



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ENERGETICKÝ ÚSTAV

ENERGY INSTITUTE

MODERNÍ APLIKACE VYTÁPĚNÍ RODINNÉHO DOMU

MODERN APPLICATION FOR HOUSEHOLD HEATING

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Filip Šoupal

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Martin Lisý, Ph.D.

BRNO 2021

Zadaní bakalářské práce

Ústav:	Energetický ústav
Student:	Filip Šoupal
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Základy strojírenství
Vedoucí práce:	Ing. Martin Lisý, Ph.D.
Akademický rok:	2020/21

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:

Moderní aplikace vytápění rodinného domu

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Zvyšující se nároky na technologie, kterými se obklopujeme se promítají také do oblasti vytápění. Celospolečenská poptávka po zvyšujícím se komfortu uživatelů, snížení environmentálních dopadů vytápění a úspore nákladů výrazně proměnila dostupné a používané technologie ve vytápění.

Cíle bakalářské práce:

Proveďte rešerši základních způsobů vytápění RD.

Zpracujte základní porovnání jednotlivých způsobů vytápění.

Proveďte základní technicko–ekonomické porovnání vybraných metod na modelovém domě.

Seznam doporučené literatury:

BAŠTA, Jiří. Regulace vytápění. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002. ISBN 80-01-

02582-9. BROŽ, Karel. Vytápění. Vyd. 2. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002.

ISBN 80-01-02536-5.

DOUBRAVA, Jiří. Regulace ve vytápění. 2., upr. vyd. Praha: Společnost pro techniku prostředí, 2007. Sešit projektanta - pracovní podklady. ISBN 978-80-02-01951-0.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku
2020/21

V Brně, dne

L. S.

doc. Ing. Jiří Pospíšil, Ph.D.

ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.

děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce je zaměřená na řešení základních zdrojů, způsobů a možností vytápění moderních rodinných domů. Práce je členěná do tří částí, z nichž první je zaměřená na výhody a nevýhody jednotlivých zdrojů vytápění, při využití obnovitelných a neobnovitelných zdrojů energie. Další část podrobně popisuje a porovnává způsoby vytápění s ohledem na současné emisní normy. V závěru dochází prostřednictvím provedených výpočtů k technicko-ekonomickému srovnání varianty současného plynového kotle s variantami automatického kotle na uhlí a moderního tepelného čerpadla na modelovém domě. Pro větší přehlednost je práce doplněna o obrázky a tabulky.

Klíčová slova

Čerpadlo, energie, kotel, kotlíková dotace, rodinný dům, vytápění, zdroje energie

ABSTRACT

This bachelor thesis is focused on the research of basic sources, methods, and possibilities of heating modern family houses. The thesis is divided into three parts, the first one is focused on the advantages and disadvantages of individual heating sources in the use of renewable and non-renewable energy sources. The next section thoroughly describes and compares the methods of heating considering current emission standards. At the end, there is a technical and economic comparison of the variant of the current gas boiler with the variant of the automatic coal boiler and the modern heat pump. The comparison is interpreted on a model house through performed calculations. For better accuracy, the thesis is enhanced with pictures and tables.

Key words

Pump, energy, boiler, boiler subsidy, family house, heating, energy source

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Citace tištěné práce:

ŠOUPAL, Filip. *Moderní aplikace vytápění rodinného domu*. Brno, 2021. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/129699>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Energetický ústav. Vedoucí práce Martin Lisý.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Moderní aplikace vytápění rodinného domu** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, které jsem uvedl v seznamu.

V Brně 21.5.2021

Datum

Filip Šoupal

Jméno a příjmení

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto vedoucímu mé bakalářské práce, Ing. Martinu Lisému, Ph.D. za množství cenných a inspirativních rad, doporučení, podnětů, připomínek a zároveň za velkou trpělivost a ochotu při konzultacích poskytnutých při zpracování této závěrečné práce.

Obsah

Úvod.....	11
1 Historie a vývoj vytápění v ČR	12
2 Zdroje tepla.....	13
2.1 Obnovitelné zdroje energie	13
2.1.1 Energie slunce	13
2.1.2 Energie biomasy	14
2.2 Neobnovitelné zdroje energie.....	15
2.2.1 Pevná fosilní paliva.....	15
2.2.2 Topný olej	16
2.2.3 Zemní plyn	17
2.3 Elektrické vytápění	17
3 Kritéria výběru zdroje tepla.....	18
3.1 Dostupnost na trhu a skladování.....	18
3.2 Ceny tepelných zdrojů	18
3.3 Ekologická zátěž zdroje vytápění	19
3.4 Možnost přeměny zdroje tepla	19
3.5 Kompatibilita s legislativou.....	20
3.6 Komfort	20
4 Způsoby vytápění rodinného domu	21
4.1 Kotle na tuhá paliva	22
4.1.1 Kotel na kusové dřevo	24
4.1.2 Kotel na pelety.....	24
4.1.3 Krbová kamna	25
4.1.4 Kotel na uhlí.....	25
4.2 Kotle na plynná a kapalná paliva.....	26
4.2.1 Kotel na plyn	26
4.2.2 Kotel na topný olej.....	29
4.3 Využití elektřiny	29
4.3.1 Tepelná čerpadla.....	29

4.3.2	Elektrokotel	34
4.3.3	Fototermika	35
4.3.4	Fotovoltaika.....	37
4.4	Akumulace tepla	38
4.5	Porovnání jednotlivých způsobů vytápění	40
5	Porovnání jednotlivých druhů vytápění na modelovém domě.....	41
5.1	Modelový dům.....	41
5.2	Výpočet tepelných ztrát.....	41
5.3	Výpočet roční spotřeby tepla.....	44
5.4	Roční náklady na vytápění a ohřev teplé vody pomocí zemního plynu	45
5.5	Porovnání s vytápěním pomocí uhlí	46
5.6	Porovnání s tepelným čerpadlem.....	47
5.7	Vyhodnocení.....	48
Závěr		50
Zdroje:.....		51
Seznam použitých zkratk a symbolů.....		55

Úvod

Při současném trendu stavění moderních rodinných domů vyvstává otázka, jak a čím topit, která metoda je nejvhodnější pro určitý typ stavby, její dispozici a polohu. Už není zdaleka tak jednoduché si vybrat, jako před pár desítkami let. V dnešní době již existuje nepřehledné množství zdrojů tepla, ale i způsobů, jak vytápět rodinný dům a ohřívat užitkovou vodu. Současně se zpřísňujícími se emisními normami je nutná výměna většiny starších kotlů na tuhá paliva, kterými se topilo v minulých letech.

Tato bakalářská práce bude zaměřena na rešerši a porovnání základních způsobů vytápění rodinných domů od jejich vzniku až po období současných moderních technologií, kterými se tato práce bude převážně zabývat. Tedy od starších kotlů na uhlí až po moderní fototermiku a tepelná čerpadla. Záměrem práce je popsat způsoby, jak je možné rodinný dům vytápět a ohřívat užitkovou vodu v souladu s trvale udržitelným rozvojem. Cílem práce bude na zvoleném modelovém domě provést základní technicko–ekonomické porovnání vybraných metod vytápění. Úmyslem bude zvolit prostřednictvím provedených výpočtů nejvýhodnější metodu a ověřit tak zda se stávající způsob vytápění modelového domu shoduje s touto vybranou metodou.

1 Historie a vývoj vytápění v ČR

Prvním zdrojem tepla a taky způsobem vytápění bylo zakládání ohně před více než jedním milionem let, kdy lidé získávali oheň např. pomocí úderu blesku či horkem. První zmínky o založení ohně jsou z Afriky před 1,5 milionem let. Oheň s sebou přinesl pohodlnější a bezpečnější způsob života. Lidem poskytoval nejen teplo, ale také ochranu před divokou zvěří, světlo i v pozdějších denních hodinách a současně možnost tepelného zpracování jídla. [1]

Počátky opravdového vytápění byly ve Starověkém Římě, kde se začalo používat první tzv. podlahové topení. Fungovalo na principu kotelny, která se nacházela vedle domu, ve které se vzduch ohřál a následně byl vháněn do místnosti pod vyvýšenou dlážděnou podlahou, tento způsob vytápění dokázal místnost vyhřát až na 30°C. Po pádu Římské říše, koncem 5. století našeho letopočtu, byla tato metoda převzata Čínou a po celá staletí jsme se žádného pokroku nedočkali. A oheň byl ještě dlouhou dobu jediným způsobem vytápění.

Ve 14. století registrujeme vznik komínů, které přinesly zlepšení životních podmínek, jelikož odváděly kouř a spaliny tvořené ohněm mimo obytnou místnost. Komíny fungovaly na principu výměníku, který byl umístěn nad střechou. Současně zde byl vháněn čerstvý vzduch, který se ohříval a byl vháněn do místnosti.

K výraznému zlepšení a zvýšení pohodlí přispěl James Watt ve století páry, lidé začali používat vodu nebo právě zmíněnou vodní páru, která byla použita v prvních radiátorech a otopných soustavách.

Další výrazný pokrok přišel v meziválečném období, kdy se začalo využívat ústřední topení, které známe dodnes a vytápí většinu budov západní civilizace. Ústřední topení má výhodu, že v jedné části obydlí je zdroj tepla, typicky ve sklepě nebo kotelně, z které se dále rozvádí teplo pomocí teplé vody do ostatních částí domu k radiátorům a studená voda se vrací zpátky ke kotli, kde se opět ohřívá.

V dnešní době je z důvodu příznivé ceny populární topení tuhými palivy, avšak kvůli emisním normám jsou některé staré kotle zakázané a v úvahu tak přichází vytápění elektrinou nebo plynem. [2]

2 Zdroje tepla

Předtím než se zaměříme přímo na způsob vytápění rodinného domu je třeba si uvědomit, že na vytápění domu potřebujeme energii, kterou tento vybraný způsob vytápění budeme pohánět. V současnosti máme velkou nabídku, co se těchto zdrojů týče. Lze je rozdělit do několika skupin. Například podle způsobu získávání na obnovitelné a neobnovitelné zdroje energie, dále podle skupenství na tuhá, kapalná a plynná paliva.

2.1 Obnovitelné zdroje energie

Jedná se o uhlíkově neutrální zdroje energie, které se na planetě Zemi přirozeně obnovují a pro člověka je téměř nemožné tyto zdroje vyčerpat.

Moderní trend, zaměření se na obnovitelné zdroje energie, vychází převážně z pohledu ekologičnosti a plánů do budoucna, kdy se v souladu s trvale udržitelným rozvojem snažíme o zachování životního prostředí dalším generacím v co nejméně pozměněné podobě. Tyto zdroje budeme nuceni v blízké budoucnosti využívat čím dál častěji, jelikož v rámci Evropské unie došlo k dohodě, při které se musí cílová hodnota spotřebované energie z obnovitelných zdrojů navýšit z 27 % na 32 % do roku 2030. [3]

Mezi obnovitelné zdroje energie patří například energie vody, větru, slunečního záření, biomasy a bioplynu, energie prostředí využívaná tepelnými čerpadly, geotermální energie a energie kapalných biopaliv. [4]

2.1.1 Energie slunce

Sluneční záření, které dopadá na zemský povrch, je nezbytné k životu na naší planetě. Energie slunce se dá využít více způsoby. Mezi základní dva řadíme přeměnu slunečního záření na teplo (fototermika) nebo elektřinu (fotovoltaika).

Při přeměně na teplo je sluneční záření pohlcováno tmavými povrchy solárních kolektorů a vznikající teplo se dá použít například k vytápění budov, ohřátí užitkové vody, zahradního skleníku, slunečního vařiče nebo jiných dalších zařízení. Existuje také možnost soustředění paprsku na určitý bod, což má za následek zisk vysokých teplot. Tento jev nazýváme fototermikou.

Při přeměně na energii se sluneční záření mění na elektřinu přímo na fotovoltaických článcích, nepřímo se elektrická energie získává soustředěním paprsků do ohniska tepelných slunečních elektráren. Tento jev nazýváme fotovoltaiikou. [5]

2.1.2 Energie biomasy

Biomasa je hmota biologického původu, jako je rostlinná biomasa pěstovaná v půdě nebo ve vodě, živočišná biomasa, vedlejší organické produkty nebo organické odpady. Z biomasy se vyrábějí pevná, kapalná či plynná biopaliva, která se pak nadále spalují.

2.1.2.1 Pelety

Pelety jsou ekologicky ušlechtilé palivo, které se skládá především z dřevní biomasy. Většinou je tvořeno formou granulí válcového tvaru, které jsou lisovány za vysokých teplot. Jsou spalovány ve speciálních kotlích na pelety. [6]

Základní technické údaje:

- Výhřevnost: 17-18,5 MJ/kg
- Váha/objem: 850 kg/m³
- Vlhkost: max. 10 %
- Distribuce: v 15 nebo 25 kg v PE pytlích [7]

Výhody:

- Ohleduplnost k životnímu prostředí
- Komfort, bez obsluhy
- Snadné skladování



Obrázek 1 – Pelety [6]

2.1.2.2 Dřevěné brikety

Brikety jsou vyráběny z dřevní nebo rostlinné biomasy bez použití jakékoliv chemie nebo pojiv. Mají tvar plochých válců, které mají dutý střed. Stejně jako pelety jsou spalovány ve speciálních kotlích. [6]

Základní technické údaje:

- Výhřevnost: až 20 MJ/kg
- Složení: tvrdé dřevo (dub/buk) 100%
- Distribuce: 10 kg v PE pytlích [8]

Výhody:

- Ohleduplnost k životnímu prostředí
- Snadná obsluha, lehká manipulace
- Popel lze použít jako hnojivo



Obrázek 2 – Dřevěné brikety [6]

2.1.2.3 Kusové dřevo

Základní technické údaje:

- Výhřevnost: až 12-14 MJ/kg při vlhkosti 25 % [9]
- Složení: Směs buk, dub, javor, jasan, habr, bříza
- Distribuce: Na paletách po 1 m³ [10]

Výhody a nevýhody:

- Ohleduplnost k životnímu prostředí
- Nároky na skladovací prostory
- Nutnost ručního přikládání

2.2 Neobnovitelné zdroje energie

Jedná se o suroviny planety Země, u kterých se předpokládá, že je lidská populace spotřebuje během nadcházejících desítek až stovek let. Patří sem především fosilní paliva (uhlí, ropa, zemní plyn, rašelina, břidlice a další) [11]

Mezi nevýhody neobnovitelných zdrojů energie patří především jejich těžba, která je velice nešetrná k životnímu prostředí.

2.2.1 Pevná fosilní paliva

Mezi pevná fosilní paliva, která se používají na vytápění domácnosti patří především hnědé uhlí, které vznikalo ze stromovitých rostlin před několika miliony let. Spadlé či odumřelé stromy padaly do mokřadů a bažin, přičemž pořád padaly nové a nové vrstvy a dřevo se tím dostávalo pod povrch Země, kde za zvýšené teploty a tlaku měnilo svůj stav na uhlí. [11]

Základní technické údaje hnědé uhlí:

- Výhřevnost: 11,5-21,0 MJ/kg
- Obsah vody v původním stavu: 25-29 %
- Obsah popela: 9,7-40,0 % [12]

Základní technické údaje černé uhlí:

- Výhřevnost: 28-29 MJ/kg
- Obsah síry: 0,60 %
- Obsah popela: 9 % [12]

Základní technické údaje koksu:

- Výhřevnost: 27,1 MJ/kg
- Obsah síry: 0,7 %
- Obsah popela: 10,5 % [12]



Obrázek 3 – Hnědé uhlí [13]

Vlastnosti uhlí se mohou měnit v závislosti na lokalitě původu, způsobu úpravy a zpracování.

Výhody a nevýhody:

- Uhlí patří k nejlevnějším palivům pro vytápění
- Nevýhodou však je, že je nešetrné k životnímu prostředí a do budoucna ho čekají velká omezení [14]

2.2.2 Topný olej

Existují 3 typy topných olejů, avšak na vytápění domácností se používá především olej extralehký či lehký. Těžké oleje se používají především jako palivo při námořní dopravě.

Topné oleje se v domácnostech skladují v plastových dvouplášťových nádržích o velikosti 700-1500 litrů, na jejichž umístění nemá vliv vzdálenost od kotle. Tzn. mohou se nacházet jak v přímé blízkosti kotle, tak i v jiné místnosti. Výhodou těchto nádrží je, že se dají spojit do určitých sestav a tím vyhovět dostatečné kapacitě. [15]

Základní technické údaje topného oleje:

- Výhřevnost: 42,5 MJ/kg [16]

Výhody topného oleje:

- Topný olej je ekologický, čímž teď i do budoucna splňuje požadavky EU
- Při změně paliva se dají kotle převést na jiný druh vytápění (např. řepkový olej)
- Relativně stálá cena [16]



Obrázek 4 – Nádrž na topný olej [15]

2.2.3 Zemní plyn

Zemní plyn patří mezi nepostradatelný zdroj energie. Neslouží pouze k vytápění domů, ale také k vaření, či ohřevu vody. V České republice se ho ročně spotřebuje přes 8 miliard m³. [17]

Zemní plyn je získáván pomocí dvou způsobů. Prvním z nich je vrt do pórovitých ložisek na dně mořského dna, kde dostáváme tzv. naftový zemní plyn. Druhým způsobem je jeho odsávání při těžbě černého uhlí, kdy vzniká tzv. karbonský zemní plyn. [17]

Základní technické údaje:

- Výhřevnost: 34 MJ/m³
- Hustota: 0,69 kg/m³
- Mez výbušnosti: 5-15 % [17]

Výhody:

- Dobrá regulovatelnost zdroje
- Čistě automatický provoz
- Levnější než elektřina
- Tichost provozu [18]

2.3 Elektrické vytápění

Elektrické vytápění probíhá pomocí elektrokotlů, tepelných čerpadel, fototermiky a fotovoltaiky. Vytápění elektrokotlem se nejvíce vyplatí v dobře zateplených domech nebo také v rekreačních budovách, kde stačí topit jen párkrát do měsíce (např. chaty). Výkon vytápění by měl odpovídat tepelné ztrátě domu. Proto se tento způsob nevyplatí při nutnosti vytopit velké objekty nebo staré domy, které jsou špatně zateplené. [20]

Výhody elektrického vytápění:

- Možnost dálkového ovládání vytápění
- Snadné udržení konstantní teploty během celého dne
- Vhodná kombinace s dalšími zdroji vytápění (např. krbovými kamny) [19]

3 Kritéria výběru zdroje tepla

V dnešní době existuje mnoho variant, jakými můžeme vytápět rodinné domy, byty a jiné objekty. Vhodný způsob vytápění vybíráme podle několika kritérií. Obecně je můžeme rozdělit na 6 typů:

- Dostupnost paliva na trhu, způsob skladování
- Cena tepelného zdroje
- Ekologická zátěž daného zdroje
- Možnost v budoucnosti změnit zdroj, ale ponechat topnou soustavu
- Kompatibilita s legislativou
- Komfort

3.1 Dostupnost na trhu a skladování

Mezi běžné a zároveň stabilní zdroje energie patří především zemní plyn a elektřina, u kterých je ale nutné provést kontrolu, zda má dům plynovou přípojku, nebo jeli v místě bydliště dostatečná elektrická kapacita. Mezi další bychom mohli řadit i uhlí, avšak zde musíme brát zřetel na mnoho legislativních předpisů a požadavků.

Stále častěji se však využívají paliva na bázi dřevěné hmoty (biomasy), jedná se o ekobrikety, či pelety, v úvahu však připadá i využití štěpky nebo kusového dřeva. U briket a pelet může nastat komplikace z důvodu vysoké poptávky po tomto typu paliva. Zatím co štěpka je snadno dostupná, avšak musí být správně vysušená. Při nedostatečném vysušení klesá účinnost vytápění.

K uskladnění uhlí, štěpky, či dalších pevných paliv je potřeba počítat také s náklady na prostory, ve kterých se budou jednotlivé druhy těchto paliv skladovat.

Nelze opomenout zmínit také obnovitelné zdroje, např. sluneční, vodní nebo větrnou energii. Zde se ke slovu dostávají především tepelná čerpadla. Ale aby bylo možné využívat tento typ zdroje, je potřeba využít i nějakého jiného druhu energie. Nejčastěji elektrickou energii, případně nějaký druh plynu. [21]

3.2 Ceny tepelných zdrojů

V tabulce 1 uvádím průměrnou cenu za jednotlivé zdroje vytápění, tato hodnota je pouze informativní, jelikož každý způsob vytápění má jinou účinnost a je potřeba jiné množství paliva, aby byla dosažena stejná hodnota tepla. Celková roční cena vytápění bude popsána u jednotlivých spalovacích zařízení.

Levná cena zdrojů neznamena vždy i levný provoz, povětšinou při levném zdroji vznikají vysoké náklady na způsob vytápění.

Zdroj vytápění	Cena paliva	Jednotka
hnědé uhlí	3,6	kč/kg
černé uhlí	5,7	kč/kg
koks	8,8	kč/kg
dřevo	3,5	kč/kg
dřevěné brikety	4,8	kč/kg
dřevěné pelety	5,4	kč/kg
štěpky	2,5	kč/kg
rostlinné pelety	4,1	kč/kg
obilí	4,2	kč/kg
zemní plyn	1,16	kč/kWh
propan	25	kč/kg
lehký topný olej	21	kč/kg
elektrina akumulace	NT: 2.63963 VT: 3.49171	kč/kWh
elektrina přímotop	NT: 2.75525 VT: 2.97245	kč/kWh
tepelné čerpadlo	NT: 2.75525 VT: 2.97245	kč/kWh

Tab. 1 Cena jednotlivých zdrojů vytápění [22]

3.3 Ekologická zátěž zdroje vytápění

Při výběru určitého způsobu vytápění musíme zohlednit také dopad na životní prostředí, konkrétně pak množství neobnovitelných zdrojů a uvolněné emise CO₂.

Mezi nejvýhodnější zdroje energie patří elektrina, zemní plyn, ale především obnovitelné zdroje energie. Použití biomasy je spíše doplňkovým zdrojem energie. Při spalování dřevní hmoty se uvolní takové množství CO₂, které strom za svůj život absorboval, čímž je uhlíkově neutrální. Musíme však brát v potaz i výrobu a přepravu dřevní hmoty, pokud je například vynaložena energie z uhlí nebo ropy, narůstá již množství skleníkových plynů CO₂. Mezi zdroje budoucnosti se tak řadí především obnovitelné zdroje jako je sluneční, větrná a eventuálně i vodní, či geotermální energie. Jsou to v současné době rychle se rozvíjející způsoby a jejich cena také současně klesá. [21][23]

3.4 Možnost přeměny zdroje tepla

Při pořízení určitého způsobu vytápění je počítáno s konkrétními technickými parametry (tepelný výkon zdroje tepla, teplotní spád topného média, tepelný výkon radiátoru atd.). Při změně tepelného zdroje musíme vyhodnotit topnou soustavu opět jako celek a případně provést různé úpravy. [21]

3.5 Kompatibilita s legislativou

V moderní době se začínáme více zajímat o znečišťování planety, na kterém mají velký podíl především staré teplovodní kotle na pevná paliva s ručním přikládáním. Proto byl již v roce 2012 přijat Zákon č. 201/2012 Sb. - o ochraně ovzduší a souvisejících předpisů (dále jen „zákon o ochraně ovzduší“), v jehož důsledku dochází k povinné výměně těchto nevyhovujících kotlů za nové, jichž splňujících současné emisní normy. [24]

3.6 Komfort

Jedním ze zásadních požadavků dnešní doby je nesporně uživatelský komfort. U moderních plynových, či elektrických kotlů lze například použít dálkové ovládání, kterým se buď nastaví pravidelný čas, kdy se začne topit, nebo se pomocí chytrého telefonu topení vzdáleně zapne a přijíždí se již do vyhřátého domu.

Mezi komfortní řešení spadá také způsob automatického přikládání paliva, které se vedle plynových, elektrických, automatických a dalších kotlů vykonává bez zapojení lidského faktoru a není nutno se tak denně špinit s uhlím, či jiným zdrojem, jelikož je využíván velkokapacitní zásobník.

4 Způsoby vytápění rodinného domu

V rámci této kapitoly jsou jednotlivě popsány současné způsoby a metody vytápění RD, jak tyto metody fungují a jaké jsou jejich vlastnosti, přednosti, výhody a nevýhody. Při výměně starého, emisně nevyhovujícího zařízení lze i čerpat případnou státní podporu formou dotace.

Kotlíková dotace

Kotlíková dotace je poskytována uživatelům pouze na zdroje tepla specifikované ve schváleném programovém dokumentu OPŽP 2014–2020, tj. na zdroje, které splňují požadavky směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/125/ES (Ekodesign). Výši kotlíkové dotace na jednotlivé zdroje tepla uvádím v Tab. 2 [25]

Pomocí kotlíkové dotace lze pořídit:

- Nový kotel / zdroj včetně nákladů na jeho instalaci
- Novou otopnou soustavu
- Rekonstrukci otopné soustavy včetně nezbytné regulace a měření, úpravy spalinových cest
- Projektovou dokumentaci

Způsob vytápění	Maximální výše dotace v [%]	Maximální částka dotace [Kč]
Tepelné čerpadlo	80	120 000
Automatický kotel na biomasu	80	120 000
Kotel na biomasu s ručním příkládáním	80	100 000
Plynový kondenzační kotel	75	95 000

Tab. 2 Výše kotlíkové dotace pro jednotlivé zdroje tepla [25]

Nová zelená úsporám

Jedná se o dotační bonus pro majitele rodinných domů, na který mají nárok, pokud zkombinují žádost o dotaci na zateplení, výměnu oken a dveří, či instalaci solárního systému s dotací na výměnu nevyhovujícího kotle na tuhá paliva za jiný ekologický a úsporný zdroj tepla. Dotace jsou vypláceny zpětně po výměně daného zdroje. Výši dotace uvádím v Tab. 3. V současné době lze čerpat i samostatnou dotaci zelená úsporám, kterou však nelze kombinovat s kotlíkovou dotací a je tak méně výhodná. [26]

Typ nového zdroje	Výše bonusu v kombinaci se zateplením RD [Kč]	Výše bonusu bez zateplení RD [Kč]
Tepelné čerpadlo	20 000	10 000
Kotel na biomasu s ručním přikládáním	20 000	10 000
Automatický kotel na biomasu	20 000	10 000
Plynový kondenzační kotel	20 000	10 000
Automatické kombinované kotle na uhlí a biomasu	20 000	10 000

Tab. 3 Výše dotace Nová zelená úsporám [26]

4.1 Kotle na tuhá paliva

Kotle na tuhá paliva můžeme dělit podle různých kritérií, např. použití paliv obnovitelných a neobnovitelných nebo podle způsobu technologie a konstrukce na prohořivací, odhořivací, automatické a zplyňovací kotle.

Kotle na tuhá paliva jsou děleny do emisních tříd (1-5), které jsou dány jejich účinnostmi a množstvím vypuštěných emisí. Tyto hodnoty jsou měřeny při 30 a 100 % výkonu a následně je kotli přiřazena emisní třída. Prodeje kotlů 1., 2. a 3. třídy jsou od 1.1.2018 zakázány a na trhu se objevuje pouze doprodej skladových kusů, nové však už vyráběny nejsou. Používání kotlů třídy 1 a 2 bude od 1.9.2022 zakázáno úplně. K jejich nahrazení mají přispět i tzv. kotlíkové dotace, které jsou významným faktorem při výměně za nové ekologičtější kotle. [27]

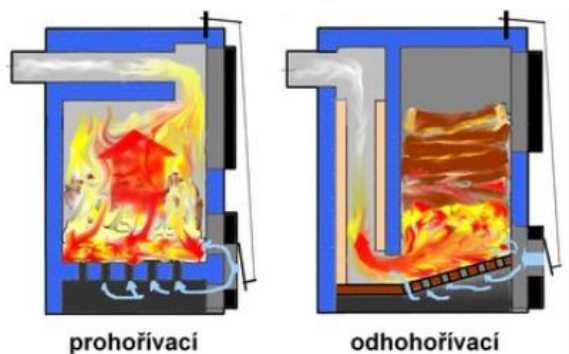
Spolu s tím Evropská komise představila zákon o ekodesignu, který stanovuje požadavky na sezonní účinnost a emise. A v současné době je tak možné, že se opět navrátí do prodeje kotle 3 emisní třídy, protože dokážou splnit hodnoty ekodesignu. Tato nařízení je nutné splnit, aby bylo možné požádat o kotlíkovou dotaci. Od 1.1.2020 musí tuto směrnici splňovat všechny nové modely kotlů uváděné na trh. [27]

Prohořivací kotel na tuhá paliva

Jedná se o technologii, při které je zapotřebí ručního přikládání paliva. Přívod vzduchu je přirozený a je skoro nemožné regulovat průběh spalování, který je dán pouze množstvím přiloženého paliva a silou tahu komína. Tradičními představiteli jsou litinové kotle původně navržené pro spalování koksu. Tyto kotle neumožňují spalování hnědého uhlí a při použití černého uhlí nebo kusového dřeva dosahují maximálně 2 emisní třídy. Tzn., že podle zákona o ochraně ovzduší byl jejich prodej od roku 2013 zakázán a jejich používání bude povoleno pouze do roku 2022. U některých zástupců těchto kotlů je však možné nainstalovat peletový hořák, díky kterému budou schopny dosáhnout 3 emisní třídy, a i po roce 2022 v nich bude možné spalovat pelety. [28]

Odhořivací kotel

Stejně jako u prohořivacího kotle je zde vyžadováno ruční přikládání. V kotli dochází k přirozenému přísunu vzduchu. Palivo postupně odhořívá ve spodní části násypky, tím pádem je možné uvažovat o potenciální regulaci pomocí přísunu paliva. Hořlavina uvolněná z paliva v násypce prochází zónou vysokých teplot ve spalovací komoře, díky čemuž je využití hořlaviny o něco vyšší než u prohořivacích kotlů. Některé odhořivací kotle dosáhly i emisní třídy 3 a bude je tedy možné používat i po roce 2022, je nutné však dobře zkontrolovat výrobní štítek, zda kotel této normy opravdu dosáhl. [28]



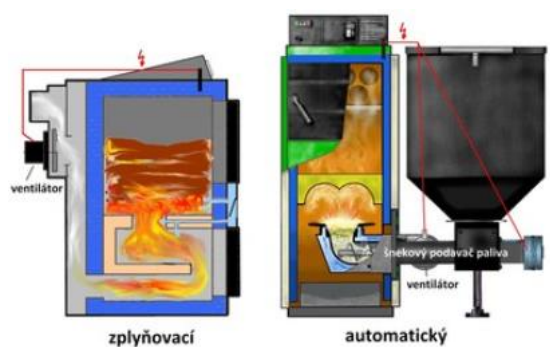
Obrázek 5 – Prohořivací a odhořivací kotel na tuhá paliva [28]

Zplyňovací kotel

Jedná se také o kotel s ručním přikládáním, ve kterém je vyšší efektivity spalování dosahováno pomocí řízeného přísunu spalovacího vzduchu ventilátorem, který eliminoval vliv komínového tahu na kvalitu spalování, které tím pádem lze regulovat a stejně tak i výkon kotle. Spalovací komora je tvořena žábrobetonovými tvarovkami, což napomáhá k vyhoření prchavé hořlaviny, která neuniká komínem jako u kotlů prohořivacích a odhořivacích. Běžně dosahují emisní třídy 3, díky čemuž se nemusíme bát o jejich provoz i po roce 2022. [28]

Automatický kotel na tuhá paliva

Jedná se o kotel se samočinným dávkováním paliva a ventilátorem, který řídí přísun spalovacího vzduchu. Díky samočinnému dávkování paliva je eliminován lidský faktor, tzn. regulátor kotle automaticky řídí přísun paliva dle zadaného programu bez nutnosti obslužného zásahu. Dosahujeme tak vyšší efektivity při spalování. Automatické kotle při spalování uhlí dosahují emisních tříd 3 a 4 a v případě spalování pelet i nejvyšší emisní třídy 5. [28][29]



Obrázek 6 – Zplyňovací a automatický kotel na tuhá paliva [28]

4.1.1 Kotel na kusové dřevo

Pro spalování kusového dřeva se typicky používá kotel zplyňovací. Současné moderní zplyňovací kotle splňují emisní normy i ekodesign a je tak možné využít kotlíkovou dotaci. [30]

Výhody:

- Možnost dotace
- Vysoká účinnost přes 90%
- Ekologické spalování (ekodesign)
- Automatické vypnutí kotle při dohoření paliva
- Možnost regulace teploty

Technické parametry:

- Výkon: 19-49 kW
- Max. délka dřeva: 330-530 mm
- Účinnost: 90,3-92%
- Teplota spalin: 127-183 °C
- Cena: 50-85 tisíc Kč



Obrázek 7 – Kotel na kusové dřevo [30]

4.1.2 Kotel na pelety

Kotlů na pelety je celá řada, mohou být zplyňovací, automatické, kombinované, kde se dá spalovat dřevo, uhlí a současně díky speciálnímu hořáku i pelety. Tyto kotle splňují emisní normy i ekodesign, díky čemuž lze požádat o kotlíkovou dotaci. [31]

Výhody:

- U automatických kotlů – komfort
- Vysoká účinnost přes 90%
- Jsou ekologické
- Nízká spotřeba paliva
- Automatické vypnutí kotle při dohoření paliva

Technické parametry:

- Výkon: 4-80 kW
- Objem spalovací komory: 88-180 dm³
- Účinnost: 90,3-92,4%
- Teplota spalin: 127-158 °C
- Cena: 35-95 tisíc Kč



Obrázek 8 – Kotel na pelety [31]

4.1.3 Krbová kamna

Mezi zdroje tepla se řadí také krbová kamna, která se hodí více pro nízkoenergetické a pasivní domy. Nejedná se o plnohodnotný zdroj tepla, ale spíše o doplňkový zdroj, například k elektrické kotli nebo teplenému čerpadlu.

Výhody:

- Designově zapadají do domácnosti
- Možnost využití jako záložní zdroj vytápění při výpadku elektrické energie

Technické parametry:

- Výkon: 5-22 kW
- Účinnost: 60-90%
- Průměr kouřovodu: 120-150 mm
- Délka dřeva: 20-50 cm
- Cena: 5-180 tisíc Kč [32]

4.1.4 Kotel na uhlí

Staré kotle na uhlí mají problém s emisními normami, ale to se netýká moderních zplyňovacích a automatických kotlů, které těmito nařízeními projdou a je možné s nimi topit. [33]

Výhody:

- Automatický provoz a vypnutí při dohoření paliva
- Vysoká účinnost přes 80%
- Možnost přidělení hořáku pro spalování pelet

Technické parametry:

- Výkon: 16-48 kW
- Účinnost: 85,4-90,4 %
- Teplota spalin: 141-230 °C
- Cena: 34-75 tisíc Kč



Obrázek 9 – Kotel na uhlí [33]

4.2 Kotle na plynná a kapalná paliva

4.2.1 Kotel na plyn

Kotle na plyn můžeme dělit podle konstrukce na závěsné a stacionární, ale také podle technologie na atmosférické a kondenzační. Také je můžeme dělit podle způsobu ohřívání teplé vody na kotle s průtokovým ohříváčem, zásobníkem uvnitř nebo mimo kotel. Typickým palivem je potom zemní plyn, ale existují i kotle na propan butan.

U plynových kotlů se klade i vysoký důraz na bezpečnost, protože při spalování zemního plynu vzniká oxid uhelnatý, který způsobuje otravu a může vést v nejhorším případě i k smrti. Právnícké a podnikající osoby mají povinnost provádět revizi kotle minimálně jednou za 3 roky, občané tuto povinnost nemají, avšak je doporučeno, aby byl kotel prohlédnut a vyčištěn každý rok na konci nebo na začátku topné sezony, čímž se prodlužuje i životnost těchto zařízení. [34]

Závěsné kotle

Jedné se o typ kotle, u kterého se klade důraz na prostor, je vhodný například do bytů nebo menších rodinných domů, kde není tolik místa, zároveň se pod něj dá postavit například bojler nebo zásobník teplé vody. Nevýhodou těchto kotlů jsou nutné stavební úpravy v případě, kdy dochází k výměně kotle za jiný. [34]

Stacionární kotel

Jedná se o zařízení, které zabírá více místa a je spíše umístěno v kotelně či sklepě. Výhodou tohoto kotle však je, že se pouze připojí ke všem systémům a bez jakékoliv stavební úpravy se může začít topit. [34]

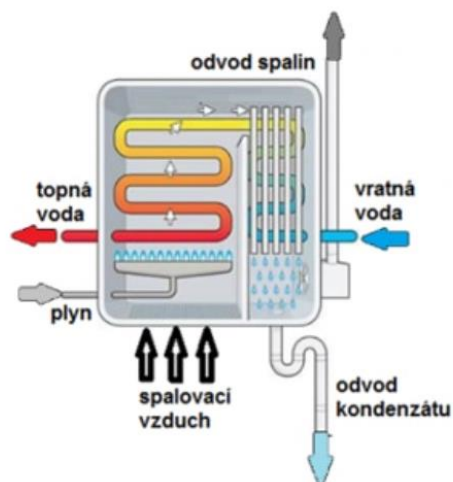
Atmosférický kotel

Jedná se o starší typ kotle, který se od roku 2015 již nesmí vyrábět, protože nesplňuje přísné emisní normy a na trhu se tedy setkáváme jen s doprodejem skladových zásob. Atmosférické kotle se vyráběly závěsné i stacionární s připojením na plynovod a spaliny byly vypouštěny kouřovody komínem pryč. Společně se zplodinami docházelo i k odvodu velkého množství vodní páry, která byla tím pádem bez užitku. [34]

Kondenzační kotel

Postupně nahrazuje kotle atmosférické, oproti kterým nevypouští vodní páru, naopak v kondenzátoru využívá zbytkové teplo k přehřátí topné vody, čímž se i zvyšuje účinnost a snižuje spotřeba plynu. Při koupi jde také zažádat o kotlíkovou dotaci, která počáteční investici snižuje. [34]

Při výměně z atmosférického kotle na kotel kondenzační je potřeba upravit i staré kouřovody, které jsou nahrazeny plastovými, kterými jsou pak odváděny spaliny a současně je nasáván spalínový vzduch, což je bezpečnější varianta než nasávání vzduchu z místnosti u kotlů atmosférických. [35]



Obrázek 10 – Schéma kondenzačního kotle [35]

4.2.1.1 Kotel s průtokovým ohřivačem

Výhody a nevýhody:

- Nevyčerpatelné zásoby teplé vody
- Úspora místa
- Delší doba, než přiteče teplá voda
- Nevyužití zbytkového tepla při ukončení odběru
- Vyšší spotřeba plynu [36]

Technické parametry:

- Výkon: 2,5-24,9 kW
- Účinnost: 96-107%
- Spotřeba plynu: 0,26-2,5 m³/h
- Cena: 39-45 tisíc Kč [37]



Obrázek 11 – Plynový kotel s průtokovým ohřivačem [37]

4.2.1.2 Kotel s externím zásobníkem

Výhody a nevýhody:

- Tepelný komfort, tzn. nestane se, aby během používání kolísala teplota vody
- Průběžné dohřívání, pokud teplota klesne pod nastavenou mez, nižší spotřeba plynu
- Vyšší počáteční investice
- Nároky na prostor, vybrat správnou velikost zásobníku předem [36]

Technické parametry:

- Výkon: 1,8-37 kW
- Účinnost: 97-107 %
- Spotřeba plynu: 0,33-3,5 m³/h
- Velikost zásobníku: 87 l
- Cena: 50-80 tisíc Kč [38]



Obrázek 12 – Plynový kotel s externím zásobníkem [38]

4.2.1.3 Kotel s vestavěným zásobníkem

Výhody a nevýhody:

- Kompromis mezi kotlem s průtokovým ohřivačem a externím zásobníkem
- Úspora místa oproti externímu zásobníku
- Dostatečná zásoba pro běžné používání [36]

Technické parametry:

- Výkon: 3,2-37 kW
- Účinnost: 97-107 %
- Spotřeba plynu: 0,31-3,5 m³/h
- Velikost zásobníku: 55 l
- Cena: 58-67 tisíc Kč [39]



Obrázek 13 – Plynový kotel s vestavěným zásobníkem [39]

4.2.2 Kotel na topný olej

Kotle na topný olej pracují na podobném principu jako kondenzační plynové kotle. Extra lehký topný olej je přiváděn ze zásobníku k hořáku do kotle, kde je spalován, voda je následně ohřívána pomocí uvolněných spalin. [40]

Komfort je srovnatelný s elektrokotlem, či plynovým kotlem, kdy je olej na začátku topné sezony přivezen cisternou a naplněn do zásobníku, z kterého si pak kotel automaticky čerpá potřebné množství oleje. [41]

Výhody a nevýhody:

- Plně automatický provoz a regulace
- Čistý provoz bez nutnosti nošení paliva
- Vhodný pro místa, kde není přívod zemního plynu
- Dobrá dostupnost paliva
- Vysoká účinnost
- Vyšší cena paliva, která je závislá na ceně ropy
- Cesta k zásobníku, aby mohlo být palivo doplněno cisternou
- Nároky na prostor, pro zásobník paliva [41][42]

Technické parametry:

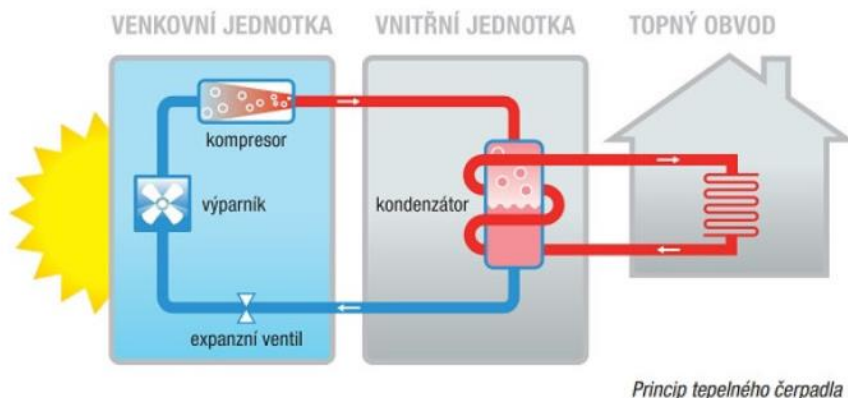
- Výkon: 24-43 kW
- Účinnost: 90-92 %
- Průtok oleje: 1,5-4,4 l/h [43]
- Cena kotle: 30-40 tisíc Kč [44]
- Velikost zásobníku: 700-7500 l
- Cena zásobníku: 25-190 tisíc Kč [45]

4.3 Využití elektřiny

4.3.1 Tepelná čerpadla

Tepelné čerpadlo funguje na principu odebírání tepla z prostředí a následně ho převede na vyšší teplotní hladinu, která se dá využít k vytápění rodinného domu nebo k ohřevu užitkové vody. Převod tepla na vyšší teplotní hladinu je možný díky stlačení par chladiva v kompresoru, při kterém dojde k jeho zahřátí. Tepelná čerpadla fungují i při nižších venkovních teplotách, avšak jejich efektivita prudce klesá. Tepelná čerpadla dělíme na tři typy: [46]

- Teplo ze vzduchu
- Teplo ze země
- Teplo z vody



Obrázek 14 – Princip tepelného čerpadla [47]

4.3.1.1 Tepelné čerpadlo ze vzduchu

Tepelná čerpadla, které odebírají teplo ze vzduchu dělíme na 3 typy: vzduch/voda, vzduch/vzduch a větrací vzduch/voda.

Vzduch/voda

Tepelné čerpadlo vzduch/voda odebírá energii přímo z venkovního vzduchu a získané teplo využívá pro ohřev vody v topném systému nebo zásobníku teplé vody.

Tepelná čerpadla vzduch/voda jsou nejlepší variantou pro rodinné domy, které nemají k dispozici pozemek pro tepelné čerpadlo s plošným kolektorem. [48]

Výhody:

- Jednoduchá a rychlá instalace, bez nároků na velikost pozemku
- Levnější oproti ostatním tepelným čerpadlům
- Lze využít i k chlazení domu v letním období
- Bezúdržbové a bezpracné

Nevýhody:

- Vyšší spotřeba elektřiny oproti jiným tepelným čerpadlům
- Vyšší hlučnost
- Nižší účinnost při nízkých venkovních teplotách
- Při venkovní instalaci snižují životnost čerpadla vlivy počasí a vyšší vlhkost [48][49]



Obrázek 15 – TČ vzduch/voda [48]

Vzduch/vzduch

Tepelné čerpadlo odebírá teplo z venkovního vzduchu a ohřívá vzduch uvnitř budovy. Je vhodné především do domácností, vytápěné pomocí elektřiny, kde je možnost doplnění k elektrokotli, přímotopným panelům nebo elektrickému podlahovému topení. Tepelné čerpadlo pokryje většinu topné sezony a pomocí elektřiny je doplňováno pouze pár mrazivých dnů v roce. [50]

Výhody:

- Nejnižší pořizovací cena
- Lze použít i k chlazení v letních měsících
- Možnost doplnění o funkce jako odvlhčování nebo ionizace vzduchu

Nevýhody:

- Nevhodné pro objekty, kde je více menších místností, které bychom chtěli vytápět
- Nelze využít k ohřevu užitkové vody
- Hlučnost při vyšším zatížení



Obrázek 16 – TČ vzduch/vzduch [50]

Větrací vzduch/voda

Tepelné čerpadlo je vybaveno výměníkem vzduch/voda, který odebírá teplo z odpadního vzduchu odváděného mimo budovu. Odebrané teplo se využije pro ohřev teplé vody nebo pro vytápění budovy, pokud je to potřebné. Čerstvý vzduch se do budovy přivádí štěrbinami v jednotlivých místnostech. Nadbytečné teplo z větracího vzduchu je uloženo do zemního kolektoru. [51]

Výhody:

- Jednodušší instalace řízeného větrání s menším množstvím potrubí.
- Možnost ukládání tepla v zemním kolektoru

Nevýhody:

- Nízký výkon, který je daný množstvím větracího vzduchu
- Vhodná pouze pro nízkoenergetické nebo pasivní domy



Obrázek 17 – TČ větrací vzduch/voda [51]

4.3.1.2 Tepelné čerpadlo ze země

Tepelná čerpadla, která odebírají teplo ze země dělíme na 2 typy: země/voda (plocha), země/voda (vrt)

Země/voda (plocha)

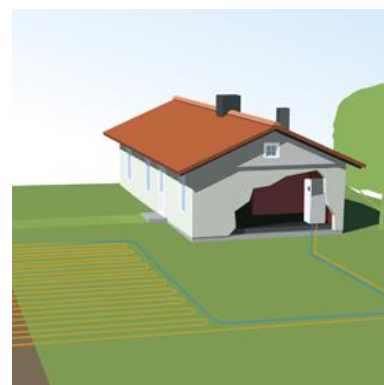
Tepelné čerpadlo odebírající teplo z plochy zahrady, kde jsou pod povrchem zahrady uloženy plastové hadice naplněné nemrznoucí směsí, která přenáší teplo mezi zemí a tepelným čerpadlem. Je tudíž vhodné pro domy s velkým pozemkem. Při výběru umístění plošného kolektoru musíme brát v potaz budoucí výstavbu (bazén, garáž, skleník, ...), ale i kvalitu zeminy. Komplikace mohou vzniknout v příliš kamenité nebo písčité půdě. [52]

Výhody:

- Nižší spotřeba elektřiny než u čerpadel ze vzduchu
- Dlouhá životnost čerpadla i kolektoru
- Bezhluché a bezúdržbové

Nevýhody:

- Nutnost většího pozemku alespoň 200-400 m², kde bude zakopán kolektor
- Potřeba kvalitní zeminy
- Rozplánování zahrady dopředu, aby plocha nad kolektorem byla volná



Obrázek 18 – TČ země/voda [52]

Země/voda (vrt)

Tepelné čerpadlo odebírající teplo z hloubky pod povrchem země. Ve vrtu je zapuštěna plastová sonda naplněná nemrznoucí směsí, která přenáší teplo mezi zemí a tepelným čerpadlem. Vrty se podle situace pohybují mezi 80 a 250 m hloubky. Zajímavostí je, že vrty se mohou nacházet i pod základovou deskou domu. Pro výběr místa vrtu je zásadní složení půdy, která by měla být spíše pevnější kamenitá než písčnatá, či štěrková, u takových se vrty provádí obtížně. [53]

Výhody:

- Stabilní výkon, možnost použití i při nižších teplotách
- Nižší spotřeba elektřiny než u vzduchových čerpadel
- Lze využít k chlazení domu
- Dlouhá životnost

Nevýhody:

- Vyšší cena na pořízení vrtu, nutnost stavebních povolení



Obrázek 19 – TČ země/voda [53]

4.3.1.3 Tepelné čerpadlo z vody

Tepelná čerpadla, které odebírají teplo z vody dělíme na 2 typy: voda/voda (studna), země/voda (vodní plocha)

Voda/voda (studna)

Tepelné čerpadlo odebírající teplo ze spodní nebo geotermální vody. Voda je ze studny čerpána do výměníku tepelného čerpadla a po ochlazení vrácena zpět do země. Získané teplo se dá využít k ohřevu užitkové vody nebo vytápění.

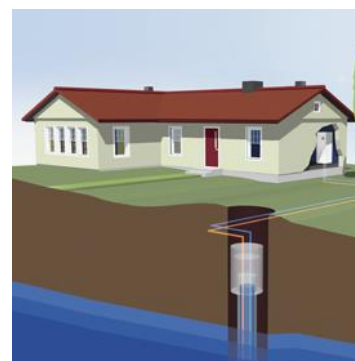
Tepelná čerpadla voda/voda mohou sloužit i pro využití odpadního tepla v průmyslu. V rodinných domech je vhodné používat tepelná čerpadla voda/voda pouze v těch lokalitách, kde se v dostatečném množství vyskytuje opravdu kvalitní a snadno dostupná spodní voda. [54]

Výhody:

- Nejvyšší topný faktor ze všech tepelných čerpadel
- Možnost využití odpadního tepla
- Nízké nároky na prostor

Nevýhody:

- Dostatek spodní vody
- Vyšší náklady na servis, kontroly a údržbu
- Nižší životnost komponentů (čerpadla, filtry)



Obrázek 20 – TČ voda/voda [54]

Země/voda (vodní plocha)

Tepelné čerpadlo odebírající teplo z vodní plochy. Na dně rybníka, řeky nebo jiné vodní plochy jsou uloženy plastové hadice naplněné nemrznoucí směsí, které přenášejí teplo mezi vodou a tepelným čerpadlem. Kolektory je možné pokládat, jak při napuštění vodní ploše z hladiny, tak i při vypuštění kdy se budují do dna. [55]

Výhody:

- Nižší počáteční i provozní náklady
- Dlouhá životnost
- Bezhluché a bezúdržbové

Nevýhody:

- Vhodné pouze pro objekty, které mají v blízkosti vodní hladinu
- Potřeba povolení od správce povodí



Obrázek 21 – TČ země/voda [55]

Každé tepelné čerpadlo má svá pro a proti, při výběru je důležité si uvědomit na co tepelné čerpadlo chceme využívat a poradit se s odborníky, které je pro naši konkrétní situaci nejvhodnější. Z toho také plyne, že přesné ceny za tepelná čerpadla nikde nejsou uvedeny, ale je zapotřebí zadat nezávazné poptávky, kdy firma čerpadlo nacení v závislosti na místních podmínkách, včetně práce. Orientační ceny tepelných čerpadel jsou uvedeny v Tab. 7

Typ tepelného čerpadla	Orientační cena
Vzduch/vzduch	25 000 až 40 000 Kč
Vzduch/voda	90 000 až 250 000 Kč
Voda/voda	200 000 až 350 000 Kč
Země/voda	200 000 až 350 000Kč

Tab. 4 Ceny tepelných čerpadel [56]

4.3.2 Elektrokotel

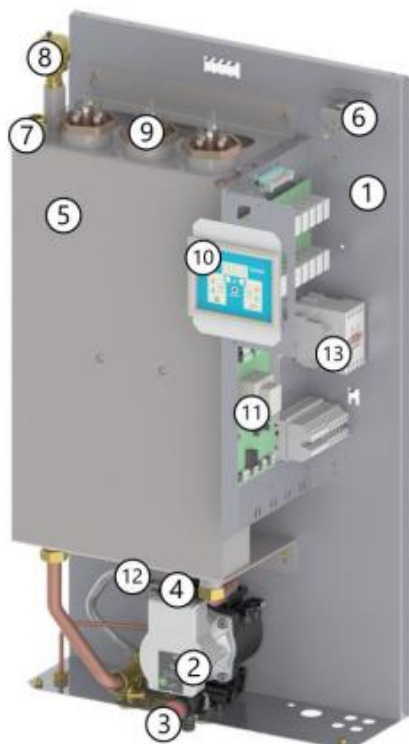
Elektrokotle v dnešní době nejsou příliš populární, z důvodu stoupající ceny za odběr elektřiny. I přes jejich levnou pořizovací cenu se nevyplatí topit pouze pomocí elektrokotle. Je vhodný především jako doplňkový zdroj, například ke krbovým kamnům, tepelnému čerpadlu, fototermice nebo jiným, aby pokryl několik chladných dní v roce, kvůli kterým by se ostatní zdroje musely dimenzovat na moc vysokou hodnotu, která by byla jinak po většinu roku nevyužitá.

Výhody a nevýhody:

- Levná pořizovací cena
- Snadná instalace, bezobslužnost
- Nízké nároky na prostor, není hlučný
- Není potřeba stavět komín
- Vysoká cena elektřiny [57]

Technické parametry:

- Výkon: 2,5-45 kW
- Účinnost: 99-99,5%
- Cena: 24-38 tisíc Kč [58]



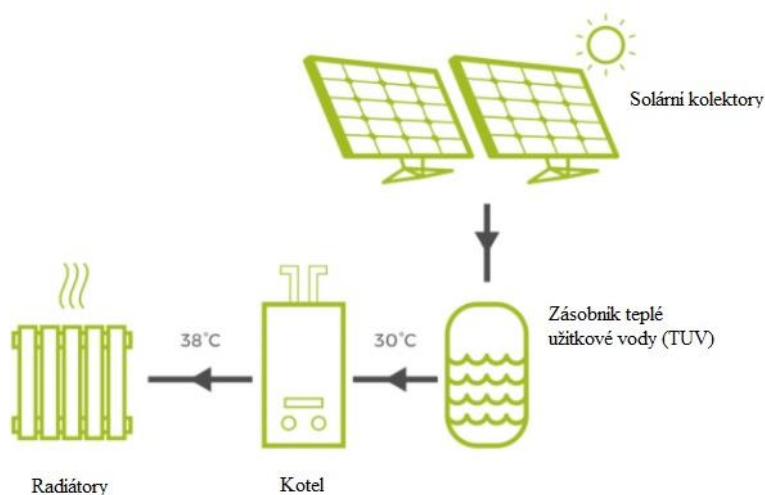
Verze se liší počtem topných tyčí.

- 1 - Rám kotle
- 2 - Oběhové čerpadlo
- 3 - Pojistný ventil
- 4 - Tlakový snímač
- 5 - Výměník kotle
- 6 - Havarijní termostat (čidlo je umístěno v jímce spolu s teplotním čidlem)
- 7 - Teplotní čidlo
- 8 - Odvzdušňovací ventil
- 9 - Topná tyč
- 10 - Ovládací panel
- 11 - Řídící elektronika kotle
- 12 - Expanzní nádoba 7 l
- 13 - Bezpečnostní stykač

Obrázek 22 – Elektrokotel [59]

4.3.3 Fototermika

Fototermika je vhodná především pro nízkoenergetické domy. Je využívána pro předehřev topné vody, ohřev užitkové vody, včetně ohřevu bazénů i jako přitápění. V období mimo topnou sezónu dokáže pokrýt prakticky celou spotřebu teplé užitkové vody. Fototermiku lze využít i v zimních měsících, avšak kvůli nižšímu sluneční svitu nepokryje kompletní vytápění domu a je tak potřeba, doplnit ji o nějaký elektrokotel, díky kterému se dům dostatečně vytopí. V letních měsících se naopak přebytečná energie může využít při vytápění bazénu. Úspory mohou být 60 až 70 % oproti ohřevu užitkové vody elektřinou či plynem. [60]



Obrázek 23 – Schéma fototermického systému [61]

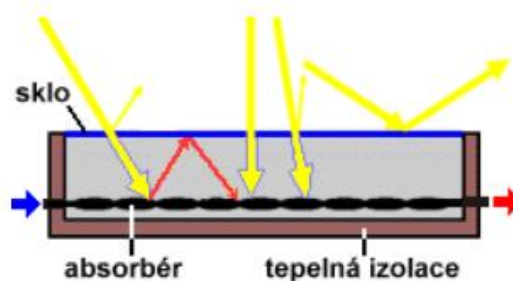
Solární kolektory

Jedná se o zařízení, které pohlcuje sluneční záření a přeměňuje jej na tepelnou energii, která je následně předávána teplovodní látce, jež kolektorem protéká. Teplovodní látka je spojením vody, nemrznoucí směsi vody a propylenglykolu. [62]

Solární kolektory se dělí podle konstrukce na ploché, trubkové a koncentrační. Primárně se používají kolektory ploché, další dva typy kolektorů jsou spíše ojedinělé.

V ČR je průměrné záření 620 W/m^2 , každou sekundu lze tedy získat 620 J energie. Čím větší kolektorovou plochu použijeme, tím více energie dostaneme. [63]

Nejčastějším typem je plochý kapalinový kolektor, který se skládá z absorberu, skříně, izolace a krycího skla.



Obrázek 24 – Schéma plochého kolektoru [63]

Výhody a nevýhody:

- Dlouhá životnost (více než 30 let)
- Ohleduplnost k životnímu prostředí
- Částečná energetická soběstačnost
- Vyšší účinnost oproti fotovoltaickým panelům
- Snadná obsluha
- Možnost dotace
- Vyšší pořizovací náklady, drahé akumulátory

Technické parametry:

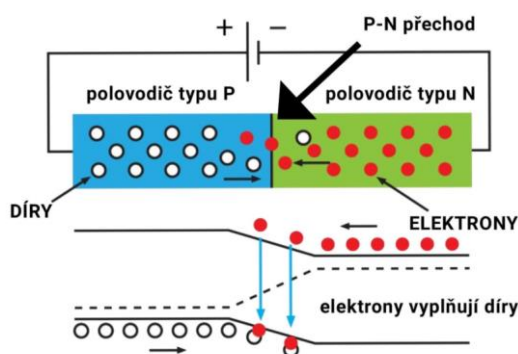
- Výkon kolektoru: 1491-2060 W
- Výkon sestavy: 4,2-12 kW
- Počet kolektorů: 2-6
- Plocha kolektoru: 1,9-2,66 m²
- Cena kolektoru: 11-15 tisíc Kč
- Vytápěná plocha: 40-150 m²
- Velikost akumulční nádrže: 300-1000 litrů
- Celková cena sestavy: 130-253 tisíc Kč [64][65]

4.3.4 Fotovoltaika

Za objevitele se považuje Edmond Becquerel, který roku 1839 přišel s fotovoltaickým jevem. Dochází zde k pohlcování fotonů a uvolňování elektronů v polovodiči pak vznikají volné elektrické náboje, elektron-díra, které jsou už jako elektrická energie odváděny ze solárního článku přes regulátor dobíjení do akumulátoru nebo ke spotřebiči. [66]

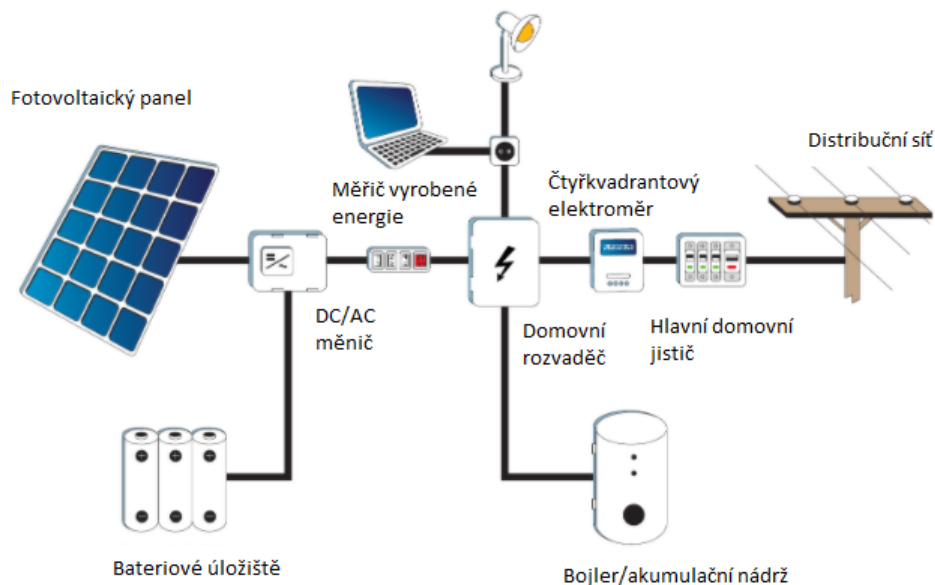
Fotovoltaika funguje pro nepřímé vytápění, tzn. pomocí fotovoltaiky získáváme elektrickou energii, kterou pak dále používáme k elektrickému vytápění.

Fungování fotovoltaického panelu je založeno na tom, že elektron v polovodičovém materiálu, je vyražen ze své dráhy fotonem slunečního záření. Dále máme polovodič, kterým je nejčastěji křemík, kde se difuzí vytvoří smíšený materiálů typu P a typu N. Jeden má přebytek elektronů a druhý přebytek kladných děr. Do tohoto spojení narážejí fotony, které v diodě vytvářejí nerovnovážený stav, což má za následek přesun elektronů k opačné elektrodě, kde se dostávají do prázdných děr, což má za následek vznik proudu. [67]



Obrázek 25– Princip fotovoltaického panelu [67]

Domácí fotovoltaické elektrárny jsou jedním ze zdrojů elektrické energie pomocí obnovitelných zdrojů energie. Tato elektrárna se skládá z fotovoltaických panelů, z kterých elektrický proud směřuje do měniče napětí dc/ac, který mění stejnosměrný proud na proud střídavý. Dále putuje do bateriových akumulátorů, kde se elektřina ukládá. [68]



Obrázek 26 – Schéma domácího rozvodu elektřiny s fotovoltaickou elektrárnou [68]

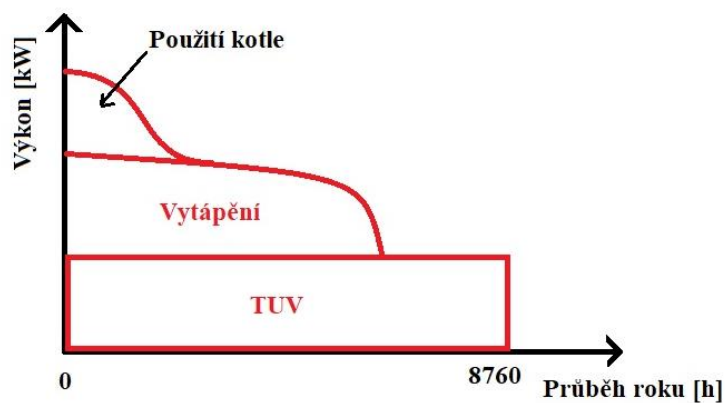
Výhody a nevýhody:

- Lze využít i k ohřevu vody
- Ohleduplnost k životnímu prostředí
- Částečná energetická soběstačnost
- Snadná obsluha
- Možnost dotace
- Vyšší pořizovací náklady, drahé akumulátory, závislost na slunečním záření [68]

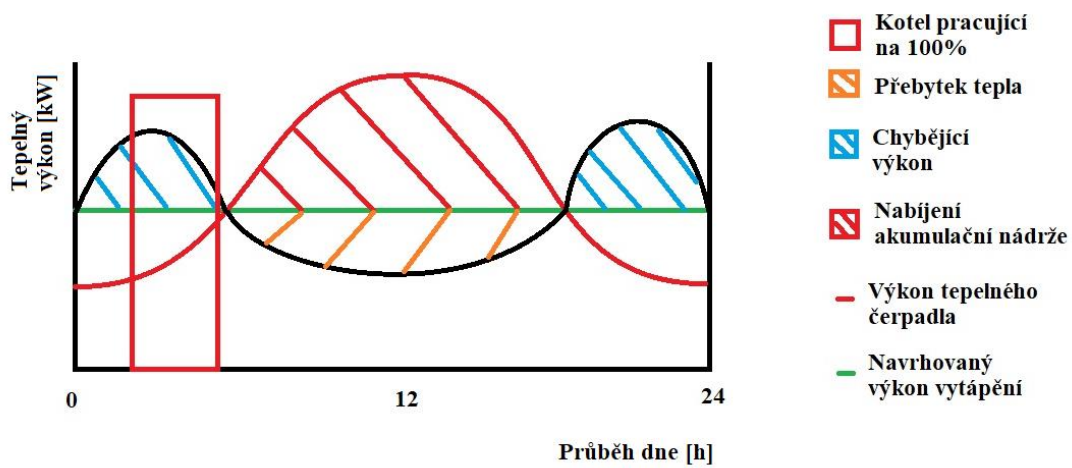
4.4 Akumulace tepla

Akumulaci tepla řešíme především kvůli dimenzování jednotlivých zdrojů tepla, aby nebylo nutné zvyšovat výkon zdrojů, pro pokrytí nejchladnějších dní v roce, viz Obrázek 27. Pro úschovu tepla využíváme akumulační nádrže, pomocí kterých se uschovává teplo od kotlů, solárních systémů, tepelných čerpadel a dalších zdrojů. Akumulační nádrže uschovávají teplo ze zmíněných zdrojů, a to je následně využito k vytápění. Akumulace tepla zajišťuje nejen ekologičtější provoz domácnosti, ale především se postará o úsporné, a přesto efektivní vytápění. Kapacita akumulačních nádrží se pohybuje mezi 200 a 2000 litry teplé vody.

Akumulace je důležitá především při použití obnovitelných zdrojů energie, kdy se přes den teplo ukládá a večer je následně využíváno k vytápění a ohřevu užitkové vody. Denní potřebu energie vidíme na Obrázek 28.



Obrázek 27 – Diagram roční potřeby tepla



Obrázek 28 – Diagram denní potřeby tepla

4.5 Porovnání jednotlivých způsobů vytápění

Způsob vytápění	Pořizovací cena [Kč]	Výkon [kW]	Účinnost [%]	Cena paliva [Kč]	Výhřevnost paliva [MJ]	Komfort (bezobslužnost)	Nutnost skladovacích prostor
Kotel na kusové dřevo	50-58 tisíc	19-49	90,3-92	3,5/kg	12-14/kg	NE	ANO
Kotel na pelety	35-95 tisíc	4-80	90,3-92,4	5,4/kg	17-18,5/kg	NE	ANO
Krbová kamna	5-180 tisíc	5-22	60-90	3,5/kg	12-14/kg	NE	ANO
Kotel na uhlí	34-75 tisíc	16-48	85,4-90,4	3,6/kg	17,6/kg	NE	ANO
Kondenzační kotel na plyn	39-80 tisíc	1,8-37	96-108	1274,77/MWh	34/m ³	ANO	NE
Kotel na topný olej	25-190 tisíc	24-43	90-92	21/kg	42,5/kg	ANO	ANO
TČ vzduch/vzduch	25-40 tisíc	8,5	TF 7	NT: 2,75525/kWh	X	ANO	NE
TČ vzduch/voda	90-250 tisíc	3-17	TF 4,84	NT: 2,75525/kWh	X	ANO	NE
TČ voda/voda	200-350 tisíc	2-40	TF 6	NT: 2,75525/kWh	X	ANO	NE
TČ země/voda	200-350 tisíc	20-400	TF 5-6	NT: 2,75525/kWh	X	ANO	NE
Elektrokotel	24-38 tisíc	2,5-45	99-99,5	NT: 2,75525/kWh	X	ANO	NE
Fototermika	130-253 tisíc	4,2-12	X	NT: 2,75525/kWh	X	ANO	NE

Tab. 5 Porovnání jednotlivých způsobů vytápění [69][70][71][72][73][74][75]

5 Porovnání jednotlivých druhů vytápění na modelovém domě

5.1 Modelový dům

Modelový dům se nachází v Jihomoravském kraji v obci Blansko, konkrétně městské části Těchov. Nadmořská výška je udávána 486 m. Jedná se o novostavbu z roku 2016.

Dům je vytápěn pomocí kondenzačního plynového kotle Vaillant VU 146/5-5 turbo ecoTEC plus, který má regulovaný topný výkon v rozmezí 3,3 až 14,9kW, dále je v domě krbová vložka, která je využívána pouze k rekreačnímu topení.

Modelovým domem je přízemní dřevostavba s půdorysem tvaru obdélníku 16×9,5 m. Dům je postaven v dispozici 4+kk a je trvale obýván 4 osobami.



Obrázek 29 – Modelový dům

5.2 Výpočet tepelných ztrát

Tepelné ztráty jsou počítány orientačně pomocí online kalkulačky programu Zelená úsporám. Do kalkulačky jsou postupně zadány parametry domu, pomocí kterých program vypočte tepelnou ztrátu budovy a podle výsledku jí přiřadí štítek o energetické náročnosti. [76]

Program je rozdělen do tří částí: lokalita/umístění objektu, které popisuje Tab. 6, charakteristika objektu, která je uvedena v Tab. 7 a typy ochlazovaných konstrukcí a tepelná ztráta, která přes ně uniká, viz Tab. 8. Při výpočtu jsou uvažovány i teplotní mosty, které jsou pro zjednodušení voleny jako standardní. Intenzita větrání je zvolena na hodnotu $0,4 \text{ h}^{-1}$, která je udávána pro novostavby.

Lokalita	Blansko
Venkovní návrhová teplota v zimním období θ_e	-15 °C
Délka otopného období d	229 dní
Průměrná venkovní teplota v otopném období θ_{em}	3,3 °C

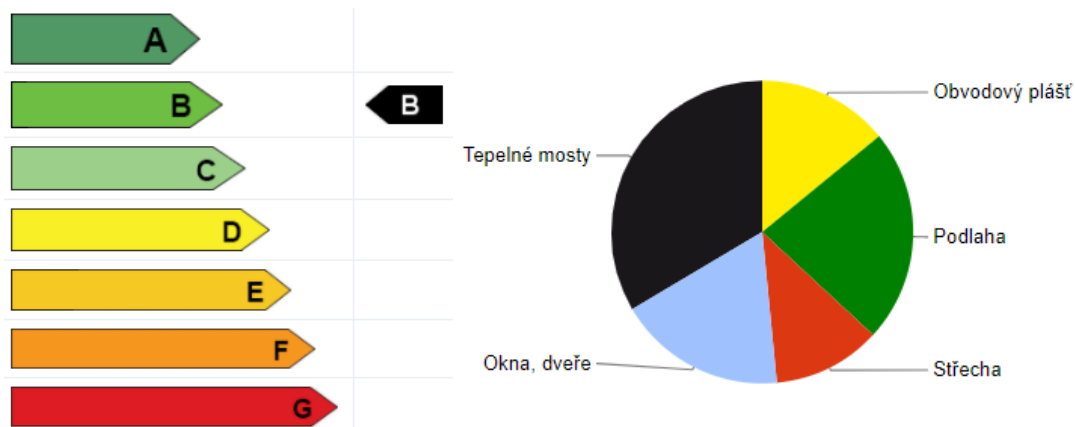
Tab. 6 Výpočtové hodnoty v závislosti na zeměpisné poloze

Převažující vnitřní teplota v otopném období θ_m	20 °C
Objem budovy V	321,8 m ³
Celková plocha A	349,2 m ²
Celková podlahová plocha A_c	134,1 m ²
Objemový faktor tvaru budovy A/V	1,09 m ⁻¹
Trvalý tepelný zisk H_+	380 W
Solární tepelné zisky H_{s+}	869 kWh/rok

Tab.7 Výpočtové hodnoty v závislosti na charakteristice objektu

Konstrukce	Součinitel přestupu tepla U_i [W/m ² K]	Plocha A_i [m ²]	Činitel teplotní redukce b_i [-]	Měrná ztráta prostupem tepla H_{Ti} [W/K]
Obvodová stěna	0,14	89,0	1,00	12,5
Stěna vnitřní	0,20	22,7	0,49	2,2
Podlaha	0,37	108,7	0,59	23,7
Strop	0,15	108,7	0,74	12,1
Dveře vchodové	1,20	2,4	1,00	2,9
Okno	0,90	17,7	1,00	15,9

Tab. 8 Výpočtové hodnoty pro ochlazované konstrukce objektu



Obrázek 30 – Štítek energetické náročnosti budovy [76]

Typ konstrukce (větrání)	Tepelná ztráta [W]
Obvodový plášť	514
Podlaha	831
Střecha	422
Okna, dveře	658
Jiné konstrukce	0
Tepelné mosty	1222
Větrání	1627
Celkem	5274

Tab. 9 Celková tepelná ztráta objektu [76]

Na základě vypočtených údajů z Tab. 9 je uvedena celková tepelná ztráta objektu 5274 W, v technické zprávě domu je uváděno 5500 W, tudíž bude tato hodnota brána jako správná a bude použita při následném výpočtu roční spotřeby tepla.

5.3 Výpočet roční spotřeby tepla

Na výpočet potřeby tepla na vytápění a ohřev teplé vody je využita online kalkulačka, která počítá celkovou roční potřebu energie na vytápění a ohřev vody v GJ/rok i MWh/rok dle lokality, venkovní výpočtové teploty, délky otopného období a dalších okrajových podmínek. [77]

Lokalita (Tabulka)

Město:

Venkovní výpočtová teplota $t_e = -15$ °C

$t_{em} = 12$ °C $t_{em} = 13$ °C $t_{em} = 15$ °C ???

Délka topného období $d = 229$ [dny]

Prům. teplota během otopného období $t_{es} = 3.3$ °C

Vytápění

Tepelná ztráta objektu $Q_c = 5.274$ kW

Průměrná vnitřní výpočtová teplota $t_{is} = 20$ °C ???

Vytápěcí denostupně
 $D = d \cdot (t_{is} - t_{es}) = 3824$ K.dny

Opravné součinitele a účinnosti systému

$e_i = 0.85$??? $\eta_o = 1.00$???

$e_t = 0.90$??? $\eta_r = 0.97$???

$e_d = 1.00$???

Opravný součinitel ε ???

$\varepsilon = e_i \cdot e_t \cdot e_d = 0.765$

$\varepsilon = 0.765$

$$Q_{VVT,r} = \frac{\varepsilon}{\eta_o \cdot \eta_r} \cdot \frac{24 \cdot Q_c \cdot D}{(t_{is} - t_e)} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3}$$

$Q_{VVT,r} = \left(\begin{array}{l} 39.3 \text{ GJ/rok} \\ 10.9 \text{ MWh/rok} \end{array} \right)$

Ohřev teplé vody

$t_1 = 10$ °C ??? $\rho = 1000$ kg/m³ ???

$t_2 = 55$ °C ??? $c = 4186$ J/kgK ???

$V_{2p} = 0.328$ m³/den ???

Koeficient energetických ztrát systému $z = 0.5$???

Denní potřeba tepla pro ohřev teplé vody

$$Q_{TUV,d} = (1+z) \cdot \frac{\rho \cdot c \cdot V_{2p} \cdot (t_2 - t_1)}{3600} = 25.7 \text{ kWh}$$

Teplota studené vody v létě $t_{svl} = 15$ °C

Teplota studené vody v zimě $t_{svz} = 5$ °C

Počet pracovních dní soustavy v roce $N = 365$ [dny]

$$Q_{TUV,r} = Q_{TUV,d} \cdot d + 0,8 \cdot Q_{TUV,d} \cdot \frac{t_2 - t_{svl}}{t_2 - t_{svz}} \cdot (N - d)$$

$Q_{TUV,r} = \left(\begin{array}{l} 29.3 \text{ GJ/rok} \\ 8.1 \text{ MWh/rok} \end{array} \right)$

Celková roční potřeba energie na vytápění a ohřev teplé vody

$Q_r = Q_{VVT,r} + Q_{TUV,r} = \left(\begin{array}{l} 68.6 \text{ GJ/rok} \\ 19 \text{ MWh/rok} \end{array} \right)$

Obrázek 31 – Roční spotřeba energie na vytápění a ohřev teplé vody [77]

Na základě výsledku viz. Obrázek 31 je roční spotřeba energie na vytápění 10,9 MWh/rok, přičemž v technické zprávě je udávána vypočtená hodnota 12,03 MWh/rok, výsledek je tak považován za správný a bude použit při dalších výpočtech.

5.4 Roční náklady na vytápění a ohřev teplé vody pomocí zemního plynu

V současnosti je v domě využíván kotel **Vaillant VU 146/5-5 ecoTEC plus**

Technické parametry kotle:

- Účinnost: 108%
- Výkon: 3,3 – 14,9 kW

Pořizovací cena kotle: 38 580 Kč

Cena zemního plynu: 1 274,77 Kč/MWh

Stálý měsíční plat: 290,88 Kč/měsíc [70]

Roční spotřeba plynu pro vytápění v závislosti na účinnost spalování:

$$\frac{\text{Roční spotřeba plynu}}{\text{účinnost}} = \frac{10,9 \text{ MWh}}{1,08} = 10,09 \text{ MWh zemního plynu}$$

Roční spotřeba plynu pro ohřev užitkové vody v závislosti na účinnost spalování:

$$\frac{\text{Roční spotřeba plynu}}{\text{účinnost}} = \frac{8,1 \text{ MWh}}{1,08} = 7,5 \text{ MWh zemního plynu}$$

Roční náklady na vytápění:

(cena zemního plynu * roční spotřeba v závislosti na účinnosti)

$$= 1 274,77 * 10,09 = 12 862,43 \text{ Kč}$$

Roční náklady na ohřev užitkové vody:

(cena zemního plynu * roční spotřeba v závislosti na účinnosti)

$$= 1 274,77 * 7,5 = 9 560,78 \text{ Kč}$$

Celkové roční náklady za plyn:

(roční náklady na vytápění + roční náklady na ohřev užitkové vod +

$$+(\text{počet měsíců} * \text{měsíční platba}) = (12 862,43 + 9 560,78) + (12 * 290,88) =$$

$$= 25 913,77 \text{ Kč}$$

Cena za 15 let používání:

$$x = \text{cena kotle} + 15 * \text{roční náklady} = 38 580 + 15 * 25 913,77 = 427 286,55 \text{ Kč}$$

5.5 Porovnání s vytápěním pomocí uhlí

Pro vytápění pomocí uhlí je předpokládáno využití stejného komínu a rozvodů, jako u současného plynového kotle, nebudou se tím pádem uvádět v nákladech.

Pro příklad byl vybrán automatický kotel na uhlí **BENEKOV B 20** [78]

Pro ohřev teplé vody byl zvolen bojler **Bojler Dražice OKCE 200 litrů OKCE200**, který je vhodný pro domy s čtyřčlennou domácností [79]

Technické parametry kotle:

- Účinnost: 94%
- Výkon: 19 kW
- Emisní třída: 4

Pořizovací cena kotle: 75 970 Kč

Cena hnědého uhlí: 3,6 Kč/kg

Technické parametry bojleru:

- Objem: 200 l
- Příkon: 2200 W
- Účinnost: 98%

Pořizovací cena bojleru: 9 400 Kč

Cena elektřiny:

- Nízký tarif: 2.75525 Kč/kWh
- Vysoký tarif: 2.97245 Kč/kWh

Roční spotřeba uhlí na vytápění při 100% účinnosti:

$$\frac{\text{Celková potřeba energie}}{\text{Výhřevnost hnědého uhlí}} = \frac{39\,300 \text{ MJ}}{17,6 \text{ MJ/kg}} = 2\,232,95 \text{ kg hnědého uhlí}$$

Roční spotřeba uhlí na vytápění v závislosti na účinnosti spalování:

$$\frac{\text{Roční spotřeba uhlí}}{\text{účinnost}} = \frac{2\,232,95 \text{ kg}}{0,94} = 2\,375,48 \text{ kg hnědého uhlí}$$

Roční náklady na vytápění:

(cena uhlí * roční spotřeba v závislosti na účinnosti)

$$= 3,6 * 2\,375,48 = 8\,551,73 \text{ Kč}$$

Roční spotřeba elektřiny na ohřev užitkové vody v závislosti na účinnosti:

$$\frac{\text{Roční spotřeba energie}}{\text{účinnost}} = \frac{8\,100 \text{ kWh}}{0,98} = 8\,265,31 \text{ kWh elektřiny}$$

Roční náklady na ohřev užitkové vody:

(cena elektřiny * roční spotřeba v závislosti na účinnosti)

$$= 2,75525 * 8\,265,31 = 22\,773 \text{ Kč}$$

Celkové roční náklady při použití uhlí a elektrického bojleru:

roční náklady na vytápění + roční náklady na ohřev užitkové vody =

$$= 8\,551,73 + 22\,773 = 31\,324,73 \text{ Kč}$$

Cena za 15 let používání:

x = cena kotle + cena bojleru + 15 * roční náklad =

$$= 75\,970 + 9\,400 + 15 * 31\,324,73 = 555\,240,95 \text{ Kč}$$

5.6 Porovnání s tepelným čerpadlem

Jako další metoda vytápění je vybráno tepelné čerpadlo. Pro výpočet byla použita průměrná cena tepelného čerpadla země/voda, protože dům se nachází na velkém rovinném pozemku a lze zde zabudovat podzemní kolektory. Pro tepelné čerpadlo byl použit jistič D57d 3x 25A

Technické parametry:

- Výkon: 5kW
- Plocha kolektoru: 150 m²
- Účinnost: Ze spotřebované 1kWh vyrobí 5,5kWh tepla [75]

Pořizovací cena: 280 000 Kč

Cena elektřiny:

- Nízký tarif: 2.75525 Kč/kWh
- Vysoký tarif: 2.97245 Kč/kWh

Poplatek za jistič: 573 Kč/měsíc [22]

Roční spotřeba elektřiny na vytápění:

$$\frac{\text{Celková potřeba energie}}{\text{Účinnost}} = \frac{10\,900 \text{ kWh}}{5,5} = 1\,981,82 \text{ kWh energie je potřeba dodat}$$

Budeme vytápět za cenu nízkého tarifu, který platí 20 hodin denně

Roční náklady na vytápění:

(cena elektřiny * roční spotřeba v závislosti na účinnosti)

$$= 2,75525 * 1\,981,82 = 5\,460,41 \text{ Kč}$$

Roční spotřeba elektřiny na ohřev užitkové vody:

$$\frac{\text{Celková potřeba energie}}{\text{Účinnost}} = \frac{8\,100 \text{ kWh}}{5,5} = 1\,472,73 \text{ kWh energie je potřeba dodat}$$

Roční náklady na ohřev užitkové vody:

(cena elektřiny * roční spotřeba v závislosti na účinnosti)

$$= 2,75525 * 1\,472,73 = 4\,057,74 \text{ Kč}$$

Celkové roční náklady při použití tepelného čerpadla:

$$\begin{aligned} &\text{roční náklady na vytápění} + \text{roční náklady na ohřev užitkové vody} + \\ &+ 12 * \text{měsíční poplatek za jistič} = 5\,460,41 + 4\,057,74 + 12 * 573 = \\ &= 16\,384,15 \text{ Kč} \end{aligned}$$

Cena za 15 let používání:

$$\begin{aligned} x &= \text{cena tepelného čerpadla} + 15 * \text{roční náklady} = \\ &= 280\,000 + 15 * 16\,384,15 = 525\,762,25 \text{ Kč} \end{aligned}$$

5.7 Vyhodnocení

Dobu 15 let uvažujeme jako období, po kterém přichází v úvahu výměna starého zdroje za nový. Do výpočtů nejsou zahrnuty servisní náklady. V Tab. 10 jsou uvedeny ceny jednotlivých zdrojů tepla za 15 let používání. Sazby za plyn, uhlí a elektřinu jsou považovány za konstantní a vychází z aktuálních ceníků.

Typ zdroje	Roční náklady na vytápění	Roční náklady na ohřev vody	Roční náklady celkem	Náklady za 15 let
Plynový kondenzační kotel	12 862,43 Kč	9 560,78 Kč	25 913,77 Kč	427 286,55 Kč
Automatický kotel na uhlí	8 551,73 Kč	22 773 Kč	31 324,73 Kč	555 240,95 Kč
TČ země/voda	5 460,41 Kč	4 057,74 Kč	16 384,15 Kč	525 762,25 Kč

Tab. 10 Porovnání cen zdrojů tepla

Na základě srovnání se jeví nejvýhodněji použití plynového kotle, avšak již při dlouhodobějším použití, např. 25 let by se investice do tepelného čerpadla vrátila. Současně nepočítáme s úsporou za elektřinu, které bychom dosáhli pomocí nízkých tarifů, určených pro tepelné čerpadlo. Návratnost by se tím zkrátila. Oproti tomu je vytápění pomocí uhlí sice levnější než pomocí plynového kotle, avšak musíme uvažovat i náklady na ohřev užitkové vody. Zatím co plynový kotel a tepelné čerpadlo umožňují současně vytápění i ohřev, tak kotel na uhlí musí být doplněn o elektrický bojler, který

celkové roční náklady podstatně navýší. Na základě uvedených výpočtů lze dovodit, že automatický kotel na uhlí je nevýhodný. Zbývající dva způsoby vytápění jsou do určité míry v nákladovosti srovnatelné a volba jedné nebo druhé varianty je tak již individuální volbou konkrétního majitele, dle jeho preferencí.

Závěr

Při zpracovávání mé bakalářské práce, s cílem provést rešerši základních způsobů vytápění, včetně jejich základního porovnání, jsem postupoval systematicky. Od popisu historického vývoje vytápění, přes podrobný popis zdrojů tepla, kritéria jejich výběru až po provedení základního technicko-ekonomického porovnání na modelovém domě. Zvolil jsem novostavbu, kterou je přízemní dřevostavba, nacházející se v Jihomoravském kraji v obci Blansko.

Zpracovaný přehled jednotlivých obnovitelných i neobnovitelných zdrojů a následně zvolená kritéria jejich výběru vedou v rámci práce k zamyšlení nad jejich vhodným využíváním tak, abychom do ovzduší zbytečně nevypouštěli vyšší hodnotu CO₂, než je nutné. Na rozdíl od pračlověka již máme na výběr. Z uvedených technických údajů vyplývá, že hlavním kritériem při výběru není cena za jednotku jako taková, ale důležitý je její poměr ku výhřevnosti daného zdroje.

Popisu současných možností jednotlivých způsobů vytápění jsem v práci věnoval dostatečný prostor a vytvořil jsem tak základní přehled s uvedením hlavních technických parametrů, potřebných pro stanovení nejvhodnějšího a nejvýhodnějšího způsobu vytápění dle konkrétní energetické náročnosti rodinného domu. Způsoby jsou přehledně srovnány, včetně uvedení výhod, nevýhod a možností čerpání dotací při jejich pořízení nebo výměně. Tento přehled je možné využít pro prvotní preferenci volby nového způsobu vytápění dle individuálních požadavků.

V poslední části této bakalářské práce se věnuji využití konkrétních způsobů vytápění na modelovém domě. Zvolena byla novostavba a nejedná se tak o nahrazení původního zdroje, ale o pořízení nové otopné soustavy, na kterou se nevztahují kotlíkové dotace a Zelená úsporám. Pro zvolený typ modelového domu byly na základě předchozí rešerše zvoleny pro porovnání tři možné varianty způsobu vytápění. Jelikož se jedná o přízemní dřevostavbu na velkém rovinatém pozemku zvolil jsem možnost tepelného čerpadla. Zároveň se jedná o stavbu ve vesnické zástavbě, kde je zvykovost vytápění pomocí uhlí běžná a pro druhou variantou tak byl zvolen automatický kotel na uhlí. Jelikož je tato část obce již plynofikovaná a jedná se o současný trend, byl poslední variantou plynový kondenzační kotel. Popis kritérií a výsledků je popsán ve vyhodnocení předešlé kapitoly, dům je v současnosti vytápěn pomocí kondenzačního plynového kotle, který i podle výsledků vychází jako nejlevnější varianta v horizontu 15 let.

Zdroje:

- [1] MIKEŠOVÁ, Veronika. [online]. 2013 [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: <https://www.archeologienadosah.cz/clanky/cas-lovcu-sberacu-shrnuti-informaci-z-jednotlivych- stanovist>
- [2] *Bydlíme stylově* [online]. 2017 [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: <https://bydlimestylove.cz/historie- budoucnost-vytapeni-od-ohne-k-teplnemu-cerpadlu/>
- [3] RADA EU. [online]. 27. června 2018 [cit. 2021-5-15]. Dostupné z: <https://www.consilium.europa.eu/cs/press/press-releases/2018/06/27/renewable-energy-council- confirms-deal-reached-with-the-european-parliament/>
- [4] *Skupina ČEZ* [online]. [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/o-cez/vyrobn- zdroje/obnovitelne-zdroje>
- [5] *Skupina ČEZ* [online]. [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/edee/content/microsites/solarni/k13.htm>
- [6] STUPAVSKÝ, Vladimír. [online]. 2020 [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: <https://oze.tzb- info.cz/peletky/8814-o-vytapeni-biomasou-od-a-az-do-z>
- [7] *Peletová kamna* [online]. [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: <http://www.peletova- kamna.cz/index.asp?menu=590>
- [8] Pelety pro vás [online]. [cit. 2021-5-18]. Dostupné z: https://www.peletyprovas.cz/drevene- brikety- ruf/?gclid=Cj0KCQiAnKeCBhDPARIsAFDTLTJeVw3vsz6N28P_p4C6Jk0cgzu14btjq5uBR3X AW-jWZIR-BGICGooaAiDcEALw_wcB
- [9] *Kotle Verner* [online]. [cit. 2021-5-18]. Dostupné z: <http://www.kotle-verner.cz/vytapeni/paliva- a-jejich-vyuziti/kusove-drevo>
- [10] *Dřevo online* [online]. [cit. 2021-5-18]. Dostupné z: <https://www.drevoonline.cz/drevoonline/eshop/9-1-Palivove-drevo-a-pelety/0/5/108-Krbova- smes-tvrdeho-dreva>
- [11] [online]. [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: <http://www.zsnovestraseci-enviro.cz/1- stupen/neobnovitelne-zdroje-energie/>
- [12] *Nejuhlí* [online]. [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: <http://www.nejuhli.cz/uhelne- sklady/sortiment/>
- [13] *Uhlí Novák* [online]. [cit. 2021-5-12]. Dostupné z: <http://www.uhlinovak.cz/porovnani.html>
- [14] BŘEZINOVÁ, Jana. [online]. 2020 [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: <https://www.plyn.cz/topeni-drevem-uhlim-plynem-nebo-elektrinou-co-je-nejlevnejsi>
- [15] NRG GROUP A.S. [online]. 2010 [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb- info.cz/kotle-kamna-krby/6831-vytapeni-rodinnych-domu-topnym-olejem-i>
- [16] *Technika a trh* [online]. 2009 [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: <https://www.technikaatrh.cz/elektrotechnika/vytapeni-lehkym-topnym-olejem>
- [17] BUDÍN, Jan. [online]. 2015 [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/plyn/zemni-plyn-tezba-vlastnosti-a-rozdeleni>
- [18] *Dům kotlů* [online]. [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: <https://dumkotlu.cz/jake-jsou-vyhody- a-nevyhody-plynového-vytapeni/>
- [19] *Thermona* [online]. [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: <https://www.thermona.cz/aktuality/kdy- se-vyplati-elektrokotel-pro-domacnost>
- [20] ENBRA, EKOWATT CZ a CHYTRÝ DŮM. [online]. 2018 [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/vytapime-elektrinou/16920-vytapeni-elektrinou-neni-ekonomicky- nesmysl>

- [21] PŘIKRYL, Zdeněk. [online]. 2020 [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: <https://www.estav.cz/cz/8258.dle-jakych-kriterii-volit-zdroj-tepla-pro-vytapeni-rodinneho-domu>
- [22] TZB info [online]. [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/138-porovnani-nakladu-na-vytapeni-teplou-vodu-a-elektrickou-energii-tzb-info>
- [23] PAVLÍČEK, Tomáš a Bedřich MOLDAN. [online]. 2017 [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: <http://www.silvarium.cz/zpravy-z-oboru-lesnictvi-a-drevarstvi/spalovani-dreva-skodlivejsi-nez-paleni-uhli-cro-plus>
- [24] LYČKA, Zdeněk. [online]. 2019 [cit. 2021-5-19]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/vymeny-kotlu/19951-prispeje-pouha-vymena-kotlu-ke-zlepseni-kvality-ovzduši>
- [25] Dotace info [online]. [cit. 2021-5-17]. Dostupné z: <https://www.dotace-info.cz/kotlikova-dotace/pravidla-pro-fyzicke-osoby/>
- [26] Nová zelená úsporám [online]. [cit. 2021-5-17]. Dostupné z: <https://www.novazelenausporam.cz/nabidka-dotaci/dotacni-bonus/>
- [27] LYČKA, Zdeněk. [online]. 2021 [cit. 2021-5-19]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/vytapime-pevnymi-palivy/19006-prodej-kotlu-na-pevna-paliva-tridy-4-rokem-2019-neskonci>
- [28] LYČKA, Zdeněk. [online]. 2013 [cit. 2021-5-17]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/kotle-kamna-krby/9798-jak-vybirat-novy-kotel-na-pevna-paliva-1>
- [29] A KOUPELNY A TOPENI. [online]. 2018 [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/124144-vyhody-automatickych-kotlu-na-tuha-paliva>
- [30] Atmos [online]. [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: <https://www.atmos.eu/zplynovaci-kotle-na-drevo/>
- [31] Atmos [online]. [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: <https://www.atmos.eu/kotle-na-pelety/>
- [32] Krby levně [online]. [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: <https://www.krbylevne.cz/krbova-kamna>
- [33] Atmos [online]. [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: <https://www.atmos.eu/zplynovaci-kotle-na-uhli-drevo/>
- [34] Arecenze [online]. [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: <https://www.arecenze.cz/tepelne-kotle/kotle-na-plyn/#jak-vybrat-kotel-na-plyn>
- [35] Viessmann [online]. [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: <https://www.viessmann.cz/cs/rady-a-tipy/jak-vybrat-plynovy-kotel.html>
- [36] Thermona [online]. 2018 [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: <https://www.thermona.cz/aktuality/vyplati-se-prutokovy-ohrivac-nebo-zasobnik>
- [37] Thermona [online]. [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: <https://www.thermona.cz/plynove-kotle/plynove-kondenzacni-kotle/s-prutokovym-ohrevem>
- [38] Thermona [online]. [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: <https://www.thermona.cz/plynove-kotle/plynove-kondenzacni-kotle/kondenzacni-sety?pages=2>
- [39] Thermona [online]. [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: <https://www.thermona.cz/plynove-kotle/plynove-kondenzacni-kotle/s-integrovanym-zasobnikem-tv>
- [40] Viessmann [online]. [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: <https://www.viessmann.cz/cs/rady-a-tipy/vyhody-olejovych-kotlu.html>
- [41] Topení topenáři [online]. [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: <https://www.topeni-topenari.eu/topeni/topidla-klasicka/kotle-na-kapalna-paliva/kotle-na-olej/>
- [42] REDAKCE NALEZENO.CZ. [online]. 2012 [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: <https://www.nazeleno.cz/vytapeni-1/special-o-olejovem-vytapeni-instalace-doma-vyhody-rizika.aspx>
- [43] Thermona [online]. [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: <https://www.thermona.cz/getattachment/96576aaf-96d7-47d7-abef-df7c9517031d/THERM-24,-34,-43-LO.aspx>
- [44] Thermona [online]. [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: <http://www.jktradehk.cz/wp-content/uploads/2008/07/cenik-cervenec-08.pdf>

- [45] Euroheat [online]. [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: <http://www.euroheat.cz/files/download/25.pdf>
- [46] IVT tepelná čerpadla [online]. [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: <https://www.cerpadla-ivt.cz/cz/princip-tepelnych-cerpadel>
- [47] HAMALČÍKOVÁ, Kamila. [online]. 2020 [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: <https://www.elektrina.cz/tepelna-cerpadla-pro-vytapeni-odbornik-radi>
- [48] IVT tepelná čerpadla [online]. [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: <https://www.cerpadla-ivt.cz/cz/tepelna-cerpadla-vzduch-voda>
- [49] Alpha innotec [online]. [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: https://www.alpha-innotec.cz/tepelna-cerpadla/tepelna-cerpadla-vzduch-voda/?gclid=CjwKCAjwx6WDBhBQEiwA_dP8rS-htNeXBXUz_xRMiLuVfFHHoK7_4W01Gie7_YmtM0Bhitb2ooKjVBocLgMQAvD_BwE
- [50] IVT tepelná čerpadla [online]. [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: <https://www.cerpadla-ivt.cz/cz/tepelna-cerpadla-vzduch-vzduch>
- [51] IVT tepelná čerpadla [online]. [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: <https://www.cerpadla-ivt.cz/cz/tepelna-cerpadla-zeme-voda-ventraci-vzduch>
- [52] IVT tepelná čerpadla [online]. [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: <https://www.cerpadla-ivt.cz/cz/tepelna-cerpadla-zeme-voda-plocha>
- [53] IVT tepelná čerpadla [online]. [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: <https://www.cerpadla-ivt.cz/cz/tepelna-cerpadla-zeme-voda-vrt>
- [54] IVT tepelná čerpadla [online]. [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: <https://www.cerpadla-ivt.cz/cz/tepelna-cerpadla-voda-voda-studny>
- [55] IVT tepelná čerpadla [online]. [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: <https://www.cerpadla-ivt.cz/cz/tepelna-cerpadla-zeme-voda-vodni-plocha>
- [56] EON [online]. [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: <https://www.eon.cz/radce/tepelne-cerpadlo-cena>
- [57] PONCAROVÁ, Jana. [online]. 2019 [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: <https://www.drevostavitel.cz/clanek/elektrokotel>
- [58] Thermona [online]. [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: <https://www.thermona.cz/elektrokotle/elektrokotle-standardni-rada>
- [59] Thermona [online]. [cit. 2021-5-18]. Dostupné z: https://www.thermona.cz/getattachment/Elektrokotle/Nastenne-elektrokotle-s-dotykovym-displejem/Kotel-THERM-EL-14/Navod-na-instalaci-obsahu-a-udrzbu-kotle-THERM-EL-5,8,9,14,15,23,30,38,45_01-21.pdf.aspx
- [60] SVITÁKOVÁ, Jindra. [online]. 2019 [cit. 2021-5-18]. Dostupné z: <https://www.realitymorava.cz/realitni-zpravodaj/1786-fototermika-a-fotovoltaika-jaky-system-si-vybrat>
- [61] Sunmander [online]. [cit. 2021-5-18]. Dostupné z: <https://www.sunmander.cz/thermosun-fototermika-sunmander-cz.html>
- [62] MATUŠKA, Tomáš. [online]. [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/154-typy-solarnich-kolektoru>
- [63] Skupina ČEZ [online]. [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/edee/content/microsites/solarni/k21.htm>
- [64] TWI group [online]. [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: <https://www.twi.cz/solarni-kolektory/sun-wing-t4-alu-vertikalni>
- [65] TWI group [online]. [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: <https://www.twi.cz/cenove-nabidky-a-kompletni-dodavky-na-klic/twi-solar/twi-solar-reseni/solarni-ohrev-vody-a-pritapeni/cenove-nabidky-a-kompletni-dodavky-na-klic>
- [66] Solartec [online]. [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: <https://www.solartec.cz/rodinne-domy-a-strechy/fotovoltaika/princip-fotovoltaiky>

- [67] *EON Solar* [online]. 2018 [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: <https://www.eon-solar.cz/blog/1-jak-funguje-fotovoltaicky-neboli-solarni-panel>
- [68] *PREměření* [online]. [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: <https://www.premereni.cz/cs/o-spolecnosti/clanky/jaka-jsou-pro-a-proti-fotovoltaicke-elektrarny-na-strese-rodinneho-domu/>
- [69] *Testy spotřebičů* [online]. [cit. 2021-5-18]. Dostupné z: <https://www.testy-spotrebicu.cz/testy-krbovych-kamen/>
- [70] *TZB info* [online]. [cit. 2021-5-18]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energii/13-prehled-cen-zemniho-plynu>
- [71] *IVT tepelná čerpadla* [online]. [cit. 2021-5-18]. Dostupné z: <https://www.cerpadla-ivt.cz/cz/ivt-aero>
- [72] *IVT tepelná čerpadla* [online]. [cit. 2021-5-18]. Dostupné z: <https://www.cerpadla-ivt.cz/cz/ivt-air-x>
- [73] *SPIRÁLA tepelná čerpadla* [online]. [cit. 2021-5-18]. Dostupné z: <https://www.tepelna-cerpadla-spirala.cz/downloads/dokumenty-2020/tech-par-ww-inverter-2020.pdf>
- [74] *IVT tepelná čerpadla* [online]. [cit. 2021-5-18]. Dostupné z: <https://www.cerpadla-ivt.cz/cz/ivt-geo-g-nad-20-kw>
- [75] *EON* [online]. [cit. 2021-5-18]. Dostupné z: <https://www.eon.cz/radce/tepelne-cerpadlo-zeme-voda>
- [76] REINBERK, Zdeněk, Roman ŠUBRT a Lucie ZELENÁ. *TZB info* [online]. [cit. 2021-5-18]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/128-on-line-kalkulacka-uspor-a-dotaci-zelena-usporam>
- [77] REINBERK, Zdeněk. [online]. [cit. 2021-5-18]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/47-vypocet-potreby-tepla-pro-vytapani-a-ohrev-teple-vody>
- [78] *Topení levně* [online]. [cit. 2021-5-18]. Dostupné z: https://www.topenilevne.cz/benekov-b-20-levy-p52722/?ppcbee-adtext-variant=headline+%2B+cena&gclid=CjwKCAjwy42FBhB2EiwAJY0yQmLo15LOJYNmUUR7_frlyUbVduDI-Ry5p0KrqQ1cWm0W625vxJM8iBoCHSkQAvD_BwE
- [79] *Siko* [online]. [cit. 2021-5-18]. Dostupné z: https://www.siko.cz/bojler-drazice-okce-200-litru-okce200/p/OKCE200?gclid=CjwKCAjwy42FBhB2EiwAJY0yQuIQ0Q7dffJ4mMeOeUZNuVp1S4dkcmKkmDcPSZvLmnWrh5p4UalVOxoCf5gQAvD_BwE

Seznam použitých zkratek a symbolů

PE		Polyethylen
NT		Nízký tarif
VT		Vysoký tarif
RD		rodinný dům
OPŽP		Operační program Životního prostředí
TČ		Tepelné čerpadlo
dc		Stejnoseměrný proud
ac		Střídavý proud
TF		topný faktor
kk		Kuchyňský kout
Θ_e	[°C]	Venkovní návrhová teplota v zimním období
d	[dny]	Délka otopného období
Θ_{em}	[°C]	Průměrná venkovní teplota v otopném období
Θ_m	[°C]	Převažující vnitřní teplota v otopném období
V	[m ³]	Objem budovy
A	[m ²]	Celková plocha
A_c	[m ²]	Celková podlahová plocha
A/V	[m ⁻¹]	Objemový faktor tvaru budovy
H_+	[W]	Trvalý tepelný zisk
H_{s+}	[kWh/rok]	Solární tepelné zisky
U_i	[W/m ² K]	Součinitel přestupu tepla
A_i	[m ²]	Plocha
b_i	[-]	Činitel teplotní redukce
t_{em}	[°C]	střední denní venkovní teplota pro začátek a konec otopného období
t_{es}	[°C]	Průměrná teplota během otopného období
Q_c	[kW]	Tepelná ztráta objektu
t_{is}	[°C]	Průměrná vnitřní výpočtová teplota
D	[K * dny]	Vytápěcí denostupně

e_i	[-]	nesoučasnost tepelné ztráty infiltrací a tepelné ztráty prostupem
e_t	[-]	snížení teploty v místnosti během dne respektive noci
e_d	[-]	zkrácení doby vytápění u objektu s přestávkami v provozu
η_o	[-]	účinnost obsluhy resp. možnosti regulace soustavy
η_r	[-]	účinnost rozvodu vytápění
ε	[-]	Opravný součinitel
$Q_{VYT,r}$	[GJ/rok]	Celková roční potřeba energie na vytápění
$Q_{VYT,r}$	[MWh/rok]	Celková roční potřeba energie na vytápění
t_1	[°C]	teplota studené vody
t_2	[°C]	teplota ohřáté vody
V_{2p}	[m3/den]	celková potřeba teplé vody za 1 den
ρ	[kg/m3]	měrná hmotnost vody
c	[J/(kg * K)]	měrná tepelná kapacita vody
z	[-]	Koeficient energetických ztrát systému
$Q_{TUV,d}$	[kWh]	Denní potřeba tepla pro ohřev teplé vody
t_{svl}	[°C]	Teplota studené vody v létě
t_{svz}	[°C]	Teplota studené vody v zimě
N	[dny]	Počet pracovních dní soustavy v roce
$Q_{TUV,r}$	[GJ/rok]	Celková roční potřeba energie na ohřev teplé vody
$Q_{TUV,r}$	[MWh/rok]	Celková roční potřeba energie na ohřev teplé vody
Q_r	[GJ/rok]	Celková roční potřeba energie na vytápění a ohřev teplé vody
Q_r	[MWh/rok]	Celková roční potřeba energie na vytápění a ohřev teplé vody