30	0,30	52 %

Tabulka 9 Přehled konstrukcí střechy, konstrukcí k zemině a konstrukcí k sousední budově

STŘECHY				63,9				
ST1	S01 Šikmá střecha	20,0	EXT	28,6	0,292	0,24	0,24	122 %
ST2	S02 Plochá střecha	20,0	EXT	35,4	0,171	0,24	0,24	71 %
KONSTRUKCE K ZEMINĚ				77,8				
PZ1	F03 CPP 450 + XPS 200	20,0	ZEM	11,1	0,144	0,45	0,45	32 %
PZ2	F05 CPP 560 + XPS 200	20,0	ZEM	9,3	0,141	0,45	0,45	31 %
PZ3	P01 Podlaha k ZEM	20,0	ZEM	57,5	0,185	0,45	0,45	41 %
KONSTRUKCE K SOUSEDNÍ BUDOVĚ				192,6				
KS1	F08 VPC 150 + EPS 200	20,0	SOUS	21,6	0,155	1,05	1,05	15 %
KS2	F09 VPC 150 + EPS 200 + CPP 150	20,0	SOUS	10,3	0,143	1,05	1,05	14 %
KS3	F10 CPP 150	20,0	SOUS	99,5	2,869	1,05	1,05	273 %
KS4	F11 VPC 150 + EPS 200	20,0	SOUS	48,3	0,158	1,05	1,05	15 %
KS5	F12 CPP 450	20,0	SOUS	12,9	1,417	1,05	1,05	135 %

Okna jsou navržena s izolačními trojskly a dřevěným rámem.

Tabulka 10 Přehled výplní otvorů modelového domu

VÝPLNĚ OTVORŮ				46,1				
VO1	Okna	20,0	EXT	38,4	0,750	1,50	1,50	50 %
VO2	Dveře	20,0	EXT	7,3	1,200	1,70	1,61	74 %
VO3	Výlez na střechu	20,0	EXT	0,4	1,200	1,40	1,40	86 %

Ve všech oknech bude instalováno venkovní stínění pomocí hliníkových žaluzií.

## 2.4 Návrh systému

Pro výpočet pro nás bude nejdůležitějším faktorem energie spotřebovaná na vytápění. Na tuhle hodnotu mají největší vliv ztráty prostupem a energii spotřebovanou na větrání.

Teplá voda bude řešena samostatně a nebudeme ji do výpočtu uvažovat.

Tabulka 11 Parametry modelového domu

Parametr	Jednotky	Hodnota
Objem s upravovaným vnitřním prostředím	m <sup>3</sup>	701,5
Celková plocha hodnocené obálky budovy	m <sup>2</sup>	494,4
Objemový faktor tvaru budovy	m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>	0,7
Celková energeticky vztažná plocha budovy	m <sup>2</sup>	230
Podíl průsvitných konstrukcí v ploše svislých konstrukcí	%	28,6

Tepelná ztráta domu byla v programu Energie 2023 s hodinovým krokem stanovena na 3,2kW.

Tabulka 12 Přehled parametrů ztráty budovy a energie spotřebované k vytápění

Parametr	Jednotky	Hodnota
Orientační tepelná ztráta budovy (pro návrhovou venkovní teplotu $T_e = -15\text{ C}$ ):	kW	3,2
Energie spotřebovaná k vytápění (bez ohřevu TV)	MWh	5

Z dostupných informací jsme pro návrh systému určili potřebný výkon zdroje okolo 4 kW. Tento výkon je dimenzován pouze na vytápění. K ohřevu TV bude pro zjednodušení výpočtu uvažován samostatný systém. Při výběru jednotlivých variant zdrojů vytápění budeme uvažovat více faktorů (vstupní náklady, komfort užívání, provozní náklady a ekologie).

### Výpočet ročních nákladů na palivo

Při výpočtu ročních nákladů na topení nejprve energii spotřebovanou k vytápění podělíme účinností zařízení a výhřevností konkrétního paliva. Tím získáme přibližné množství spotřebovaného paliva za rok. Tuto hodnotu vynásobíme jednotkovou cenou konkrétního paliva a dostaneme hodnotu za celý rok.

$$C_R = C_J * \frac{E_{vyt}}{H * \eta}$$

$C_R$  – roční náklady na palivo [Kč]

$C_J$  – jednotková cena daného paliva [Kč.kg<sup>-1</sup>]; [Kč.m<sup>3</sup>]; [Kč.kWh<sup>-1</sup>]

$E_{vyt}$  – roční spotřeba energie na vytápění [MJ]; [kWh]

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

$\eta$  – účinnost zařízení [%]

### 2.4.1 Kondenzační plynový kotel

Kondenzační plynový kotel viz obrázek 16, by pro náš modelový dům mohl představovat logickou volbu zdroje.

K objektu je zavedena plynová přípojka a tím nám odpadá starost s přivedením plynu k rodinnému domu. Vytápění plynem navíc řadíme mezi komfortní způsob vytápění, protože nám odpadá starost o dodávku paliva a obsluha kotle je velmi snadná. Navíc účinnost kondenzačního kotle je velmi vysoká.

Vstupní náklady na pořízení kondenzačního kotle jsou velmi příznivé, i když je cena plynu v posledních letech méně stabilní, tak je vytápění plynem stále velmi finančně výhodné. Při pořízení kotle nás ovšem čekají další náklady na vybudování odtahu spalin a odvodu kondenzátu, které navyšují pořizovací náklady.



Obrázek 16 Kondenzační plynový kotel [69]

### Výpočet ročních nákladů za vytápění zemním plynem:

*Vstupní hodnoty*

Pro výpočet uvažujeme kondenzační plynový kotel **Protherm Gepard Condens 12 MKO – A** o výkonu 4,3-12,7 kW, který bude kvůli svému vyššímu výkonu osazen nepřímým ohřevným zásobníkem o objemu 68 l, který nás vyjde na 12 454 Kč. Účinnost kotle dosahuje dle výrobce až 108,5 %. Celková cena za kondenzační kotel a akumulaci nás vyjde na 40 441 Kč. [35]

$$\text{Jednotková cena zemního plynu} - C_j = 16,2 \frac{\text{Kč}}{\text{m}^3} \quad [58]$$

$$\text{Roční potřeba energie na vytápění} - E_{vyt} = 5 \text{ MWh} = 18\,000 \text{ MJ}$$

$$\text{Výhřevnost zemního plynu} - H = 33,5 \frac{\text{MJ}}{\text{m}^3} \quad [59]$$

Účinnost kondenzačního kotle v průběhu celého roku uvažujeme 100 %.

$$\text{Účinnost zařízení} - \eta = 1$$

*Výpočet ročních nákladů za zemní plyn:*

$$C_R = C_j * \frac{E_{vyt}}{H * \eta} = 16,2 * \frac{18\,000}{33,5 * 1} = 8\,710 \text{ Kč}$$



### 2.4.2 Automatický kotel

Automatický kotel viz obrázek 17 se pro náš modelový dům může jevit vhodný zejména z ekologického hlediska. Dřevěné pelety jsou obnovitelným zdrojem energie, na což je v posledních letech kladen velký důraz.

Z ekonomického hlediska se jedná o méně vhodnou variantu, a to kvůli vyšší pořizovací ceně samotného zdroje i vyšší ceně za dřevěné pelety. Navíc by se musel vybudovat odtah spalin, který by navýšil počáteční náklady na zařízení.

Kotle se navíc vyrábí s vyššími jmenovitými výkony a z důvodu využívání plného potenciálu kotle se bude muset pořídit akumulční nádrž.

Komfort užívání kotle je přívětivý z toho důvodu, že kotel má zásobník o objemu 65 l, který pomocí šnekového dopravníku dodává palivo do hořáku. Kotel tedy není plně automatizovaný. Vyžaduje obsluhu v podobě doplňování paliva do zásobníku a čištění kotle.

#### Výpočet ročních nákladů za vytápění automatickým kotlem:

*Vstupní hodnoty*

Pro výpočet uvažujeme kondenzační plynový kotel **Atmos D 10 PX** o výkonu 3-10 kW, který bude kvůli svému vyššímu výkonu osazen akumulční nádrží o objemu 265 l. Účinnost kotle dosahuje dle výrobce až 91,6 %. Náklady za automatický kotel nás vyjdou na 87 305 Kč a akumulční nádrž nás vyjde na 10 783 Kč. Celkové náklady na zařízení kotle a akumulční nádrže nás vyjdou na 98 088 Kč. [60] [61]

$$\text{Jednotková cena dřevěných pelet} - C_j = 9,03 \frac{\text{Kč}}{\text{kg}} \quad [62]$$

$$\text{Roční potřeba energie na vytápění} - E_{vyt} = 5 \text{ MWh} = 18\,000 \text{ MJ}$$

$$\text{Výhřevnost dřevěných pelet} - H = 16,5 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}} \quad [62]$$

Účinnost automatického kotle v průběhu celého roku uvažujeme 90 %.

$$\text{Účinnost zařízení} - \eta = 0,9$$

*Výpočet ročních nákladů za vytápění dřevěnými peletami:*

$$C_R = C_j * \frac{E_{vyt}}{H * \eta} = 9,03 * \frac{18\,000}{16,5 * 0,9} = \mathbf{10\,945 \text{ Kč}}$$



Obrázek 17 Automatický zplyňovací kotel [70]

### 2.4.3 Tepelné čerpadlo vzduch-voda

Vhodná alternativa pro vytápění může být využití tepelného čerpadla vzduch-voda viz obrázek 18. Tepelné čerpadlo je vhodnou alternativou, protože v místě nezpůsobuje znečištění ovzduší a můžeme ho zařadit mezi ekologické zdroje vytápění.

Tepelné čerpadlo bude uvažovat s akumulací nádrží o objemu 200 l.

Tepelné čerpadlo je velmi jednoduché na obsluhu, nezabírá nám v rodinném domě příliš moc místa a nepotřebuje ke svému chodu žádná odtahová zařízení, která by zvyšovala počáteční náklady.

Tepelné čerpadlo při nízkých teplotách nemusí dodávat dostatek tepla, a proto je nutné pořídit bivalentní zdroj. V tomto případě jsme zvolili topné těleso umístěné v akumulací nádrži, které nám zajistí dostatečný výkon pro vytápění domu při nízkých venkovních teplotách.

#### Výpočet ročních nákladů za vytápění tepelným čerpadlem:

##### Vstupní hodnoty

Pro výpočet uvažujeme tepelné čerpadlo **LG Therma V HM051MR Monoblok S** o výkonu 5,5 kW, které bude kvůli svému vyššímu výkonu osazeno akumulací nádrží o objemu 200 l. Sezónní topný faktor (SCOP) je dle výrobce 4,46 (7/35). Pořizovací náklady tepelného čerpadla nás vyjdou na 86 200 Kč a akumulací nádrž nás vyjde na 8 800 Kč. Celkové náklady nás vyjdou na 95 000 Kč. Chod tepelného čerpadla uvažujeme 94 % v roce dle normy TNI 73 0331 a zbývajících 6 % bude pokrývat bivalentní zdroj. [63]

Cenu elektřiny počítáme pro distribuční sazbu pro vytápění tepelnými čerpadly D 57d.

$$\text{Jednotková cena elektřiny} - C_j = 3,874 \frac{\text{Kč}}{\text{kWh}} \quad [64]$$

$$\text{Roční potřeba energie na vytápění} - E_{vyt} = 5 \text{ MWh} = 5000 \text{ kWh}$$

$$\text{Účinnost zařízení} - \eta = 4,46 \quad [65]$$

##### Výpočet ročních nákladů za vytápění tepelným čerpadlem:

$$C_R = C_j * \frac{E_{vyt}}{\eta} * 0,94 = 3,874 * \frac{5000}{4,46} * 0,94 = \mathbf{4\ 082\ Kč}$$



Obrázek 18 Tepelné čerpadlo vzduch – voda [63]

### Výpočet ročních nákladů za vytápění topným tělesem:

Potřebu tepla na vytápění pokrývá topné těleso ze 6 %. Bivalentní zdroj, uvažujeme topné těleso o výkonu 3 kW, které bude umístěno v akumulacní nádrži. Pořízení topného tělesa nás vyjde na 3 025 Kč.

$$\text{Jednotková cena elektřiny} - C_j = 3,874 \frac{\text{Kč}}{\text{kWh}} \quad [64]$$

$$\text{Roční potřeba energie na vytápění} - E_{vyt} = 5 \text{ MWh} = 5000 \text{ kWh}$$

$$\text{Účinnost zařízení} - \eta = 0,99$$

*Výpočet ročních nákladů za vytápění topným tělesem (bivalentní zdroj):*

$$C_R = C_j * \frac{E_{vyt}}{\eta} * 0,06 = 3,874 * \frac{5000}{99} * 0,06 = \mathbf{1\ 174\ Kč}$$

Celkové náklady za pořízení tepelného čerpadla, akumulacní nádrže a topného tělesa nás vyjdou na 98 025 Kč. Náklady na vytápění tepelným čerpadlem a topným tělesem nás vyjdou ročně na 5 256 Kč.

#### 2.4.4 Elektrokotel

Z hlediska nízké potřeby tepla na vytápění se elektrokotel jeví jako vhodná varianta. Často je využíván v pasivních a nízkoenergetických domech především díky své nízké pořizovací ceně. Kvůli vysokým cenám elektřiny se však z dlouhodobého hlediska jedná o ekonomicky náročnější způsob vytápění.

Mezi výhodu elektrokotle řadíme bezhlučnost, potřebu malého místa k instalaci, snadnou a rychlou regulaci. Elektrokotel je malé zařízení, které vyžaduje minimální prostor pro instalaci viz obrázek 19.



Obrázek 19 Elektrokotel [66]

#### Výpočet ročních nákladů za vytápění elektrokotlem:

*Vstupní hodnoty*

Pro výpočet uvažujeme elektrokotel **Bosch Tronic Heat 3500 H 4** o výkonu 4 kW. Účinnost elektrokotle uvažujeme pro výpočet 99 %. Pořizovací náklady nás vyjdou na 16 809 Kč. [66]

Cenu elektřiny počítáme pro distribuční sazbu D 56d pro vytápění elektrokotlem.

$$\text{Jednotková cena elektřiny} - C_J = 3,874 \frac{\text{Kč}}{\text{kWh}} \quad [64]$$

$$\text{Roční potřeba energie na vytápění} - E_{vyt} = 5 \text{ MWh} = 5000 \text{ kWh}$$

$$\text{Účinnost zařízení} - \eta = 0,99$$

*Výpočet ročních nákladů za vytápění elektrokotlem:*

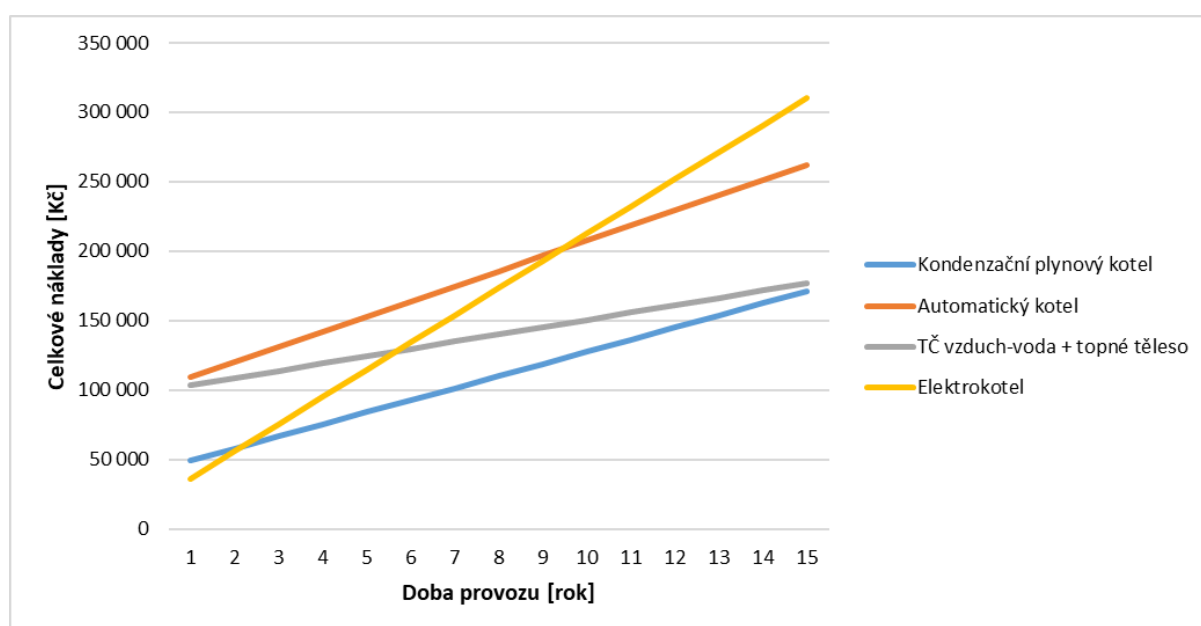
$$C_R = C_J * \frac{E_{vyt}}{\eta} = 3,874 * \frac{5000}{0,99} = \mathbf{19\ 566\ Kč}$$

### 3 Vyhodnocení navržených zdrojů

Výběr zdroje pro rodinný dům jsme museli vzhledem ke složitosti omezit pouze na oblast vytápění. Příprava teplé vody by zkomplikovala nejen výpočty, ale také přehlednost jednotlivých systémů. Z toho důvodu není tato problematika součástí bakalářské práce.

Tabulka 13 Porovnání nákladů zdrojů tepla na vytápění

Zdroj tepla	Cena zdroje [Kč]	Cena akumulční nádrže [Kč]	Roční náklady za energii [Kč]	Celková investice za 15 let provozu [Kč]
Kondenzační plynový kotel	27 987	12 454	8 710	171 086
Automatický kotel	87 305	10 783	10 945	262 270
TČ vzduch-voda + topn těleso	89 225	8 800	5 256	176 871
Elektrokotel	16 809	-	19 566	310 294



Obrázek 20 Graf celkových nákladů za 15 let provozu

Z dostupného grafu, viz obrázek 20, vidíme celkové finanční náklady za pořízení a provoz jednotlivých systémů během 15 let. Do celkových nákladů nebyly uvažovány náklady na instalaci jednotlivých zdrojů, servis a pravidelné revize. Finanční náklady navíc nejsou to jediné, podle čeho zdroje posuzujeme, a proto je vhodné se při celkovém hodnocení zaměřovat i na další faktory, jako jsou komfort užívání a ekologie.

Elektrokotel nabízí velmi komfortní zdroj na vytápění, který vyžaduje minimum starostí se samotnou instalací. I přes svou nízkou pořizovací cenu elektrokotle se z dlouhodobého hlediska jeví jako nejméně vhodná alternativa.

Automatický kotel na pelety řadíme díky obnovitelnému palivu mezi ekologické zdroje vytápění. Chod samotného kotle není plně automatický a vyžaduje pravidelné doplňování pelet do zásobníku a čištění kotle, což snižuje celkový komfort užívání. Automatický kotel je kvůli svému vyššímu výkonu instalován společně s akumulční nádrží o objemu 265 l. Navíc je nutné

mít více místa nejen pro samotný kotel, a i pro skladování paliva. Ke kotli je zapotřebí výstavba vyhovujícího odvodu spalin, který nám zvyšuje počáteční náklady. Z ekonomického hlediska se jedná o nevyhovující variantu vytápění vzhledem k vysokým pořizovacím a provozním nákladům, které se vyšplhají během 15 let na 262 270 Kč.

Kondenzační plynový kotel nabízí komfortní užívání v podobě jednoduchého ovládání, a navíc nám odpadá starost o manipulaci a skladování paliva. Ke kondenzačnímu kotli navíc uvažujeme i akumulární nádrž o objemu 68 l. U kondenzačního kotle je třeba vybudovat plynovou přípojku, vhodný odtah spalin a odvod kondenzátu. Po počáteční investici spojenou se všemi potřebnými vlastnostmi, které kondenzační kotel potřebuje se můžeme těšit z nízkých provozních nákladů za energie. Z hlediska ekologie jde o spalování fosilního paliva, což může být do budoucna problém, skrze přechod na obnovitelné zdroje energie a omezování zdrojů na fosilní paliva. Celkově za 15 let provozu zaplatíme za pořízení kotle a akumulární nádrže a provoz 171 086 Kč a jedná se tak o nejlevnější variantu.

Tepelné čerpadlo vzduch-voda se kvůli své vyšší počáteční investici může jevit jako méně vhodná alternativa. Díky využívání energie z vnějšího prostředí a tím nižší potřebě elektřiny se přibližuje k téměř stejným nákladům během 15 let provozu jako je tomu u kondenzačního plynového kotle. Tepelné čerpadlo uvažujeme s akumulární nádrží o objemu 200 l a jako bivalentní zdroj jsme zvolili elektrické topné těleso. Vyšší pořizovací cena je vykompenzována nejnižšími provozními náklady (z výše uvažovaných zdrojů) a to konkrétně 5 256 Kč za rok. Tepelné čerpadlo nám navíc zajistí vysoký komfort užívání bez nutnosti budování odtahu spalin.

Musíme brát v potaz i to, že velký vliv na provoz má samotná cena paliva, která se v průběhu let může měnit a bude mít výrazný vliv na provozní náklady.

Mezi nejvhodnější alternativu vytápění bychom mohli zařadit tepelné čerpadlo a kondenzační plynový kotel. Ekonomicky se během 15 let celkové náklady na pořízení a provoz jednotlivých systémů téměř shodují. Oba zdroje jsou navíc schopné ohřívat teplou vodu. Tepelné čerpadlo však může při letních obdobích i chladit, což může být velkou výhodou.

---

## **ZÁVĚR**

Cílem této bakalářské práce bylo porovnání jednotlivých zdrojů vytápění v moderních rodinných domech. V první části jsme se zaměřili na porozumění jednotlivých zdrojů, které jsou pro rodinné domy vhodnou variantou. Pro jednotlivé zdroje byly uvedeny jejich přednosti, samotné fungování a také jejich nevýhody. Blíže jsme se podívali i na akumulaci tepla a kombinace jednotlivých zdrojů.

Pro porovnání jednotlivých variant jsme si vybrali modelový dům, u kterého jsme vypočítali potřebnou energii na vytápění, která nám vyšla 3,2 kW. Z důvodu zachování přehlednosti a jednoduchosti výpočtu jsme vynechali ohřev teplé užitkové vody. Z výpočtu potřebné energie na vytápění jsme navrhovali zdroje o výkonu 4 kW. Zde bylo náročné najít zdroje o tak nízkém výkonu hlavně z toho důvodu, že jsme uvažovali pouze potřebu energie na vytápění.

Celkově jsme porovnávali čtyři zdroje, které se pro daný objekt jeví jako nejvhodnější alternativa. K navrženým variantám jako byl kondenzační plynový kotel, automatický kotel na pelety a tepelné čerpadlo vzduch-voda jsme uvažovali akumulární nádrž. Jako čtvrtý zdroj jsme uvažovali elektrokotel, který jsme již uvažovali bez akumulární nádrže kvůli přesnému potřebnému výkonu na vytápění. Mezi důležité faktory, podle kterých jsme hodnotili jednotlivé zdroje vytápění patřili pořizovací cena, provozní náklady za 15 let, komfort užívání a ekologie zdroje.

Pro každý zdroj byla uvedena pořizovací cena, výkon a účinnost. Pro výpočet ročních nákladů jednotlivých zdrojů byly určeny konkrétní výhřevnosti paliv a jejich aktuální ceny. V konečném ekonomickém porovnání jednotlivých zdrojů je započtena pořizovací cena zdroje, akumulární nádrže a celkové náklady za energie po dobu 15 let. Do výpočtu nebyli uvažovány náklady spojené s instalací, revizemi a servisy především pro přehlednost mezi jednotlivými zdroji.

Elektrokotel se z počátku jevil jako vhodná varianta pro vytápění, především díky jeho nízké pořizovací ceně, vysokému komfortu užívání a jeho vysoké účinnosti. Z dlouhodobého hlediska vyšel naopak jako nejdražší možná varianta vytápění. Za dobu 15 let bychom zaplatili za pořízení a provoz celkem 310 294 Kč.

Automatický kotel na pelety se jevil z ekologického pohledu jako vhodná alternativa vzhledem k jeho obnovitelnému zdroji, což jsou dřevěné pelety. Z pohledu užívání se však jedná o častější údržbu spojenou s čištěním kotle a přikládáním pelet do zásobníku. Kotle se běžně vyrábí s vyššími výkony, a proto jsme uvažovali kotel osazený akumulární nádrží. Tato varianta se stává ekonomicky náročnou kvůli vysokým nákladům na pořízení a vyšším ročním nákladům za palivo. Celkové náklady za provoz a pořízení zdroje vyjdou za 15 let na 262 270 Kč.

Kondenzační plynový kotel se nízkými pořizovacími a provozními náklady jevil jako vhodný způsob pro vytápění. Kondenzační kotle se navíc nevyrábí s tak nízkými výkony, a proto jsme uvažovali i s akumulární nádrží. Z ekologického hlediska je kondenzační plynový kotel spalující fosilní palivo méně vhodná alternativa. Za dobu 15 let bychom zaplatili za pořízení kondenzačního kotle, akumulární nádrže a provoz celkem 171 086 Kč.

V poslední řadě jsme porovnávali tepelné čerpadlo vzduch-voda uvažované s akumulární nádrží a topnými tělesy jako bivalentní zdroj. Vysoká pořizovací cena tepelného čerpadla je vykompenzována nejnižšími ročními náklady za provoz (z uvažovaných zdrojů). Roční náklady za energie byly 5 256 Kč. Navíc odpadá starost s doplňováním jakéhokoliv paliva a odpadá i

nutnost dalších stavebních úprav jako je např. budování odtahu spalin. Z hlediska komfortu jde navíc o velmi jednoduché ovládání a snadnou regulaci. Tepelné čerpadlo je navíc v místě užívání bezemisním zdrojem. V letních měsících můžeme TČ využít i k chlazení objektu a k ohřevu teplé vody. Celkové náklady za provoz a pořízení tepelného čerpadla, bivalentního zdroje a akumulční nádrže vyjdou za 15 let na 176 871 Kč.

Doporučil bych zvolit jako zdroj pro vytápění tepelné čerpadlo vzduch-voda. Zdroj vyžaduje vyšší počáteční investici, ale z hlediska provozních nákladů je po 15 letech rozdíl necelých 6 000 Kč oproti kondenzačnímu plynovému kotli, který vyšel jako nejlevnější varianta. Z důvodu omezování zdrojů vytápění na fosilní paliva se tepelné čerpadlo jeví jako ekologicky vhodná alternativa vytápění i do budoucna. Mezi další důvod výběru tepelného čerpadla patří možnost vytápět, chladit a ohřívat teplou vodu.



## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] ZPRÁVA o návrhu směrnice Evropského parlamentu a Rady o energetické náročnosti budov (přepřracované znění). Online. Evropský parlament. 2023. Dostupné z: [https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/A-9-2023-0033\\_CS.html](https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/A-9-2023-0033_CS.html). [cit. 2024-03-16].
- [2] Elektrické vytápění. Online. TZB-info. C2001-2024. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/elektricke-vytapani>. [cit. 2024-01-20].
- [3] HORÁK - CZ, s.r.o. Co je to elektrokotel, jak funguje, výhody a nevýhody. Online. Horák - CZ, s.r.o. 2023. Dostupné z: <https://www.akoupelnayatopeni.cz/clanky/co-je-to-elektrokotel-jak-funguje-vyhody-a-nevyhody>. [cit. 2024-01-20].
- [4] PROFI-UNION, spol. s r.o. Mora-Top Electra 08 Komfort Elektrokotel Termostat PT01 ZDARMA!. Online. PROFI-UNION, spol. s r.o. 2024. Dostupné z: <https://www.topenilevne.cz/mora-top-electra-08-komfort-p8511/>. [cit. 2024-04-13].
- [5] Topné panely - Infračervené topné panely - Infrapanely. Online. TZB-info. 2023. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/131331-topne-panely-infracervene-topne-panely-infrapanely>. [cit. 2024-01-20].
- [6] SÁLAVÉ INFRA PANELY. Online. Primotopy.eu. C2024. Dostupné z: <https://www.primotopy.eu/infracervene-topne-panely-a69/>. [cit. 2024-02-18].
- [7] ELEKTRICKÉ PŘÍMOTOPY. ECOSUN 1050 CR Basalt black, keramický topný infrapanel 1050 W. Online. Primotopy.eu. C2024. Dostupné z: <https://www.primotopy.eu/keramicky-infrapanel-ecosun-1000-cr-basalt-black-1000w-p598/>. [cit. 2024-04-16].
- [8] ZEHNDER GROUP CZECH REPUBLIC S.R.O. Stropní systémy pro sálavé vytápění a chlazení až se 40% úsporou nákladů (I). Online. TZB-info. 2016. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/12734-stropni-systemy-pro-salave-vytapani-a-chlazen-i>. [cit. 2024-04-18].
- [9] Vysokoteplotní jednotka THERMA V. Online. LG Česká republika. C2009-2024. Dostupné z: <https://www.lg.com/cz/business/split-vysokoteplotni>. [cit. 2024-01-17].
- [10] POSPÍŠIL, Jiří. Tepelná čerpadla I. Online. VUT v Brně FSI. [2023]. Dostupné z: [https://moodle.vut.cz/pluginfile.php/575530/mod\\_resource/content/0/2023\\_P01%20LJE%20Teplna%20cerpadla%20I.pdf](https://moodle.vut.cz/pluginfile.php/575530/mod_resource/content/0/2023_P01%20LJE%20Teplna%20cerpadla%20I.pdf). [cit. 2024-03-17].
- [11] SEDLÁŘ, Jan. Hodnocení SCOP tepelných čerpadel pro vytápění. Online. TZB-info. 2015. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-čerpadla/13507-hodnoceni-scop-tepelných-čerpadel-pro-vytapani>. [cit. 2024-03-16].
- [12] REMKO. Účinnost tepelného čerpadla. Online. REMKO. C2024. Dostupné z: <http://www.remko.cz/ucinnost-tepelneho-čerpadla>. [cit. 2024-04-13].

- 
- [13] CTCENERGY. *Databook*. Online. CTCenergy. [2024]. Dostupné z: [https://www.ctcenergy.cz/wp-content/uploads/2023/08/Data\\_list\\_Power\\_100.pdf](https://www.ctcenergy.cz/wp-content/uploads/2023/08/Data_list_Power_100.pdf). [cit. 2024-04-13].
- [14] *Tepelná čerpadla*. Online. Madt.cz. C2014-2024. Dostupné z: <https://www.madt.cz/zateplovani-budov/doplnkove-sluzby-zateplovani/tepelna-cerpadla/>. [cit. 2024-03-16].
- [15] *Obecný princip fungování*. Online. Tepelná čerpadla země - voda. C2024. Dostupné z: <https://www.geotermalnienergie.cz/jak-funguji-tepelna-cerpadla/>. [cit. 2024-02-17].
- [16] VIALLANT. *Tepelné čerpadlo aroTHERM plus vzduch/voda*. Online. Nenalezený vydavatel. 2024. Dostupné z: <http://www.myvaillantpro.cz/pro-partnery/produkty-projektovani/produkty/tepelne-cerpadlo-arotherm-plus-vzduch-voda-42176.html>. [cit. 2024-05-14].
- [17] SCHLIEGER. *Je lepší monoblokové nebo splitové tepelné čerpadlo*. Online. Schlieger. [2024]. Dostupné z: <https://schlieger.cz/blog/monoblokove-nebo-splitove-tepelne-cerpadlo/>. [cit. 2024-04-13].
- [18] *Schlieger*. Online. 2022. Dostupné z: <https://web.schlieger.cz/radce/jak-funguje-tepelne-cerpadlo-vzduch-voda/>. [cit. 2024-01-17].
- [19] MATUŠA, doc. Ing Jiří. *Základy tepelných čerpadel*. Online. Nenalezený vydavatel. 2015. Dostupné z: [https://users.fs.cvut.cz/tomas.matuska/wordpress/wp-content/uploads/2015/02/AZE-P5-tepelna\\_cerpadla\\_zaklady.pdf](https://users.fs.cvut.cz/tomas.matuska/wordpress/wp-content/uploads/2015/02/AZE-P5-tepelna_cerpadla_zaklady.pdf). [cit. 2024-04-13].
- [20] BRILON. *Jak často odmrazuje tepelné čerpadlo*. Online. Brilon a.s. 2024. Dostupné z: <https://www.brilon.cz/nejcastejsi-dotazy/jak-casto-odmrazuje-tepelne-cerpadlo/>. [cit. 2024-04-13].
- [21] *LG Therma V Split 5,5kW HN091MR HU051MR*. Online. Intechna.cz. C2019-2024. Dostupné z: <https://www.intechna.cz/lg-therma-v-hn091mr-hu051mr>. [cit. 2024-03-17].
- [22] SLOUP, Radek. *BLOG*. Online. Tepelka Viessmann. 2023. Dostupné z: <https://www.tepelka.cz/blog/tepelne-cerpadlo-vzduch-vzduch/>. [cit. 2024-01-20].
- [23] KLIMA RAPID ESHOP. *Klimatizace Tepelné čerpadlo Midea pro 3 místnosti (3x 2,50 kW)*. Online. Obchod.klimarapid.cz. C2024. Dostupné z: <https://obchod.klimarapid.cz/klimatizace-tepelne-cerpadlo-midea-pro-3-mistnosti--3x-2-50-kw/>. [cit. 2024-03-17].
- [24] *Co je to tepelné čerpadlo voda – voda?* Online. <https://www.protherm.cz/>. C2022. Dostupné z: <http://www.protherm.cz/pro-nase-zakazniky/technicka-podpora/slovnicek-pojmu/tepelne-cerpadlo-voda-voda-2117186.html>. [cit. 2024-01-20].
- [25] *Katalog tepelných čerpadel voda-voda*. Online. Alpha-innotec.cz. Dostupné z: <https://www.alpha-innotec.cz/tepelna-cerpadla/tepelna-cerpadla-voda-voda/>. [cit. 2024-02-17].

- [26] ÚSPORNÉ VYTÁPĚNÍ S. R. O. *Tepelné čerpadlo voda-voda AquaMaster a AquaMaster Inverter*. Online. Úsporné vytápění s. r. o. - Úsporné vytápění pomocí nových typů tepelných čerpadel. C2020. Dostupné z: <https://www.uspornevytapani.cz/produkt/tepelne-čerpadlo-voda-voda-aquamaster/>. [cit. 2024-04-09].
- [27] SEOMAX.CZ. *Tepelná čerpadla voda-voda*. Online. Voda. 2023. Dostupné z: [https://www.tepelna-čerpadla-gorenje.cz/vypis\\_menu/12-voda-voda-aquagor.html](https://www.tepelna-čerpadla-gorenje.cz/vypis_menu/12-voda-voda-aquagor.html). [cit. 2024-01-20].
- [28] TEPELNÁ ČERPADLA IVT. *Země/voda - plocha*. Online. Tepelná čerpadla IVT. 2023. Dostupné z: <https://www.cerpadla-ivt.cz/cz/tepelna-čerpadla-zeme-voda-plocha>. [cit. 2024-01-20].
- [29] *MasterTherm*. Online. Mastertherm.cz. [2024]. Dostupné z: [https://mastertherm.cz/wp-content/uploads/2024/03/Master-Therm-cenik-R290-202403.pdf?\\_gl=1\\*1i6jlu3\\*\\_up\\*MQ..&gclid=Cj0KCCQjw5cOwBhCiARIsAJ5njuYGVHGKNvNg2n8vxKhljbSmywTxSAlsShxgWAbYz7orzo32WUbjCXEaAkStEALw\\_wcB](https://mastertherm.cz/wp-content/uploads/2024/03/Master-Therm-cenik-R290-202403.pdf?_gl=1*1i6jlu3*_up*MQ..&gclid=Cj0KCCQjw5cOwBhCiARIsAJ5njuYGVHGKNvNg2n8vxKhljbSmywTxSAlsShxgWAbYz7orzo32WUbjCXEaAkStEALw_wcB). [cit. 2024-04-07].
- [30] *Jak funguje tepelné čerpadlo země-voda. Komu se vyplatí?* Online. Woltair.cz. 2023. Dostupné z: <https://www.woltair.cz/blog/tepelna-čerpadla/zeme-voda>. [cit. 2024-01-20].
- [31] VIESSMANN. *Plynový kondenzační kotel: Funkce, princip, typy a další info*. Online. Viessmann CZ. C2024. Dostupné z: <https://www.viessmann.cz/cs/rady-a-tipy/typy-a-navody/jak-funguje-kondenzacni-kotel.html>. [cit. 2024-04-14].
- [32] VIESSMANN. *Plynový kondenzační kotel: Funkce, princip, typy a další info*. Online. Viessmann CZ. C2024. Dostupné z: <https://www.viessmann.cz/cs/rady-a-tipy/typy-a-navody/jak-funguje-kondenzacni-kotel.html>. [cit. 2024-04-13].
- [33] BRNĚNSKÉ VODÁRNÝ A KANALIZACE, A.S. *Kanalizační řád*. Online. Brněnské vodárny a kanalizace, a.s. 2010. Dostupné z: [https://www.bvk.cz/fileadmin/user\\_upload/dokumenty/kanalizacni-rad/Kanalizacni\\_rad\\_pro\\_mesto\\_Brno\\_mesto\\_Kurim\\_mesto\\_Modrice\\_obce\\_Ceska\\_a\\_Zelesice\\_-\\_po\\_zmene\\_a\\_doplneni\\_V\\_dodatkem.pdf](https://www.bvk.cz/fileadmin/user_upload/dokumenty/kanalizacni-rad/Kanalizacni_rad_pro_mesto_Brno_mesto_Kurim_mesto_Modrice_obce_Ceska_a_Zelesice_-_po_zmene_a_doplneni_V_dodatkem.pdf). [cit. 2024-04-13].
- [34] ING. JAKUB VRÁNA, PH.D. *Odvádění kondenzátu od kondenzačních kotlů z pohledu zdravotní techniky*. Online. TZB-info. 2015. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/kanalizace-splaskova/12974-odvadeni-kondenzatu-od-kondenzacnich-kotlu-z-pohledu-zdravotni-techniky>. [cit. 2024-04-13].
- [35] PROFI-UNION SPOL. S R.O. *Protherm Gepard Condens 12 MKO -A Kotel kondezační*. Online. PROFI-UNION, spol. s r.o. C2007-2024. Dostupné z: <https://www.topenilevne.cz/protherm-gepard-condens-12-mko-a-p42921/>. [cit. 2024-04-13].

- [36] MEP ACADEMY INSTRUCTOR. *Jak funguje kondenzační kotel*. Online. MEP Academy. 2022. Dostupné z: <https://mepacademy.com/how-a-condensing-boiler-works/>. [cit. 2024-01-20].
- [37] BENEŠ. *Druhy vytápění - Jaké zvolit vytápění domu?* Online. EP ENERGY TRADING. 2023. Dostupné z: <https://www.epet.cz/druhy-vytapeni-jake-zvolit-vytapeni-domu-/>. [cit. 2024-01-20].
- [38] POHŮDKA, Petr. *Emisní třídy kotlů: Jaké kotle na tuhá paliva nesmíte od září používat?* Online. Zboží.cz. 2022. Dostupné z: <https://www.zbozi.cz/magazin/c/emisni-tridy-kotlu-pruvodce/>. [cit. 2024-04-14].
- [39] KRBY-KAMNA TURÝNA S.R.O. *Možnosti dnešních krbů a kamen*. Online. TZB-info. 2016. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/kotle-kamna-krby/14484-moznosti-dnesnich-krbu-a-kamen>. [cit. 2024-01-20].
- [40] UNI HOBBY, A.S. *Krbová kamna*. Online. TZB-info. 2017. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/kotle-kamna-krby/15229-krbova-kamna>. [cit. 2024-02-10].
- [41] *Kamna krbová Nordby, černý plech, obklad mastek hladký greystone, 6,3kW*. Online. UNI HOBBY. Dostupné z: <https://www.unihobby.cz/kamna-krbova-nordby-cerna-greystone>. [cit. 2024-02-10].
- [42] AKOUPELNYATOPENI.CZ. *Zplynovací kotel - vše co jste potřebovali vědět*. Online. Horák - CZ, s.r.o. C2021. Dostupné z: <https://www.akoupelnyatopeni.cz/zplynovaci-kotel-vse-co-jste-potrebovali-vedet-px376029>. [cit. 2024-05-08].
- [43] CENTRUM VYTÁPĚNÍ. *Atmos DC 22 S - Zplynovací kotel na dřevo DŘEVOPLYN*. Online. Centrumvytapani.cz. C2024. Dostupné z: <https://www.centrumvytapani.cz/atmos-dc-22-s-zplynovaci-kotel-na-drevo-drevoplyn/>. [cit. 2024-04-16].
- [44] *Automatické kotle na pelety*. Online. ATMOS. C2024. Dostupné z: <https://www.atmos.eu/produkt/automaticke-kotle-na-pelety/>. [cit. 2024-03-03].
- [45] *Atmos D 20 P - Automatický kotel na pelety - KOTLÍKOVÁ DOTACE*. Online. Centrumvytapani.cz. C2024. Dostupné z: <https://www.centrumvytapani.cz/atmos-d-20-p-automaticky-kotel-na-pelety-kotlikova-dotace/>. [cit. 2024-03-03].
- [46] VALČÍK, Jan. *Porovnání hořáků pro automatické kotle*. Online. TZB-info. 2014. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/kotle-kamna-krby/11812-porovnani-horaku-pro-automaticke-kotle>. [cit. 2024-05-08].
- [47] CENTRUM VYTÁPĚNÍ. *Benekov C 17 Exclusive - Automatický kombinovaný kotel na pelety a uhlí*. Online. Centrumvytapani.cz. C2024. Dostupné z: <https://www.centrumvytapani.cz/benekov-c-17-exclusive-automaticky-kombinovany-kotel-na-pelety-a-uhli-kotlikova-dotace/>. [cit. 2024-04-16].

- [48] Viessmann CZ. Online. C2024. Dostupné z: <https://www.viessmann.cz/cs/rady-a-tipy/technologie/solarni-termicky-system.html#savings>. [cit. 2024-03-03].
- [49] Ceny solárního ohřevu pro rodinné domy. Online. Solární ohřev vody | Kocián. C2023. Dostupné z: <https://solarni-ohrev-vody.cz/cenik-solarnich-systemu>. [cit. 2024-03-03].
- [50] MEP ACADEMY INSTRUCTOR. Solární ohřivače vody. Online. MEP Academy. 2023. Dostupné z: <https://mepacademy.com/solar-water-heaters/>. [cit. 2024-01-20].
- [51] KABRHEL, Michal. Akumulace tepla. Online. Nenalezený vydavatel. [2020]. Dostupné z: [https://tzb.fsv.cvut.cz/vyucujici/16/vpv/vpv\\_akumulace-2020\\_tisk.pdf](https://tzb.fsv.cvut.cz/vyucujici/16/vpv/vpv_akumulace-2020_tisk.pdf). [cit. 2024-04-16].
- [52] OPOP. Pro efektivnější vytápění nezapomeňte na akumulční nádobu. Online. OPOP s.r.o. 2023. Dostupné z: <https://www.opop.cz/pro-efektivnejsi-vytapeni-nezapomente-na-akumulacni-nadobu>. [cit. 2024-04-16].
- [53] PROFI-UNION SPOL. S R.O. Akumulační nádrž V2 - 500l - včetně izolace. Online. PROFI-UNION, spol. s r.o. C2007-2024. Dostupné z: <https://www.topenilevne.cz/akumulacni-nadrz-v2-500l-vcetne-izolace-p102027/>. [cit. 2024-04-16].
- [54] AEROTOP. Hybridní tepelná čerpadla. Online. Chytře top s Aerotop!. 2024. Dostupné z: <https://www.aerotop.cz/hybridni-tepelne-cerpadla/>. [cit. 2024-04-24].
- [55] VIESSMANN. Hybridní vytápění. Online. Viessmann CZ. C2024. Dostupné z: <https://www.viessmann.cz/cs/rady-a-tipy/technologie/kombinovana-vyroba/hybridni-vytapeni.html>. [cit. 2024-04-24].
- [56] PROJEKTUJ TEPELNÁ ČERPADLA. Bivalentní zapojení tepelného čerpadla s dotopovým kotlem. Online. PROTC. C2019-2024. Dostupné z: <https://www.projektuj-tepelna-cerpadla.cz/cz/bivalentni-zapojeni-tepelneho-cerpadla-s-dotopovym-kotlem>. [cit. 2024-04-24].
- [57] KULICH, Petr. Energie 2023. Online. K-CAD, spol. s r.o. [2023]. Dostupné z: <https://kcad.cz/cz/stavebni-fyzika/tepelna-technika/energie/>. [cit. 2024-04-25].
- [58] E.ON. Ceník Komplet plyn PRO s klesající cenou 4/24. Online. Nenalezený vydavatel. 2024. Dostupné z: [https://www.eon.cz/getmedia/3be97f38-e1bf-4ac8-b304-5ac944b248d3/Cenik-Komplet-plyn-PRO-s-klesajici-cenou-4\\_24-distribucni-uzemi-GasNet.pdf?last-modified=638489889058439249&ext=.pdf](https://www.eon.cz/getmedia/3be97f38-e1bf-4ac8-b304-5ac944b248d3/Cenik-Komplet-plyn-PRO-s-klesajici-cenou-4_24-distribucni-uzemi-GasNet.pdf?last-modified=638489889058439249&ext=.pdf). [cit. 2024-05-11].
- [59] NOVÁK, Jan. Výhřevnosti paliv. Online. TZB-info. C2001-2024. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/11-vyhrevnosti-paliv>. [cit. 2024-05-11].
- [60] Atmos D 10 PX - Automatický kotel na pelety - DOTACE Nová zelená úsporám, Kotlíkové dotace. Online. Centrumvytapeni.cz. 2024. Dostupné z: <https://www.centrumvytapeni.cz/atmos-d-10-px-automaticky-kotel-na-pelety/>. [cit. 2024-05-14].

- [61] Dražice NAD 250 v1 Akumulační nádrž s izolací. Online. PROFI-UNION, spol. s r.o. 2024. Dostupné z: <https://www.topenilevne.cz/drazice-nad-250-v1-p27540/>. [cit. 2024-05-14].
- [62] OPTIMTOP. Dřevěné pelety SUBLIMA ENplus A1, smrk, 825 kg. Online. Optimtop.cz. 2024. Dostupné z: <https://www.optimtop.cz/drevene-pelety-sublima-enplus-a1-sb-825-kg/>. [cit. 2024-05-11].
- [63] LG. LG Therma V HM051MR 5,5kW Monoblok S. Online. Intechna.cz. 2024. Dostupné z: <https://www.intechna.cz/lg-therma-v-hm051mr>. [cit. 2024-05-16].
- [64] E.ON. Ceník Komplet elektrina MAX PRO. Online. E.on.cz. 2024. Dostupné z: [https://www.eon.cz/getmedia/bab62c87-71e1-4278-b61f-4ad566577dce/Cenik-Komplet-elektrina-MAX-PRO-s-klesajici-cenou-4\\_24-distribucni-uzemi-EG-D.pdf?last-modified=638489653864211698&ext=.pdf](https://www.eon.cz/getmedia/bab62c87-71e1-4278-b61f-4ad566577dce/Cenik-Komplet-elektrina-MAX-PRO-s-klesajici-cenou-4_24-distribucni-uzemi-EG-D.pdf?last-modified=638489653864211698&ext=.pdf). [cit. 2024-05-11].
- [65] LG. LG Therma V HM051MR 5,5kW Monoblok S. Online. Intechna.cz. 2024. Dostupné z: <https://www.intechna.cz/lg-therma-v-hm051mr>. [cit. 2024-05-16].
- [66] BOSCH. Bosch Tronic Heat 3500 H 4 Elektrokotel - komplet. Online. PROFI-UNION, spol. s r.o. 2024. Dostupné z: <https://www.topenilevne.cz/bosch-tronic-heat-3500-h-4-kw-p44514/>. [cit. 2024-05-16].
- [67] TZB-info. Online. 2013. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/kotle-kamna-krby/9798-jak-vybirat-novy-kotel-na-pevna-paliva-1>. [cit. 2024-03-03].
- [68] Jak vybírat nový kotel na pevná paliva (1). Online. TZB-info. 2013. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/kotle-kamna-krby/9798-jak-vybirat-novy-kotel-na-pevna-paliva-1>. [cit. 2024-03-03].
- [69] PROFI-UNION SPOL. S R.O. Protherm Gepard Condens 12 MKO -A Kotel kondezační. Online. PROFI-UNION, spol. s r.o. C2007-2024. Dostupné z: <https://www.topenilevne.cz/protherm-gepard-condens-12-mko-a-p42921/>. [cit. 2024-05-08].
- [70] ATMOS. Kompaktní automatické kotle na pelety. Online. ATMOS.eu. C2024. Dostupné z: <https://www.atmos.eu/produkt/kompaktni-kotle-na-pelety/>. [cit. 2024-05-16].



## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Intenzita sálání stropních panelů [8].....	10
Obrázek 2 Vztah mezi COP a rozdílem teplot [10].....	11
Obrázek 3 Maximální výstup teplé vody při různých teplotách [13].....	12
Obrázek 4 Schéma tepelného čerpadla vzduch-voda [18] .....	14
Obrázek 5 Princip tepelného čerpadla voda – voda [27] .....	15
Obrázek 6 Jak funguje tepelné čerpadlo země-voda [30] .....	16
Obrázek 7 Jak funguje kondenzační kotel [36] .....	17
Obrázek 8 Schéma zplyňovacího kotle [67] .....	18
Obrázek 9 Kovový a litinový podavač [46] .....	19
Obrázek 10 Univerzální čtvercový hořák [46].....	20
Obrázek 11 Schéma automatického kotle [68].....	20
Obrázek 12 Schéma přímého solárního ohřevu vody [50].....	21
Obrázek 13 Možnost hybridního vytápění v různých ročních obdobích [55].....	22
Obrázek 14 Výkon tepelného čerpadla v závislosti na venkovní teplotě vzduchu [56] .....	23
Obrázek 15 Modelový dům.....	28
Obrázek 16 Kondenzační plynový kotel [69] .....	32
Obrázek 17 Automatický zplyňovací kotel [70] .....	33
Obrázek 18 Tepelné čerpadlo vzduch – voda [63] .....	34
Obrázek 19 Elektrokotel [66] .....	36
Obrázek 20 Graf celkových nákladů za 15 let provozu .....	37

## SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Výhody a nevýhody tepelného čerpadla.....	24
Tabulka 2 Výhody a nevýhody elektrokotle.....	24
Tabulka 3 Výhody a nevýhody kondenzačního plynového kotle.....	25
Tabulka 4 Výhody a nevýhody krbových kamen .....	25
Tabulka 5 Výhody a nevýhody zplyňovacího kotle .....	26
Tabulka 6 Výhody a nevýhody automatického kotle .....	26
Tabulka 7 Výhody a nevýhody fototerminických panelů.....	27
Tabulka 8 Přehled konstrukcí vnějších stěn modelového domu .....	29
Tabulka 9 Přehled konstrukcí střechy, konstrukcí k zemině a konstrukcí k sousední budově. 30	
Tabulka 10 Přehled výplní otvorů modelového domu .....	30
Tabulka 11 Parametry modelového domu .....	31
Tabulka 12 Přehled parametrů ztráty budovy a energie spotřebované k vytápění .....	31
Tabulka 13 Porovnání nákladů zdrojů tepla na vytápění .....	37