



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ

Fakulta elektrotechnická

Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd

Analýza spotřeby energie v rodinném domě

Analysis of energy consumption in a family house

Bakalářská práce

Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management

Studijní obor: Elektrotechnika a management

Vedoucí práce: Ing. Michaela Makešová

Lukáš Hajný

Praha 2022

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Hajný** Jméno: **Lukáš** Osobní číslo: **483493**
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**
Zadávající katedra/ústav: **Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd**
Studijní program: **Elektrotechnika, energetika a management**
Specializace: **Elektrotechnika a management**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Analýza spotřeby energie v rodinném domě

Název bakalářské práce anglicky:

Analysis of energy consumption in a family house

Pokyny pro vypracování:

1. Analýza prostředí v ČR se zaměřením na investice do zdrojů energie pro domácnosti
2. Návrh technického řešení pokrytí spotřeby energie pro vybraný rodinný dům
3. Optimalizace systému včetně využití akumulace
4. Technicko-ekonomické zhodnocení navrženého řešení

Seznam doporučené literatury:

1. ŘEHÁNEK, Jaroslav. Tepelně-technické a energetické vlastnosti budov. Praha: Grada, 2002. ISBN 80-7169-582-3.
2. PETRÁŠ, Dušan. Vytápění rodinných a bytových domů. Bratislava: Jaga, 2005. Vytápění. ISBN 80-8076-020-9.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. Michaela Makešová katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd FEL

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

Datum zadání bakalářské práce: **20.01.2022** Termín odevzdání bakalářské práce: **20.05.2022**

Platnost zadání bakalářské práce: **30.09.2023**

Ing. Michaela Makešová
podpis vedoucí(ho) práce

podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

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

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně, a že jsem všechny použité informační zdroje správně a úplně citoval a uvádím je v seznamu použité literatury.

V Praze dne

.....

Lukáš Hajný

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucí práce Ing. Michaele Makešové za vstřícnost, trpělivost a cenné informace při konzultování práce.

Abstrakt

Cílem bakalářské práce je zhodnotit možnosti pokrytí spotřeby energie rodinných domů a vybrat nejvýhodnější řešení pro konkrétní rodinný dům, který je zateplený a má nevyhovující zdroj tepla. V teoretické části jsou popsány zdroje vytápění rodinného domu, základní informace o fotovoltaických elektrárnách. Dále je zde věnována kapitola dotacím, kterými je možné částečně financovat výměnu zdroje tepla nebo instalaci fotovoltaické elektrárny. V praktické části jsou pomocí ekonomických metod hodnocení investic zhodnoceny čtyři varianty vytápění a instalace fotovoltaické elektrárny na rodinný dům.

Klíčová slova

Vytápění, tepelné čerpadlo, kotle na pevná paliva, fotovoltaická elektrárna, zdroje energie

Abstract

The bachelor thesis aims to evaluate the possibilities of covering the energy consumption of family houses and to select the most suitable solution for a particular family house, which is insulated and has an inadequate heat source. The theoretical part describes the heating sources of the family house, basic information about photovoltaic power plants. There is also a chapter on subsidies that can be used to partly finance the replacement of the heat source or the installation of a photovoltaic power plant. In the practical part, four options for heating and installing a photovoltaic power plant on a family house are evaluated using economic methods of investment evaluation.

Keywords

Heating, heat pump, solid fuel boilers, photovoltaic power plant, energy resources

Obsah

Úvod	13
1 Zdroje vytápění	14
1.1 Elektrické topení.....	14
1.2 Kotel na tuhá paliva.....	14
1.3 Pevná paliva	16
1.4 Srovnání pevných paliv	17
1.5 Tepelné čerpadlo	18
1.6 Plynový kotel	20
2 Fotovoltaika – zdroj elektřiny.....	21
2.1 Princip fotovoltaického článku.....	21
2.2 Typy fotovoltaických článků.....	21
2.3 Fotovoltaická elektrárna	22
2.4 Fotovoltaika v podmínkách České republiky.....	23
2.5 Orientace a sklon panelů.....	24
3 Možnosti financování projektu	25
3.1 Legislativní kroky ke snížení emisí	25
3.2 Dotační programy	26
3.3 Kotlíkové dotace:	26
3.4 Dotace na fotovoltaickou elektrárnu.....	28
3.5 Další možné dotace.....	29
4 Charakteristika uvažovaného objektu	30
4.1 Obecná charakteristika rodinného domu.....	30
4.2 Stavební konstrukce.....	30
4.3 Možnost čerpání dotací domácností	30
4.4 Nákresy domu a střechy.....	31
4.5 Současný zdroj tepla a ohřev teplé užitkové vody.....	32
5 Ekonomické vstupy	33
5.1 Volba diskontní sazby.....	33
5.2 Metody hodnocení investic	35
6 Výběr zdroje vytápění	36
6.1 Spotřeba tepla v rodinném domě.....	36
6.2 Tepelná čerpadla NIBE (vzduch-voda)	36
6.3 Elektrický kotel	39

6.4	Kotel na pelety	40
6.5	Kotel na dřevo	41
6.6	Citlivostní analýza kotlů na pevná paliva	42
6.7	Vyhodnocení nového zdroje vytápění	43
7	Zhodnocení investice do fotovoltaické elektrárny	44
7.1	Tarif elektřiny.....	44
7.2	Výpočet průměrné ceny elektřiny	44
7.3	Vyrobená energie fotovoltaikou.....	45
7.4	Ekonomické zhodnocení fotovoltaické elektrárny	46
8	Kombinace fotovoltaiky a nového zdroje vytápění.....	47
	Závěr	48
	Seznam obrázků:.....	49
	Seznam tabulek:.....	50
	Reference	51

Úvod

Tepelný komfort neboli tepelná pohoda je stav, kdy je dosaženo takových tepelných poměrů, aby člověk nepociťoval chlad ani přílišné teplo. Při nedosažení tepelného komfortu se nám rozšiřují nebo naopak stahují cévy, přichází pocení, chladový třes nebo zvýšení metabolismu. Při delším pobytu v takovémto prostředí můžou vzniknout trvalé zdravotní komplikace a dokonce smrt. [1], [2]

Teplota ve vnitřních prostorech domácností by se měla pohybovat okolo 20 °C. V České republice klesne průměrná venkovní teplota v zimních měsících až k -0,9 °C. Z tohoto důvodu se domácnosti neobejdou bez zdroje vytápění. [3], [4]

Od 1. 9. 2024 začne platit zákaz užívání nevyhovujících kotlů na pevná paliva pro rodinné domy podle zákona č. 201/2012 Sb. o ochraně ovzduší z §17 odst. 1 písm. g). [5] Díky tomuto zákonu bude mnoho domácností čelit problému s výměnou nevyhovujícího zdroje tepla za nový.

V průběhu roku 2021 jsme zaznamenali velmi rychlý nárůst cen energií. Tento nárůst je pravděpodobně způsoben různými faktory, jako je např. světová pandemie Covid-19, zavírání uhelných elektráren, růst cen emisních povolenek, válka na Ukrajině a mnoho dalších. Výběr zdroje je tak stále aktuálnějším tématem. Vzhledem k oblíbenosti tepelných čerpadel, která využívají elektřinu, jsem se rozhodl do srovnání přidat i instalaci fotovoltaické elektrárny.

Cílem bakalářské práce je zhodnotit možnosti pokrytí spotřeby energie rodinných domů a vybrat nejvýhodnější řešení pro konkrétní rodinný dům, který je zateplený a má nevyhovující zdroj tepla.

Práce je rozdělena do osmi kapitol. V první kapitole se věnuji zdrojům vytápění rodinných domů, u kterých uvedu princip činnosti a jejich pozitiva a negativa. Ve druhé kapitole uvedu princip fotovoltaické elektrárny a jejich základní dělení. Ve třetí kapitole uvedu dotační programy, které lze využít pro financování investice do nového zdroje tepla a fotovoltaiky. Ve čtvrté kapitole popíšu rodinný dům, pro který budu následně v dalších kapitolách počítat ekonomické zhodnocení investice.

1 Zdroje vytápění

1.1 Elektrické topení

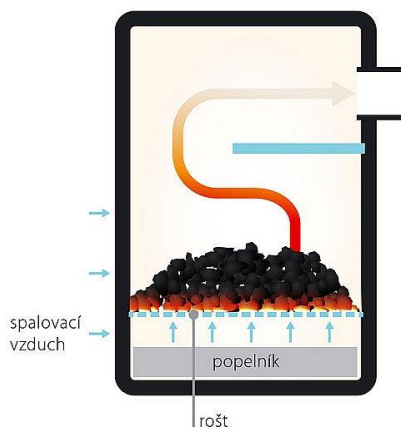
Vytápění elektrinou funguje na jednoduchém principu, odporové tyče se průchodem elektrického proudu ohřejí a tím vytvoří požadované teplo. Účinnost elektrických kotlů dosahuje až 99,5%. Hlavní výhodou těchto kotlů je jejich nízká pořizovací cena (mezi 15 a 30 tisíci korunami), nízká hlučnost a časově nenáročná obsluha, jejich nevýhodou jsou velmi vysoké provozní náklady, které se odvíjí od současné ceny elektřiny. Uhlíková stopa těchto kotlů je dána energetickým mixem dané země, ale lze tyto kotle považovat za ekologicky nezávadné. [6]

Elektrické kotle lze rozdělit na dva typy, a to elektrický kotel přímotopný a elektrický kotel akumulární. Elektrické přímotopy přímo vytváří teplo a jsou jednodušší na instalaci. Oproti tomu akumulární kotle ohřejí vodu v zásobníku, kterou potom distribuují teplo po objektu, nevýhodou tohoto systému je nutnost prostoru pro nádrž. U nás jsou nejčastěji používány teplovodní kotle. [7] Využití těchto kotlů vidím hlavně jako záložní zdroje tepla anebo pro objekty zřídka využívané, jako jsou chalupy a chaty. V těchto případech se nevyplatí investice do dražších zdrojů vytápění a vzhledem k malé četnosti užívání nebudou celkové provozní náklady tak vysoké.

1.2 Kotel na tuhá paliva

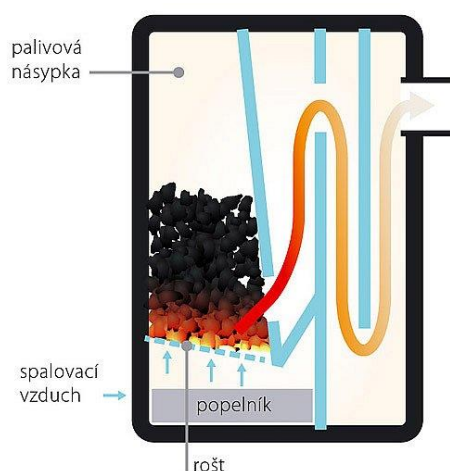
Tento systém je nejstarší způsob vytápění a zároveň u starých nevyhovujících kotlů má velmi vysokou uhlíkovou stopu, tento trend se však s modernizací změnil a nové kotle lze považovat za ekologické. Důvod, proč jsou tyto zdroje používány, je jejich nízká pořizovací cena a velmi nízké provozní náklady, mezi negativa se řadí zejména časově náročná obsluha, nutnost skladování paliva. Jejich účinnost se může pohybovat mezi 60 až 90 %. [8]

Prvním typem spalovacích kotlů jsou tzv. prohořivací kotle. Regulace vzduchu přiváděného do spalovacího prostoru probíhá pouze díky záklopce otvoru pro přísun vzduchu a komínovou klapkou navíc přísun vzduchu je přímo závislý na tahu komína. Na tomto principu pracují jednoduché krby a staré kotle. Nevýhodou tohoto systému je nutnost neustálého přikládání paliva.



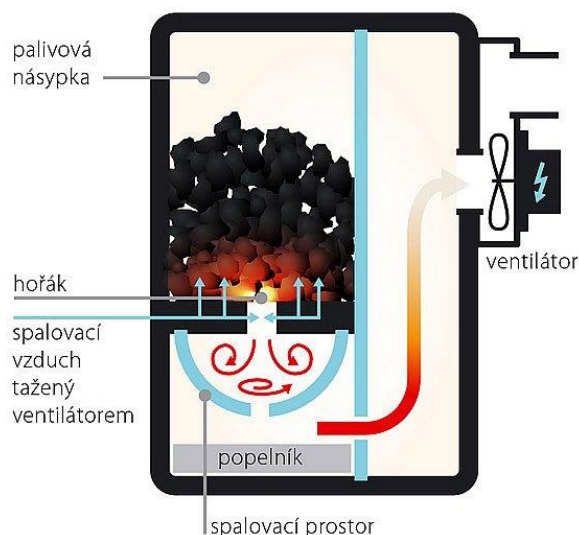
Obrázek 1 Prohořivací kotel [8]

Druhým typem jsou kotle odhořivací. Do palivové násypky je nasypáno palivo, které postupně hoří a nové palivo se sesouvá do palivového prostoru. Jsou menším zdrojem emisí díky tomu, že spaliny neprocházejí přes nově přikládané palivo a udržují si tak vyšší teplotu a jsou tak lépe využity. Tento systém však stále neřeší problém regulace vzduchu ve spalovací komoře, a tak je stále závislá na tahu komína. [8]



Obrázek 2 odhořivací kotel [8]

Posledními typy kotlů jsou stacionárně spalovací „zplyňovací“ [9]. V těchto kotlích probíhá řízené spalování tím, že je regulován vzduch přiváděný do spalovacího prostoru pomocí ventilátoru. Oba tyto typy jsou nejmenšími zdroji emisí z výše zmíněných kotlů na pevná paliva. Možným zlepšením těchto kotlů je přidání automatického dopravníku paliva, kterým lze regulovat množství spalovaného paliva. [8]



Obrázek 3 Stacionárně spalovací kotel [8]

1.3 Pevná paliva

1.3.1 Dřevo

Dřevo je jedním z nejdostupnějších a zároveň nejlevnějších pevných paliv. Palivové dřevo se prodává buď neštípané většinou jako metrové kusy, které je nutné rozřezat a poté našťípat na menší spalitelné kusy anebo lze pořídit štípané, za které si však musí spotřebitel připlatit.

Další možností těžby je samo těžba větších stromů, v tomto případě je nutné se domluvit s majitelem nebo správcem lesa a mít příslušné vybavení na zpracování a přepravu dřeva. Velmi výhodná je tato varianta pro majitele lesů, kteří nemusí odkupovat stromy. Rychlou a levnou možností samo těžby je i sběr ležícího kletí, které je podle lesního zákona možné sbírat zdarma (za klet jsou považovány kusy jejichž průměr nepřesahuje 7 cm a nemají kůru) [10].

Hlavní nevýhodou dřeva je dlouhá doba vysychání, v optimálním případě bychom měli dosáhnout 15 - 25 % vlhkosti. Na tuto vlhkost palivové dřevo vysychá od jednoho do čtyř let dle tvrdosti dřeva. Dřevo lze nejlépe vysušit ve větraném a suchém prostoru. Mnohem jednodušším způsobem a nejčastěji používaným je sušení ve venkovním prostoru izolovaným od země, chráněným před deštěm a sněhem. Pro topení dřevem je tedy nutné mít dostatek volného prostoru (z důvodu uskladnění dřeva minimálně po dobu dvou let), kde dřevo vysychá. [11]

1.3.2 Štěpka

Dřevní štěpka jsou malé kusy dřevní hmoty o velikosti 2-4 cm. Získává se rozštěpením nebo drcením zbytkových větví z kácení nebo jako odpad z dřevozpracujícího průmyslu. Největší výhodou štěpky je její rychlá doba schnutí a jednoduchá automatizace topení díky zásobníku, navíc kvůli své velikosti vytvoří malé množství popela. Pro spalování štěpky jsou však nutné speciální kotle.[12]

1.3.3 Dřevní brikety

Dřevní brikety jsou válečky o délce 5-8 cm a průměru 5cm, které se vyrábí lisováním dřevního odpadu. Oproti kusovému dřevu mají velmi nízkou vlhkost, která se pohybuje okolo 8% a společně s peletami patří mezi paliva s nejnižším obsahem vlhkosti. Jejich výhodou je, že s nimi lze nahradit kusové dřevo a využít je jako doplňkový zdroj tepla například v krbových kamnech. Oproti kusovému dřevu ji lze skladovat v menším prostoru díky nízké vlhkosti a stejné velikosti briket.

1.3.4 Pelety

Dřevěné pelety se vyrábí stlačením dřevního odpadu (zejména smrkových pilin). Výsledným produktem celého procesu jsou válečky o průměru 7 mm a délce 3 cm, které mají vysokou hustotu a tepelnou výhřevnost. Jejich hlavní výhodou je jejich jednoduché a ekonomické skladování, doprava a manipulace. Distribuují se v pytlích o hmotnosti zhruba 15 kg nebo ve velkých vacích o hmotnosti až jedné tuny. Další možností přepravy je cisternový automobil, který pneumaticky dodává pelety pomocí flexibilních hadic.[13]

1.3.5 Uhlí

Uhlí vznikalo z odumřelých rostlin v rašelinách bez přístupu kyslíku a za působení vysokého tlaku způsobeného velkým množstvím nadložních vrstev. Tento proces začal v prvohorách a třetihorách, tedy před miliony let. Z tohoto důvodu považujeme uhlí za neobnovitelný zdroj energie [14]. Uhlí dle studie WCA (world coal association) bude k dispozici ještě 150 let. [15] Uhlí se těží buď hlubinnou těžbou, nebo povrchovou a doly jsou po těžbě rekultivovány nejčastěji zatopením. Hlavní nevýhoda uhlí pro domácí použití oproti jiným pevným palivům jsou nečistoty, protože při přenosu se nám roznese uhelný prach.

1.4 Srovnání pevných paliv

Následující tabulka nám porovnává jednotlivé parametry pevných paliv. Z tabulky lze vyčíst, že nejméně paliva na výrobu tepla spotřebujeme, když budeme používat černé uhlí, které má nejvyšší výhřevnost. Naopak nejvíce paliva se spotřebuje při topení pilinami a štěpkou, které mají zároveň nejnižší výhřevnost. Při porovnání štípaného dřeva a dřeva zpracovaného v podobě briket a pelet lze si všimnout, že výhřevnost briket i pelet je zhruba dvakrát vyšší.

Tabulka 1 Srovnání pevných paliv [16]

Palivo	W [%]	N [%]	V [kg/m ³]	Q [MJ/kg]	Q [GJ/m ³]	m _p ⁶⁰ [kg]	m _p ⁸⁵ [kg]	m _{ps} ⁸⁵ [m ³]
Pilina	30	1	130	12,2	1,6	136,6	96,4	0,74
Štěpka	30	1,5	240	12,2	2,9	136,6	96,4	0,40
Dřevo měkké	20	1	320	14,5	4,6	114,9	81,1	0,25
Dřevo tvrdé	20	1	500	14	7	119,0	84,0	0,17
Dřevní briketa	8	0,5	700	17,1	12	97,5	68,8	0,10
Dřevní peleta	8	0,5	650	17,7	11,5	94,2	66,5	0,10
Bylinná peleta	10	6	600	16,1	9,7	103,5	73,1	0,12
Hnědé uhlí	25	10	700	18	12,6	92,6	65,4	0,09
Černé uhlí	20	6	700	23,1	16,2	72,2	50,9	0,07

W - Obsah vody v palivu

N - Nespalitelné složky paliva

V - Objemová hmotnost paliva

Q - Výhřevnost paliva

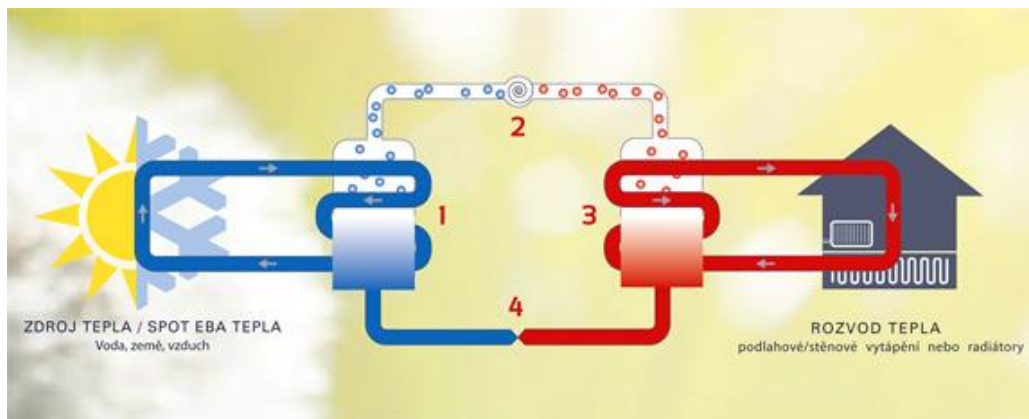
m_p^x - Hmotnost potřebného paliva na vytvoření 1 GJ s účinností x

m_{ps}^x - Objem potřebného paliva na vytvoření 1 GJ s účinností x

1.5 Tepelné čerpadlo

1.5.1 Princip

Princip tepelného čerpadla je zobrazen na následujícím obrázku. V prvním kroku teplotonosná látka v kapalném stavu přijme nízko-potenciální energii díky výparníku ze zdroje tepla (voda, vzduch, země) a postupně se odpařuje. V druhém bodě dochází ke kompresi, odpařené palivo se pomocí kompresoru stlačuje a tím se zvyšuje jeho teplota. Třetím krokem je kondenzace, horký plyn předává teplo otopné soustavě díky kondenzátoru a opouští kondenzátor jako teplá kapalina. V poslední fázi cyklu je látka vypouštěna expanzním ventilem, tím se prudce sníží tlak a zároveň teplota. V tomto okamžiku je látka znovu jako studená kapalina připravena přijmout teplo ze zdroje tepla a cyklus se stále opakuje. [17]



Obrázek 4 Princip tepelného čerpadla [17]

1.5.2 Topný faktor (COP)

Topný faktor je číslo, které nám stanovuje účinnost tepelného čerpadla. Vypočítá se poměrem vyrobené a spotřebované energie. Topný faktor nám tedy přímo ovlivňuje spotřebu elektrické energie. Evropská asociace pro tepelná čerpadla uděluje značku kvality Q-label tepelných čerpadel. A stanovuje i minimální topné faktory pro jednotlivé typy tepelných čerpadel, tedy pro čerpadlo vzduch-voda je to $COP > 3,1$ pro země-voda $COP > 1,3$ a pro voda-voda $COP > 5,1$. Tepelný faktor se udává i s okolní teplotou a teplotou otopné soustavy, protože klesá postupně s klesající venkovní teplotou nebo rostoucí teplotou vnitřního okruhu. [18]

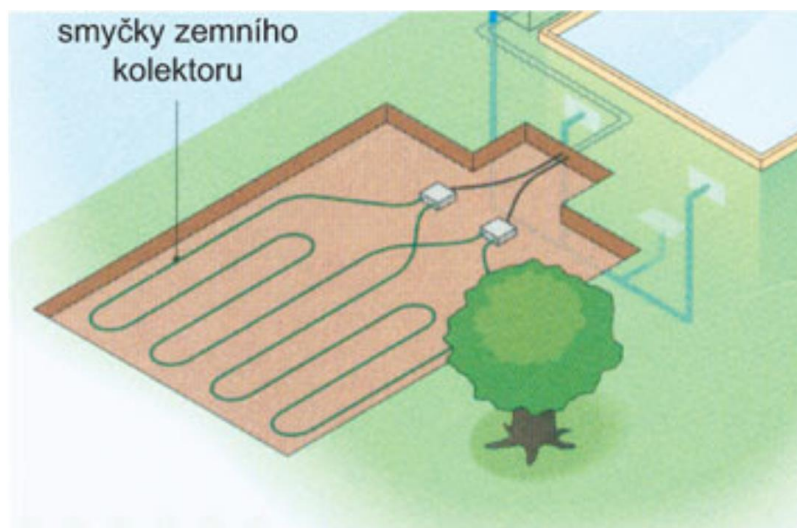
1.5.3 Srovnání jednotlivých typů čerpadel

Tepelná čerpadla se dělí podle typu zdroje, který využívají, tedy země, voda a vzduch. [19]

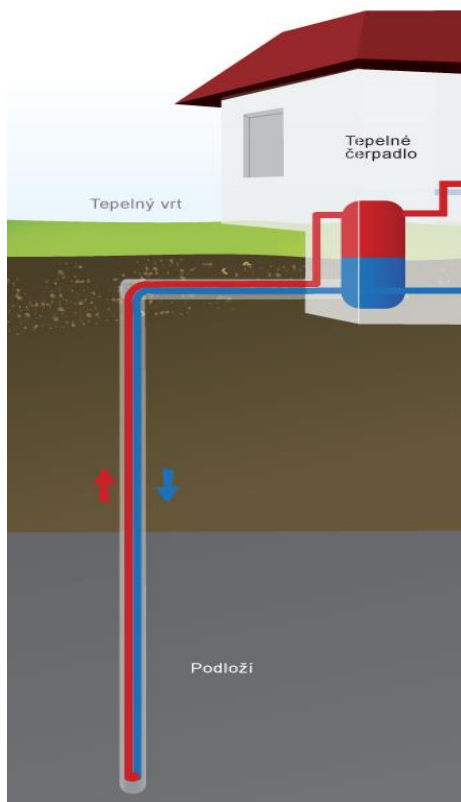
Nejjednodušším a zároveň nejlevnějším řešením je tepelné čerpadlo vzduch-voda (vzduch), které využívá teplotu venkovního vzduchu. Jednoduchá je jeho instalace, která nevyžaduje rozsáhlé úpravy. Největší nevýhodou je pokles topného faktoru, který s poklesem okolní teploty razantně klesá, proto se do těchto čerpadel přidávají i druhotné zdroje tepla, například elektrický kotel. [19]

Druhým typem jsou čerpadla, která využívají jako zdroj tepla vodu. Tato čerpadla dosahují nejvyšších účinností, ale je potřeba mít souhlas k nakládání s podzemní vodou, popřípadě mít dostatek vod povrchových. Je ale možné, že se spotřebitelé setkají s tím, že tento typ čerpadla nelze v dané lokalitě instalovat. [19]

Posledním typem čerpadla jsou čerpadla, která využívají teplotu země. Tato čerpadla lze rozdělit na dva typy. Prvním typem je hlubinný vrt, který je potřeba udělat dostatečně hluboký, na 1 kW výkonu je potřeba zhruba 12 metrů hluboký vrt, hloubka samozřejmě záleží na půdě. Rodinné domy tedy mohou potřebovat vrt hluboký od 100 do 150 metrů a je také možné vyhloubit více vrtů, ty pak musí být ve vzdálenosti od sebe alespoň 10 metrů. Vrtů samozřejmě nelze vrtat všude a je potřeba mít pro vrt příslušná povolení a také přístupnost pro techniku, která bude vrt hloubit. Druhým typem jsou tzv. „podzemní kolektory“ to je soustava trubek, která se umístí do hloubky od jednoho do pěti metrů pod povrch země. Stejně jako v předchozím případě i zde se dá zhruba stanovit potřebná plocha, která na 1 kW činí 30 m² plochy. Nejvýhodnější jsou tyto dvě varianty u novostaveb, u kterých lze alespoň částečně zemní kolektor zabudovat pod plochu domu, aby tak mohla být plocha maximálně využita. Na následujících dvou obrázcích jsou ukázky zemního kolektoru a vrtu. [20]



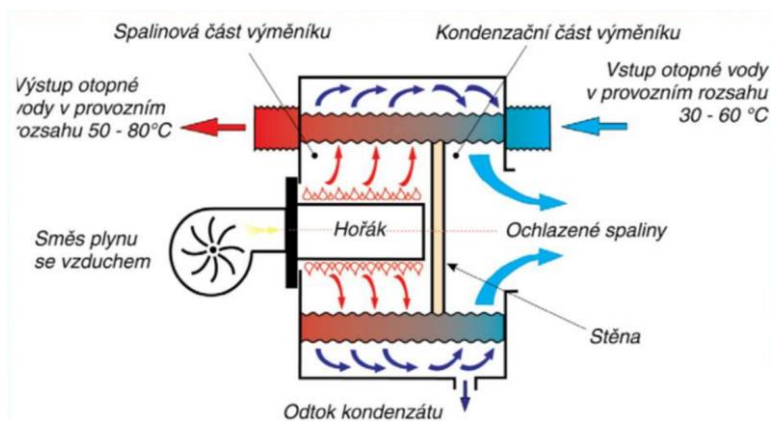
Obrázek 5 Ukázka zemního kolektoru [21]



Obrázek 6 Ukázka hlubinného vrtu [22]

1.6 Plynový kotel

Plynové kotle se vyrábí buď klasické nebo kondenzační. U klasických plynových kotlů dochází pouze ke spalování plynu a teplo je rozvedeno do otopné soustavy, jejich účinnost se pohybuje okolo 85%. Kondenzační kotle naproti tomu využívají principu, že při spalování plynu je ve spalinách vodní pára, ze které kotel získá kondenzací ještě další energie. Účinnost kondenzačních kotlů přesahuje tedy 100% a může dosáhnout až 110%. Mezi výhody vytápění plynem patří jednoduchá regulace, ovládání a provoz. Hlavní nevýhodou jsou proměnné ceny plynu, které lze stejně jako u elektřiny na krátké období fixovat, ale při vysokém nárůstu cen se prodraží i vytápění. Princip kondenzačního kotle je znázorněn na následujícím obrázku.

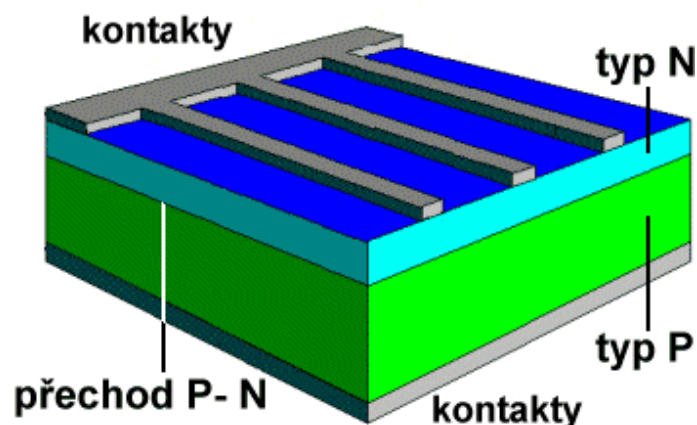


Obrázek 7 Princip kondenzačního kotle [23]

2 Fotovoltaika – zdroj elektřiny

2.1 Princip fotovoltaického článku

Fotovoltaický článek je PN přechod s velkou plochou, na kterou může dopadat světlo. Tento přechod brání volnému přechodu volných elektronů z vrstvy N do vrstvy P a zároveň umožňuje přechod volných elektronů opačným směrem. Při dopadu světla na povrch fotočlánku dochází k předání energie mezi fotony a atomy v krystalové mřížce a k uvolňování elektronů. Díky PN přechodu nedochází k rekombinaci a uvolněné elektrony z vrstvy N se zde začnou hromadit. Uvolněné elektrony z vrstvy P mohou volně přecházet do vrstvy N. Takovýmto hromaděním volných elektronů vznikne na přechodu elektrické napětí o velikosti 0,6 V. Při připojení spotřebiče na kontakty fotovoltaického článku se uzavře elektrický obvod, kterým začne procházet proud. Proud obvodem prochází do té doby, dokud na článek dopadá světlo a díky němu se uvolňují elektrony. Články samy o sobě nemají dostatečné napětí aby se daly využít, proto se články spojují do větších celků, které již mají dostatečně velké napětí. Takovýmto celkům říkáme fotovoltaické panely. [24]



Obrázek 8 Fotovoltaický článek - PN přechod [24]

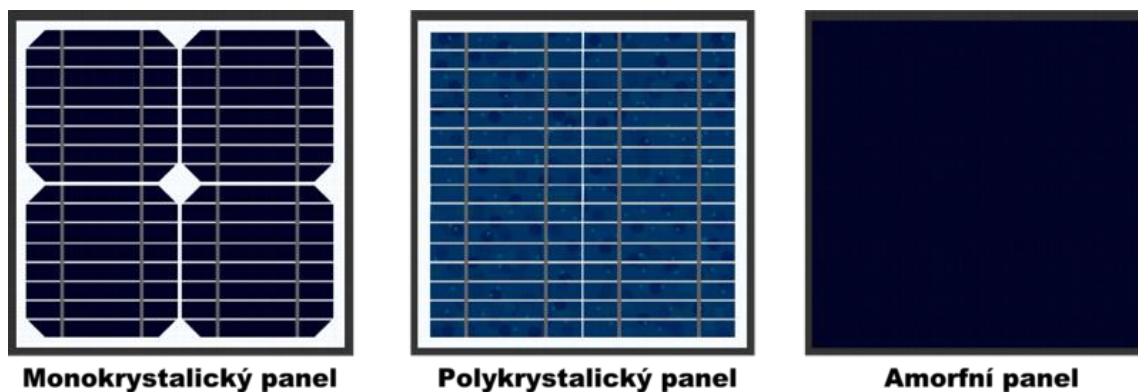
2.2 Typy fotovoltaických článků.

Fotovoltaické články lze rozdělit na tři základní typy a to monokrystalické, polykrystalické a amorfní.

Monokrystalické články jak už jejich název napovídá jsou vytvořeny z jediného krystalu křemíku, což má v praxi za důsledek sice náročnější výrobu, za to se ale mohou chlubit nejvyšší účinností okolo 20%, při dopadu světla se správným úhlem. Panely s monokrystalickými články jsou tedy dražší, ale díky jejich vyšší účinnosti je lze doporučit na omezené střešní plochy s dobrým úhlem a orientací.

Polykrystalické články jsou oproti předchozím tvořeny z většího množství krystalů. Jejich výroba není tak náročná, jako u monokrystalických a lze využít i odřezky z monokrystalických článků. Hlavními výhodami oproti předchozímu typu je nižší cena a lepší zachycení světla z ostřejších úhlů. Účinnost takovýchto článků se pohybuje mezi 15-17%. Panely s polykrystalickými články se vyplatí instalovat na střechy, kde nejsou ideální podmínky pro dopad slunečního světla.

Poslední skupinou článků jsou články amorfni nebo jinak nazývané tenkovrstvé. V jejich případě se jedná o tenkou vrstvu polovodivého materiálu, který je napařen na podkladový materiál jakým je např. sklo, plast nebo kovy. Oproti dvěma předchozím má tento typ článků nejnižší účinnost a to okolo 10%. Jejich hlavní výhodou je jejich nízká hmotnost a tloušťka a lze je tedy využít ve velkých komplexech, kde by předchozí dvě varianty příliš zatěžovaly. [25]

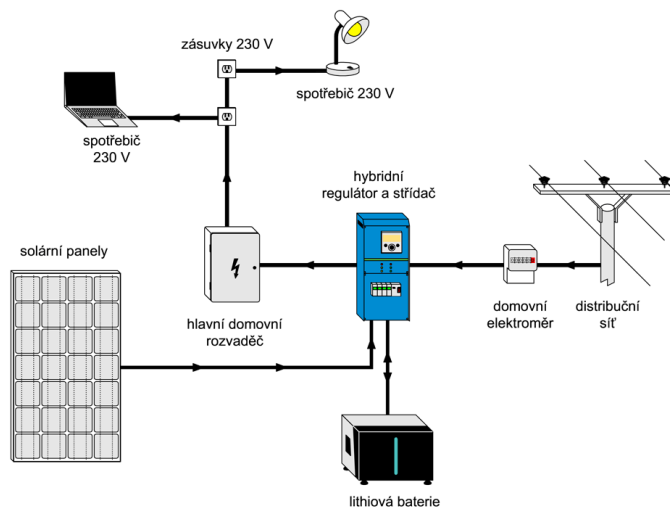


Obrázek 9 Typy fotovoltaických panelů [26]

Na předchozím obrázku si lze všimnout typických rozdílů mezi jednotlivými typy článků. Monokrystalický článek má tmavou barvu a nejsou zde vidět žádné nečistoty. Polykrystalický článek má naopak světle modrou barvu a při pohledu zblízka jsou vidět i krystaly různých odstínů modré barvy.

2.3 Fotovoltaická elektrárna

Fotovoltaické panely vyrábí elektrickou energii v závislosti na dopadajícím světle. Vyrobena energie je tedy závislá na slunci a je tedy velmi nestabilní nejenom v průběhu dne, ale i v závislosti na ročním období. Z tohoto důvodu je nutné vytvořit takový systém, abychom mohli využívat elektrickou energii v době kdy tuto elektrickou energii potřebujeme a nebyt závislí na dobu výroby z fotovoltaického panelu. Zároveň proud, který vyrábí fotovoltaický panel, je stejnosměrný, ale většina používaných spotřebičů je provozována na střídavý. Z tohoto důvodu je nutné systém vybavit dalšími prvky. Prvním prvkem, který se do systému zařazuje je střídač, který zajišťuje transformaci elektrické energie pro její pozdější využití. Střídače už v dnešní době neplní pouze funkci přeměny energie, často bývají připojená měření vyrobené energie nebo mohou sloužit i jako ochranný prvek. Dalším prvkem je bateriové úložiště, které ale není nutné v případě, že je objekt připojen k elektrizační soustavě. Takové systémy se odborně nazývají On-grid a mohou v případě nefunkčnosti fotovoltaické elektrárny využívat elektrickou energii ze sítě. Pro tento systém, je však nutné povolení distributora, protože připojením fotovoltaiky k elektrizační soustavě se mění požadavky na distribuční síť. Druhým systémem je off-grid (ostrovni), tedy systém, kde objekt není připojen k elektrizační soustavě. Jeho hlavní nevýhodou je, že v případě výpadku musí mít objekt náhradní zdroj elektrické energie. Off-grid systémy lze vytvořit i spojením několika objektů do jednoho celku.

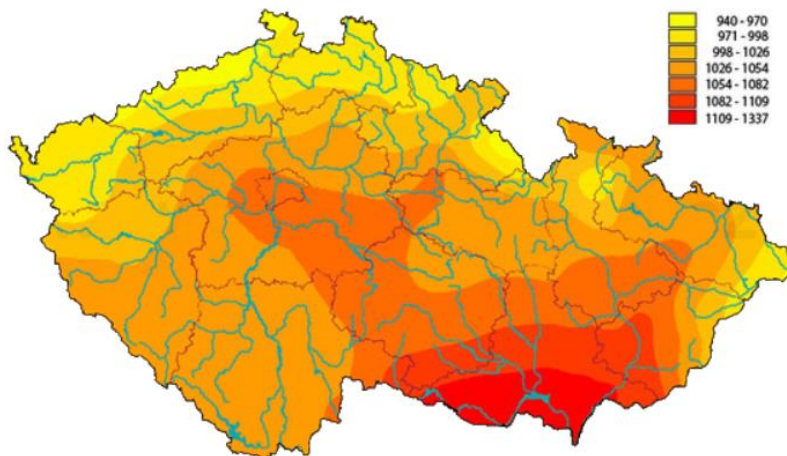


Obrázek 10 Schéma zapojení fotovoltaiky (on-grid) [27]

Na předchozím obrázku můžeme vidět nejčastější zapojení fotovoltaiky u nás, tedy v on-grid systému. Přetoky a odběr elektrické energie z distribuční soustavy je zde měřen čtyřkvadrantním domovním elektroměrem. Měření vyrobené elektrické energie zajišťuje hybridní střídač.

2.4 Fotovoltaika v podmínkách České republiky

Česká republika s umístěním na severní polokouli nemá z hlediska slunečního záření tak vhodné podmínky, jako mají rovníkové státy, ale i zde lze vyrábět elektrickou energii pomocí fotovoltaických elektráren. Podmínky se však liší i v různých částech republiky což můžeme vidět na následujícím obrázku. [28]



Obrázek 11 Roční úhrn globálního slunečního záření v ČR [W/m^2] [28]

Z obrázku je patrné, že nejlepší podmínky jsou na jihu Moravy a nejhorším místem je severozápad Čech.

2.5 Orientace a sklon panelů

Na účinnost panelů mají z hlediska dopadu slunečního záření vliv i sklon a orientace panelu. Jejich závislost můžeme pozorovat na následujícím obrázku.



Obrázek 12 výnos energie v závislosti na sklonu a orientaci panelu [29]

Z obrázku je vidět, že nejvyšší účinnosti dosahují panely při sklonu 35° a orientaci na jih. Avšak více než 95% účinnosti dosahují při optimálním sklonu a orientaci $\pm 45^\circ$. Orientace a sklon panelu jsou důležité, ale při mírných odchylkách se účinnost razantně nesnižuje.

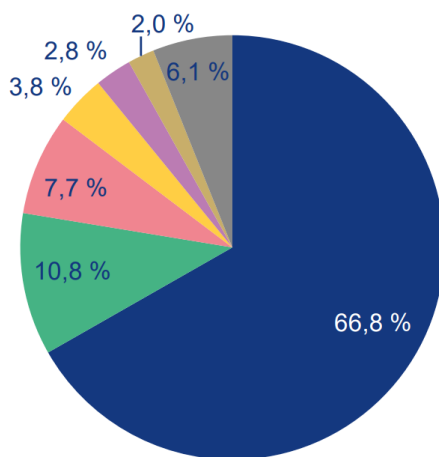
Větší vliv na účinnost mají objekty jako jsou stromy, budovy a kopce, které mohou vrhat stín a tím razantně snížit účinnost panelů.

3 Možnosti financování projektu

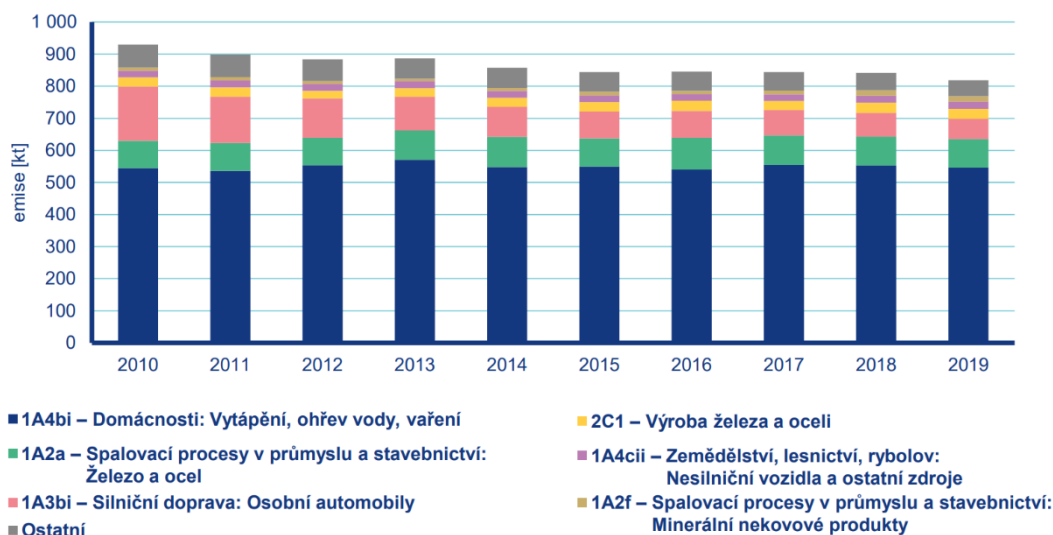
3.1 Legislativní kroky ke snížení emisí

Od 1.9. 2024 bude v České republice zakázáno provozovat kotle spalující pevná paliva 1. a 2. emisní třídy podle ČSN EN 303-5 [30]. Parlament se tímto zákonem snaží omezit emise skleníkových plynů a zejména oxidu uhelnatého a zlepšit tak kvalitu ovzduší a zároveň dodržet Zelenou dohodu pro Evropu, ve které jsme se zavázali, že do roku 2030 snížíme množství emisí skleníkových plynů alespoň o 55%. [31]

V roce 2019 se v České republice na emisích oxidu uhelnatého podílely nejvíce domácnosti viz. následující obrázek.



Obrázek 13 Podíl sektorů na celkových emisích CO₂, 2019 [32]



Obrázek 14 Vývoj celkových emisí CO₂, 2010-2019 [32]

Na Obrázku lze vidět postupný klesající trend emisí CO₂, který je však spíše způsoben poklesem emisí v silniční dopravě.

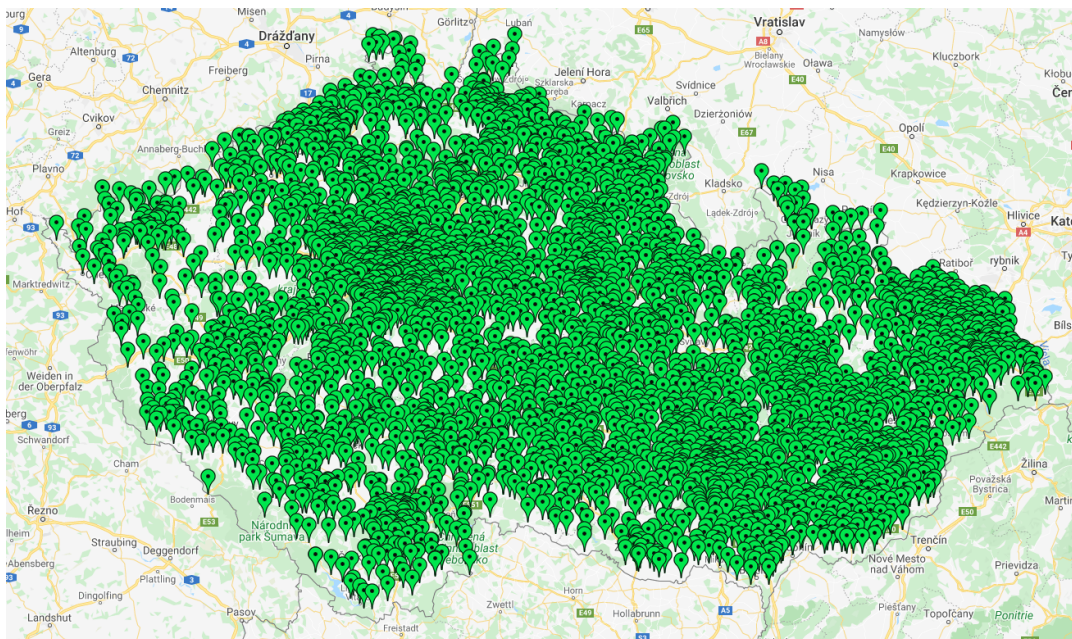
3.2 Dotační programy

3.2.1 Smysl dotačních programů

Podle státního fondu životního prostředí České republiky může být v české republice stále až 300 tisíc nevyhovujících kotlů 1. a 2. emisní třídy [33]. Nedokonalým spalováním zejména pevných paliv v těchto kotlích je produkován oxid uhelnatý (bezbarvý plyn bez chuti a zápachu). Vysoká koncentrace tohoto plynu je pro člověka smrtelná. Při nižší koncentraci smrtelný není, ale i přes to s sebou nese vážná zdravotní rizika. Po vdechnutí se dostane do krevního oběhu a snižuje množství kyslíku, který je přiváděn k orgánům. Způsobuje únavu, snížení pozornosti, bolesti hlavy atd. Navíc může být nebezpečný pro vyvíjející se plod novorozeněte. [34], [35] Dalším negativním vlivem je, že přispívá k vytváření ozónu, který může způsobovat škrábání v krku, kašel a poškození dýchacích cest. [36]

3.2.2 Úspěšnost dotačního programu Nová zelená úsporám v letech 2014 až 2021

Od roku 2014 do roku 2021 byl zaveden v české republice dotační program Nová zelená úsporám, který nabízel dotace na zateplení, výměnu zdroje tepla, fotovoltaické a termické systémy a další.[37] Během sedmi let, tento program běželo bylo přijato 83985 žádostí, schváleno 69369 žádostí a vyplaceno 54122 žádostí za 10,43 mld. Kč [38, p. 4]. Díky tomuto dotačnímu programu je uspořeno 8,5 PJ energie ročně a emise skleníkových plynů se snížily o 1350 tisíc tun za rok. [38, p. 6]



Obrázek 15 Mapa úspěšných projektů [25]

3.3 Kotlíkové dotace:

Dotační program, který byl znovu spuštěn na začátku roku 2021 s platností do 1. září 2022. Je rozdělen do dvou kategorií, a to dotace pro domácnosti s nižšími příjmy a dotace pro ostatní domácnosti (V rámci programu Nová zelená úsporám). Týká se výměny neekologického zdroje vytápění s možností přípravy teplé vody. Je to zároveň poslední možnost získat finanční prostředky před zákazem provozu nevyhovujících kotlů.[33]

3.3.1 Dotace pro domácnosti s nižšími příjmy

Tato dotace je poskytována pro domácnosti jejichž průměrný čistý roční příjem na člena nepřesáhl 170 900 Kč. Jedinou možností, kdy je možné o ni zažádat je, když žadatel chce vyměnit kotel na pevná paliva, který spadá do 1. a 2. emisní třídy. Poté jsou nabízeny tři možnosti výměny, které jsou uvedeny v následující tabulce. [39]

Tabulka 2 Maximální výška dotace pro domácnosti s nižšími příjmy [39]

Zdroj tepla	Limit (Kč)
Kotel na biomasu s ruční dávkou paliva, vč. Akumulační nádrže/se samočinnou dodávkou paliva	130 000
Tepelné čerpadlo	180 000

3.3.2 Nespornou výhodou této dotace je možnost zažádat o 95% výdajů na výměnu zdroje vytápění. Dotace pro ostatní domácnosti

Tato podpora oproti minulému případu nabízí mnohem větší spektrum zdrojů, na které je poskytnuta, avšak nelze čerpat maximálně o 50% výdajů, protože není svázána s čistým ročním příjmem domácnosti.

Dotaci lze čerpat v těchto případech:

- Na výměnu kotle na pevná paliva 1. a 2. emisní třídy za nový zdroj z následující tabulky
- Na výměnu kotle na topné oleje za nový zdroj z následující tabulky
- Na výměnu lokálních topidel na pevná paliva (pouze v případě, že jsou jako hlavní zdroj tepla) za nový zdroj z následující tabulky
- Na výměnu elektrického vytápění za tepelné čerpadlo[40]

Pro to, aby se mohla podpora schválit je nutné:

- Podat žádost o podporu
- Doložit doklad, kterým žadatel prokáže, že původní zdroj tepla splňuje podmínky pro výměnu.
- Doložit doklad, který prokazuje vlastnictví nemovitosti
- Doložit fotodokumentaci původního zdroje vytápění, otopné soustavy a komínu
- Pro domácnosti s nižším příjmem, které chtějí zažádat o vyšší dotace musí doložit i roční příjem
- Účetní doklady
- Doložit fotodokumentaci nového zdroje vytápění
- Doložit doklad potvrzující instalaci nového zdroje a zprávu o montáži
- Doložit potvrzení o ekologické likvidaci starého zdroje
- Pokud se jedná o spalovací zdroj je nutné doložit protokol o revizi podle Vyhlášky č. 34/2016 o čištění, kontrole a revizi spalínové cesty [39], [40]

V následující tabulce jsou uvedeny maximální výšky prostředků, které je možné získat.

Tabulka 3 Maximální výška dotace pro ostatní domácnosti [40]

Zdroj tepla	Rodinný dům (Kč)	Bytový dům (Kč / b.j.)
Kotel na biomasu vč. Akumulační nádrže nebo kotel na biomasu se samočinnou dodávkou paliva	80 000	25 000
Kotel na biomasu se samočinnou dodávkou paliva a celosezónním zásobníkem pelet	100 000	-
Tepelné čerpadlo pro teplovodní systém vytápění s přípravou teplé vody	100 000	-
Tepelné čerpadlo pro teplovodní systém vytápění bez přípravy teplé vody	80 000	30 000
Tepelné čerpadlo pro teplovodní systém vytápění s přípravou teplé vody připojené k FV systému	140 000	-
Tepelné čerpadlo vzduch-vzduch	60 000	18 000
Napojení na soustavu zásobování teplem	40 000	10 000
Lokální zdroj na biomasu se samočinnou dodávkou tepla a teplovodním výměníkem	45 000	35 000
Lokální zdroj na biomasu se samočinnou dodávkou tepla	30 000	-
Kombinovaná výroba elektřiny a tepla	-	30 000

3.4 Dotace na fotovoltaickou elektrárnu

Dotace na fotovoltaickou elektrárnu jsou určeny pro vlastníky rodinných domů a mají stanovenou maximální hranici na 200 000 Kč. Výpočet výšky dotace se pak odvíjí podle následující tabulky.

Tabulka 4 Výpočet dotace pro fotovoltaické elektrárny pro rodinné domy [41]

Počítané položky FVE elektrárny	Velikost peněžní dotace (Kč)
Instalace FVE o minimálním výkonu 2 kWp se standardním měničem	80 000
Instalace FVE o minimálním výkonu 2 kWp s hybridním měničem	100 000
Instalace FVE o minimálním výkonu 2 kWp s efektivním využitím tepelného čerpadla	100 000
Za každý další kWh elektrického akumulčního systému	10 000
Za každý další kWp výkonu elektrárny	10 000

3.5 Další možné dotace

3.5.1 Projektová podpora

K téměř všem dotacím lze čerpat i dotace na projekt, odborný dozor a energetické hodnocení. Příspěvek může být ve výši 5 000, 25 000 nebo 30 000 Kč. Na projektovou dokumentaci je to částka 5 000 Kč. [41]

3.5.2 Bonus za využití více opatření

Za kombinaci dvou a více opatření lze čerpat bonusovou dotaci 10 000,- za kombinaci. Tedy při kombinaci FVE a nového zdroje vytápění je dotace ve výši 10 000,- při přidání dalšího opatření např. dešťovky se tato dotace navýší na 20 000,- [41]

4 Charakteristika uvažovaného objektu

4.1 Obecná charakteristika rodinného domu

Objekt je rodinný dům stojící samostatně v městské zástavbě. Nachází se na severu Čech v Libereckém Kraji v obci Kamenický Šenov. Dům má tři samostatné bytové jednotky, dvě jsou umístěny v přízemí a poslední v prvním patře a podkroví. Z těchto 3 jednotek jsou v současné době plně využívány dvě. Dvě spodní bytové jednotky jsou 1+kk a 3+kk a horní bytová jednotka je 4+kk. Ke vstupu do objektu slouží jedny hlavní a jedny vedlejší dveře. Dům je částečně podsklepen a sklep slouží jako kotelna a úložna paliva. Objekt disponuje i malou terasou, která je přístupná z přízemí. Před hlavním vchodem je menší zahrada a přes silnici je k němu přidružená i druhá zahrada s garáží. Přístup k domu je z asfaltové komunikace. Objekt je připojen na obecní vodovod, elektřinu a má nevyužitou přípojku plynu. V objektu žijí trvale dvě rodiny, v přízemí dvě osoby a v prvním patře čtyři osoby.

4.2 Stavební konstrukce

Dům má základní konstrukci z cihel. V roce 2011 proběhla rekonstrukce domu, při které byla vyměněna okna a celý dům byl zateplen. Vytápěný objem domu je 480 m³ a systém větrání je přirozený. V současné době dochází k rekonstrukci půdního prostoru, ze kterého by se v následujících letech měl stát obytný prostor. Celková obytná plocha činí 225 m².

Tabulka 5 stavební materiály

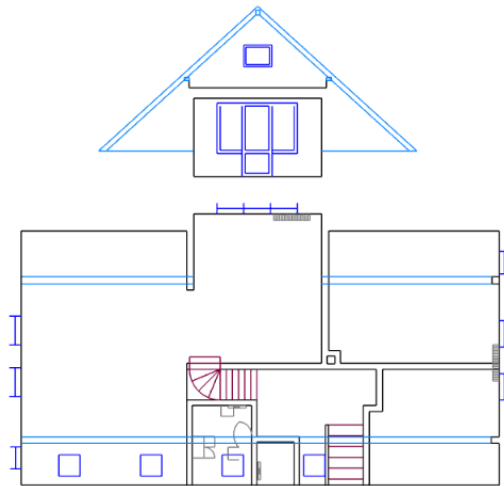
Část domu	Stavební materiál	Zateplení
Přízemí	Cihla 60 cm	Polystyren 6 cm
První patro	Cihla 30 cm	Polystyren 8 cm
Podkroví	Dřevěná prkna	Rockwool 16 cm

Střecha, na kterou by bylo možné umístit fotovoltaickou elektrárnu má sklon 41,4° a je orientovaná na jihozápad. Využitelná plocha je okolo 50 m².

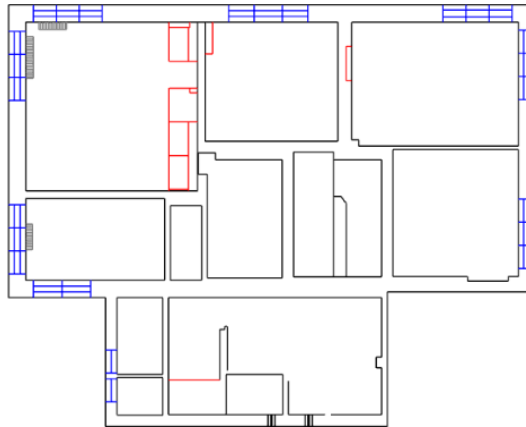
4.3 Možnost čerpání dotací domácností

Domácnost může v rámci dotačního programu čerpat dotaci na výměnu zdroje tepla a to s podmínkami vztahující se pro ostatní domácnosti, protože převyšují roční čistý příjem na člena domácnosti. Dále mohou čerpat dotaci na fotovoltaickou elektrárnu (až 205 000 Kč).

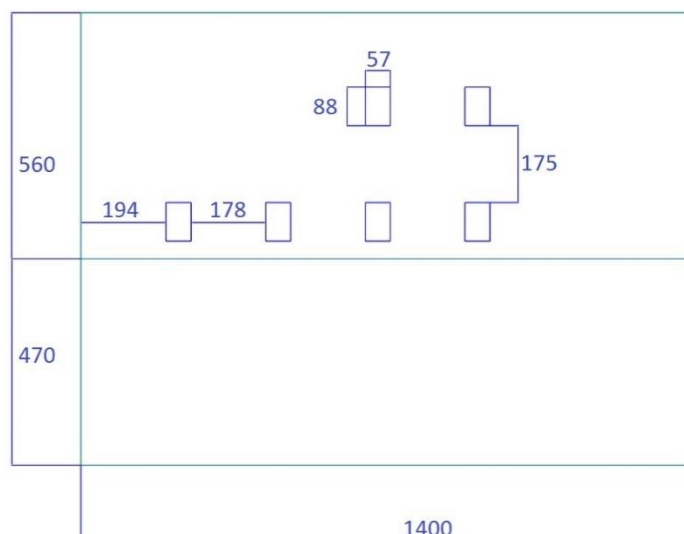
4.4 Nákresy domu a střechy



Obrázek 16 Půdorys horního patra [42]



Obrázek 17 Půdorys spodního patra [42]



Obrázek 18 Nákres části střechy [42]

4.5 Současný zdroj tepla a ohřev teplé užitkové vody

V současné době je objekt zásobován teplem z uhelného kotle. Tento kotel má velmi nízkou účinnost a navíc má jen druhou emisní třídu, což znamená, že bude od 1.9. 2024 zakázán, a proto je potřeba vyměnit tento zdroj tepla za nový. V následující tabulce jsou shrnuty současné náklady a základní vlastnosti současného kotle na pevná paliva.

Tabulka 6 Současný kotel na uhlí

Současný kotel na uhlí		
Účinnost	0,72	-
Spotřebované uhlí ročně	6,2	t
Výhřevnost	17,6	GJ/t
Cena uhlí	3 980	Kč/t
Revize komínu	1 200	kč/rok
Revize kotle (za tři roky)	600	kč/rok
Doprava + dopravník	564	Kč/rok
Roční náklady na topení	27 040	Kč/rok

Vzhledem k nutnosti výměně kotle jsem uvažoval variantu, kdy si domácnost pořídí modernější kotel na uhlí od stejné značky. Vybral jsem konkrétně Slokov variant SL23D Kotel na tuhá paliva. Kotel má mnohem vyšší účinnost a ročně spotřebuje o téměř tunu uhlí méně. V následující tabulce jsou stejně jako v minulém případě shrnuty základní parametry nového zdroje.[43]

Tabulka 7 Nový kotel na uhlí (Slovak Variant SL23D) [44]

Nový kotel na uhlí (Slovak Variant SL23D)		
Pořizovací cena kotle	69 990	Kč
Instalace kotle	12 400	Kč
Účinnost	0,84	-
Spotřebované uhlí ročně	5,28	tun
Výhřevnost	17,7	GJ/t
Cena uhlí	3 980	Kč/t
Revize komínu	1200	kč/rok
Revize kotle (za tři roky)	600	kč/rok
Doprava + dopravník	564	Kč/rok
Pořizovací náklady	82 390	Kč
Roční náklady na topení	21 031	Kč/rok

Kombinaci těchto dvou kotlů budu uvažovat jako referenční variantu, protože investice do nového kotle není vysoká, je nutná a není potřeba měnit návyky v domácnosti ani dělat rozsáhlé stavební úpravy. Referenční variantu budu porovnávat s tepelným čerpadlem, kotly na pevná paliva a elektrickým kotlem. Více o uvažovaných variantách v následujících kapitolách.

5 Ekonomické vstupy

5.1 Volba diskontní sazby

Pro volbu diskontní sazby jsem zvolil bezrizikovou sazbu kombinovanou s průměrnou inflací v České republice za posledních dvacet let.

Bezriziková sazba je taková, při které nehrozí riziko selhání a ačkoliv takový finanční nástroj ve skutečnosti neexistuje, tak lze považovat některá aktiva jako například státní cenné papíry za investici s velmi nízkou, téměř nulovou mírou rizika. [45]

Tento přístup byl zvolen, z důvodu nutnosti investice do nového zdroje vytápění, který nařizuje novela zákona o ovzduší a vyhlášky 415/2012 Sb. a dále je zahrnuto i šetrné zacházení s rodinnými úsporami.

5.1.1 Stanovení průměrné roční inflace

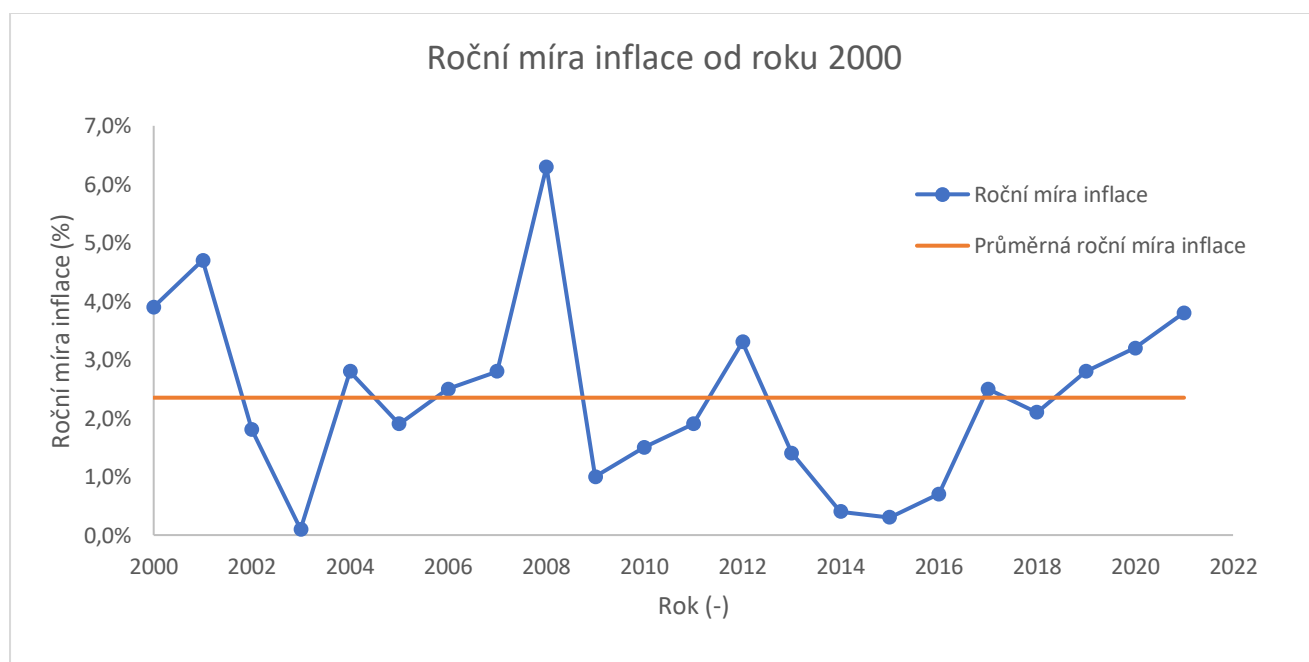
Ve dvou nadcházejících tabulkách a grafu jsou vyobrazeny roční míry inflace pro jednotlivé roky.

Tabulka 8 Roční míra inflace z let 2000-2010 [46]

Rok	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Inflace	3,9%	4,7%	1,8%	0,1%	2,8%	1,9%	2,5%	2,8%	6,3%	1,0%	1,5%

Tabulka 9 Roční míra inflace z let 2011-2021 [46]

Rok	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Inflace	1,9%	3,3%	1,4%	0,4%	0,3%	0,7%	2,5%	2,1%	2,8%	3,2%	3,8%



Obrázek 19 Roční míra inflace z let 2000-2021

Z tabulek a grafů nelze vyvodit předpokládaný růst nebo pokles inflace v následujících letech, protože je závislý na mnoha faktorech. Česká národní banka má bodový inflační cíl od roku 2010 stanoven na 2%, z našich dat nám vychází průměrná roční míra inflace z posledních jednadvaceti let 2,35 % což zhruba odpovídá cílům České národní banky. [47]

Vzhledem k velmi dynamické situaci, kterou můžeme pozorovat v poslední době (konec roku 2021 a první čtvrtina roku 2022) se roční míra inflace pro rok 2022 blíží až k 13%. Z tohoto důvodu jsem se vzhledem k dlouhé životnosti uvažovaných investic rozhodl navýšit uvažovanou roční míru inflace o 3 %. Tento model předpokládá že inflační míra bude i v roce 2023 velmi vysoká (uvažoval jsem 10 %).

Do dalších výpočtů bude započítána inflace 5,35 %.

5.1.2 Stanovení nulové rizikové míry

Pro stanovení nulové rizikové míry jsem použil výnosy dluhopisů republiky, bohužel v současné době jsou vypsány pouze dluhopisy šestileté s poslední emisí 3.1. 2022, ale životnost našich investic je 20 a 30 let a zároveň nyní nejsou vypsány žádné další emise dluhopisů. Pro zjednodušení využiji tento šestiletý dluhopis a budu předpokládat, že se výnosnost státních dluhopisů do budoucna razantně nezvýší.

Tabulka 10 Výnos dluhopisu republiky s datem emise 3.1.2022 [48]

Dluhopis republiky s datem emise 3.1. 2022		
	Úroková sazba	Výnos v Kč při investici 1000,-
1. Výnos dluhopisu	1,0%	10,00 Kč
2. Výnos dluhopisu	1,25%	12,63 Kč
3. Výnos dluhopisu	1,5%	15,34 Kč
4. Výnos dluhopisu	1,75%	18,16 Kč
5. Výnos dluhopisu	2,3%	24,29 Kč
6. Výnos dluhopisu	3,0%	32,41 Kč
Celkový výnos při investici 1000,-		112,83 Kč
Průměrná úroková sazba p.a.		1,88%

Výnosy z dluhopisů nejsou v tomto případě pravidelně vypláceny, ale jsou automaticky reinvestovány. Po uplynutí období si investor vybere jak výnosy z každého roku, tak počáteční investici.

Výpočet průměrné úrokové roční sazby byl proveden tak, že do dluhopisů bylo investováno 1000 Kč. Výnosy byly sečteny a vyšel nám celkový výnos 112,83 Kč, který jsme následně přepočítali na úrok a ten vydělili počtem let. Tímto výpočtem jsme došli k průměrné roční úrokové sazbě 1,88 %.

5.1.3 Stanovení diskontní sazby

Pro stanovení diskontní sazby použijeme nulovou rizikovou míru a roční míru inflace. Předpokládáme, že celou investici zaplatí z rodinných úspor a nebude potřeba si půjčovat finanční prostředky. Díky tomu můžeme stanovit diskontní míru jednoduchým výpočtem.

$$r = 100 \cdot [(1 + I) \cdot (1 + D_0) - 1] = 100 \cdot [1,0535 \cdot 1,0188 - 1] = 7,33 \%,$$

kde

r ... Diskontní sazba
I ... Roční míra inflace
D₀ ... Nulová riziková míra

5.2 Metody hodnocení investic

5.2.1 Čistá současná hodnota NPV

Čistá současná hodnota je metoda hodnocení investic, při které porovnáváme kolik finančních prostředků může daná investice přinést za svou životnost.[49]

$$NPV = \sum_{t=0}^T \frac{CF_t}{(1 + d)^t}$$

kde

CF_t ... Tok hotovosti v daném roce
T... Doba životnosti
d... Diskont

5.2.2 Roční ekvivalentní peněžní tok

Tento ukazatel vychází z čisté současné hodnoty, která je vydělena anuitním faktorem. Takovýmto vydělením dojde k rovnoměrnému rozdělení diskontovaných peněžních toků. Toto kritérium lze oproti NPV použít i při různých délkách životnosti investic.[49]

$$RCF = NPV \cdot \frac{q^T \cdot (q - 1)}{q^T - 1}$$

kde

NPV ... Čistá současná hodnota
T ... Počet let
d ... Diskont
q = 1 + d

6 Výběr zdroje vytápění

V této kapitole se věnuji technickým parametrům konkrétních zdrojů vytápění. Mezi uvažované zdroje tepla jsem zařadil tepelné čerpadlo, elektrický kotel, automatický kotel na biomasu (pelety) a kotel na dřevo všechny tyto varianty jsem porovnal se současným zdrojem vytápění, jímž je kotel na uhlí. U současného zdroje jsem uvažoval jeho nutnou výměnu po dvou letech za modernější, který splňuje požadavky Ministerstva životního prostředí.

6.1 Spotřeba tepla v rodinném domě

Pro následující výpočty spotřeby je potřeba spočítat roční spotřebu tepla. Při výpočtu jsem vycházel ze současné spotřeby uhlí, jeho výhřevnosti a účinnosti kotle. Výsledky výpočtu i předpoklady lze vidět v následující tabulce.

Tabulka 11 Roční spotřeba tepla

Výpočet roční spotřeby tepla		
Roční spotřeba uhlí	6200	kg
Výhřevnost uhlí	17,6	MJ/kg
účinnost kotle	72%	
Průměrná roční spotřeba	78,5664	GJ

6.2 Tepelná čerpadla NIBE (vzduch-voda)

Tepelná čerpadla jako zdroj tepla jsem vybral, protože se majitelům domu tato varianta líbí. Konkrétní typ tepelného čerpadla byl zvolen po konzultaci s několika odborníky hlavně z důvodu spolehlivosti a to i přes vyšší pořizovací cenu těchto čerpadel. Výkon čerpadel byl zvolen 16 kW což vychází z výpočtu tepelných ztrát objektu, který je v přílohách.

6.2.1 Parametry tepelného čerpadla NIBE F2120-16

Tabulka 12 Parametry NIBE F2120-16 [50]

Tepelné čerpadlo - NIBE F2120-16		
Cena čerpadla (bez DPH)	258 500	Kč
Cena ostatního materiálu	65 813	Kč
Dodatečná sleva obchodníka	-30 000	Kč
Instalace čerpadla	52 897	Kč
DPH	15%	
Celkové pořizovací náklady	399 292	Kč
Výkon	16,00	kW
Topný faktor	2,95	pro -7/45°C
Výhřevnost čerpadla	0,0036	GJ/kWh
Spotřebované kWh za rok	7 398	kWh
Životnost	20	let

6.2.2 Parametry tepelného čerpadla NIBE F2040-16

Tabulka 13 Parametry NIBE F2040-16 [51]

Tepelné čerpadlo - NIBE F2040-16		
Cena čerpadla (bez DPH)	186 000	Kč
Cena ostatního materiálu	67 038	Kč
Dodatečná sleva obchodníka	-5 000	Kč
Instalace čerpadla	52 897	Kč
Daň	15%	
Celkové pořizovací náklady	346 075	Kč
Výkon	16,00	kW
Topný faktor	2,41	pro -7/45°C
Výhřevnost čerpadla	0,0036	GJ/kWh
Spotřebované kWh za rok	9 056	kWh
Životnost	20	let

6.2.3 Tarif D57d – pro tepelná čerpadla

Při instalaci tepelného čerpadla nám vzniká nárok na nový tarif a to D57d, kde nízký tarif trvá 20 hodin denně. V současné chvíli mají majitelé zafixované ceny na příští dva roky (v tabulce zelená barva). Po změně tarifu tedy předpokládám, že obchodník nechá fixované ceny. Nové ceny (v tabulce označeny červeně) vychází ze současných cen elektřiny, které obchodník nabízí. [52], [53]

Tabulka 14 Ceny elektřiny tarif D57d [52], [53]

Elektřina (tarif D57d - nízký tarif 20 hodin/den)		
Cena za kWh NT - distribuce	173,98	Kč/MWh
Cena za kWh VT - distribuce	228,82	Kč/MWh
Cena systémových služeb	113,53	Kč/MWh
POZE	495	Kč/MWh
Daň z elektřiny	28,3	Kč/MWh
Cena za kWh NT/VT – silová – současná fixace	2 089	Kč/MWh
Cena za kWh NT/VT – silová – po konci fixace	5 189	Kč/MWh
Celková cena za elektřinu NT (s DPH) – současná fixace	3 509	Kč/MWh
Celková cena za elektřinu VT (s DPH) - současná fixace	3 575	Kč/MWh
Celková cena za elektřinu NT (s DPH) – po konci fixace	7 260	Kč/MWh
Celková cena za elektřinu VT (s DPH) – po konci fixace	7 326	Kč/MWh

6.2.4 Výpočet průměrné ceny elektřiny

Ve výpočtech jsem použil průměrnou cenu elektřiny, kterou jsem vypočítal jako vážený průměr cen elektřiny podle doby trvání nízkého a vysokého tarifu.

Tabulka 15 Výpočet průměrné ceny elektřiny - tepelné čerpadlo

Výpočet průměrné ceny elektřiny – tepelné čerpadlo		
Počet hodin VT	4	h
Počet hodin NT	20	h
Celková spotřeba elektrické energie	24	kWh
Průměrná cena za elektřinu podle spotřeby (současná fixace)	3,52	Kč/kWh
Průměrná cena za elektřinu podle spotřeby (po konci fixace)	7,27	Kč/kWh

6.2.5 Ušetřené prostředky za ohřev teplé vody

U tepelného čerpadla uvažujeme i ohřev teplé užitkové vody. V současné chvíli je v rodinném domě tato voda ohřívána pomocí bojlerů, které tvoří až třetinu celkové spotřeby vody. Při ohřevu tepelným čerpadlem by byla tato voda ohřívána efektivněji, a proto ušetříme finanční prostředky.

Tabulka 16 Ušetřené náklady za ohřev teplé užitkové vody NIBE F2120-16

Výpočet ušetřených nákladů za ohřev užitkové teplé vody		
Současná roční spotřeba elektrických bojlerů	3 939	kWh
Předpokládaná spotřeba na ohřev teplé vody	1 335	kWh
Ušetřená elektrická energie	2 604	kWh
Ušetřené finanční prostředky – současná fixace	9 136	Kč
Ušetřené finanční prostředky - předpoklad po konci fixace	18 903	Kč

Tabulka 17 Ušetřené náklady za ohřev teplé užitkové vody NIBE F2040-16

Výpočet ušetřených nákladů za ohřev užitkové teplé vody		
Současná roční spotřeba elektrických bojlerů	3 939	kWh
Předpokládaná spotřeba na ohřev teplé vody	1634	kWh
Ušetřená elektrická energie	2305	kWh
Ušetřené finanční prostředky – současná fixace	8 086	Kč
Ušetřené finanční prostředky – předpoklad po konci fixace	16 731	Kč

6.2.6 Ekonomické ukazatele tepelných čerpadel

Do výpočtu byla zahrnuta i dotace na výměnu zdroje tepla, která u tepelných čerpadel s ohřevem teplé vody činí 100 000 Kč. Zároveň je započtena i nutná výměna otopného systému, která byla vyčíslena na 50 000 Kč, navýšení jističe a výměna kompresoru po ukončení jeho životnosti. Podrobné tabulky s výpočtem Cash-flow jsou v přílohách. Do výpočtu byl započítán i 3% růst ceny elektřiny, zde jsem vycházel z předešlých dat, kdy elektřina až do roku 2021 měla zhruba stále stejnou cenu, až v posledním roce a půl výrazně vzrostla její hodnota. [54]

Tabulka 18 NPV a RCF F2120-16

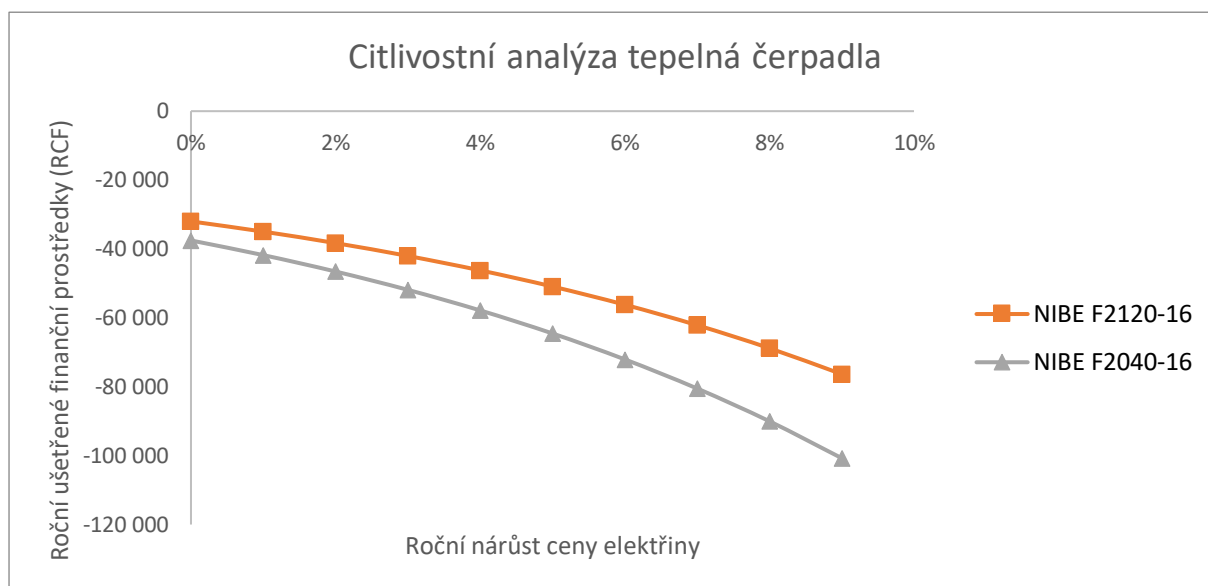
F2120-16	
NPV _{rozdílové}	-434 080 Kč
RCF _{rozdílové}	-42 031 Kč

Tabulka 19 NPV a RCF F2040-16

F2040-16	
NPV _{rozdílové}	-535 739 Kč
RCF _{rozdílové}	-51 874 Kč

Vzhledem k tomu, že se jedná o rozdílové ukazatele jsou obě čerpadla v pouhém porovnání nákladů horší. Čerpadla vychází hůře hlavně kvůli navýšení ceny elektřiny po konci fixace, která se navýší na více než dvojnásobek. Z těchto dvou čerpadel, která jsme porovnávali však vyjde výrazně lépe to s vyššími pořizovacími náklady a lepšími vlastnostmi, tedy F2120-16.

6.2.7 Citlivostní analýza – tepelná čerpadla



Z grafu je patrné, že při zvyšování ročního nárůstu cen elektřiny rychleji klesá levnější tepelné čerpadlo, což je způsobeno nižším topným faktorem. Tedy při rychlejším nárůstu cen elektřiny se vyplatí více tepelné čerpadlo NIBE F2120-16. Čerpadlo F2040-16 se z pohledu RCF vyplatí až při poklesu cen elektřiny.

6.3 Elektrický kotel

6.3.1 Parametry elektrického kotle

Tabulka 20 Parametry elektrického kotle [55]

Elektrický kotel Protherm Ray 21KE		
Cena elektrického kotle	19 000	Kč
Revize elektro	1000	Kč
Instalace elektrického kotle	8000	Kč
Celkové pořizovací náklady	28000	Kč
Výkon	21,00	kW
Účinnost	99,5	%
Výhřevnost elektrického kotle	0,0036	GJ/kWh
Spotřebované kWh za rok	21933,67	kWh
Životnost	30	let

6.3.2 Tarif D57d – pro elektrické kotle

I v tomto případě nám vzniká nárok na nový tarif a to D57d. Zde nízký tarif trvá 20 hodin denně. Tarif D45d se od roku 2016 nepřiznává a místo něj se využívá tarif D57d. Podrobněji viz tabulka 14.

6.3.3 Výpočet průměrné ceny elektřiny

Ve výpočtech jsem použil průměrnou cenu elektřiny, kterou jsem vypočítal jako vážený průměr cen elektřiny podle doby trvání nízkého a vysokého tarifu.

Tabulka 21 Výpočet průměrné ceny elektřiny elektrický kotel

Výpočet průměrné ceny elektřiny - elektrický kotel		
Počet hodin VT	4	h
Počet hodin NT	20	h
Celková spotřeba elektrické energie	24	kWh
Průměrná cena za elektřinu podle spotřeby (současná cena)	3,52	Kč/kWh
Průměrná cena za elektřinu podle spotřeby (předpokládaná cena)	7,27	Kč/kWh

6.3.4 Ekonomické ukazatele elektrického kotle

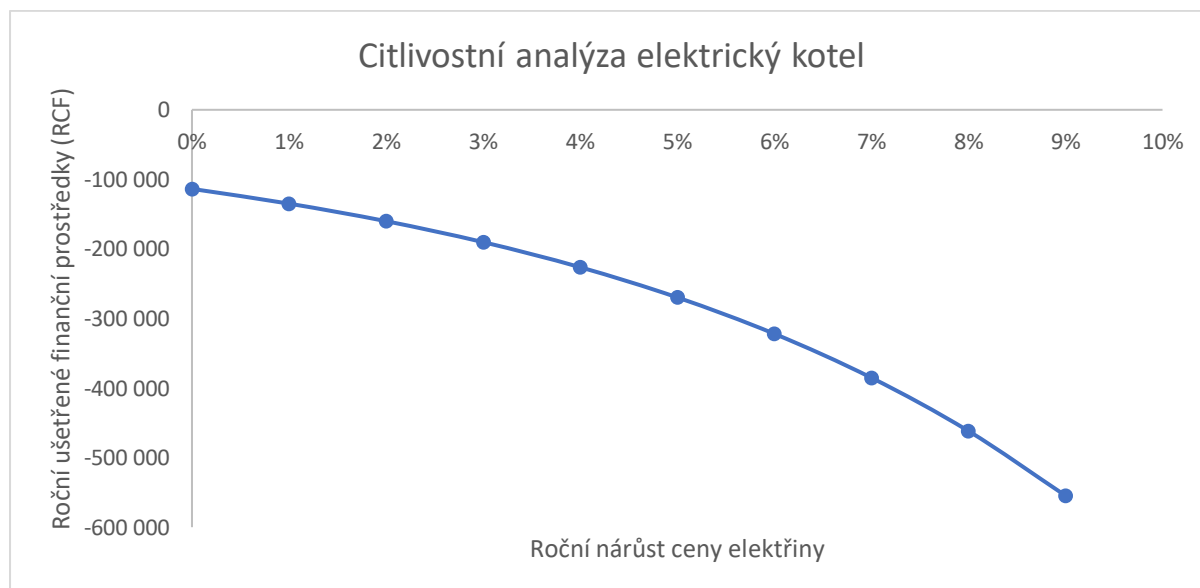
Do výpočtu byla započtena výměna jističe a revize elektrických zařízení potřebná k instalaci kotle. Stejně jako u tepelných čerpadel i zde je započítán 3% nárůst cen elektřiny.

Tabulka 22 NPV a RCF elektrický kotel

Elektrický kotel	
NPV _{rozdílové}	-2 112 067 Kč
RCF _{rozdílové}	-175 881 Kč

I zde se jedná o rozdílové ukazatele, které porovnávají nový stav se současným. Podle ukazatele RCF si můžeme povšimnout, že roční navýšení platby za vytápění objektu by bylo o více než 175 000 Kč dražší a zde se nám potvrzuje i hypotéza, že takovýto zdroj vytápění je vhodný maximálně jako záložní popřípadě pro málo využívané rekreační objekty.

6.3.5 Citlivostní analýza - elektrický kotel



Z předcházející analýzy je zřejmé, že při rychlejším nárůstu cen elektřiny nám strmě rostou náklady na vytápění.

6.4 Kotel na pelety

U tohoto typu kotle můžeme pelety uskladnit na původním místě, kde bylo uskladněno uhlí. Uvažoval jsem pelety sypané, kdy přijede vůz s peletami a složí je na vybrané místo. Cena takovýchto pelet je 8 960 Kč. [56]

6.4.1 Parametry kotle na pelety

Tabulka 23 Parametry kotle na pelety [57]

SLOKOV VARIANT SL22A - Automatický kotel na tuhá paliva		
Pořizovací cena kotle	91 708	Kč
Instalace kotle	12 400	Kč
Účinnost	0,9	-
Spotřebované pelety ročně	5,29	t
Výhřevnost	16,5	GJ/t
Cena pelet	8 960	Kč/t
Pořizovací náklady	104 108	Kč
Roční náklady na topení	47 404	Kč

6.4.2 Ekonomické ukazatele kotle na pelety

Do výpočtu byly zahrnuty všechny nutné náklady na údržbu jako revize komínu, revize kotle a doprava pelet. Do výpočtu byla dále započítána dotace na kotle spalující biomasu se zásobníkem, která činí 50% pořizovacích nákladů (s maximální možnou dotací 80 000 Kč).

Tabulka 24 NPV a RCF - kotel na pelety

Ekonomické ukazatele	
NPV _{rozdílové}	-419 100 Kč
RCF _{rozdílové}	-34 900 Kč

I tato investice vychází ztrátová oproti současnému zdroji vytápění, ale je třeba uvažovat větší pohodlí díky zásobníku na pelety.

6.5 Kotel na dřevo

Kotel na dřevo je velmi podobná varianta jako kotel na uhlí. Pro výpočet jsem uvažoval nákup již proschlého štípaného dřeva, které mohou majitelé uskladnit na místě kde bylo uskladněno uhlí, protože je to krytý prostor, a protože je dřevo již proschlé není nutné dřevo mít již ve velmi dobře větraném prostoru, a proto postačí přirozené větrání.

6.5.1 Parametry kotle na dřevo

Tabulka 25 Parametry kotle na dřevo [58]

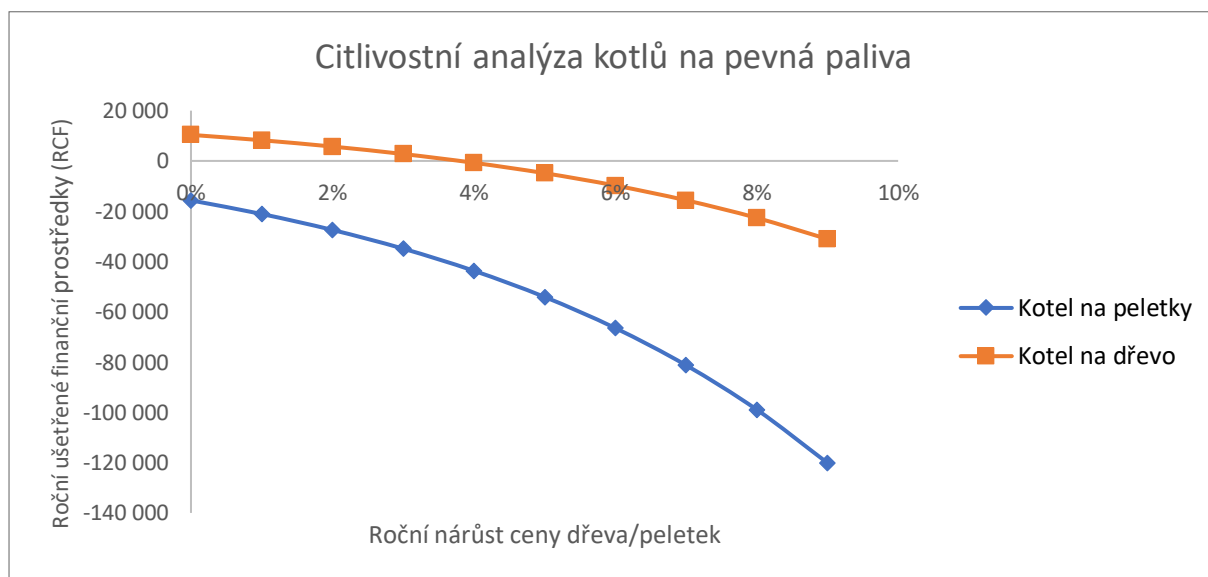
Rojek KTP 20		
Pořizovací cena kotle	69 938	Kč
Instalace kotle	12 400	Kč
Účinnost	0,75	-
Spotřebované dřevo ročně	6,35	t
Výhřevnost	16,5	GJ/t
Cena dřeva	1 630	Kč/PRMS
Váha buku na PRMS	550	kg/PRMS
Cena dřeva za kg	2,96	Kč/kg
Pořizovací náklady	82 338	Kč
Roční náklady na topení	18 816	Kč

6.5.2 Ekonomické ukazatele kotle na dřevo

Tabulka 26 NPV a RCF - kotel na dřevo

Ekonomické ukazatele	
NPV _{rozdílové}	32 964 Kč
RCF _{rozdílové}	2 745 Kč

6.6 Citlivostní analýza kotlů na pevná paliva



Obrázek 20 Citlivostní analýza kotlů na pevná paliva

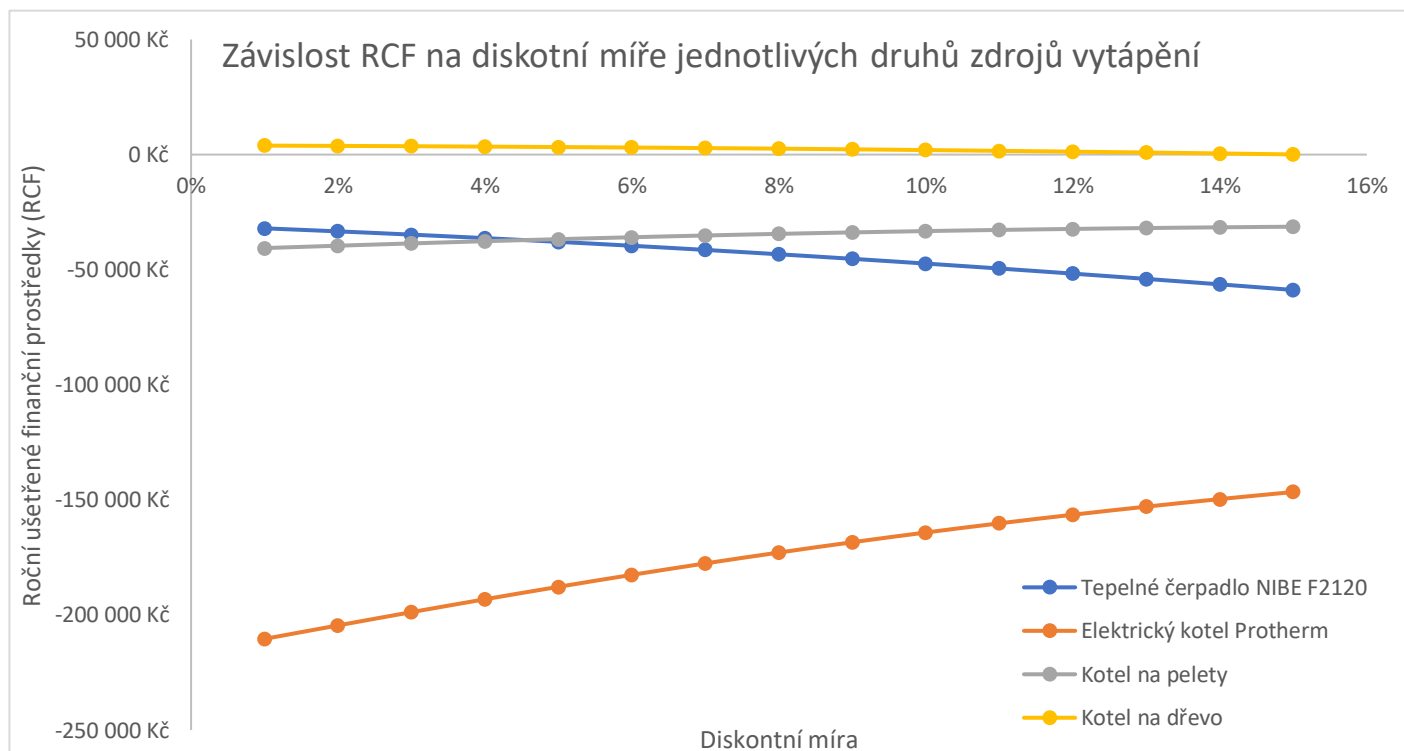
Z analýzy můžeme vyčíst, že více závislý na zdražení materiálu k topení je kotel na pelety, u kterého je strmější pokles.

6.7 Vyhodnocení nového zdroje vytápění

Tabulka 27 Srovnání zdrojů tepla

Výměna zdroje vytápění	Požizovací náklady	Životnost	RCF _{rozdílové}
Tepelné čerpadlo NIBE F2120	-355 792	20	-42 031
Tepelné čerpadlo NIBE F2040	-296 075	20	-51 874
Elektrický kotel Protherm	-34 500	30	-175 881
Kotel na pelety	-52 054	30	-34 900
Kotel na dřevo	-82 338	30	2 745

Při srovnání jednotlivých zdrojů vytápění nám vyšel nejlépe kotel na dřevo. Jeho pořizovací náklady nejsou tak vysoké a jako jediný vychází lépe než referenční varianta. Při porovnání dvou tepelných čerpadel od stejné firmy vychází lépe varianta s vyšší pořizovací cenou. V dalších úvahách již tedy nebudu zohledňovat levnější tepelné čerpadlo. Nejhuře vyšel elektrický kotel a to velmi výrazně. Oproti stávající variantě se nám roční náklady zvednou o více než 175 000 Kč, což je velmi neekonomické a v porovnání s tepelnými čerpadly, která zajišťují stejný komfort můžeme i tuto variantu jako samostatný zdroj vytápění vyloučit.



Obrázek 21 Závislost RCF na diskontní míře (zdroje vytápění)

Z předcházejícího grafu lze vidět, že při nárůstu diskontní míry nám rostou ušetřené finanční prostředky při pořízení elektrického kotle a kotle na pelety. Okolo 4 % diskontní míry se nám navíc více vyplatí kotel na pelety v porovnání s tepelným čerpadlem.

7 Zhodnocení investice do fotovoltaické elektrárny

7.1 Tarif elektřiny

Instalaci fotovoltaiky nám obchodník ČEZ prodej nabízí tarif elektřina pro soláry, kdy je možné využít tzv. virtuální baterii. Služba zjednodušeně znamená, že v případě přetoků do sítě se elektřina odkoupí a při vlastní spotřebě poté obchodník odečte silovou část, maximálně však do výše spotřebované elektřiny ze sítě. Pokud by bylo množství odebrané energie nižší rozdíl nám již obchodník nezaplatí. Za tuto službu si navíc obchodník účtuje 199 Kč jako měsíční paušální poplatek.

Tabulka 28 Tarif elektřina D26d [52], [53]

Elektřina (tarif D26d - nízký tarif 8 hodin/den)		
Cena za kWh NT - distribuce	173,98	Kč/MWh
Cena za kWh VT - distribuce	625,24	Kč/MWh
Cena systémových služeb	113,53	Kč/MWh
POZE	495	Kč/MWh
Daň z elektřiny	28,3	Kč/MWh
Cena za kWh NT/VT – silová - současná	2 089	Kč/MWh
Celková cena za elektřinu NT (s DPH) – současná fixace	3 509	Kč/MWh
Celková cena za elektřinu VT (s DPH) – současná fixace	4 055	Kč/MWh
Cena za kWh NT/VT – silová - po skončení fixace	5 149	Kč/MWh
Celková cena za elektřinu NT (s DPH) – po skončení fixace	7 211	Kč/MWh
Celková cena za elektřinu VT (s DPH) – po skončení fixace	7 757	Kč/MWh

7.2 Výpočet průměrné ceny elektřiny

Ve výpočtech jsem použil průměrnou cenu elektřiny (včetně započítání distribuční části ceny), kterou jsem vypočítal jako vážený průměr současné spotřeby ve vysokém a nízkém tarifu.

Tabulka 29 Výpočet průměrné ceny elektřiny - fotovoltaika

Výpočet průměrné ceny elektřiny		
Současná spotřeba VT	5 250	kWh
Současná spotřeba NT	7 363	kWh
Celková spotřeba elektrické energie	12 613	kWh
Průměrná distribuční cena za elektřinu - současná	1,21	Kč/kWh
Průměrná cena za elektřinu podle spotřeby - současná	3,74	Kč/kWh
Průměrná distribuční cena za elektřinu - předpokládaná	1,21	Kč/kWh
Průměrná cena za elektřinu podle spotřeby- předpokládaná	7,44	Kč/kWh

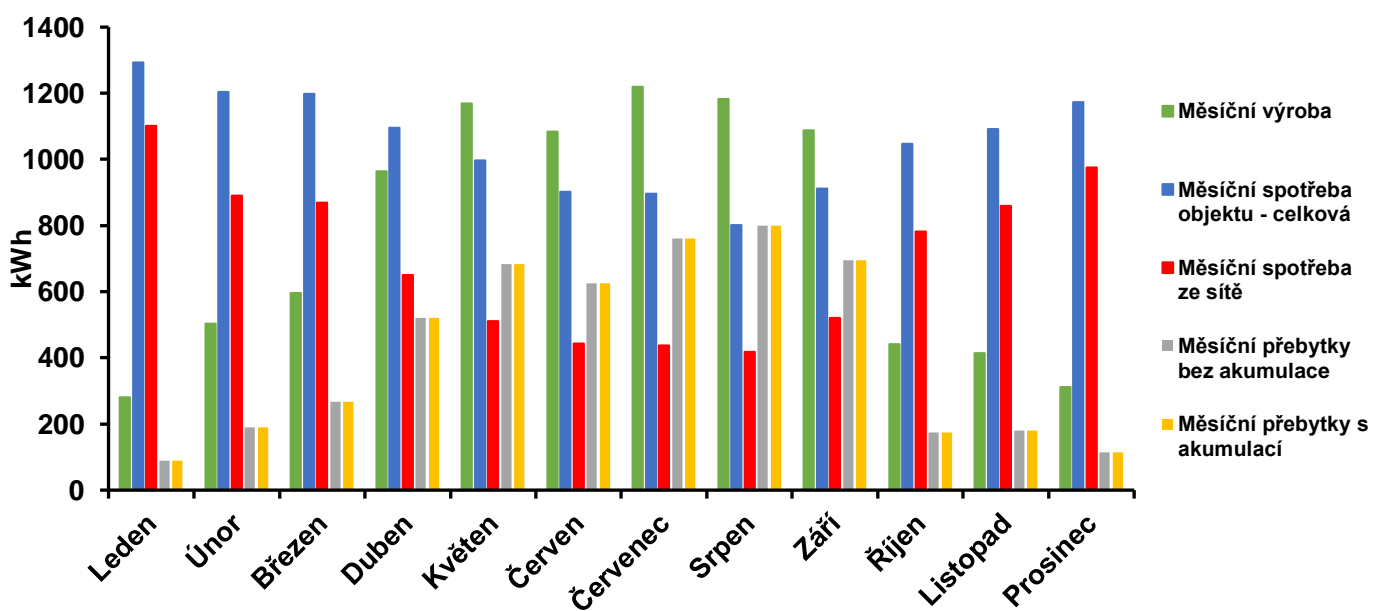
7.3 Vyrobena energie fotovoltaikou

Firma Schlieger zpracovala nabídku na instalaci fotovoltaické elektrárny. Počet instalovaných panelů jsme volili maximální možný, který je stanoven na 10 kWp dotačním programem NZÚ a zároveň se na ní vztahuje osvobození od daně z příjmu. [59] Zároveň jsem počítal s velikostí akumulace 10 kWh. Tato varianta (velikost instalovaného výkonu a velikost akumulace) nám byla doporučena i zkušeným technikem, zároveň byly parametry voleny tak, aby investor dosáhl na nejvyšší možné částky dotací.

Pro výpočet jsem použil online dostupný software pro odhad výroby a spotřeby energie z webu ministerstva životního prostředí. Výstupem je potom následující tabulka a graf.

Tabulka 30 Využití energie z fotovoltaiky [60]

Vyrobena energie z fotovoltaiky a její užití	
Instalovaný výkon (kW _p)	9,84
Velikost akumulace (kWh)	10
Energie vyrobena fotovoltaikou za rok (kWh)	9 257,55
Energie z fotovoltaiky využita v budově za rok (kWh)	6 223,27
Energie dodana do sítě - přebytky za rok (kWh)	3 034,29
Energie využita z fotovoltaiky za rok: využita energie + dodávky do sítě (kWh)	9 257,55
Spotřeba energie ze sítě za rok (kWh)	6 389,73



Obrázek 22 Odhad měsíční výroby a spotřeby elektřiny [60]

7.4 Ekonomické zhodnocení fotovoltaické elektrárny

V následující tabulce je cena počáteční investice do fotovoltaické elektrárny a zároveň ceny vybraných komponent systému, které mají kratší životnost než je životnost panelů (30 let). Zároveň je zde vyčíslena i maximální výška dotace, která zahrnuje jak dotaci na fotovoltaiku, tak na projekt.

Tabulka 31 Náklady na fotovoltaickou elektrárnu

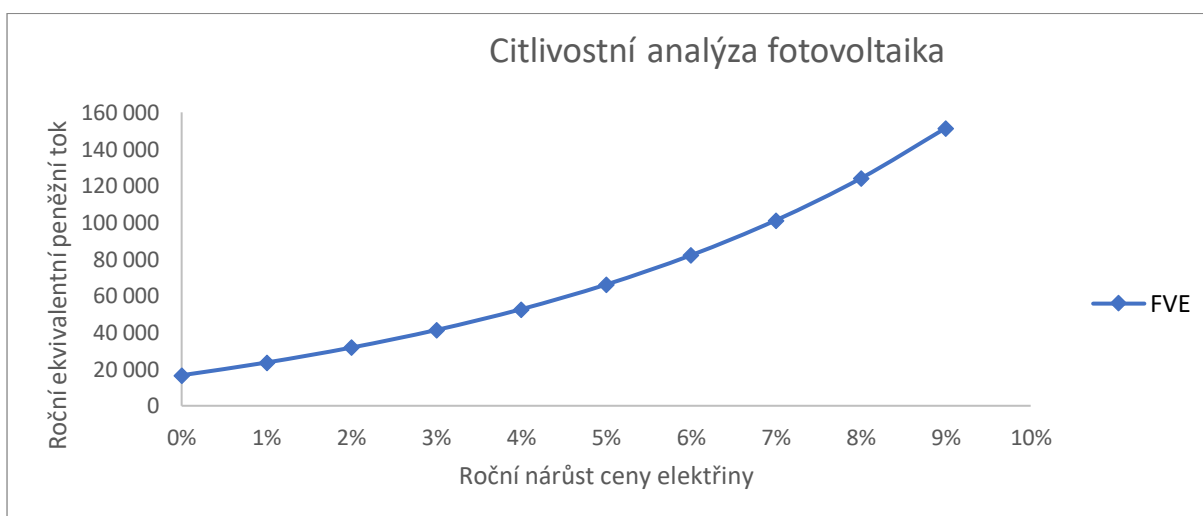
Pořizovací cena investice a cena komponent		
Cena za sestavu fotovoltaického systému (bez DPH)	385 050	Kč
Cena za montáž, dopravu a uvedení do provozu (bez DPH)	46 000	Kč
Akční sleva obchodníka na systém	30 000	Kč
Dotace Nová zelená úsporám	205 000	Kč
Střídač - odhadovaná životnost -> 10 let (záruka)	60 000	Kč
Bateriové úložiště - odhadovaná životnost -> 10 let (záruka)	160 000	Kč
Mechanické části FVE panelů - odhadovaná životnost -> 15 let	40 000	Kč
DPH	1,15	-
Celková pořizovací cena systému včetně DPH	260 708	Kč

Do výpočtů byla započítána výměna všech komponent ihned po skončení jejich životnosti.

Tabulka 32 NPV a RCF fotovoltaika

Ekonomické ukazatele	
NPV _{rozdílové}	496 319 Kč
RCF _{rozdílové}	41 331 Kč

Zde nám vyšel roční ekvivalentní peněžní tok na více než 50 000 Kč což nejspíš zapříčinilo zvýšení ceny elektřiny. Vzhledem k tomu, že se jedná také o rozdílové ukazatele a RCF vyšlo kladné můžeme spočítat i návratnost investice, která je zhruba po 5ti až 6ti letech. Na následujícím obrázku je vidět rychlý nárůst RCF při zvyšování ceny elektřiny.



Obrázek 23 Citlivostní analýza - fotovoltaika

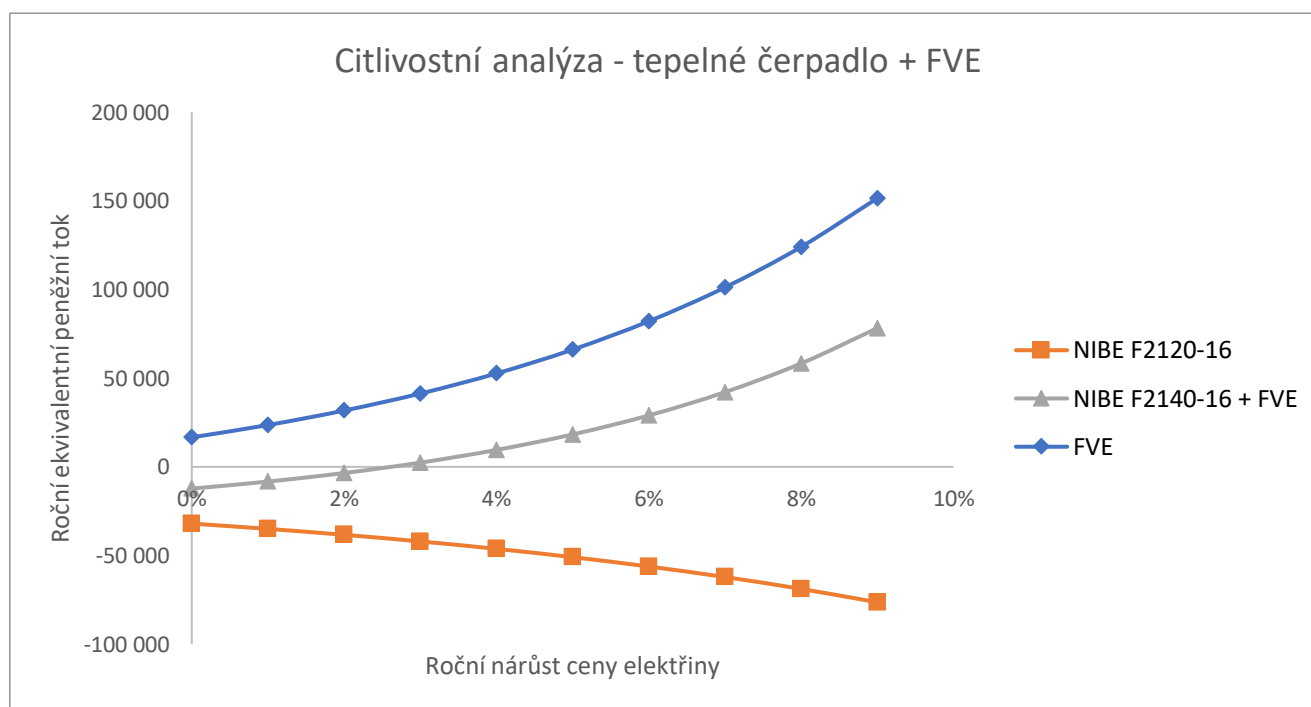
8 Kombinace fotovoltaiky a nového zdroje vytápění

V poslední části jsem zkombinoval tři zdroje vytápění a to tepelné čerpadlo, kotel na dřevo a kotel na pelety. Jak můžeme vidět, tak nejlépe vychází kotel na dřevo a to z toho důvodu, že při 3% nárůstu cen jak dřeva tak elektřiny byly oba ukazatele RCF kladné. Kotel na pelety vyšel o něco hůře než tepelné čerpadlo, protože na kombinaci dvou opatření lze čerpat vyšší dotaci.

Tabulka 33 RCF a NPV pro kombinaci zdroje vytápění a FVE

Výměna zdroje vytápění + FVE	Pořizovací náklady	RCF _{rozdílové}
Kotel na pelety + FVE	-312 762	6 430 Kč
Kotel na dřevo + FVE	-343 046	44 076 Kč
Tepelné čerpadlo NIBE F2120 + FVE	-586 499	2 389 Kč

Při zkombinování citlivostních analýz tepelného čerpadla a FVE zjistíme, že při vyšším nárůstu ceny elektřiny roste rychleji křivka pro FVE než pro samostatné tepelné čerpadlo, jak lze vidět na následujícím obrázku.



Obrázek 24 Citlivostní analýza - tepelné čerpadlo + FVE

Závěr

V bakalářské práci jsem se zabýval problematikou pokrytí spotřeby energií rodinného domu.

V první a druhé kapitole jsem analyzoval trh a sepsal základní varianty vytápění rodinných domů, které jsou v současné době dostupné na trhu i s jejich výhodami a nevýhodami. Podrobněji jsem se věnoval tepelným čerpadlům, která jsou pro investora nejvíce chtěnou variantou. Dále jsem se zaměřil na fotovoltaické elektrárny, u kterých byl popsán princip a základní rozdělení.

Třetí kapitolu jsem věnoval možnosti financování a legislativním krokům ke snížení emisí a s tím souvisejícím zákazem kotlů druhé a nižší emisní třídy. Shrnul jsem zde možnosti dotačních programů, které se vztahují na výměnu nevhodného zdroje tepla a instalaci fotovoltaického systému. Na vyžadované tepelné čerpadlo lze získat dotaci až 100 000 Kč a na fotovoltaické systémy až 200 000 Kč. Přínosem teoretické části jsou informace pro investory o fotovoltaických elektrárnách a zdrojích tepla, kterými je možné nahradit stávající zdroj vytápění.

Ve čtvrté kapitole jsem analyzoval současný stav rodinného domu. Přiložil jsem výkresy podlaží, střechy a sepsal stavební materiály, ze kterých je postaven. Dále jsem stanovil variantu vytápění, vůči které budu ostatní zdroje porovnávat. Vzhledem k tomu, že nyní je objekt vytápěn uhelným kotlem nižší emisní třídy uvažoval jsem do této varianty i výměnu za novější kotel, který splňuje legislativní požadavky.

V poslední ekonomické části jsem nejdříve porovnal čtyři varianty nového zdroje vytápění. Do porovnání jsem uvažoval tepelné čerpadlo, kotel na pevná paliva (pelety a dřevo) a elektrický kotel. Z tohoto porovnání vyšel jako nejekonomičtější kotel na dřevo, zároveň je to jediná varianta, která vychází levněji než referenční varianta. Jednoznačně nejhůře pak vyšla varianta s elektrickým kotlem, čímž se nám potvrdil předpoklad z teoretického úvodu, že elektrický kotel je vhodný jako doplňkový zdroj vytápění anebo pro vytápění rekreačních objektů. Tepelné čerpadlo vychází o 40 000 Kč ročně hůře než referenční varianta, ale i zde je potřeba brát v potaz komfort, který tepelné čerpadlo zajišťuje, tedy provoz bez nutnosti obsluhy. Dále jsem vyhodnocoval instalaci fotovoltaické elektrárny, která se díky prudkému nárůstu cen elektřiny v posledních letech vyplatí. Zde mi vyšel roční ekvivalentní peněžní tok více než 40 000 Kč.

Pokud bych měl tedy zodpovědět otázku investora jaký zdroj tepla by měl volit, doporučil bych mu kotel na dřevo nebo tepelné čerpadlo. U kotle na dřevo lze očekávat nižší náklady spojené s topením avšak více práce s provozem a u tepelného čerpadla bezobsluhový provoz, ale vysokou počáteční investici a rozsáhlejší stavební úpravy. Fotovoltaickou elektrárnu bych určitě investorovi doporučil k jakémukoliv zdroji, protože návratnost investice je v našem případě nižší než šest let a v nejbližší době lze očekávat spíše zdražování cen energií.

Seznam obrázků:

Obrázek 1 Prohořivací kotel [8]	14
Obrázek 2 odhořivací kotel [8]	15
Obrázek 3 Stacionárně spalovací kotel [8]	15
Obrázek 4 Princip tepelného čerpadla [17]	18
Obrázek 5 Ukázka zemního kolektoru [21]	19
Obrázek 6 Ukázka hlubinného vrtu [22]	20
Obrázek 7 Princip kondenzačního kotle [23]	20
Obrázek 8 Fotovoltaický článek - PN přechod [24]	21
Obrázek 9 Typy fotovoltaických panelů [26]	22
Obrázek 10 Schéma zapojení fotovoltaiky (on-grid) [27]	23
Obrázek 11 Roční úhrn globálního slunečního záření v ČR [W/m ²] [28]	23
Obrázek 12 výnos energie v závislosti na sklonu a orientaci panelu [29]	24
Obrázek 13 Podíl sektorů na celkových emisích CO ₂ , 2019 [32]	25
Obrázek 14 Vývoj celkových emisí CO ₂ , 2010-2019 [32]	25
Obrázek 15 Mapa úspěšných projektů [25]	26
Obrázek 16 Půdorys horního patra [42]	31
Obrázek 17 Půdorys spodního patra [42]	31
Obrázek 18 Nákres části střechy [42]	31
Obrázek 19 Roční míra inflace z let 2000-2021	33
Obrázek 20 Citlivostní analýza kotlů na pevná paliva	42
Obrázek 21 Závislost RCF na diskontní míře (zdroje vytápění)	43
Obrázek 22 Odhad měsíční výroby a spotřeby elektřiny [60]	45
Obrázek 23 Citlivostní analýza - fotovoltaika	46
Obrázek 24 Citlivostní analýza - tepelné čerpadlo + FVE	47

Seznam tabulek:

Tabulka 1 Srovnání pevných paliv [16].....	17
Tabulka 2 Maximální výška dotace pro domácnosti s nižšími příjmy [39]	27
Tabulka 3 Maximální výška dotace pro ostatní domácnosti [40].....	28
Tabulka 4 Výpočet dotace pro fotovoltaické elektrárny pro rodinné domy [41].....	28
Tabulka 5 stavební materiály.....	30
Tabulka 6 Současný kotel na uhlí.....	32
Tabulka 7 Nový kotel na uhlí (Slovak Variant SL23D) [44]	32
Tabulka 8 Roční míra inflace z let 2000-2010 [46].....	33
Tabulka 9 Roční míra inflace z let 2011-2021 [46].....	33
Tabulka 10 Výnos dluhopisu republiky s datem emise 3.1.2022 [48].....	34
Tabulka 11 Roční spotřeba tepla	36
Tabulka 12 Parametry NIBE F2120-16 [50].....	36
Tabulka 13 Parametry NIBE F2040-16 [51].....	37
Tabulka 14 Ceny elektřina tarif D57d [52], [53].....	37
Tabulka 15 Výpočet průměrné ceny elektřiny - tepelné čerpadlo	37
Tabulka 16 Ušetřené náklady za ohřev teplé užitkové vody NIBE F2120-16	38
Tabulka 17 Ušetřené náklady za ohřev teplé užitkové vody NIBE F2040-16	38
Tabulka 18 NPV a RCF F2120-16	38
Tabulka 19 NPV a RCF F2040-16	38
Tabulka 20 Parametry elektrického kotle [55]	39
Tabulka 22 Výpočet průměrné ceny elektřiny elektrický kotel.....	40
Tabulka 23 NPV a RCF elektrický kotel	40
Tabulka 24 Parametry kotle na pelety [57]	41
Tabulka 25 NPV a RCF - kotel na pelety.....	41
Tabulka 26 Parametry kotle na dřevo [58].....	42
Tabulka 27 NPV a RCF - kotel na dřevo	42
Tabulka 28 Srovnání zdrojů tepla.....	43
Tabulka 29 Tarif elektřina D26d [52], [53].....	44
Tabulka 30 Výpočet průměrné ceny elektřiny - fotovoltaika.....	44
Tabulka 31 Využití energie z fotovoltaiky [60]	45
Tabulka 32 Náklady na fotovoltaickou elektrárnu.....	46
Tabulka 33 NPV a RCF fotovoltaika.....	46
Tabulka 34 RCF a NPV pro kombinaci zdroje vytápění a FVE.....	47

Reference

- [1] “Tepelná pohoda organismu – WikiSkripta.” https://www.wikiskripta.eu/w/Tepeln%C3%A1_pohoda_organismu (accessed May 09, 2022).
- [2] “Tepelná pohoda a nepohoda - TZB-info.” <https://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/404-tepeln-pohoda-a-nepohoda> (accessed May 09, 2022).
- [3] “Jaké jsou optimální teploty v místnostech? | E.ON.” <https://www.eon.cz/radce/vytapeni-a-ventrání/usporne-vytapeni/jake-jsou-optimalni-teploty-v-mistnostech/> (accessed Jan. 03, 2022).
- [4] “Průměrná teplota v ČR v jednotlivých měsících.” <https://faktaoklimatu.cz/infografiky/teplota-cr-mesice> (accessed Jan. 03, 2022).
- [5] “201/2012 Sb. Zákon o ochraně ovzduší.” <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-201> (accessed May 14, 2022).
- [6] “Elektrokotel: Vyplatí se? A jak vybrat ten nejlepší?” <https://www.drevostavitel.cz/clanek/elektrokotel> (accessed Nov. 29, 2021).
- [7] “Jak vybrat elektrický kotel - Kalkulačka energie.” <https://kalkulackaenergie.com/jak-vybrat-elektricky-kotel/> (accessed Nov. 29, 2021).
- [8] “Jak vybrat kotel na tuhá paliva? Dle účinnosti, emisní... | iReceptář.cz.” <https://www.ireceptar.cz/domov-a-bydleni/jak-vybrat-kotel-na-tuha-paliva-dle-ucinnosti-emisni-tridy-i-dotace.html> (accessed Nov. 30, 2021).
- [9] “Pohledem znalce: Definice zplyňovacího kotle - TZB-info.” <https://vytapeni.tzb-info.cz/vytapime-pevnymi-palivy/17812-pohledem-znalce-definice-zplynovaciho-kotle> (accessed Dec. 04, 2021).
- [10] “Obecné dotazy čtenářů | Lesy České republiky, s. p.” <https://lesy-cr.cz/otazky-odpovedi/obecne-dotazy-ctenaru/> (accessed Jan. 02, 2022).
- [11] “Sušíme a skladujeme dřevo na topení - Optimtop.cz.” <https://www.optimtop.cz/susime-a-skladujeme-drevo-na-topeni/> (accessed Jan. 02, 2022).
- [12] “Levné topení, levný otop, Palivové dříví, Dřevní štěpka, Dřevěné brikety, Dřevní pelety - Srubové stavby | Keliwood.” <https://www.srubyservis.cz/aktuality-topeni-drevem---levne-topeni--2--dil-palivove-drivi--drevni-stepka--drevne-brikety-a-drevni-pelety> (accessed Jan. 02, 2022).
- [13] “O vytápění biomasou od A až do Z - TZB-info.” <https://oze.tzb-info.cz/vytapeni-peletami/8814-o-vytapeni-biomasou-od-a-az-do-z> (accessed Jan. 02, 2022).

- [14] “OKD | Uhlí: tradiční zdroj energie.” <https://www.okd.cz/cs/tezime-uhli/uhli-tradicni-zdroj-energie> (accessed Jan. 02, 2022).
- [15] “Jak dlouho lidstvu vydrží energetické zdroje? | 3 pól - Magazín plný pozitivní energie.” <https://www.3pol.cz/cz/rubriky/bez-zarazeni/2343-jak-dlouho-lidstvu-vydrzi-energeticke-zdroje> (accessed Jan. 02, 2022).
- [16] “Kolik kilogramů pevného paliva je zapotřebí k výrobě GJ tepla | TOPIN.” <https://www.topin.cz/clanky/kolik-kilogramu-pevneho-paliva-je-zapotrebi-k-vyrobe-gj-tepla-detail-6786> (accessed Dec. 05, 2021).
- [17] “Princip tepelného čerpadla, jak funguje | OCHSNER.” <http://www.ochsner.cz/cz/o-tepelných-čerpadlech/princip-tepelneho-čerpadla.html> (accessed Jan. 02, 2022).
- [18] “Parametry pro hodnocení efektivity tepelných čerpadel: COP a SCOP - TZB-info.” <https://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-čerpadla/13196-parametry-pro-hodnoceni-efektivity-tepelných-čerpadel-cop-a-scop> (accessed Jan. 02, 2022).
- [19] “Tepelná čerpadla - TZB-info.” <https://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-čerpadla> (accessed Jan. 02, 2022).
- [20] “K čemu slouží a kolik stojí vrty pro tepelná čerpadla? | E.ON.” <https://www.eon.cz/radce/vytapani-a-ventilaci/tepelna-čerpadla/k-cemu-slouzi-a-kolik-stoji-vrty-pro-tepelna-čerpadla/> (accessed Jan. 02, 2022).
- [21] “Rekuperace s chlazením: Zemní kolektor tepelného čerpadla.” <https://rekuperaceschlazenim.blogspot.com/2016/11/zemni-kolektor-tepelneho-čerpadla.html> (accessed Jan. 02, 2022).
- [22] “Tepelná čerpadla - Studnařství Štecher s.r.o.” <https://www.studnarstvi.cz/tepelna-čerpadla/> (accessed Jan. 02, 2022).
- [23] “Palivo pro vytápění.” <http://energetika.cvut.cz/wp-content/uploads/VTK-pr9-full.pdf> (accessed Apr. 30, 2022).
- [24] “SOLÁRNÍ ENERGIE.” <https://www.cez.cz/edee/content/microsites/solarni/f8.htm#model> (accessed Apr. 30, 2022).
- [25] “Fotovoltaické panely – 3 základní typy | BCE.cz.” <https://www.bce.cz/3-typy-fotovolatických-panelu/> (accessed May 01, 2022).
- [26] “Teorie - Zatěžovací charakteristika solárního článku.” <http://remote-lab.fyzika.net/experiment/10/experiment-10-teorie.php?lng=cs> (accessed May 01, 2022).

- [27] “Hybridní solární systémy | envienergyczech.cz.” <https://www.envienergyczech.cz/druhy-systemu/hybridni-systemy> (accessed May 15, 2022).
- [28] “Fotovoltaika - sluneční záření v České republice.” <http://www.isofenenergy.cz/slunecni-zareni-v-cr.aspx> (accessed May 01, 2022).
- [29] “Optimální orientace a sklon fotovoltaických panelů - TZB-info.” <https://oze.tzb-info.cz/114865-optimalni-orientace-a-sklon-fotovoltaickych-panelu> (accessed May 01, 2022).
- [30] “201/2012 Sb. Zákon o ochraně ovzduší.” <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-201> (accessed Nov. 09, 2021).
- [31] “Opatření EU v oblasti klimatu a Zelená dohoda pro Evropu.” https://ec.europa.eu/clima/eu-action/european-green-deal_cs (accessed Nov. 10, 2021).
- [32] “Kvalita ovzduší v České republice - Oxid uhelnatý.” https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/19groc/gr19cz/04_8_CO_v1.pdf (accessed Apr. 27, 2022).
- [33] “Základní informace – SFŽP ČR.” <https://www.sfzp.cz/dotace-a-pujcky/kotlikove-dotace/zakladni-informace/> (accessed Nov. 22, 2021).
- [34] “Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2020.” https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/20groc/gr20cz/20_rocenka_UKO_v4_WEB_ISBN.pdf (accessed Apr. 27, 2022).
- [35] C. M. Stork, “Carbon Monoxide,” *Encyclopedia of Toxicology: Third Edition*, pp. 682–684, Jan. 2014, doi: 10.1016/B978-0-12-386454-3.00706-5.
- [36] “Health Effects of Ozone Pollution | US EPA.” <https://www.epa.gov/ground-level-ozone-pollution/health-effects-ozone-pollution> (accessed Nov. 10, 2021).
- [37] “Nabídka dotací – Nová zelená úsporám.” <https://2014-2021.novazelenausporam.cz/nabidka-dotaci/> (accessed Nov. 10, 2021).
- [38] “Prezentace Nová zelená úsporám 2021-2030 FOR ARCH 2021 - SFŽP ČR.” <https://www.sfzp.cz/dokumenty/detail/?id=2568> (accessed Nov. 10, 2021).
- [39] “Domácnosti s nižšími příjmy – SFŽP ČR.” <https://www.sfzp.cz/dotace-a-pujcky/kotlikove-dotace/domacnosti-s-nizsimi-prijmy/> (accessed Nov. 10, 2021).
- [40] “Ostatní domácnosti – SFŽP ČR.” <https://www.sfzp.cz/dotace-a-pujcky/kotlikove-dotace/ostatni-domacnosti/> (accessed Nov. 10, 2021).

- [41] “Rodinné domy – Nová zelená úsporám.” <https://novazelenausporam.cz/rodinne-domy/#grant-5622> (accessed May 01, 2022).
- [42] Bohuslav Šach, “Technické výkresy k rodinnému domu.” Kamenický Šenov, 2022.
- [43] “Slokov Variant SL23D Kotel na tuhá paliva | TOPENILEVNE.CZ.” <https://www.topenilevne.cz/slokov-variant-sl23d-p43092/> (accessed Jan. 03, 2022).
- [44] “Slokov Variant SL23D | Dubský.” https://www.zelezarstvidubsky.cz/eshop/kamna-kotle-sporaky/kotle-na-tuha-paliva/slokov-variant-sl/kotle-na-uhli-a-drevo/slokov-variant-sl23d?gclid=CjwKCAjw0a-SBhBkEiwApljU0n7mAABHu1acugls78nR8x5HZiSFQT1LlkcFPq9Ry7RVKc5v48YJJRoCRX8QAvD_BwE (accessed May 01, 2022).
- [45] “Co je to bezriziková sazba?” <https://www.netinbag.com/cs/finance/what-is-a-risk-free-rate.html> (accessed Apr. 25, 2022).
- [46] “Průměrná roční míra inflace v České republice v roce 2021 byla 3,8 % - Míra inflace v ČR v lednu 2022 | Kurzy.cz.” <https://www.kurzy.cz/zpravy/634372-prumerna-rocni-mira-inflace-v-ceske-republice-v-roce-2021-byla-3-8--mira-inflace-v-cr-v-lednu/> (accessed Apr. 25, 2022).
- [47] “Historie inflačních cílů ČNB - Česká národní banka.” <https://www.cnb.cz/cs/menova-politika/inflacni-cil/historie-inflacnich-cilu-cnb/#c2> (accessed Apr. 25, 2022).
- [48] “Kalkulačka Dluhopisu Republiky | Kalkulačky | Ministerstvo financí ČR - Spořicí státní dluhopisy.” <https://www.sporicidluhopisycr.cz/cs/o-dluhopisech/kalkulacka/kalkulacka-dluhopisu-republiky> (accessed Apr. 27, 2022).
- [49] “Výpočtová pomůcka EKONOMICKÁ EFEKTIVNOST INVESTIC (II) - TZB-info.” <https://stavba.tzb-info.cz/2786-vypoctova-pomucka-ekonomicka-efektivnost-investic-ii> (accessed May 02, 2022).
- [50] “NIBE F2120 | Tepelná čerpadla NIBE.” <https://www.nibe.cz/tepelna-cerpadla-vzduch-voda/tepelne-cerpadlo-nibe-f2120#ke-stazeni> (accessed May 02, 2022).
- [51] “NIBE F2040-16.” http://www.nibe.cz/images/download/NBD_CZ_F2040_letak.pdf (accessed May 02, 2022).
- [52] “Elektřina na tři roky.” https://www.cez.cz/edee/content/file/produkty-a-sluzby/obcane-a-domacnosti/elektrina-2022/moo/cez_cenik_elektrina_elektrina_3_roky_v_akci_moo__5.4.2022_cezdi_web.pdf (accessed May 02, 2022).
- [53] “Cenová rozhodnutí | eru.cz.” <https://www.eru.cz/cenova-rozhodnuti> (accessed May 02, 2022).

- [54] “Elektrina - ceny a grafy elektriny, vývoj ceny elektriny 1 MWh - 15 let - měna EUR | Kurzy.cz.” <https://www.kurzy.cz/komodity/cena-elektriny-graf-vyvoje-ceny/1MWh-eur-30-let> (accessed May 02, 2022).
- [55] “Recenze a porovnání Protherm Ray 21KE | Arecenze.cz.” <https://www.arecenze.cz/tepelne-kotle/protherm-ray-21ke/> (accessed May 02, 2022).
- [56] “Přehledný ceník pelet, briket i uhlí | Kohutovy paliva.” <https://www.kohutovypaliva.cz/cenik-pelet/> (accessed May 02, 2022).
- [57] “Automatický kotel SLOKOV VARIANT SL22A, výkon 27 kW, se zásobníkem.” https://www.aaaradiatory.cz/automaticky-kotel-slovak-variant-sl22a-vykon-27-kw-se-zasobnikem-p26508/?gclid=CjwKCAjwgr6TBhAGEiwA3aVuISBroSVIWiahnT5XQU1x-vOSoT11uHSIYYYwJrojmoAuOVn8IA99QhoCkkoQAvD_BwE (accessed May 02, 2022).
- [58] “Rojek KTP 20 od 69 938 Kč - Heureka.cz.” <https://kotle.heureka.cz/rojek-ktp-20/#specifikace/> (accessed May 02, 2022).
- [59] “Jak velkou fotovoltaickou elektrárnu potřebujete? | Solární Experti.” <https://www.solarniexpert.cz/kolik-solarnich-panelu-na-strechu-potrebuje/> (accessed May 02, 2022).
- [60] “Výpočtové nástroje – Nová zelená úsporám.” <https://novazelenausporam.cz/dokumenty/vypoctove-nastroje/> (accessed May 09, 2022).