

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta



Návrh bivalentního energetického systému využívajícího  
sluneční energie pro celoroční ohřev TV v rodinném domě

Diplomová práce

Vedoucí: prof. Ing. Radomír Adamovský, DrSc.

Autor: Bc. Daniel Kern

Praha 2020

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Daniel Kern

Procesní inženýrství  
Technologická zařízení staveb

Název práce

Návrh bivalentního energetického systému využívajícího sluneční energie pro celoroční ohřev TV v rodinném domě

Název anglicky

Design of a bivalent solar energy system for year-round hot water heating in a family house

---

### Cíle práce

1. Zpracovat variantní návrhy bivalentních energetických systémů zajišťujících celoroční ohřev TV pro sociální účely v rodinném domě.
2. Vyhodnotit varianty řešení z hlediska provozních a investičních nákladů.
3. Vybranou variantu řešení posoudit z hlediska energetických, technických a environmentálních aspektů.

### Metodika

1. Rešerše o současném stavu řešení problematiky v ČR a v zahraničí.
2. Návrh variant řešení energetického systému.
3. Vyhodnocení variantních řešení, výběr optimální varianty.
4. Zhodnocení vybrané varianty z energetického, ekonomického a environmentálního.
5. Diskuse a závěr.

## Doporučený rozsah práce

40 až 50 stran včetně grafů, obrázků a tabulek

## Klíčová slova

solární energie; termický solární kolektor; ohřev vody; energetický systém; bivalentní zdroj energie.

---

## Doporučené zdroje informací

CIHELKA Jaromír. Solární tepelná technika. Praha: Nakladatelství T. Malina, 1994. 208 s. ISBN 80-900759-5-9

ČSN EN 15316-3-1. Tepelné soustavy v budovách – Výpočtová metoda pro stanovení potřeb energie a účinností soustavy – Část 3-1: Soustavy teplé vody, charakteristiky potřeb. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010. Třídící znak 060401

ČSN 06 0320. Tepelné soustavy v budovách – Příprava teplé vody – Navrhování a projektování. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2006. Třídící znak 06320

Inflow: tzbinfo-stavebnictví, úspory energií, technická zařízení budov [online časopis]. 2010 – 2018. Dostupné z <http://www.tzb-info.cz/>. ISSN 1801-4399.

MATUŠKA Tomáš. Solární soustavy pro bytové domy. Praha: Grada Publishing, a.s., 2010. 136 s. ISBN 978-80-247-3503-0.

VYTÁPĚNÍ, VĚTRÁNÍ, INSTALACE. Praha: Společnost pro techniku prostředí, ISSN 1210-1389.

---

## Předběžný termín obhajoby

2019/2020 LS – TF

## Vedoucí práce

prof. Ing. Radomír Adamovský, DrSc.

## Garantující pracoviště

Katedra mechaniky a strojnictví

---

Elektronicky schváleno dne 29. 1. 2019

**doc. Ing. Pavel Neuberger, Ph.D.**

Vedoucí katedry

---

Elektronicky schváleno dne 15. 2. 2019

**doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.**

Děkan

V Praze dne 26. 01. 2020

## **Prohlášení**

„Prohlašuji, že jsem diplomovou prací na téma: *Návrh bivalentního energetického systému využívajícího sluneční energie pro celoroční ohřev TV v rodinném domě* vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom, že odevzdáním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Jsem si vědom, že moje diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí.

Jsem si vědom, že, na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.“

V Praze dne 6. 4. 2020

.....

Podpis autora

## **Abstrakt**

Práce je zaměřena na problematiku bivalentních systémů s využitím sluneční energie. V teoretické části je nastíněna možnost využití, význam a potenciál sluneční energie. Jsou zde také zmíněny možnosti akumulace sluneční energie. V praktické části práce jsou navrženy varianty bivalentního systému. U jednotlivých variant jsou vypočteny pořizovací a provozní náklady. Na základě těchto výpočtů je provedeno porovnání variant bivalentních systémů. V kapitole „Závěr a doporučení“ je zpracováno výsledné porovnání variant s přihlédnutím k nákladům, životnosti a možným dotacím.

## **Klíčová slova**

Solární energie, termický solární kolektor, ohřev vody, energetický systém, bivalentní zdroj energie, tepelné čerpadlo, plynový kotel, elektrický kotel, doba návratnosti investice

## **Design of bivalent solar energy system for year-round hot water heating in a family house**

### **Abstract**

The thesis is focused on the issue of bivalent systems using solar energy. The theoretical part outlines the possibility of utilization, importance and potential of solar energy. There are also mentioned possibilities of solar energy accumulation. In the practical part of the thesis are proposed variants of the bivalent system. Acquisition and operating costs are calculated for each variant. Based on these calculations a comparison of variants of bivalent systems is made. In the chapter "Conclusion and Recommendations" we find the resulting comparison of options with regard to costs, durability and possible subsidies.

### **Key words**

Solar energy, thermal solar collector, water heating, energy system, bivalent energy source, heat pump, gas boiler, electric boiler, payback period

# Obsah

1. Úvod .....	1
2. Cíl práce .....	2
3. Současný stav řešení problematiky v ČR a v zahraničí .....	3
3.1. Slunce .....	3
3.1.1. Význam Slunečního záření .....	4
3.1.2. Využití sluneční energie .....	6
3.1.3. Akumulace sluneční energie .....	7
3.2. Typy solárních kolektorů .....	8
3.2.1. Plochý nekrytý kolektor .....	8
3.2.2. Plochý neselektivní kolektor .....	8
3.2.3. Plochý selektivní kolektor .....	9
3.2.4. Plochý vakuový kolektor .....	9
3.2.5. Jednostěnný trubicový kolektor .....	9
3.2.6. Dvoustěnný trubicový kolektor .....	10
3.3. Hlavní bivalentní zdroje energie .....	11
3.3.1. Plynový kotel .....	11
3.3.2. Elektrický kotel .....	12
3.3.3. Tepelná čerpadla .....	13
3.3.4. Rozdělení tepelných čerpadel .....	14
3.3.5. Vzduch – vzduch .....	15
3.3.6. Voda – voda .....	15
3.3.7. Vzduch – voda .....	16
3.3.8. Země – voda .....	16
4. Metodika práce .....	18
4.1. Pozemek a specifikace domu .....	18

4.1.1.	Poloha pozemku .....	18
4.1.2.	Popis domu .....	19
4.2.	Potřeba energie pro ohřev TV .....	20
4.2.1.	Postup výpočtu potřeby tepla pro ohřev TV .....	20
4.2.2.	Postup výpočtu potřeby tepla a požadovaného výkonu pro ohřev TV dle ČSN 06 0320	21
4.2.3.	Postup výpočtu plochy kolektorů pro ohřev TV .....	22
5.	Varianty bivalentního systému .....	29
5.1.	Výběr solárního systému .....	29
5.2.	Solární systém + elektrický kotel .....	31
5.3.	Solární systém + plynový kotel .....	32
5.4.	Solární systém + tepelné čerpadlo.....	33
6.	Zhodnocení výsledků .....	35
7.	Závěr a doporučení.....	37
8.	Citovaná literatura.....	38
9.	Seznam obrázků .....	41
10.	Seznam tabulek .....	42

# 1. Úvod

Neodvratné ztenčování zásob neobnovitelných zdrojů energie (především fosilních paliv) má za následek jeden z největších ekonomických problémů současné doby – zvyšování nákladů na získávání energie a s tím spojené zvyšování cen energií. Vzhledem k tomu, že podstatná část lehce dostupných zdrojů byla již vytěžena, si získání dalších žádá mnohem nákladnější metody. Využití alternativních neboli obnovitelných zdrojů energie se jeví jako určité řešení situace. Všechny alternativní zdroje energie (vodní energie, větrná energie, geotermální energie...) vynikají především malou finanční náročností na provoz.

Tato diplomová práce se věnuje využití jednoho z nejčistších a nejpoužívanějších alternativních zdrojů energie – Sluncem. Sluneční energie v sobě skrývá obrovský potenciál, který lze efektivně využívat. Větší využití solární energie (v domácnostech i průmyslu) je jednou z cest ke snížení spotřeby energie fosilních paliv a také nákladů na energii. V porovnání s ostatními státy EU se Česká republika nachází na pomyslném středu v podílu využití obnovitelných zdrojů energie.

Jedním z velkých plusů využívání obnovitelných zdrojů energie je především ekonomická úspora. Využití např. geotermální nebo sluneční energie není zpoplatněno žádným paušálem jako je tomu u energie elektrické nebo u přípojky na plyn. Z hlediska ekologie, při využívání obnovitelných zdrojů energie nedochází ke vzniku emisí a skleníkových plynů, rovněž nevzniká žádný odpad.



## 2. Cíl práce

Hlavním cílem diplomové práce je vypracovat návrh technického řešení bivalentního energetického systému který by umožňoval celoroční ohřev TV pro rodinný dům. Navrhnu je několik variant, které jsou posouzeny z hlediska provozních a investičních nákladů navržených bivalentních zdrojů pro ohřev TV. Hodnocení by mělo prokázat efektivnost vybraných typů bivalentních zdrojů energie při ohřevu TV. U vybrané finální varianty bude provedeno posouzení energetických, technických a environmentálních aspektů.

Dílčí cíle diplomové práce jsou:

- Vytvořit rešerši o současném stavu problematiky v ČR a zahraničí
- Vypracovat návrhy variant řešení energetického systému
- Popsat výhody a nevýhody jednotlivých variant
- Provést vyhodnocení variant řešení dle provozních a investičních nákladů
- Vybrat optimální variantu
- Zhodnotit optimální variantu z energetického, technického a environmentálního hlediska

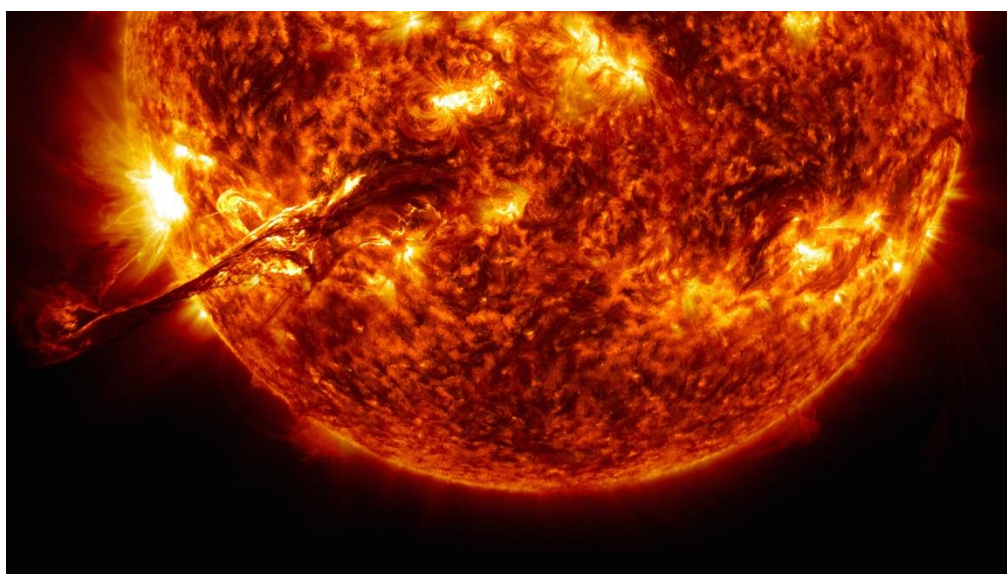
### 3. Současný stav řešení problematiky v ČR a v zahraničí

#### 3.1. Slunce

Slunce představuje střed planetární soustavy, do které patří také Země. Slunce je pro nás nejbližší a zároveň nejdůležitější hvězdou. S výjimkou jaderné energie pochází veškerá energie na Zemi právě ze Slunce. (1) (2)

Slunce má tvar koule o průměru  $139,2 \times 10^4$  km, a hmotnost  $1,983 \times 10^{30}$  kg. Skládá se převážně z atomárního vodíku s malou příměsí helia a s nepatrným množstvím ostatních prvků periodické tabulky. (1)

Obr. 1 - Slunce



Zdroj: [https://svs.gsfc.nasa.gov/vis/a010000/a013000/a013057/Combined.00\\_29\\_05\\_33.Still002.jpg](https://svs.gsfc.nasa.gov/vis/a010000/a013000/a013057/Combined.00_29_05_33.Still002.jpg)

Zdrojem energie Slunce je přeměna vodíku v helium termonukleárními reakcemi (viz. obr. 1) probíhajícími ve středních oblastech Slunce. Přeměna probíhá při teplotě  $13 \times 10^6$  K a tlaku  $2 \times 10^{10}$  MPa, tj. za stavu kdy jsou všechny atomy zcela ionizovány. Teplota na povrchu Slunce je přibližně 6000 K. Celkový výkon, který ze Slunce vyzařuje do kosmického prostoru, je  $3,85 \times 10^{26}$  W. Tento výkon je poměrně stabilní a dochází pouze k mírnému kolísání, v závislosti na sluneční aktivitě, ve zhruba jedenáctiletých cyklech. (1) (2)

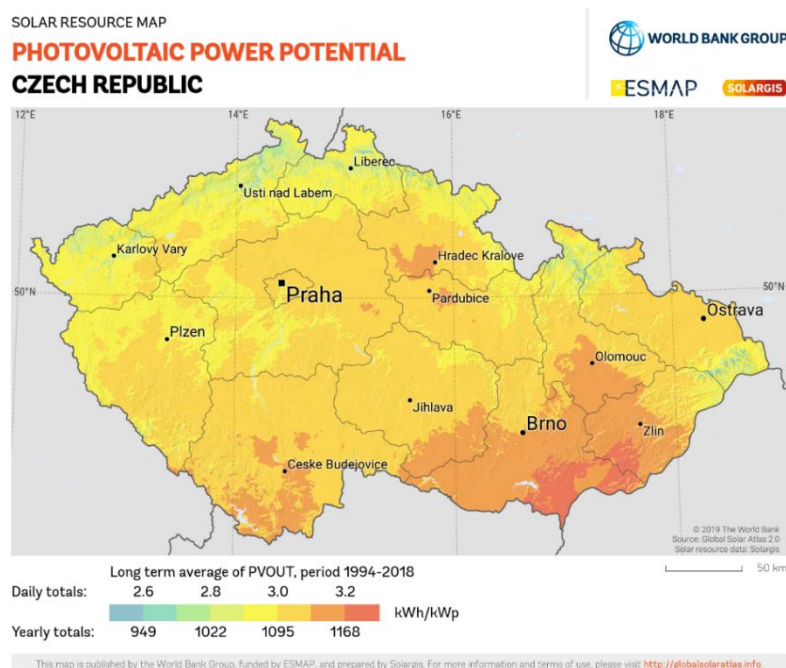
Podle množství helia, které až dosud vzniklo, a také podle geologických údajů o teplotě Země v dávné minulosti lze, stáří Slunce odhadnout na 5 miliard let. Za poslední 3 miliardy let

se jeho aktivita změnila jen velmi málo a lze očekávat, že ani za dalších 3 miliardy let nenastanou větší změny v charakteru jeho aktivity. Z hlediska existence lidstva je to nepředstavitelně dlouhá doba, lze tedy bez nadsázky mluvit o nevyčerpatelném zdroji energie. (1)

### 3.1.1. Význam Slunečního záření

Povrch Slunce vyzařuje energii jako „absolutně černé“ těleso. To znamená že vysílá paprsky v celém rozsahu spektra od nejmenších vlnových délek  $10^{-10}$  m (rentgenové a ultrafialové záření) až do centimetrových a metrových délek (rádiové záření). Největší část energie připadá na světelné a infračervené záření ( $0,2 \times 10^{-6} - 3 \times 10^{-6}$  m). Sluneční záření při své cestě na Zem urazí dráhu dlouhou 150 milionů km. Při své cestě není záření ničím pohlcováno a přichází tak na hranici atmosféry Země v původní podobě, avšak při značně zmenšené intenzitě tím, že se s rostoucí vzdáleností rozptýlí na větší plochu. Na plochu kolmou ke sluneční paprskům dopadá na povrch zemské atmosféry měrný tok energie  $1,4 \times 10^3 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ . Jedná se o tzv. sluneční konstantu. Různé zdroje uvádějí různou hodnotu sluneční konstanty, v rozmezí 1340 – 1390  $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ . Nejčastěji se počítá s hodnotou 1360  $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ . Na obr. 2 je znázorněn dlouhodobý průměr fotovoltaického potenciálu ČR. (1)

Obr. 2 - Fotovoltaický potenciál ČR



Zdroj: [https://worldbank-atlas.s3.amazonaws.com/download/Czech%20Republic/Czech-Republic\\_PVOUT\\_mid-size-map\\_156x132mm-300dpi\\_v20191205.png](https://worldbank-atlas.s3.amazonaws.com/download/Czech%20Republic/Czech-Republic_PVOUT_mid-size-map_156x132mm-300dpi_v20191205.png)

Energie slunečního záření dopadá na povrch Země kontinuálně, je však nerovnoměrné její rozložení v závislosti na místě a čase. Na Zemi dopadne pouze nepatrná část (zhruba  $1,8 \times 10^{14}$  W) výkonu, který Slunce vyzařuje. Část výkonu je zachycena ostatními planetami. Zbývající tok vyzařované sluneční energie uniká do mezihvězdného a mezigalaktického prostoru. Pro nás, a pro život na planetě Zemi má však velký význam i ta nepatrná část energie, kterou naši planeta zachytí. (1) (2)

Atmosféra země sahá až do výšky přes 1000 km. V porovnání s poloměrem Země tvoří atmosféra poměrně tenkou vrstvu. Zejména ve větších výškách je jen velmi řídko vyplněna vzduchem. Složení atmosféry tvoří především dusík a kyslík. Ve výškách nad 60 km pohlcují tyto atmosférické plyny ultrafialové a rentgenové záření a jsou jím ionizovány (proto se tato vrstva nazývá ionosféra). V atmosféře ve výškách 20 – 30 km se zachycuje ultrafialové záření ve vrstvách s velkým obsahem ozonu (tzv. ozonosféře). Pohlcené ultrafialové záření má za následek ohřev ozonosféry. Ionosféra a ozonosféra zachycují tu část slunečního záření, která je nebezpečná životu na Zemi. Tato část záření představuje velmi malý podíl z celkového toku energie dopadající na Zemi, a proto z energetického hlediska nemá velký význam. (1)

V nejnižších vrstvách atmosféry dochází k pohlcování slunečního záření vodní parou, oxidem uhličitým, prachem a kapkami vody v mracích. Z celkového toku energie se v atmosféře pohltí asi 19 %. Značná část slunečního záření (asi 34 %) se odráží od mraků, částic prachu a od zemského povrchu zpět do vesmíru. Tato část energie je pro Zemi ztracena a Země zde plní pouze roli odrazového zrcadla. (1)

Sluneční energie pohlcená zemským povrchem (47 %) prochází různými přeměnami:

- a) Záření pohlcené zemským povrchem se mění v teplo. Teplo je pak z povrchu Země vyzařováno jako infračervené záření. Pro toto záření je atmosféra z větší části nepropustná. Vyzářené teplo se ve vzduchu absorbuje díky vodním parám, ozonu a oxidu uhličitému. Tento jev vede k trvalému zvýšení teploty zemského povrchu (laicky „skleníkový efekt“).
- b) Značné množství energie dopadající na rozsáhlé hladiny oceánů se spotřebuje na vypařování vody (latentní teplo). Vzestupnými proudy vzduchu je vodní pára vynášena nahoru, kde v chladnějších vrstvách atmosféry kondenzuje, a tím předává svoje skupenské teplo okolnímu vzduchu.

- c) Vzduch zahřátý od povrchu Země vstupuje vzhůru a na jeho místo proudí těžší, chladný vzduch. Tak vznikají větry, které mají značnou kinetickou energii (na celé Zemi asi  $10^{20}$  J). Při proudění ztrácí vzduch část své kinetické energie ( $10^{15}$  J). Tento výkon Slunce neustále dodává do atmosférické cirkulace. Tato cirkulace je vyvolána a udržována právě slunečním zářením. Pro život na Zemi má naprosto zásadní význam. Větry přinášejí teplo z tropů a subtropů do chladnějších oblastí, přenášejí vlhkost z oceánů na pevninu a na místo znečištěného vzduchu ve velkých městech přivádějí čistý vzduch.
- d) Složité přeměny sluneční energie probíhají především v biosféře – ve vrstvě těsně při povrchu Země, kde existuje život. Ze slunečního záření dopadajícího na Zemi připadá na biologické reakce probíhající v biosféře sice pouze jedno promile, avšak toto nepatrné množství je nezbytně nutné pro zachování života na Zemi. V živé buňce stále probíhají chemické reakce, při nichž se váže nebo uvolňuje energie, tráví potrava, stavějí tkáně atd. Ke všem těmto životním procesům je nezbytná energie, jejíž zdroj je Slunce. (1)

### 3.1.2. Využití sluneční energie

Sluneční energie nepřetržitě dopadá na zemský povrch. Asi 34 % energie se přímo odráží zpět do kosmického prostoru. Zbývajících 66 % je však Zemí zachyceno. Jak bylo popsáno výše, tato zachycená energie prochází na Zemi řadou různých přeměn. Nakonec je ve formě infračerveného záření rovněž vrácena zpět do kosmu. (1)

Přeměny energie představují nezbytnou podmínku pro život na Zemi. Snahou civilizovaného člověka by mělo být co největší část této energie využít pro svůj prospěch. Díky moderní technice je to možné za pomoci stále více prostředků. K vykrytí stále rostoucí spotřeby energie nám může pomoci právě zachycování sluneční energie a její následná transformace v jiné druhy energie – tepelnou, mechanickou, elektrickou a chemickou. (1)

Nejsnadněji se sluneční energie transformuje na energii tepelnou. Záření je zachycováno na kolektorech ve tvaru plochých panelů (ploché kolektory) nebo koncentrátů s odraznou plochou nebo soustavou sběrných čoček (koncentrující kolektory). Ploché kolektory patří mezi nejčastěji používanou metodu. Zachycenou sluneční energii převádí na teplo o nízkém potenciálu (do 100 °C). Jedná se tak o nízkoteplotní systémy, které jsou využívány především

k ohřevu teplé užitkové vody (dále jen TUV), k vytápění budov a případně k teplovzdušnému sušení materiálů. (1)

Optická koncentrace slunečního záření umožňuje získat teplo o vysokém potenciálu (několik set °C). Vysokoteplotní systémy mohou sloužit k destilaci vody nebo jako sluneční vařiče a pece k přípravě jídel, k tavení kovů atd. (1)

Přímá přeměna sluneční energie v mechanickou se vzhledem ke své velmi malé účinnosti téměř nepoužívá. Malá účinnost je způsobena nepatrným tlakem fotonů. (1)

Fotovoltaický jev, je jev, při kterém fotony působí přímo na elektrony ve vybraných látkách (polovodičích). Díky tomu je umožněna přímá přeměna sluneční energie na energii elektrickou. Princip byl propracován v šedesátých letech pro potřeby kosmonautiky. Tzv. sluneční baterie jsou nezbytnou součástí výbavy všech umělých družic. (1)

### 3.1.3. Akumulace sluneční energie

Akumulace a následná možnost využití energie je velké téma posledních let. Jedna z divizí americké společnosti General Electric (GE) se právě tímto tématem intenzivně zabývá. Pracují na akumulátorech (viz. obr. 3), které by umožňovaly uložení energie získané pomocí slunečních kolektorů. Tato energie by byla následně využita ve špičkách odběru (tj. ráno, když lidé vstávají do práce, a naopak večer, když se vrací domů). Dokud byly zdroje energie snadno dostupné a byl jich dostatek, „skladování“ energie nedávalo z hlediska ekonomiky smysl. V současné době už smysl dává. (3)

Obr. 3 - Akumulátory firmy GE



Zdroj: [https://s3.amazonaws.com/dsg.files.app.content.prod/gereports/wp-content/uploads/2018/03/07073614/Reservoir\\_Rendering\\_B.jpg](https://s3.amazonaws.com/dsg.files.app.content.prod/gereports/wp-content/uploads/2018/03/07073614/Reservoir_Rendering_B.jpg)

## 3.2. Typy solárních kolektorů

Úkolem solárního tepelného kolektoru je pohlcení slunečního záření a jeho přeměna na tepelnou energii tak, aby byla předána teplotně nosné látce, která protéká kolektorem. V případě zachycování slunečního záření za účelem přeměny na tepelnou energii se používá termín „kolektor“ a nikoliv „panel“. Mohlo by tak docházet k nežádoucím záměnám s fotovoltaickými panely.

Na rozdělení solárních kolektorů se lze dívat z několika pohledů. Můžeme je dělit podle konstrukce, teplotně nosné látky, dle zasklení atd.

Velice okrajovou záležitostí jsou v ČR solární vzduchové kolektory. Využívají se pro předehřev čerstvého vzduchu pro větrání nebo oběhového vzduchu pro cirkulační vytápění.

(4)

### 3.2.1. Plochý nekrytý kolektor

Jeden z nejzákladnějších a cenově nejdostupnějších typů kolektorů. Ve většině případů jde o plastovou rohož nebo desku bez zasklení. Tento typ kolektoru vykazuje velké tepelné ztráty, které jsou závislé na venkovních podmínkách, především na rychlosti větru. Hovorově se těmto kolektorům také říká „bazénové“. Tento výraz se používá díky jejich použití pro sezónní ohřev bazénové vody. (4)

*Obr. 4 - Kolektor pro ohřev vody v bazénu*



Zdroj: [http://www.topeni-chlazení.cz/public/filemanager/fotky/produkty/Roth/sol/748px\\_SOL\\_Heliopool.jpg](http://www.topeni-chlazení.cz/public/filemanager/fotky/produkty/Roth/sol/748px_SOL_Heliopool.jpg)

### 3.2.2. Plochý neselektivní kolektor

Jedná se o zasklený deskový kolektor s kovovým absorberem se spektrálně neselektivním povlakem (např. černým pohltivým nátěrem). Vzhledem ke svým velkým

tepelným ztrátám sáláním mohou být tyto kolektory použity pouze pro sezonní přehřev vody. Na trhu se, vzhledem k jejich využití jedná o variantu, která je využívána velmi okrajově. (5)

### 3.2.3. Plochý selektivní kolektor

Opět se jedná o zasklený deskový kolektor s kovovým absorberem ale se spektrálně selektivním povlakem. Selektivní povrchy se vyrábějí nejčastěji elektro-chemicky (galvanicky) případně nanášením jednotlivých vrstev ve vakuu (naprašování, napařování). Kolektory jsou rovněž opatřeny izolací na zadní a boční straně kolektorové skříně. Díky izolaci tak dochází k výraznému snížení tepelných ztrát sáláním. Na trhu tvoří tato skupina naprostou většinu zasklených kolektorů. Využívají se pro celoroční ohřev vody a vytápění. (4) (6)

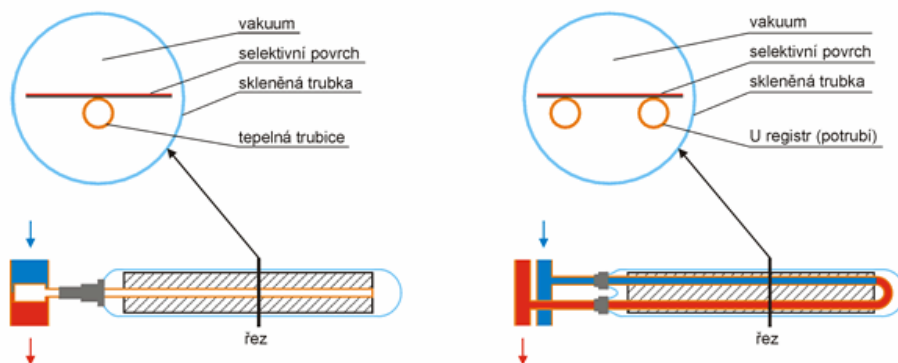
### 3.2.4. Plochý vakuový kolektor

Zasklený deskový kolektor s kovovým absorberem se spektrálně selektivním povlakem. Tlak uvnitř tohoto typu kolektoru je nižší než atmosférický tlak v jeho okolí (cca 1-10 kPa). Snížený tlak nám zajišťuje nízké tepelné ztráty. Kolektory jsou určeny pro celoroční ohřev vody a vytápění. (4)

### 3.2.5. Jednostěnný trubicový kolektor

Je tvořen jednostěnnou skleněnou vakuovou trubicou, v níž je umístěna buď tepelná trubice nebo přímo protékaná U-smyčka (viz. obr.5). Prostup potrubí skleněnou vakuovou trubicí je řešen za pomoci speciálního těsnění sklo-kov, které umožňuje dlouhodobé udržení vakua ve skleněné trubicí. V současné době jsou tyto kolektory na vysoké úrovni, tomu odpovídá i cena, a proto je toto řešení pro většinu aplikací investičně nedostupné. (7)

Obr. 5 - Jednostěnný trubicový vakuový kolektor s tepelnou trubicí (vlevo) a protékanou U-smyčkou (vpravo)



Zdroj: <https://oze.tzb-info.cz/docu/clanky/0049/004903o1.gif>



### 3.2.6. Dvoustěnný trubicový kolektor

V posledních letech se jak na evropských, tak českých trzích začínají objevovat i dvoustěnné vakuové trubicové kolektory. Základní součástí je tzv. Sydney trubka (obr.6). Jedná se o dvojstěnnou skleněnou trubku. Meziprostor mezi vnější krycí trubkou (funkce zasklení) a vnitřní absorpční trubkou (funkce absorbéru) je vakuován. Vnější strana vnitřní absorpční trubky je opatřena selektivním povrchem. Stejně jako u předchozích typů kolektorů vakuum zajišťuje nízké tepelné ztráty a selektivní povrch zajišťuje vysokou pohltivost slunečního záření. Vakuová Sydney trubka se pro většinu kolektorů vyrábí v Číně, zde se buď přímo montuje do kolektorů, případně se dováží k evropským výrobcům.

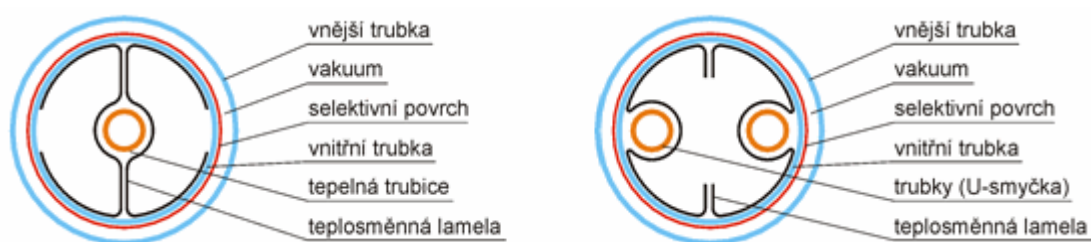
Obr. 6 - Sydney trubka



Zdroj: <https://oze.tzb-info.cz/docu/clanky/0049/004903o6.jpg>

Konstrukčně jsou kolektory se Sydney trubkou řešeny velice podobně jako jednostěnné trubicové kolektory (obr. 7). Uvnitř je osazena buď tepelná trubice nebo protékaná U-smyčka. Kritickým místem dvoustěnného kolektoru je přenos tepla z vnitřního povrchu vnitřní absorpční trubky do teplonosné látky, tedy především na povrch přímo protékané U-smyčky z měděného potrubí nebo na povrch tepelné trubice. K tomu slouží teplosměnná vodivá lamela (nejčastěji z hliníku), která by měla vykazovat co nejlepší (nejvodivější) kontakt jak s vnitřním povrchem absorpční trubky, tak s potrubím pro odvod tepla (U-smyčka, tepelná trubice).

Obr. 7 - Příčný řez Sydney trubkou s tepelnou trubicí (vlevo) a protékanou U-trubkou (vpravo)



Zdroj: <https://oze.tzb-info.cz/docu/clanky/0049/004903o3.gif>

Oproti konstrukčnímu uspořádání trubkových solárních kolektorů s jednostěnnými skleněnými trubkami mají kolektory se Sydney trubkou své výhody, především snadná vyměnitelnost Sydney trubek při poruše nebo odstranění problému utěsnění vakua. Nevýhodou je nižší účinnost přenosu tepla z absorpčního povrchu do teponosné látky. (7)

### 3.3. Hlavní bivalentní zdroje energie

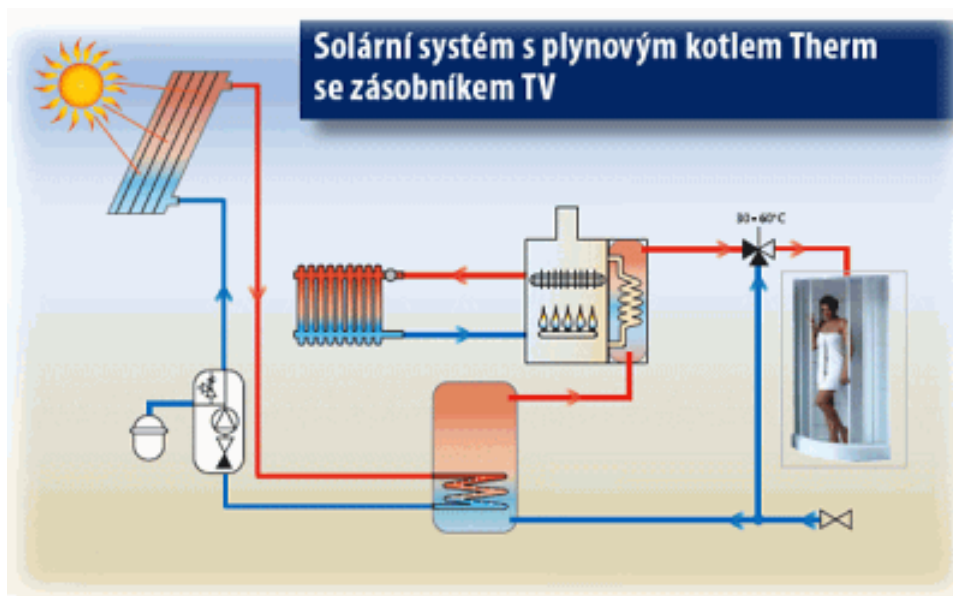
Potřeba dodávat teplo do domu je celoroční záležitost. V případě použití solárních systémů pro ohřev vody a vytápění je nutné pokrýt i ty dny, kdy je slunečná aktivita malá nebo dny, kdy je venkovní teplota pod bodem mrazu. Vzhledem k velmi nízké účinnosti solárního systému v takovém případě, není možné spolehnout se pouze na energii Slunce. Abychom zajistili efektivní funkci provozu systému, je nutné navrhnout bivalentní systém, který se bude skládat ze solárních kolektorů a dalšího zařízení, které bude pracovat nezávisle na sluneční energii. Mezi nejčastější zdroje energie patří elektrické a plynové kotle, kotle na tuhá paliva případně tepelná čerpadla.

#### 3.3.1. Plynový kotel

Plynové kotle vynikají především schopností poměrně rychle vytopit dům. Dokáží ohřát vodu v akumulčním zásobníku a mají nízké pořizovací náklady. Kotle se prodávají v mnoha různých variantách – stacionární, závěsné, s průtokovým ohřevem vody, se zásobníkem na teplou vodu, pouze pro vytápění, kombinované (vytápění i ohřev TV). V případě použití plynového kotle v kombinaci se solárním systémem je provedeno připojení na akumulční zásobník, který má dvě teplosměnné plochy (obr. 8). Na dolní plochu je připojen solární systém a na horní teplosměnnou plochu je připojen plynový kotel. Pomocí výpočtů lze velice snadno určit který kotel je pro daný dům nejvhodnější. Další výhodou je, že kotle ani jejich

příslušenství, nejsou náročné na prostor. Jednou z nevýhod je především potřeba komínu pro odvod spalin. Na komíny existují vysoké požadavky na ochranu přírody, ale i opatření která jsou spojena s nebezpečím vzniku požáru. (8)

Obr. 8 - Schéma zapojení solárního systému v kombinaci s plynovým kotlem



Zdroj: <https://www.tzb-info.cz/4207-solarni-systemy-thermona>

Plynové kondenzační kotle patří dnes mezi nejpoužívanější. Spaluje se v nich především zemní plyn (methan) nebo propan. Mezi největší výhody kondenzačních kotlů patří především získání tzv. latentního tepla. Spaliny s sebou nesou část skryté energie (latentní teplo). Když dojde k ochlazení spalin pod teplotu jejich rosného bodu, dochází ke kondenzaci vodní páry ve spalinách a uvolněné kondenzační teplo dále využíváme. Tato energie se využívá k předehřevu vratné vody. (8) (9)

S klasickými plynovými kotli se v dnešní době již téměř nesetkáme. Je to dáno evropskou směrnicí, která vešla v platnost v září roku 2015. Dle této směrnice již není možné vyrábět spotřebiče, které nesplňují kritéria účinnosti a emisní limity. (8) (9)

### 3.3.2. Elektrický kotel

Elektrické kotle jsou oblíbené především pro komfort při obsluze, reakci na potřebu tepla, nízké pořizovací náklady a také zde odpadá problém s řešením komínu. Stejně jako u plynových kotlů se i kotle elektrické vyrábí v provedení pro vytápění, pro ohřev TV nebo jako kombinované zařízení (vytápění i ohřev TV). Kotle na elektřinu jsou také jasnou volbou pro

vlastníky domů, kde není zaveden plyn. Mezi další přednosti patří malé nároky na prostor a taky velice jednoduché uvedení do provozu. K tomu nám postačí připojení do elektrické zásuvky, případně napojení na stávající rozvod elektřiny. Důležitým faktorem je ale dostatečně nadimenzovaná elektrická přípojka a odpovídající jističe. Mezi hlavní nevýhody topení elektřinou patří především velké provozní náklady. Je tak vhodná kombinace s jiným druhem vytápění a ohřevem TV. (10)

*Obr. 9 Odkrytovaný elektrický kotel*



*Zdroj: <https://www.gienger.cz/wp-content/uploads/2016/07/Elektrokotel-CosmoTHERM-E-rez.jpg>*

Kotle jsou dále často instalovány do objektů, kde je vyžadován vysoký komfort obsluhy, případně automatická nebo vzdáleně řízená regulace. Vzdálená regulace je využívána např. v rekreačních objektech. Lze díky ní zařídit vytopení objektu ještě před příjezdem rekreatantů. (10)

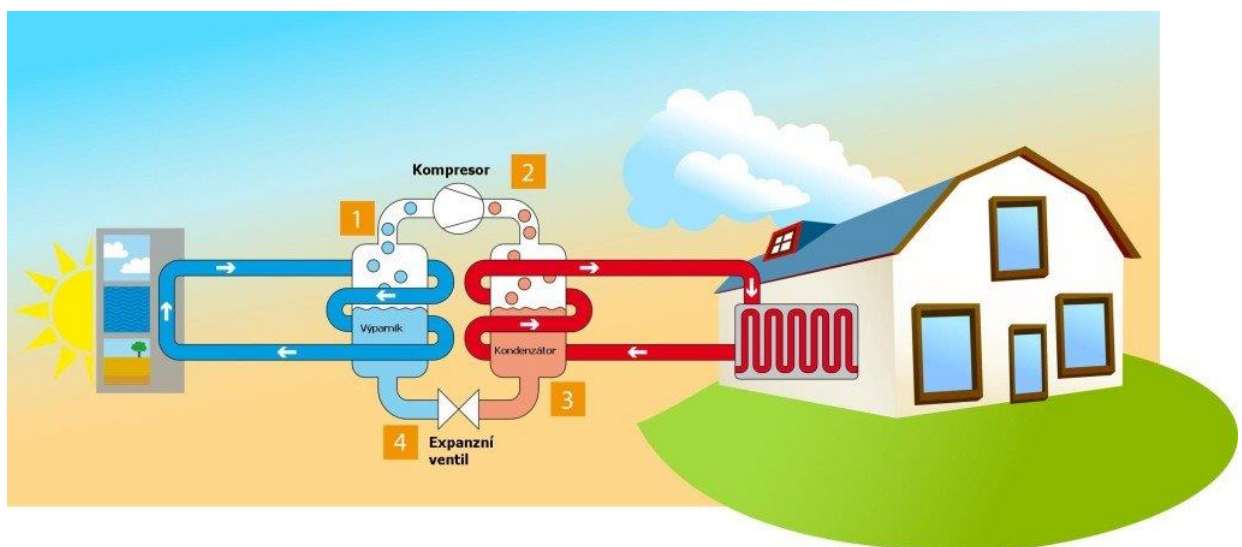
### 3.3.3. Tepelná čerpadla

Tepelná čerpadla (dále jen TČ) nám umožňují odnímat tepelnou energii z prostředí s nízkou teplotou (voda, vzduch nebo země) a převádět ji do jiné teplotnosné látky s vyšší teplotou. TČ tak mají své uplatnění jak při vytápění, tak při přípravě teplé užitkové vody. Pro tento proces je nutné dodat určitě množství energie. Díky faktu, že na jedné straně tepelného čerpadla se teplota teplotnosné látky snižuje, mohou TČ být i zdrojem chladu. (11)

Princip fungování TČ (graficky znázorněn na obr. 11) lze přirovnat k ledničce, ta odebírá teplo potravinám uvnitř a odebraným teplem „vytápí“ místnost. V případě TČ se teplo odebírá

z okolního prostředí, zde je ho neomezené množství. Zdrojem tepla může být vzduch, země nebo voda. Odebrané teplo se převádí na vyšší teplotní hladinu, ta je použitelná pro vytápění nebo ohřev TV. V první fázi je teplo odebrané z okolního prostředí předáno ve výparníku (zde je udržována nízká teplota a tlak) pracovní látce (kapalně chladivo). Chladivo se vlivem předaného tepla začne odpařovat a páry chladiva dále putují do kompresoru. V kompresoru dojde ke stlačení par a tím pádem k jejich ohřátí. Kompresor představuje jediný prvek v soustavě, do kterého je nutné dodávat energii (zpravidla elektrickou). Ohřáté páry chladiva putují do kondenzátoru, při kondenzaci zde odevzdají uloženou energii. Tato energie je rovna součtu energie odebrané z okolního prostředí a dodané hnací energii snížené o ztráty v kompresoru. Zkapalněné chladivo putuje přes expanzní ventil (zde dochází ke snížení tlaku na požadovanou hodnotu) zpět do výparníku a celý cyklus se opakuje. TČ dokáže získávat teplo i z míst kde je zima – tím, že dané místo ještě více ochladí. Díky tomu je například možné získávat teplo i ze vzduchu který má teplotu  $-20^{\circ}\text{C}$ . Při takto nízkých teplotách je získávání tepla o něco méně efektivní, stále je ale výhodné. (12) (13)

Obr. 10 - Schématické znázornění funkce TČ



Zdroj: [https://oenergetice.cz/domains/oenergetice.cz/wp-content/uploads/2015/03/Princip\\_Tepelneho\\_cerpadla.jpg](https://oenergetice.cz/domains/oenergetice.cz/wp-content/uploads/2015/03/Princip_Tepelneho_cerpadla.jpg)

### 3.3.4. Rozdělení tepelných čerpadel

TČ lze dělit podle mnoha kritérií – výrobce, výkon, dle teploty výstupní vody, dle zdroje energie. Rozdělení dle zdroje energie (tj. odkud se tepelná energie čerpá a kam se dále předává) je nejpoužívanější. (14)

### 3.3.5. Vzduch – vzduch

Typ vzduch – vzduch je používán primárně pro účely chlazení, tedy jako klimatizace. V zimě může toto zařízení fungovat obráceně, bude zastávat funkci tepelného čerpadla. V tomto případě slouží jako teplovzdušné vytápění, nebo jako zdroj tepla v přechodném období (jaro, podzim). Vzhledem k potřebě ochrany před letními horky v domech s nízkou tepelnou ztrátou je toto řešení velice zajímavá, avšak stále spíše výjimečné. Cenově jde o velmi výhodný typ, navíc není nutná realizace teplovodní otopné soustavy. (14)

### 3.3.6. Voda – voda

Zdrojem tepla je u tohoto typu TČ voda, nejčastěji ze studny na pozemku. Legislativa neumožňuje použití vody z řeky nebo rybníka. Dále je nutné mít studny celkem dvě – čerpací a vsakovací (viz. obr 12). Voda se přečerpává z jedné studny do druhé přes výparník. Tento typ čerpadel se v ČR používá velice zřídka. Důvody jsou vysoké investiční náklady, náročné podmínky na provedení, následná údržba a servis. Riziko zde představuje i možné vyčerpání studny. (14)

Obr. 11 - Čerpací a vsakovací studna u TČ voda-voda

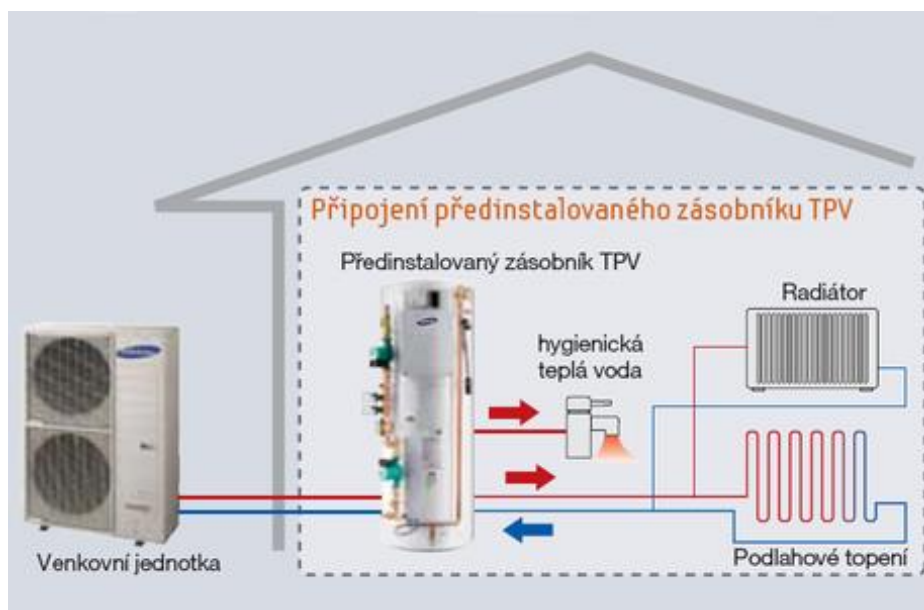


Zdroj: <http://teplotechnika.cz/soubory/voda-voda%20schema.jpg>

### 3.3.7. Vzduch – voda

U TČ typu vzduch – voda je zdrojem tepla venkovní vzduch. Ten proudí kolem výparníku TČ. Základ vychází z předchozího typu vzduch – vzduch. Zařízení je doplněno o hydrobox, ten přivádí teplo do topné vody. Výhodou tohoto systému jsou menší pořizovací náklady (ušetříme zde především náklady na vybudování zemních výměníků, respektive vrtů). Nevýhodou je závislost topného faktoru na teplotě venkovního vzduchu. Zařízení tak pracují efektivně do -15°C (některé zdroje uvádějí -20°C). Případné problémy jsou řešeny pomocí malého elektrokotle. Ten je instalován přímo v hydroboxu a v případě potřeby pomáhá tepelnému čerpadlu dosáhnout požadované teploty vody. Kombinace tohoto typu čerpadla spolu s plynovým kondenzačním kotlem je momentálně považována za neekonomičtější možnost na trhu teplovodního vytápění. (14)

Obr. 12 - Schéma TČ vzduch-voda



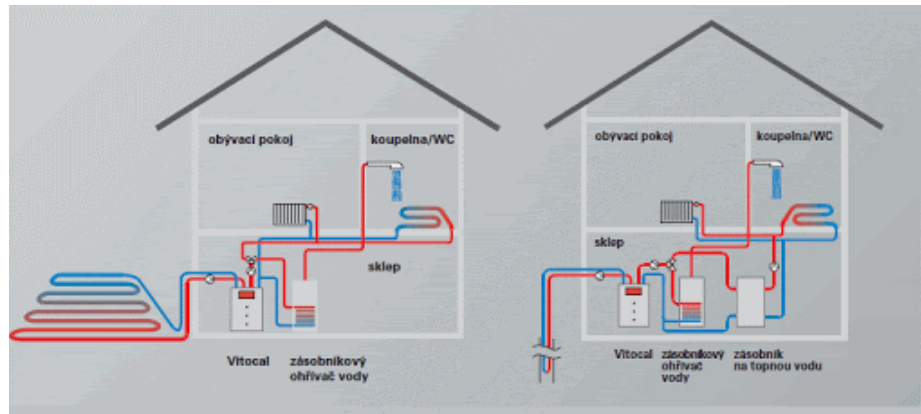
Zdroj: [https://www.czechklima.cz/images/stories/ehs\\_mono2.png](https://www.czechklima.cz/images/stories/ehs_mono2.png)

### 3.3.8. Země – voda

Teplo je ze země do vody předáváno pomocí obíhající nemrznoucí kapaliny. Rozlišujeme dvě základní možnosti uložení potrubí, ve kterém obíhá nemrznoucí kapalina. Obě varianty jsou vyobrazeny na obr. 14. První možností je uložení potrubí do vrtu. Tou druhou je pak umístění kolektoru (jedná se o stovky metrů dlouhé plastové trubky) pod povrch země. Cyklus má následující průběh – zemním kolektorem nebo vrtem prochází nemrznoucí kapalina, průchodem zemí dojde k jejímu ohřátí. Dále pak putuje do prvního výměníku (výparníku), zde

dojde k předání tepla chladivu v okruhu kompresoru, vzniklá pára je stlačena v kompresoru, tím se výrazně ohřeje a ve druhém výměníku (kondenzátoru) předá topné vodě citelné teplo přehřáté páry a také teplo kondenzační. (14)

Obr. 13 - Varianty TČ země-voda



Zdroj:

<https://lh3.googleusercontent.com/proxy/CtkYvYcSTP5B7zJmaBsp4fpwdBthfhEmJOdxABdFJU9I6JIPQhdCVltIAmbnn1MiQilLqCYjqBULzQ4RtA4WZRPQ5iMffzSul0utr3SIHDQ>



## 4. Metodika práce

Praktická část práce bude obsahovat porovnání navržených variant bivalentních systémů. K porovnání jednotlivých variant budou sloužit specifikované pořizovací a provozní náklady. Podklady pro všechny výpočty budou získávány z katalogů výrobců, technických listů a z webů výrobců, prodejců a aktuálních cen.

V závěrečném hodnocení výsledků bude přihlédnuto k investičním a provozním nákladům, možnostem získání dotací a návratnosti vložených investic.

### 4.1. Pozemek a specifikace domu

Je důležité stanovit polohu pozemku a konkrétní parametry domu tak, abychom následně mohli spočítat jeho tepelné ztráty a energetickou potřebu. Tyto informace jsou důležité pro následné návrhy a výpočty týkající se zdrojů energie – i těch alternativních.

#### 4.1.1. Poloha pozemku

Pozemek se nachází ve vesnici Dolní Jirčany v okrese Praha-Západ. Katastrálně spadá pod obec Psáry, od které je vzdálen 2 km. Rozloha pozemku je 1185 m<sup>2</sup>. Při výstavbě domu bude zohledněna orientace střechy tak, aby směřovala na jih a zajistila dostatek plochy pro umístění slunečních kolektorů. Směrem a jih jsou postaveny další rodinné domy (viz. obr. 15). Tento fakt byl při projektování zohledněn a nebude tedy docházet ke stínění kolektorů. Na pozemek jsou přivedeny všechny inženýrské sítě – elektřina, voda, kanalizace a plyn.

Obr. 14 - Pozemek



Zdroj: <http://sgi-nahlizenidokn.cuzk.cz/marushka/default.aspx?themeid=3&MarQueryId=2EDA9E08&MarQParam0=2182350210&MarQParamCount=1&MarWindowName=Marushka>

#### 4.1.2. Popis domu

Jedná se o jednopodlažní, nepodsklepený rodinný dům s užitnou plochou 204 m<sup>2</sup>. Půdorys domu je ve tvaru písmena „T“. Dům je zastřešen valbovou střechou, která má sklon 25°. Pro parkování je navržena garáž na 2 osobní vozy. Svislé nosné konstrukce domu tvoří zdivo z pórobetonových tvarovek Ytong P4-500. Obvodové stěny jsou navrženy v tloušťce 250 mm, vnitřní nosné stěny pak budou mít tloušťku 200 mm. Příčky v objektu budou z tvarovek Ytong P2-500 o tloušťce 150 mm. Celý dům bude kontaktně zateplen systémem ETICS (tl. 160 mm).

Předpokládá se, že dům budou obývat celkem 4 osoby. V domě budou celkem 2 koupelny. Jedna koupelna bude vybavena sprchovým koutem, umyvadlem a toaletou. Druhá bude vybavena vanou, umyvadlem a toaletou. Další umyvadlo bude umístěno na toaletě v chodbě domu.

## 4.2. Potřeba energie pro ohřev TV

V kapitole budou probrány a vysvětleny elementární vzorce, které jsou nutné pro další výpočty návratností navrhovaných bivalentních soustav. Soustavy musí být navrženy s přihlédnutím k faktorům jako jsou počet obyvatel domu a denní spotřeba TV.

### 4.2.1. Postup výpočtu potřeby tepla pro ohřev TV

Mezi nejvíce efektivní způsoby využití solárních systémů pro ohřev TV je systém, který se nazývá primární cyklus. Aby byl zajištěn rovnoměrný a efektivní celoroční přísun teplé vody, je nutné před vytvořením návrhu a instalací přijmout úsporná opatření např. použití úsporných armatur, omezení délky a tepelných ztrát rozvodů TV a běh cirkulace pouze na nezbytně nutnou dobu. (15)

Při výpočtech je nutné vycházet z reálných hodnot. Ty lze získat u stávajících budov dlouhodobým měřením (za ideální považujeme měření po dobu alespoň jednoho roku). V případě novostaveb ve většině případů nemáme k dispozici reálná data. Proto je nutné vycházet z hodnot obsažených v literatuře a normách. Dle ČSN 06 0320 je potřeba TV 50 l/osobu/den. Tato hodnota však musí být brána s jistou rezervou, neboť každý obyvatel domu má specifickou spotřebu TV a je tak nutné přihlídnout k individuálním potřebám každého jedince. (15)

Pro výpočet denní potřeby tepla pro ohřev TV použijeme následující rovnici:

$$Q_{TV,d} = (1 + z) \cdot \frac{\rho \cdot c \cdot V \cdot (t_2 - t_1)}{3600} \text{ [kWh]} \quad (1)$$

Kde  $V$  [ $\text{m}^3/\text{den}$ ] je denní potřeba teplé vody,  $\rho$  [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ] je hustota vody,  $c$  [ $\text{J}/\text{kg}\cdot\text{K}$ ] je měrná tepelná kapacita vody,  $t_2$  [ $^{\circ}\text{C}$ ] je teplota teplé vody,  $t_1$  [ $^{\circ}\text{C}$ ] teplota studené vody a  $z$  jsou ztráty u novostaveb se volí  $z = \max 0,5$ . (16)

Pro námi řešený případ budou dosazeny následující hodnoty:

$$V = 0,2 \text{ m}^3/\text{den}, \rho = 1000 \text{ kg}/\text{m}^3, c = 4286 \text{ J}/\text{kg}\cdot\text{K}, t_2 = 55 \text{ }^{\circ}\text{C}, t_1 = 10 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Po dosazení výše uvedených hodnot je výsledná denní potřeba tepla pro ohřev TV 15,7 kWh.

#### 4.2.2. Postup výpočtu potřeby tepla a požadovaného výkonu pro ohřev TV dle ČSN 06 0320

Teoretická potřeba tepla na ohřev TV pro 1 osobu za den je  $q_{2t} = 3,925$  kWh.

Celková potřeba tepla na ohřev TV pro 4 osoby bude:

$$Q_{2t} = n_i \cdot q_{2t} \text{ [kWh]} \quad (2)$$

Kde  $n_i$  je počet osob, a  $q_{2t}$  je teoretická potřeba tepla na ohřev TV pro 1 osobu. Výsledná celková potřeba tepla tak bude 15,7 kWh.

Teplu ztracené při ohřevu a distribuci TV se předpokládá rovnoměrné, součinitel poměrné ztráty se tak uvažuje  $z=0,5$ :

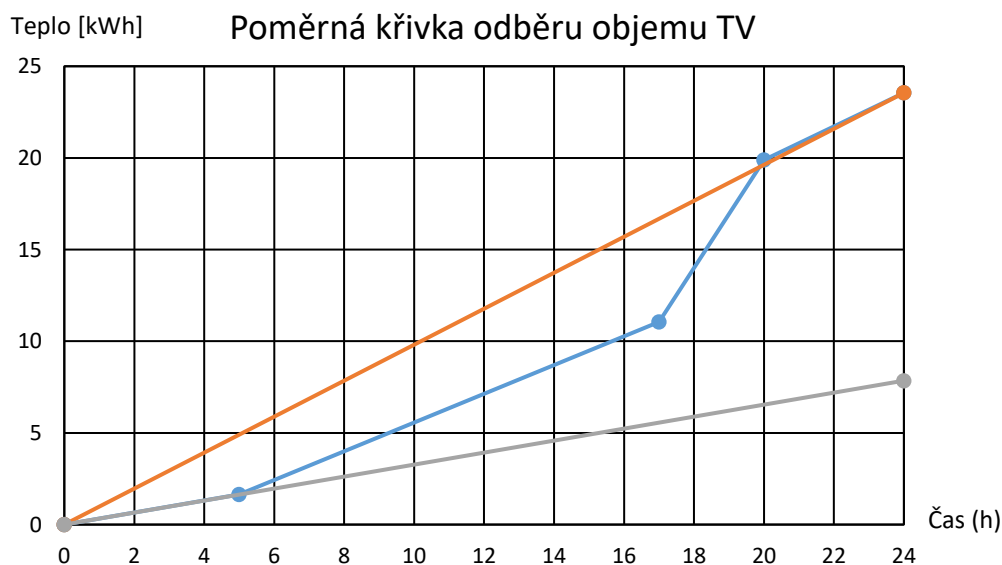
$$Q_{2z} = Q_{2t} \cdot z \text{ [kWh]} \quad (3)$$

Výsledné ztracené teplo je 7,85 kWh.

Teplo dodané ohřivačem do vody  $Q_{1p}$  během periody se rovná teplu odebranému z ohřivače  $Q_{2p}$  během periody:

$$Q_{1p} = Q_{2p} = Q_{2t} + Q_{2z} \text{ [kWh]} \quad (4)$$

Po dosažení hodnot je výsledek 23,55 kWh.



Graf 1 - Poměrná křivka odběru objemu TV v rodinném domě

V grafu 1 jsou vyneseny celkem 3 křivky. Oranžová křivka je celková dodávka tepla  $Q_{1p}$  za 24 hod. Šedá křivka znázorňuje tepelné ztráty  $Q_{2z}$  vypočtené v rovnici (3). Modrá křivka znázorňuje odběr tepla  $Q_{2p}$  v jednotlivých fázích odběru TV. Pro další výpočet je nutné určit největší pořadnici mezi křivkami  $Q_{1p}$  a  $Q_{2p}$ .  $Q_{max} = 5,626 \text{ kWh}$ .

Velikost zásobníku vypočteme dle rovnice:

$$V_z = \frac{Q_{max}}{c \cdot (t_2 - t_1)} [m^3] \quad (5)$$

Výsledná velikost zásobníku je  $V_z = 0,1075 \text{ m}^3$ .

Jmenovitý tepelný výkon:

$$\Phi_{1n} = \left( \frac{Q_{1p}}{t_p} \right) [kW] \quad (6)$$

Výsledný tepelný výkon je  $\Phi_{1n} = 0,98 \text{ kW}$ .

#### 4.2.3. Postup výpočtu plochy kolektorů pro ohřev TV

Pokud navrhujeme solární soustavu pro ohřev TV tak v případě rodinných domů se výpočty provádějí na měsíce duben a září. V předchozí kapitole byla vypočtena denní spotřeba energie pro ohřev TV -  $Q_{TV,d}$ . Pro další výpočet postupujeme tak, že z tabulky 2.9 (1) odečteme teoreticky možnou energii dopadající na kolektory ve slunečný den  $Q_{s,den,teor}$ , a potom se pro poměrnou dobu slunečního svitu  $\tau = \tau_{skut} / \tau_{teor}$  (viz. tab. 2.12) určí energie dopadající za den s průměrnou oblačností  $Q'_{s,den}$ . Dále se pro známou střední intenzitu záření  $I_{stř}$  (viz. tab. 2.17) a známý rozdíl teplot  $t = t_A - t_V$  vypočítá účinnost kolektorů  $\eta_A$ . S pomocí účinnosti pak lze vypočítat energii zachycenou kolektory za den  $Q_A$ . Nakonec se vypočítá plocha kolektorů  $S_A = Q_{TV,d} / Q_A$ . (1) (17)

Z výpočtu potřeby tepla pro ohřevu TV vyplývá  $Q_{TV,d} = 15,7 \text{ kWh}$ .

Nejprve je nutné určit skutečnou dobu slunečního svitu  $\tau_{skut}$ . dle rovnice (7):

$$\tau_{skut} = \bar{\tau} \cdot \tau_{teor} [h] \quad (7)$$

$\bar{\tau}$ - poměrná doba slunečního svitu [h];

$\tau_{teor}$ - teoretická doba slunečního svitu [h].

Z tab. 2.12 odečteme hodnoty poměrné doby slunečního svitu  $\bar{\tau}$  pro měsíce duben a září:

$\bar{\tau} = 0,45$  – duben

$\bar{\tau} = 0,53$  – září

Dále z tab. 2.8 odečteme hodnoty teoretické doby slunečního svitu  $\tau_{teor.}$ . Rovněž pro duben a září:

$\tau_{teor.} = 13,9$  – duben

$\tau_{teor.} = 12,0$  – září

Po dosažení odečtených hodnot do rovnice (7) dostaneme následující hodnoty:

$\tau_{skut.} = 6,255$  h – duben

$\tau_{skut.} = 6,36$  h – září

Pro výpočet skutečné energie dopadající na osluněnou plochu  $Q_{S,den}$ . Dosadíme do rovnice (8):

$$Q_{S,den} = \bar{\tau} \cdot Q_{S,den,teor} + (1 - \bar{\tau}) \cdot Q_{D,den} [kW \cdot h \cdot m^{-2} \cdot d^{-1}] \quad (8)$$

Z tab. 2.9. pro úhel sklonu osluněné plochy  $\alpha = 30^\circ$  a azimutový úhel osluněné plochy  $\alpha_s = \pm 0^\circ$  určíme teoreticky možné množství energie dopadající za den na 1 m<sup>2</sup> plochy  $Q_{S,den,teor.}$ :

$Q_{S,den,teor.} = 7,98$  kWh.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup> – duben

$Q_{S,den,teor.} = 9,56$  kWh.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup> – květen

$Q_{S,den,teor.} = 9,98$  kWh.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup> – červen

$Q_{S,den,teor.} = 9,56$  kWh.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup> – červenec

$Q_{S,den,teor.} = 7,98$  kWh.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup> – srpen

$Q_{S,den,teor.} = 6,44$  kWh.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup> – září

Z tab. 2. 12 určíme poměrnou dobu slunečního svitu  $\bar{\tau}$  pro Prahu:

$\bar{\tau} = 0,45$  – duben

$\bar{\tau} = 0,51$  – květen

$\bar{\tau} = 0,54$  – červen

$\bar{\tau} = 0,55$  – červenec

$\bar{\tau} = 0,55$  – srpen

$\bar{\tau} = 0,53$  – září

Z tab. 2. 10 určíme energii difuzního záření  $Q_{D,den}$  dopadajícího za den pro úhel sklonu osluněné plochy  $\alpha = 30^\circ$ .

$Q_{D,den} = 1,20 \text{ kWh.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$  – duben

$Q_{D,den} = 1,37 \text{ kWh.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$  – květen

$Q_{D,den} = 1,41 \text{ kWh.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$  – červen

$Q_{D,den} = 1,37 \text{ kWh.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$  – červenec

$Q_{D,den} = 1,20 \text{ kWh.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$  – srpen

$Q_{D,den} = 0,98 \text{ kWh.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$  – září

Pro výpočet skutečné energie dopadající na osluněnou plochu za den  $Q_{S,den}$  dosadíme hodnoty pro jednotlivé měsíce odečtené z tabulek do rovnice (8):

$Q_{S,den} = 4,25 \text{ kWh.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$  – duben

$Q_{S,den} = 5,55 \text{ kWh.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$  – květen

$Q_{S,den} = 6,04 \text{ kWh.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$  – červen

$Q_{S,den} = 5,87 \text{ kWh.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$  – červenec

$Q_{S,den} = 4,93 \text{ kWh.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$  – srpen

$Q_{S,den} = 3,87 \text{ kWh.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$  – září

Účinnost kolektoru  $\eta_A$  bude vypočtena podle rovnice (9):

$$\eta_A = (1 - r) - \frac{(U_1 + U_2) \cdot (t_A - t_v)}{q_s} \quad [-] \quad (9)$$

Kde  $r$  [-] je poměrná reflexní schopnost krycího skla,  $U_1$  je součinitel prostupu tepla na přední straně kolektoru [ $\text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$ ],  $U_2$  je součinitel prostupu tepla na zadní straně kolektoru [ $\text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$ ],  $t_A$  [ $^\circ\text{C}$ ] je teplota ohřáté vody,  $t_v$  [ $^\circ\text{C}$ ] je střední teplota vzduchu a  $q_s$  je střední intenzita slunečního záření.

Pro námi řešený případ budou dosazeny následující hodnoty:

$r = 0,15$ ;  $U_1 = 5 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$ ,  $U_2 = 1 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$ ,  $t_A = 55 \text{ }^\circ\text{C}$

Hodnoty  $t_v$  a  $q_s$  budou odečteny z tabulek zvlášť pro každý měsíc.

Z tab. 2.16 určíme střední teplotu vzduchu  $t_v$  v době slunečního svitu pro Prahu.

$$t_v = 12,1 \text{ °C} - \text{duben}$$

$$t_v = 16,6 \text{ °C} - \text{květen}$$

$$t_v = 20,6 \text{ °C} - \text{červen}$$

$$t_v = 22,5 \text{ °C} - \text{červenec}$$

$$t_v = 22,6 \text{ °C} - \text{srpen}$$

$$t_v = 19,4 \text{ °C} - \text{září}$$

Z tab. 2.17 určíme střední intenzitu slunečního záření  $I_{stř.} = q_s$  pro 50° severní šířky, součinitel znečištění atmosféry  $Z = 3$ , úhel sklonu osluněné plochy  $\alpha = 30^\circ$  a azimutový úhel osluněné plochy  $a_s = \pm 0^\circ$ .

$$q_s = 574 \text{ W.m}^{-2} - \text{duben}$$

$$q_s = 609 \text{ W.m}^{-2} - \text{květen}$$

$$q_s = 611 \text{ W.m}^{-2} - \text{červen}$$

$$q_s = 609 \text{ W.m}^{-2} - \text{červenec}$$

$$q_s = 574 \text{ W.m}^{-2} - \text{srpen}$$

$$q_s = 537 \text{ W.m}^{-2} - \text{září}$$

Pro výpočet účinnosti  $\eta_A$  v jednotlivých měsících dosadíme dané hodnoty do rovnice (9):

$$\eta_A = 0,402 - \text{duben}$$

$$\eta_A = 0,472 - \text{květen}$$

$$\eta_A = 0,512 - \text{červen}$$

$$\eta_A = 0,530 - \text{červenec}$$

$$\eta_A = 0,511 - \text{srpen}$$

$$\eta_A = 0,452 - \text{září}$$

Výpočet energie zachycené absorberem kolektoru  $Q_{A, den}$ :

$$Q_{A, den} = \eta_A \cdot Q_{S, den} [\text{kWh.m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}] \quad (10)$$

Po dosazení hodnot do rovnice (10) dostaneme následující hodnoty:



$$Q_{A, \text{den}} = 1,709 \text{ kWh.m}^{-2}.\text{d}^{-1} - \text{duben}$$

$$Q_{A, \text{den}} = 2,620 \text{ kWh.m}^{-2}.\text{d}^{-1} - \text{květen}$$

$$Q_{A, \text{den}} = 3,092 \text{ kWh.m}^{-2}.\text{d}^{-1} - \text{červen}$$

$$Q_{A, \text{den}} = 3,111 \text{ kWh.m}^{-2}.\text{d}^{-1} - \text{červenec}$$

$$Q_{A, \text{den}} = 2,519 \text{ kWh.m}^{-2}.\text{d}^{-1} - \text{srpen}$$

$$Q_{A, \text{den}} = 1,749 \text{ kWh.m}^{-2}.\text{d}^{-1} - \text{září}$$

Při dosažení  $Q_{A, \text{den}} = 1,709 \text{ kWh.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$  bychom pokryli veškerou potřebu v období duben – září. Měli bychom však v letním období přebytek tepla, který bychom v rodinném domě bez bazénu nevyužili. Také teplosměnná plocha kolektorů by byla velká (cca 8-9 m<sup>2</sup>) a solární systém by se zbytečně prodražil. Z těchto důvodů pro výpočet plochy kolektorů použijeme průměrnou energii zachycenou 1 m<sup>2</sup> v květnu -  $Q_{A, \text{den}} = 2,620 \text{ kWh.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$ .

Plocha absorberů  $S_A$  kolektorů bude vypočtena dle rovnice (11).

$$S_A = \frac{Q_{TV,d}}{Q_{A,den}} [m^2] \quad (11)$$

Po dosažení do rovnice (6) dostaneme hodnotu 5,99 m<sup>2</sup>.

Počet kolektorů  $n$  SUNTIME 2.1 ( $s_A = 1,84 \text{ m}^2.\text{ks}^{-1}$ ) vypočteme pomocí rovnice (12):

$$n = \frac{S_A}{s_a} [ks] \quad (12)$$

Po dosažení hodnot a zaokrouhlení je potřebný počet kolektorů 4 ks.

Skutečná plocha absorberů kolektorů bude vypočtena dosazením do rovnice (13):

$$S_A = n \cdot s_a [m^2] \quad (13)$$

Skutečná plocha absorberů je 7,36 m<sup>2</sup>.

V tab. (1) jsou uvedeny potřeby tepla pro ohřev TV v jednotlivých měsících. Při výpočtech vycházíme z denní potřeby tepla  $Q_{TV,d}=15,7 \text{ kWh}$ .

Tab. 1 - Potřeba teplo pro ohřev TV v jednotlivých měsících

Měsíc	Počet dní	Potřebné teplo pro ohřev TV [kWh]
Leden	31	487
Únor	28	440
Březen	31	487
Duben	30	471
Květen	31	487
Červen	30	471
Červenec	31	487
Srpen	31	487
Září	30	471
Říjen	31	487
Listopad	30	471
Prosinec	31	487

Celková spotřeba teplo pro ohřev TV v období leden-prosinec je 5731 kWh.

Pro období duben–září činí spotřeba 2873 kWh.

Pro výpočet energie získané solární soustavou použijeme rovnici (14):

$$W_k = Q_{A,den} \cdot n \cdot S_A \quad [kWh] \quad (14)$$

Po dosažení hodnot pro jednotlivé měsíce dostaneme hodnoty, které jsou zapsány v tab. 2:

Tab. 2 - Přehled energie získané pomocí solární soustavy

Měsíc	Energetický zisk [kWh]
Duben	377,35
Květen	597,78
Červen	682,71
Červenec	709,81
Srpen	574,74
Září	386,18

Celkový energetický zisk za období duben-září je 3328,57 kWh.

Plocha 7,36 m<sup>2</sup> absorberů slunečních kolektorů pokryje potřebu pro ohřev TV v měsících květen až srpen. V nejnepříznivějších měsících (v dubnu a září) nám pokryje větší část potřebné energie pro ohřev TV, zbytek energie bude dodán z jiného zdroje (např. plynový kotel nebo TČ). V dalších měsících nám vznikají přebytky tepelné energie, které ročně činí  $3\,328,57 - 2\,873 = 455,57$  kWh. Tyto přebytky by bylo vhodné efektivně využít například pro ohřev vody v bazénu.

V tab. 3 je shrnuta potřeba, zisk a úspora energie v jednotlivých měsících.

*Tab. 3 - Energetické shrnutí*

Měsíc	Potřeba [kWh]	Energetický zisk [kWh]	Úspora [kWh]
Duben	471	377,35	377,35
Květen	487	597,78	487
Červen	471	682,71	471
Červenec	487	709,81	487
Srpen	487	574,74	487
Září	471	386,18	386,18

Celková úspora energie v období duben-září je **2695,53 kWh**.

## 5. Varianty bivalentního systému

V této kapitole jsou navrženy varianty bivalentního systému. Solární systém může fungovat vždy pouze ve spojení s nějakým primárním zdrojem energie. Budou zde provedeny výpočty investičních a provozních nákladů pro následující varianty:

- Solární systém + elektrický kotel
- Solární systém + plynový kotel
- Solární systém + tepelné čerpadlo

Samozřejmě existují i další varianty bivalentních systémů. Varianta s elektrickým kotlem byla zvolena pro případ, že by do domu nebyl zaveden plyn. Možnost s plynovým kotlem byla vybrána kvůli nízkým investičním a provozním nákladům. Třetí varianta uvažuje použití tepelného čerpadla. Pro tuto možnost je nutné počítat s velkými investičními náklady, ty jsou ovšem kompenzovány velmi nízkými provozními náklady.

V tab. 4 jsou zapsány hodnoty potřeba tepla, energetického zisku ze solární soustavy a jejich rozdíl (zde může docházet jak k deficitu, tak k přebytku. Případný deficit bude kompenzován použitím dalším (primárním) zdrojem energie.

Tab. 4 - Energetický rozdíl

Měsíc	Potřeba [kWh]	Energetický zisk [kWh]	Rozdíl [kWh]
Leden	487	0	487
Únor	440	0	440
Březen	487	0	487
Duben	471	377,35	94
Květen	487	597,78	-111
Červen	471	682,71	-212
Červenec	487	709,81	-223
Srpen	487	574,74	-88
Září	471	386,18	85
Říjen	487	0	487
Listopad	471	0	471
Prosinec	487	0	487

### 5.1. Výběr solárního systému

Celková potřebná plocha solárních kolektorů byla vypočtena na 5,99 m<sup>2</sup>. Na základě tohoto výpočtu je nutné vybrat vhodnou variantu solárních panelů. Pro náš systém byl vybrán český

výrobce Propuls Solar, konkrétně model Suntime 2.1. Vzhledem k potřebné ploše budou umístěny celkem 4 panely o výsledné ploše 7,36 m<sup>2</sup>.

Tab. 5 - Údaje kolektoru Suntime 2.1

<b>Suntime 2.1</b>		
Plocha apertury	[m <sup>2</sup> ]	1,84
Absorpční plocha	[m <sup>2</sup> ]	1,83
Vnější rozměr	[mm]	1895x1063
Krycí sklo		solární 4mm, bezpečnostní
Připojovací rozměr		Cu d=22 mm
Tepelná izolace		zadní stěna minerální vata 30 mm + PUR 20 mm, boční stěny minerální vata 20 mm
Objem teplotnosné kapaliny	[l]	1,1
Hmotnost	[kg]	35
Rám kolektoru		eloxovaný duralový profil
Povrch absorberu		vysoceselexivní povrch Eta+
Solární absorptivita	[%]	93-97
Emisivita při 100°C	[%]	02.VI
Optická účinnost apertury	[-]	0,781
Lineární součinitel tepelné ztráty	[W/(m <sup>2</sup> .K)]	2,495
Kvadratický součinitel tepelné ztráty	[W/(m <sup>2</sup> .K)]	0,028
Doporučená pracovní teplota	[°C]	do 140
Stagnační pracovní teplota	[°C]	203
maximální pracovní přetlak	[bar]	6
Testovací přetlak	[bar]	10
Doporučený průtok	[l/h kolektor]	60
Energetický zisk	[kWh/rok]	800-1200

Zdroj: <https://shop.propuls.cz/prilohy/soubory/suntime-letak-6.pdf>

Energetický zisk ze solární soustavy je 2695,53 kWh.rok<sup>-1</sup>. Celková potřeba energie pro ohřev TV je 5731 kWh.rok<sup>-1</sup>. Z toho plyne, že další zdroj energie bude muset dodat teplo o hodnotě 3040,47 kWh.rok<sup>-1</sup>. Celkové investiční náklady na solární panely Suntime jsou 70 000 Kč. V rámci programu *Nová zelená úsporám* je v tomto konkrétním případě možné získat jednorázovou dotaci ve výši 35 000 Kč. Po odečtení této dotace se tak dostáváme na částku 35 000 Kč. (18)

## 5.2. Solární systém + elektrický kotel

Celková denní potřeba tepla pro ohřev TV je 15,7 kWh. Tato hodnota je určující pro správný výběr elektrického kotle. Ten musí být vybrán tak, aby pokryl ztráty při velmi nízké sluneční aktivitě nebo ve dnech s nízkou venkovní teplotou. Byl vybrán kotel firmy Vaillant model eloBLOCK VE 14 o jmenovitém výkonu 2,3 až 14 kW. Kotel umožňuje přípravu vody v externím zásobníku. Dále je vybaven funkcemi jako jsou plynulá regulace výkonu, nastavitelná maximální teplota pro vytápění, automatické odepínání výkonových stupňů v závislosti na zatížení domácí elektrické sítě a protimrazovou ochranou kotle i externího zásobníku. Pořizovací cena kotle je 21 000 Kč. Montáž s příslušenstvím a odborným zapojením bude stát 6 000 Kč. Celkové investiční náklady na kotel jsou tedy 27 000 Kč. (19) (20)

Roční náklady na provoz zásobníku na TV bez použití solárního systému budou vypočteny dle následujícího vzorce (21):

$$N = \text{Potřebné teplo [kWh]} \cdot \text{sazba za 1 kWh} = 5731 \cdot 4,9 = 28\,082 \text{ Kč} \cdot \text{rok}^{-1}$$

Roční náklady na provoz zásobníku na TV s použitím solárního systému budou 15 177 Kč. Náklady na jednotlivé měsíce jsou vypočteny v tab. 6.

Tab. 6 - Měsíční náklady na provoz bivalentního systému s elektrickým kotlem

Měsíc	Náklady [Kč]
Leden	2385
Únor	2154
Březen	2385
Duben	531
Květen	73
Červen	71
Červenec	73
Srpen	73
Září	355
Říjen	2385
Listopad	2308
Prosinec	2385
Suma	15177

Úspora díky použití solárního systému je 12 905 Kč. V případě využití dotace ve výši 35 000,- Kč bude doba návratnosti necelé 3 roky.

### 5.3. Solární systém + plynový kotel

Stejně jako v předchozí kapitole je důležitým parametrem pro výběr plynového kotle vypočtené potřeba tepla 15,7 kWh. Pro tuto variantu byl vybrán plynový kondenzační kotel Vaillant ecoTEC Pro VU 146/5-3. Výkon kotle je 5,2 až 14 kW. Kotel umožňuje kombinaci se zásobníkem na TV. Mezi hlavní výhody kotle patří kondenzační nerezový výměník, účinnost 108 %, plynulá regulace výkonu, regulace nepřímotopného zásobníku, možnost vestavby ekvitermní regulace a možnost použití pro radiátorové i podlahové vytápění. Pořizovací cena kotle je 32 000 Kč. Montáž, odborné zapojení a potřebné revize plynu a spalinových cest budou stát 8 000 Kč. Celkové pořizovací náklady jsou 40 000 Kč. Stejně jako na solární panely tak i na plynový kondenzační kotel je v rámci programu *Nová zelená úsporám* možno čerpat dotaci. Dotace je ve výši 50 % pořizovacích nákladů, maximálně však 35 000 Kč. V našem případě bude dotace 20 000 Kč. (22) (23)

Roční náklady na provoz plynového kondenzačního kotle bez použití solárního systému budou vypočteny dle následujícího vzorce (24):

$$N = \text{Potřebné teplo [kWh]} \cdot \text{sazba za 1 kWh} = 5731 \cdot 1,428 = 8\,184 \text{ Kč} \cdot \text{rok}^{-1}$$

Roční náklady na provoz plynového kondenzačního kotle s použitím solárního systému jsou 4 768 Kč. Náklady v jednotlivých měsících jsou v tab. 7.

Tab. 7 - Náklady na provoz bivalentního systému s plynovým kotlem

Měsíc	Náklady [Kč]
Leden	695
Únor	628
Březen	695
Duben	205
Květen	73
Červen	71
Červenec	73
Srpen	73
Září	192
Říjen	695
Listopad	673
Prosinec	695
Suma	4768

Úspora díky použití solárního systému je 3 416 Kč. V případě poskytnutí dotace opět ve výši 35 000 Kč je doba návratnosti necelých 11 let.

#### 5.4. Solární systém + tepelné čerpadlo

Varianta systému využívající tepelné čerpadlo bude s ohledem na investiční náklady tou nejdražší. Kombinací TČ spolu se solárním systémem ale získáme minimální provozní náklady. Použití tepelného čerpadla nám umožní získat nižší sazbu elektřiny. Volíme kombinaci od firmy Nibe - tepelné čerpadlo F2040 + HMTM 250/50. Tepelné čerpadlo je typu vzduch – voda. Toto TČ v kombinaci s vnitřní systémovou jednotkou HMTM 250/50 je určeno jak pro vytápění, tak pro ohřev TV. Vnitřní jednotka obsahuje zásobník na 250 litrů vody a díky dvěma výměníkům umožňuje napojení na solární systém. Tepelné čerpadlo pracuje s velkou účinností až do teploty venkovního vzduchu -20 °C. (25) (26)

Pořizovací cena TČ je 120 000 Kč, cena vnitřní jednotky je 90 000 Kč. Cena montáže a odborného zapojení je 10 000 Kč. Na tepelné čerpadlo je stejně jako na plynový kotel a solární systém možno získat dotaci, v našem případě je výše dotace 75 000 Kč. (18) (26) (27)

Roční náklady na provoz tepelného čerpadla bez použití solárního systému. Ve výpočtu ročních nákladů na provoz tepelného čerpadla bez použití solárního systému uvažujeme hodnotu topného faktoru  $COP=3$  (25):

$$N = (V_{\text{ypočtené potřebné teplo [kWh]} \div \text{topný faktor}) \cdot \text{sazba za 1 kWh} \\ = (5731 \div 3) \cdot 2,6 = 4\,967 \text{ Kč} \cdot \text{rok}^{-1}$$

Roční náklady na provoz TČ s použitím solárního systému budou 3 002 Kč. Náklady v jednotlivých měsících jsou zaneseny v tab. 8.



Tab. 8 - Náklady na provoz bivalentního systému s TČ

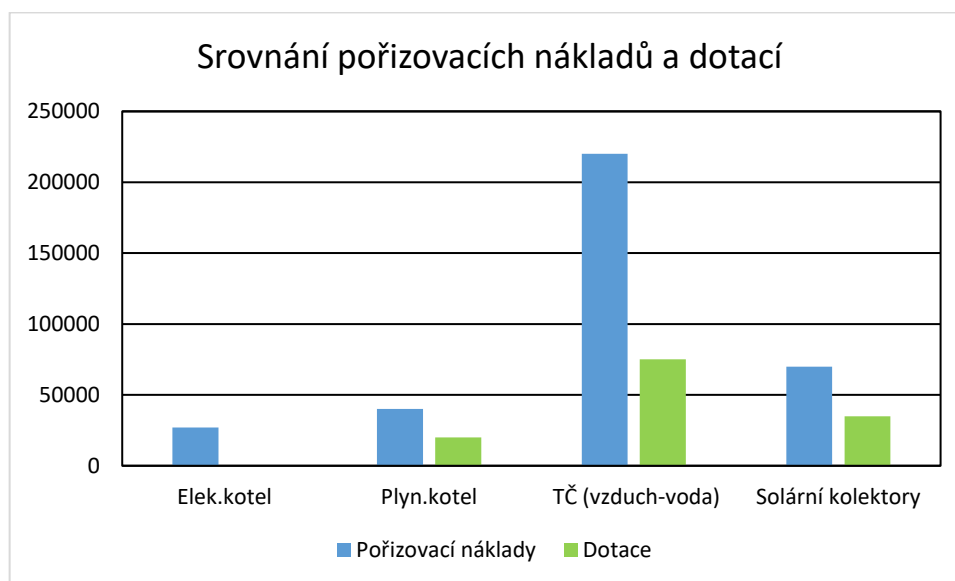
Měsíc	Náklady [Kč]
Leden	411
Únor	371
Březen	411
Duben	152
Květen	73
Červen	71
Červenec	73
Srpen	73
Září	147
Říjen	411
Listopad	398
Prosinec	411
Suma	3002

Úspora díky použití solárního systému je 1 965 Kč. Doba návratnosti v případě využití dotace ve výši 35 000 Kč je 18 let.

## 6. Zhodnocení výsledků

V následující kapitole budou vypracované varianty zhodnoceny na základě jejich investičních a provozních nákladů. Doba životnosti bude pro všechny bivalentní systémy jednotná a to konkrétně 15 let.

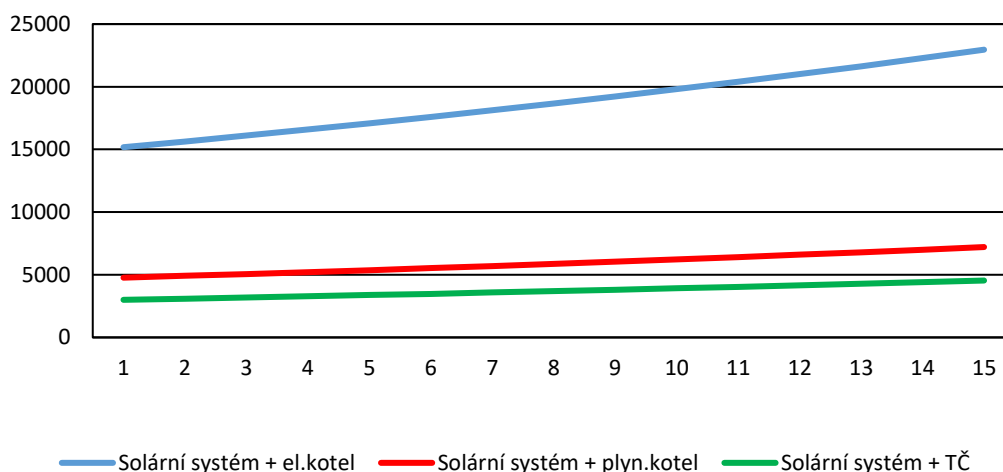
V grafu 2 jsou znázorněny investiční náklady pro jednotlivé varianty bivalentních systémů. Na jednotlivé varianty je možno čerpat dotace z programu *Nová zelená úsporám*. Výše dotace je u každé varianty jiná.



Graf 2 - Srovnání investičních nákladů na zdroj tepla pro vytápění a ohřev TV

Hlavní ekonomickým kritériem pro vyhodnocení výsledků jsou provozní náklady. V grafu 3 jsou zobrazeny provozní náklady jednotlivých variant. U všech variant se počítá s využitím solárního systému. Ekonomicky nejvýhodnější, z hlediska provozních nákladů, jsou varianty s plynovým kotlem, případně s TČ. U plynového kotle jsou nízké provozní náklady způsobeny především nízkou cenou za 1 kWh tepla. Varianta s TČ nám zase umožní přejít levnější sazbu za 1 kWh elektrické energie.

### Srovnání provozních nákladů



Graf 3 - Srovnání provozních nákladů

S přihlédnutím k pořizovacím nákladům se jako nejlepší volba ukazuje kombinace solárního systému a plynového kondenzačního kotle. Plynový kotel, oproti elektrickému, má rovněž výrazně nižší provozní náklady.

Varianta solárního systému v kombinaci s TČ má velmi podobné provozní náklady jako varianta s plynovým kondenzačním kotlem. Její velkou nevýhodou jsou bohužel několikanásobně vyšší investiční náklady, se kterými je spojena i poměrně dlouhá doba návratnosti.

Kombinace elektrického kotle a solárních panelů má nejkratší dobu návratnosti. Systém solárních panelů je zde nejefektivnější, jelikož snižuje spotřebu elektrické energie, která je v přepočtu na 1 kWh nejdražší. Oproti ostatním variantám má ale několikanásobně vyšší finanční nároky na provoz. Na tuto variantu také není možné čerpat dotaci.

Vybranou variantu bivalentního systému s plynovým kotlem je nutné zhodnotit i z hlediska environmentálních aspektů. Jedním z ukazatelů je produkce oxidu uhličitého na 1 kWh. U zemního plynu je hodnota 0,2 kg/kWh, u elektrické energie 1,17 kg/kWh. Oxid uhličitý stejně jako např. vodní páru nebo methan řadíme mezi tzv. skleníkové plyny. Tyto plyny zesilují skleníkový efekt a způsobují globální oteplování. Na základě výpočtů potřebného tepla bude při použití této varianty vyprodukováno 1 146 kg oxidu uhličitého. Při použití elektrické energie by bylo vyprodukováno 6 705 kg oxidu uhličitého. (28)

## 7. Závěr a doporučení

Hlavním cílem práce bylo navrhnout varianty bivalentního systému pro ohřev TV v rodinném domě. Bivalentní systém se vždy skládal ze solárního systému a jednoho dalšího (hlavního) zdroje energie pro ohřev TV a vytápění. Byly navrženy celkem tři varianty – s elektrickým kotlem, s plynovým kondenzačním kotlem a s tepelným čerpadlem.

U jednotlivých varianty byly vždy vypočteny pořizovací a provozní náklady. Na vybrané prvky bivalentního systému (solární panely, plynový kondenzační kotel a tepelné čerpadlo) je možné získat jednorázové dotace v rámci programu *Nová zelená úsporám*.

Na základě výpočtů pořizovacích a provozních nákladů a také s přihlédnutím k době návratnosti se z hlediska hodnocení bivalentních systémů pro ohřev TV doporučuje použít systém, který kombinuje solární energii s plynovým kondenzačním kotlem. Tato varianta má příznivé pořizovací i provozní náklady. Zároveň má rozumnou dobu návratnosti.

Navržené varianty systémů ohřevu TV a vytápění byly v této práci hodnoceny pouze z hlediska bivalentních zdrojů pro ohřev TV. Pokud bychom hodnotili systémy komplexně, pro vytápění a ohřev TV, lze očekávat, že ekonomicky nejvýhodnější variantou by byl systém solárních kolektorů + tepelné čerpadlo.

## 8. Citovaná literatura

1. **Cihelka, Jaromír Ing. Dr.** *Solární tepelná technika*. Praha : Nakladatelství T. Malina, 1994. ISBN 80-900759-5-9.
2. **Libra, Martin a Poulek, Vladislav.** *Solární energie, fotovoltaika - perspektivní trend současnosti i blízké budoucnosti*. Praha : Česká zemědělská univerzita v Praze, 2006. ISBN 80-213-1488-5.
3. **Tomas, Kellner.** Reports GE. *Web GE*. [Online] 7. Březen 2018. [Citace: 9. Únor 2020.] <https://www.ge.com/reports/leading-charge-battery-storage-sweeps-world-ge-finding-place-sun/>.
4. **TZB info - solární kolektory.** *TZB info - solární kolektory*. [Online] [Citace: 27. Březen 2020.] <https://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/154-typy-solarnich-kolektoru>.
5. **ČSSE - solární kolektory.** *ČSSE - solární kolektory*. [Online] [Citace: 27. Březen 2020.] <http://www.solarnispolcnost.cz/cz/solarni-kolektory>.
6. **TZB info - selektivní kolektory.** *TZB info - selektivní kolektory*. [Online] [Citace: 27. Březen 2020.] <https://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/2702-trendy-v-solarni-tepelne-technice-ii-solarni-kolektory>.
7. **TZB info - trubicové kolektory.** *TZB info - trubicové kolektory*. [Online] [Citace: 27. Březen 2020.] <https://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/4903-ucinnost-vakuovych-trubkovych-solarnich-kolektoru-i>.
8. **Český kutil - plynové kotle.** *Český kutil*. [Online] 11. Únor 2017. [Citace: 15. Únor 2020.] <https://www.ceskykutil.cz/clanek-11349-plynove-kondenzacni-kotle-jak-funguji-a-jake-jsou-jejich-prednosti>.
9. **TZB info - kondenzace.** *TZB info*. [Online] 2. Duben 2004. [Citace: 15. Únor 2020.] <https://vytapeni.tzb-info.cz/vytapime-plynem/1912-strucna-teorie-kondenzace-u-kondenzacnich-plynovych-kotlu>.
10. **topeni-topenari.eu.** *topeni-topenari.eu - elektrický kotel*. [Online] [Citace: 15. Únor 2020.] <http://www.topeni-topenari.eu/topeni/topidla-klasicka/kotle-elektricke.php>.

11. TZB info - tepelná čerpadla. *TZB info - tepelná čerpadla*. [Online] [Citace: 17. Únor 2020.] <https://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla>.
12. Čerpadla IVT - princip tepelných čerpadel. *Čerpadla IVT - princip tepelných čerpadel*. [Online] [Citace: 17. Únor 2020.] <https://www.cerpadla-ivt.cz/cz/princip-tepelnych-cerpadel>.
13. Jan, Budín. O energetice - tepelná čerpadla. *O energetice - tepelná čerpadla*. [Online] 26. Březen 2015. [Citace: 17. Únor 2020.] <https://oenergetice.cz/teplarenstvi/tepelna-cerpadla>.
14. RNDr., Hejhálek Jiří. *stavebnictvi3000.cz - rozdělení tepelných čerpadel*. *stavebnictvi3000.cz - rozdělení tepelných čerpadel*. [Online] 30. Listopad 2017. [Citace: 17. Únor 2020.] <https://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/zakladni-rozdeleni-tepelnych-cerpadel>.
15. TZB info - teplo a potřeba TV. *TZB info - teplo a potřeba TV*. [Online] 11. Říjen 2010. [Citace: 22. Únor 2020.] <https://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov/6839-potreba-vody-a-tepla-pro-pripravu-teple-vody>.
16. TZB info - potřeba tepla pro vytápění a ohřev TV. *TZB info - potřeba tepla pro vytápění a ohřev TV*. [Online] [Citace: 22. Únor 2020.] <https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/47-potreba-tepla-pro-vytapani-a-ohrev-teple-vody>.
17. TZB info - dimenzování solárních soustav. *TZB info - dimenzování solárních soustav*. [Online] [Citace: 22. Únor 2020.] <https://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/4214-dimenzovani-solarnich-soustav-i>.
18. Nová zelená úsporám. *Nová zelená úsporám*. [Online] [Citace: 23. Únor 2020.] <https://www.novazelenausporam.cz/nabidka-dotaci/rodinne-domy-zdroje-energie/>.
19. Gas - prodejce topné techniky. *Gas - prodejce topné techniky*. [Online] [Citace: 23. Únor 2020.] <https://www.gas.cz/vaillant-ve-14-eloblock-eu-ii/produkt/16081/409/>.
20. Vaillant - elektrické kotle. *Vaillant - elektrické kotle*. [Online] [Citace: 23. Únor 2020.] <https://www.vaillant.cz/downloads/prospekty/prospekt-eloblock-v-08082019-1545845.pdf..>

21. energie123.cz. *energie123.cz - cena elektřiny*. [Online] [Citace: 23. Únor 2020.] <https://www.energie123.cz/elektrina/ceny-elektricke-energie/cena-1-kwh/>.
22. Vaillant - plynové kondenzační kotle. *Vaillant - plynové kondenzační kotle*. [Online] [Citace: 23. Únor 2020.] <https://www.vaillant.cz/downloads/prospekty/prospekt-zavesne-kondenzacni-kotle-v23042019-1474578.pdf>.
23. 123topeni.cz - plynový kotel Vaillant. *123topeni.cz - plynový kotel Vaillant*. [Online] [Citace: 23. Únor 2020.] <http://www.123topeni.cz/Vaillant-VU-146-5-3-H-INT-II-ecoTEC-pro-d11417.htm>.
24. TZB info - ceny plynu. *TZB info - ceny plynu*. [Online] [Citace: 23. Únor 2020.] <https://www.tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energii/13-prehled-cen-zemniho-plynu>.
25. Tramonta Klima - sazba elektřiny pro TČ. *Tramonta Klima - sazba elektřiny pro TČ*. [Online] [Citace: 26. Únor 2020.] <https://www.tramontaklima.cz/kolik-zaplatite-za-elektřinu-s-tepelny-m-cerpadlem/>.
26. Nibe - tepelná čerpadla. *Nibe - tepelná čerpadla*. [Online] [Citace: 26. Únor 2020.] <https://www.nibe.cz/tepelna-cerpadla-vzduch-voda/tepelne-cerpadlo-nibe-f2040>.
27. Nibe - vnitřní systémové jednotky. *Nibe - vnitřní systémové jednotky*. [Online] [Citace: 26. Únor 2020.] <https://www.nibe.cz/systemove-vnitřni-jednotky-a-regulace/hmtm-vnitřni-systemova-jednotka>.
28. Ministerstvo průmyslu a obchodu - emise oxidu uhličitého. *Ministerstvo průmyslu a obchodu - emise oxidu uhličitého*. [Online] [Citace: 6. Duben 2020.] <https://www.mpo.cz/dokument6794.html>.

## 9. Seznam obrázků

Obr. 1 - Slunce .....	3
Obr. 2 - Fotovoltaický potenciál ČR .....	4
Obr. 3 - Akumulátory firmy GE .....	7
Obr. 4 - Kolektor pro ohřev vody v bazénu .....	8
Obr. 5 - Jednostěnný trubcový vakuový kolektor s tepelnou trubicí (vlevo) a protékanou U-smyčkou (vpravo) .....	9
Obr. 6 - Sydney trubka .....	10
Obr. 7 - Příčný řez Sydney trubkou s tepelnou trubicí (vlevo) a protékanou U-trubkou (vpravo) .....	11
Obr. 8 - Schéma zapojení solárního systému v kombinaci s plynovým kotlem .....	12
Obr. 9 Odkrytovaný elektrický kotel.....	13
Obr. 11 - Schématické znázornění funkce TČ .....	14
Obr. 12 - Čerpací a vsakovací studna u TČ voda-voda.....	15
Obr. 13 - Schéma TČ vzduch-voda .....	16
Obr. 14 - Varianty TČ země-voda.....	17
Obr. 15 - Pozemek .....	19



## 10. Seznam tabulek

Tab. 1 - Potřeba teplo pro ohřev TV v jednotlivých měsících.....	27
Tab. 2 - Přehled energie získané pomocí solární soustavy.....	27
Tab. 3 - Energetické shrnutí.....	28
Tab. 4 - Energetický rozdíl .....	29
Tab. 5 - Údaje kolektoru Suntime 2.1.....	30
Tab. 6 - Měsíční náklady na provoz bivalentního systému s elektrickým kotlem.....	31
Tab. 7 - Náklady na provoz bivalentního systému s plynovým kotlem .....	32
Tab. 8 - Náklady na provoz bivalentního systému s TČ .....	34