



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ENERGETICKÝ ÚSTAV

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
ENERGY INSTITUTE

VYUŽITÍ OBNOVITELNÝCH ZDROJŮ ENERGIE PRO VYTÁPĚNÍ RODINNÉHO DOMU

USE OF RENEWABLE ENERGY SOURCES FOR FAMILY HOUSE HEATING

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

DALIBOR JEŽ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. MAREK BALÁŠ, Ph.D.

BRNO 2013

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Energetický ústav
Akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Dalibor Jež
který/která studuje v **bakalářském studijním programu**
obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

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

Využití obnovitelných zdrojů energie pro vytápění rodinného domu

v anglickém jazyce:

Use of renewable energy sources for family house heating

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Popište technologie pro výrobu tepla z obnovitelných zdrojů energie a navrhnete konkrétní systémy pro vytápění RD.

Cíle bakalářské práce:

- popis technologií využívajících OZE pro výrobu tepla
- návrh systému pro RD a jejich porovnání

Seznam odborné literatury:

Quaschnig Volker: Obnovitelné zdroje energií. Praha, Grada 2010, ISBN: 978-80-247-3250-3
Jandačka, J., Mikulík, M.: Technologie pre zvyšovanie energetickeho potencialu biomasy. TU
Žilina 2007, ISBN 978-80-969595-4-9

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Marek Baláš, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku
2012/2013.

V Brně, dne 20.11.2012

L.S.

doc. Ing. Zdeněk Skála, CSc.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Obsahem této bakalářské práce je odborná rešerše, která se zabývá využitím obnovitelných zdrojů energie pro účely vytápění rodinného domu. Práce je rozdělena do několika částí.

V první části jsou uvedeny obecné informace a charakteristiky jednotlivých obnovitelných zdrojů, jejich rozdělení, výhody a nevýhody. Druhá část práce je zaměřena na návrh konkrétních systémů, vhodných pro vytápění rodinného domu a využívajících obnovitelné zdroje. Návrh systémů je doplněn o jejich srovnání.

Klíčová slova

obnovitelné zdroje energie, termické kolektory, tepelné čerpadlo, biomasa

ABSTRACT

The content of this bachelor's thesis is the technical research focused on renewable sources of energy used for family house heating. The thesis is divided into several parts.

The first part consists of general information, characteristics and dividing of each renewable sources. There are also their advantages and disadvantages. The second part of the thesis is focused on suggestion of concrete systems suitable for family house heating and is supplemented with their comparison.

Key words

renewable energy sources, thermal collector, heat pump, biomass

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

JEŽ, D. *Využití obnovitelných zdrojů energie pro vytápění rodinného domu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2013. 46 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Marek Baláš, Ph.D..

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Využití obnovitelných zdrojů energie pro vytápění rodinného domu“ vypracoval samostatně pod vedením vedoucího práce a s užitím uvedené odborné literatury a podkladů.

V Brně dne 3.5.2013

.....

Podpis:

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Marku Balášovi, Ph.D. za cenné připomínky a rady během vypracování této práce.

Obsah

Úvod	11
1 Sluneční energie	12
1.1. <i>MOŽNOSTI VYUŽITÍ SLUNEČNÍ ENERGIE</i>	12
1.2. <i>PRINCIP FUNGOVÁNÍ SOLÁRNÍCH SYSTÉMŮ</i>	12
1.2.1. <i>Fotovoltaické panely.....</i>	13
1.2.2. <i>Termické kolektory</i>	13
1.3. <i>PASIVNÍ DŮM</i>	15
1.4. <i>SYSTÉM PRO VYTÁPĚNÍ DOMU A OHŘEV VODY PRO DOMÁCNOST</i>	16
1.4.1. <i>Výběr vhodných kolektorů</i>	17
1.4.2. <i>Vyrobené teplo a zásobníky</i>	17
1.5. <i>VÝHODY A NEVÝHODY SOLÁRNÍCH SYSTÉMŮ</i>	18
2 Tepelné čerpadlo	19
2.1. <i>PRINCIP TEPELNÉHO ČERPADLA</i>	20
2.2. <i>TOPNÝ FAKTOR TEPELNÉHO ČERPADLA</i>	20
2.3. <i>ROZDĚLENÍ TEPELNÝCH ČERPADEL</i>	21
2.3.1. <i>Typy kompresorů</i>	21
2.4. <i>PRAKTICKÉ VYUŽITÍ TEPELNÉHO ČERPADLA</i>	22
2.4.1. <i>Volba typu tepelného čerpadla</i>	22
2.4.2. <i>Nejvhodnější typy tepelných čerpadel pro vytápění domu</i>	22
2.4.2.1. <i>Tepelná čerpadla vzduch-voda</i>	23
2.4.2.2. <i>Tepelná čerpadla země-voda.....</i>	24
2.5. <i>VÝHODY A NEVÝHODY TEPELNÉHO ČERPADLA</i>	26
3 Energie z biomasy	27
3.1. <i>ROZDĚLENÍ BIOMASY.....</i>	27
3.2. <i>ZISK ENERGIE Z BIOMASY</i>	28
3.2.1. <i>Spalování a zplyňování</i>	28
3.2.1.1. <i>Škodlivé produkty spalování biomasy</i>	29
3.2.1.2. <i>Výhřevnost biomasy</i>	29
3.3. <i>VYUŽITÍ BIOMASY PRO VYTÁPĚNÍ DOMU.....</i>	29
3.3.1. <i>Štěpky.....</i>	30
3.3.2. <i>Pelety</i>	30

3.3.3. Brikety.....	31
3.4. KOTEL NA BIOMASU	31
3.4.1. Automatické kotle na biomasu	32
3.4.2. Kotel na kusové dřevo.....	33
3.4.3. Interiérová kamna.....	33
3.5. VÝHODY A NEVÝHODY BIOMASY	33
4 Návrh systémů pro vytápění rodinného domu	34
4.1. KOMBINOVANÉ ZAPOJENÍ SOLÁRNÍCH KOLEKTORŮ A KOTLE.....	34
4.2. KOMBINOVANÉ ZAPOJENÍ TEPELNÉHO ČERPADLA A KOTLE	36
4.3. KOMBINOVANÉ ZAPOJENÍ SOLÁRNÍCH KOLEKTORŮ A TEPELNÉHO ČERPADLA	37
4.4. KOMBINOVANÉ ZAPOJENÍ SOLÁRNÍCH KOLEKTORŮ, TEPELNÉHO ČERPADLA A KOTLE	38
4.5. ZAPOJENÍ KOTLE NA BIOMASU	39
4.6. POROVNÁNÍ NAVRŽENÝCH KOMBINOVANÝCH SYSTÉMŮ	40
Závěr	41
Seznam použité literatury	42
Seznam použitých symbolů a zkratk	45
Seznam obrázků	46
Seznam tabulek	46

Úvod

V současné době je energie nepostradatelnou součástí našeho života. Prakticky neexistuje oblast dění, která by se obešla bez dodávky energie alespoň v nějaké podobě. Stačí se jen rozhlédnout kolem sebe – budovy, které je třeba v závislosti na aktuálních klimatických podmínkách vytápět či klimatizovat, elektrická vedení přivádějící elektrickou energii, která pohání různá technická zařízení, bez kterých se již lidstvo prakticky neobejde, nebo automobily a další dopravní prostředky, které ke svému provozu rovněž potřebují přísun energie.

Naprostá většina potřebné energie je přitom vyráběna z uhlí, ropy a zemního plynu. Jedná se však o tzv. neobnovitelné zdroje energie, které navíc znečišťují životní prostředí a v neposlední řadě také přispívají ke globálnímu oteplování. Spotřeba energie všeho druhu spolu s rozvojem společnosti a techniky neustále a nezadržitelně stoupá. Je tedy třeba najít řešení toho, co budeme dělat v okamžiku, kdy veškeré tyto neobnovitelné zdroje energie vyčerpáme.

Společně s již zmíněným rozvojem naší společnosti, jde ruku v ruce plýtvání mimo jiné také energií. Proto se jistě nabízí určité přehodnocení životního stylu celé společnosti a částečné omezení spotřeby energie. V důsledku se však nejedná o absolutní řešení. Vyčerpání neobnovitelných zdrojů energie by se tak pouze o něco oddálilo. Je tedy třeba najít jiné řešení, jak tyto zdroje energie nahradit a zároveň co nejvíce eliminovat dopady na životní prostředí. [1]

Za jedno z řešení, jak do budoucna vyrábět velké množství elektrické energie, lze považovat jaderné elektrárny. Jako palivo se používá obohacený uran, kterého však také není k dispozici neomezené množství. Jaderné elektrárny s sebou ale přináší problém v podobě radioaktivního odpadu, který je třeba skladovat v podzemních úložištích. Další, řekněme nevýhodou, je efektivita využití jaderného paliva, která je přibližně 4% z jeho potenciálu. [5] Vědci však předpokládají, že do budoucna bude možné nevyhořelé palivo z dnešních jaderných elektráren opět využít pro tzv. jadernou fúzi.

Jako další alternativa se jeví tzv. obnovitelné zdroje energie (OZE). Pod pojmem obnovitelné zdroje energie si lze představit souhrn všech přírodních energetických zdrojů, které mají schopnost částečné nebo úplné obnovy. [7] Tuto energii lze získávat například ze Slunce, z větru, z biomasy, ze zemského jádra - geotermální energie, z vody, energii lze získat také z přílivu a odlivu, nebo z okolního prostředí - tepelné čerpadlo. Každý z těchto způsobů získání energie má samozřejmě své klady i zápory a jejich využitelnost je přímo spojená s umístěním na Zemi. Přesto je velice důležité zasadit se co nejvíce o jejich rozvoj, jelikož v okamžiku, kdy dojde k vyčerpání neobnovitelných zdrojů energie, budou OZE představovat jednu z mála alternativ. Z toho důvodu se jednotlivé státy po celém světě zavazují k podpoře využívání OZE již nyní. [1]

Práce bude zaměřena na využití OZE z pohledu obyčejného člověka. Jako ideální se jeví vytápění rodinného domu (RD). V takovém případě jsou vhodnými zdroji energie Slunce, biomasa a energie okolního prostředí. Cílem této práce je tedy představit nejčastěji využívané OZE pro vytápění rodinného domu s důrazem na sluneční (solární) energii, tepelné čerpadlo a biomasu. Jednotlivé zdroje energie budou popsány, následně budou uvedeny jejich světlé i stinné stránky a v neposlední řadě budou také zmíněny jejich ekonomické dopady. Nakonec budou představeny možné kombinace jednotlivých systémů pro vytápění RD a bude provedeno jejich zhodnocení a porovnání.

1 Sluneční energie

Tento zdroj energie je někdy také nazýván jako solární. Slunce předává do svého okolí obrovské množství energie ve formě záření, které je možné využít různými způsoby. Výkon, který nám Slunce poskytuje, mnohonásobně převyšuje spotřebu celého lidstva. V současnosti jsme však schopni využít pouze nepatrnou část.

Zařízení, která nám umožňují využití sluneční energie se nazývají solární zařízení. Jejich růstový potenciál je obrovský, což si také státy po celém světě dobře uvědomují. [4]

1.1. MOŽNOSTI VYUŽITÍ SLUNEČNÍ ENERGIE

Sluneční energie nám nabízí rozmanité využití. Jedná se zejména o: [8]

- **vytápění budov** (termické, solární kolektory)
- **ohřev vody** v bazénu nebo pro potřeby domácnosti (termické, solární kolektory)
- **vyhřívání domu** (pasivní zisky jižními okny, Trombeho stěna, zimní zahrada)
- **výrobu elektrické energie** (fotovoltaické panely)
- **absorpční chlazení** (chladnička, klimatizace)

Efektivita využití sluneční energie je však silně ovlivňována následujícími faktory: [7], [8]

- **intenzita slunečního záření** - u nás je průměrná intenzita slunečního záření 950–1 340 kWh na m² za rok
- **doba slunečního záření** - v ČR se průměrně pohybuje kolem 1 300–1 800 hodin ročně. V našich zeměpisných podmínkách navíc není množství dopadajícího slunečního záření stálé, ale výrazně se liší v závislosti na cyklu ročních období. Tento fakt má obrovský vliv na ekonomiku provozu solárního systému.
- **účinnost kolektorů** - zatím není příliš vysoká. U termických kolektorů se jedná přibližně o 30-40 %, u fotovoltaických panelů se pak účinnost pohybuje kolem 15-20 %.

1.2. PRINCIP FUNGOVÁNÍ SOLÁRNÍCH SYSTÉMŮ

Energii slunečního záření, dopadajícího na Zemi, je za účelem jejího využití třeba přeměnit na jinou formu energie. K tomu nám slouží různé metody:

- **pasivní metody** – k využití pasivních metod není třeba žádných technických zařízení. Řadíme sem například tzv. solární architekturu (viz kapitola 1.3. Pasivní dům).
- **aktivní metody** – do této kategorie se řadí např. fotovoltaické panely a termické kolektory

1.2.1. Fotovoltaické panely

Fotovoltaické panely slouží k přeměně energie slunečního záření na elektrickou energii. Skládají se z jednotlivých fotovoltaických článků, které mohou být zapojeny sériově (pro získání potřebného napětí), nebo paralelně (pro získání potřebného proudu).

1.2.2. Termické kolektory

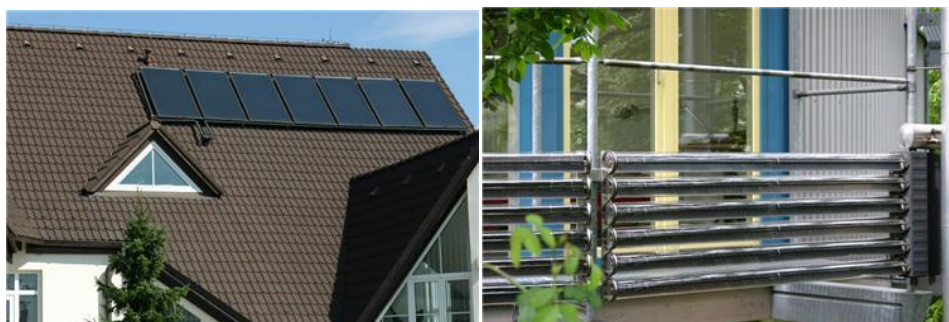
Termické kolektory jsou stěžejní částí solárního systému pro vytápění nebo k ohřevu teplé vody, protože slouží k výrobě tepelné energie ze slunečního záření. Základní částí kolektoru je absorpér, který se nachází uvnitř. Právě absorpér zajišťuje zmíněnou přeměnu energie.

Termické kolektory nachází využití v následujících případech: [12]

- **vytápění rodinného domu** (viz kapitola 1.4 Systém pro vytápění domu a ohřev vody pro domácnost)
- **ohřev užitkové vody**
- **ohřev vody v bazénu**

Termické kolektory mohou být dvojího typu: [1]

- **Ploché kolektory**
- **Trubicové vakuové kolektory**



Obrázek 1: a) Ploché kolektory typicky umístěné na jižní straně RD [18], b) Trubicové kolektory [10]

Ploché kolektory

Ploché kolektory mohou být dvojího typu. První, poměrně jednoduchý, typ je tvořen plastovou nebo skleněnou deskou a deskou s matným nátěrem, která plní funkci absorpéru slunečního záření. Mezi těmito deskami se nachází systém trubek, kterým přímo protéká kapalina, která se má ohřát. Tento typ nachází využití např. pro ohřev vody v bazénu.

Druhý typ plochých kolektorů je o něco složitější a hlavním rozdílem oproti typu předchozímu je použití tzv. vakuového dvojskla. Sluneční paprsky ohřívají protékající kapalinu a jelikož je vakuum dobrý izolant, jsou tepelné ztráty eliminovány. Ploché vakuové kolektory dokážou přijímat také rozptýlené záření, což umožňuje vytápění nebo ohřev vody i v chladnějších obdobích. [13]



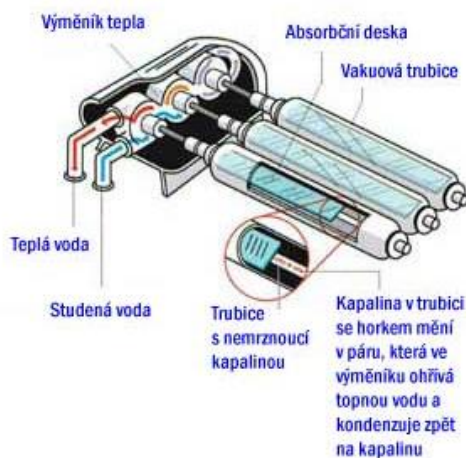
Obrázek 2: Schéma plochého vakuového kolektoru [13]

Princip trubicového vakuového kolektoru:

Skleněná vakuová trubice v podstatě funguje jako termoska. Mezi tenkými stěnami trubice je vakuum a na vnitřní straně trubice je pomocí pokovení umístěná absorpční vrstva. Ta zajistí, že sluneční záření, které se dostane dovnitř, již nemůže uniknout ven a přemění se v teplo. Díky pokovení má trubice velkou schopnost pohlcovat a zároveň malou schopnost vyzářovat.

Získané teplo je pomocí teplotnosné kapaliny přeneseno do výměníku, odkud je kapalina čerpadlem hnaná dále až do zásobníku teplé vody. Jako teplotnosná kapalina je většinou používána směs vody a nemrznoucí kapaliny, např. sloučeniny glykolu, solaren. Trubicový vakuový kolektor představuje nejefektivnější řešení pro ohřev vody pomocí Slunce.

Vakuové kolektory dokážou pracovat také s odraženým a rozptýleným slunečním zářením. Navíc mají v porovnání s plochými kolektory nižší množství tepelných ztrát a tedy také vyšší účinnost. Díky tomu jsou trubicové vakuové kolektory vhodnější pro účely vytápění nebo použití při nízkých teplotách a malé intenzitě slunečního záření. Některé vakuové kolektory mohou být navíc vybaveny zrcadlovým koncentrátorem pro další zvýšení účinnosti. [12]



Obrázek 3: Princip trubicového vakuového kolektoru [13]



Obrázek 4: Řez vakuovou trubicí [14]

Porovnání plochých kolektorů a vakuových trubicových kolektorů: [18]

- ploché kolektory jsou v porovnání s trubicovými vakuovými kolektory levnější a jsou tedy používány častěji
- trubicové kolektory jsou účinné i při nižších teplotách a malé intenzitě slunečního záření
- u vakuových kolektorů může časem dojít ke ztrátě vakua
- v porovnání s plochými kolektory zůstává na trubicích během zimy sněh

1.3. PASIVNÍ DŮM

Pasivní dům se řadí mezi tzv. pasivní metody využití sluneční energie. Za tímto účelem není třeba žádných speciálních zařízení. Vychází se tedy pouze z běžných součástí staveb.

Nejčastější je snaha pomocí tepelných izolací co nejvíce snížit únik tepla z domu. V takovém případě se pak sluneční záření, pronikající do domu jižními okny, akumuluje ve stěnách a v podlaze domu. Jako izolace pasivního domu je vhodná například polystyrenová izolace minimální tloušťky 30 cm. Existují ale i přírodní izolace z konopí nebo slámy.

Další významnou roli hrají okna. Jejich plocha by neměla být příliš velká kvůli přehřívání. Jedno z řešení se nazývá **Trombeho stěna**. Jedná se o zachycení slunečních paprsků tmavým povrchem fasády, který je zakryt zasklením nebo tzv. transparentní izolací. Výhodou tohoto řešení je docílení průchodu slunečního tepla okny ve dne (maximum kolem poledne) a dalšího průchodu naakumulovaného tepla do domu z Trombeho stěny přes noc. [9]

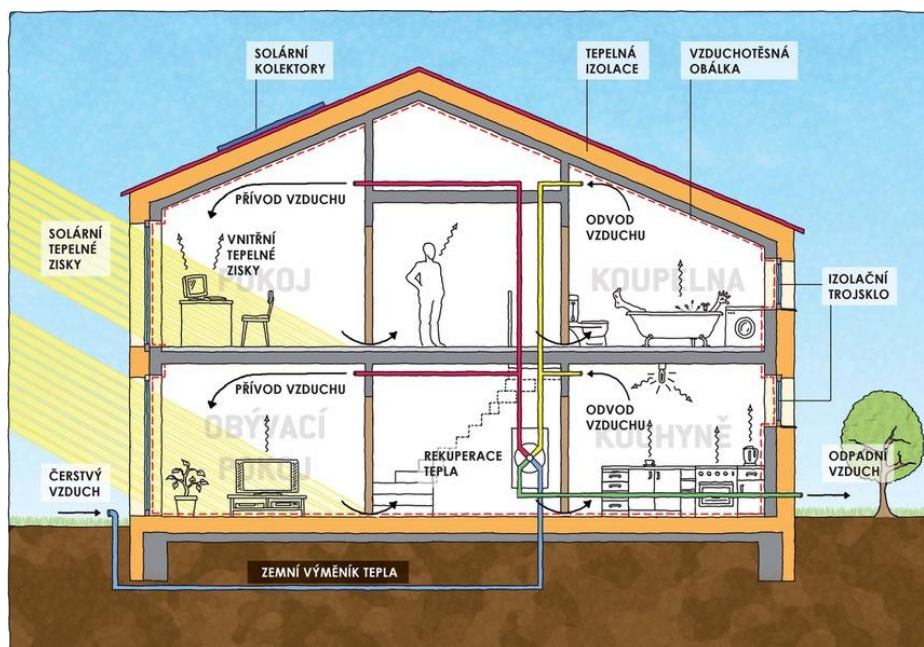


Obrázek 5: Ukázka pasivního domu [16]

Vytápění pasivního domu je zajištěno běžnými systémy topení jako je kotel na uhlí, plynový kotel, případně elektrický přímotop. Mezi pomocné systémy, kterými lze přitápět, řadíme např. solární kolektory, tepelná čerpadla, nebo kotel na biomasu.

Obecně bylo zjištěno, že během jednodinového větrání dochází ke ztrátě 50-70 % tepla. Z tohoto důvodu se v pasivních domech využívá nuceného větrání s rekuperací tepla, což zajišťuje výměnu vzduchu s minimální energetickou ztrátou.

Výstavba pasivního domu je v porovnání se stavbou běžného domu o něco nákladnější. Podle odborníků je pasivní dům asi o 10 % dražší. Nespornou výhodou jsou však o poznání nižší náklady na vytápění. [10], [11]



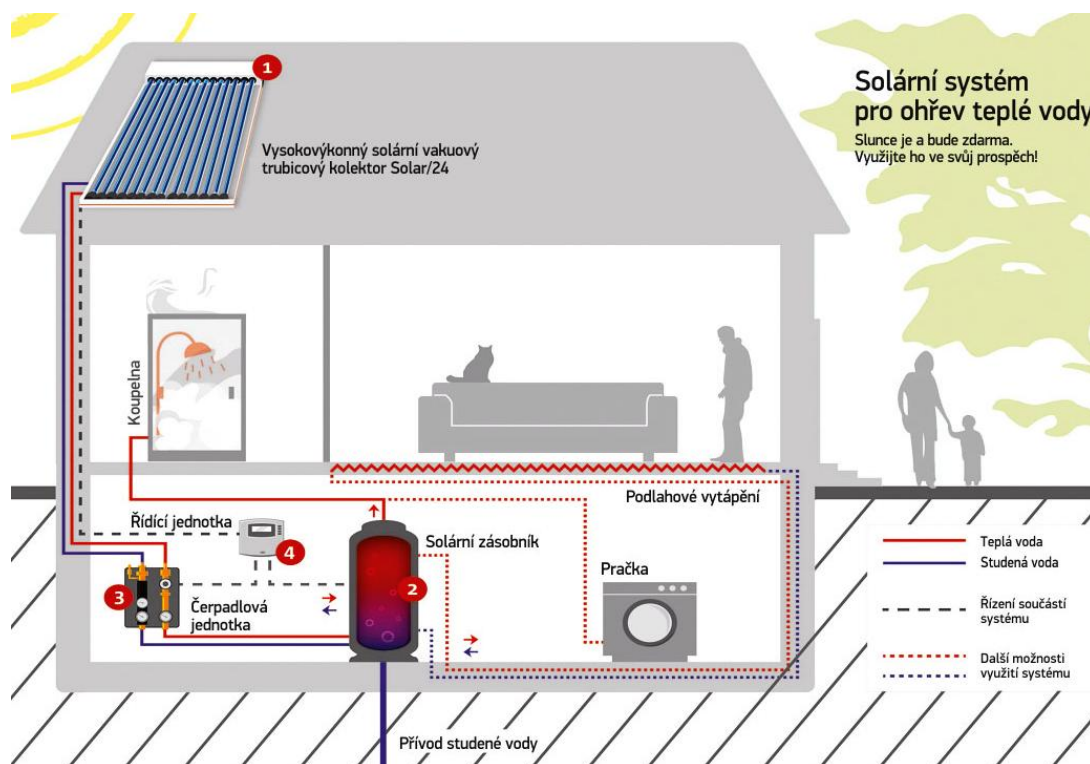
Obrázek 6: Schéma klasického pasivního domu [16]

1.4. SYSTÉM PRO VYTÁPĚNÍ DOMU A OHŘEV VODY PRO DOMÁCNOST

Jedná se o tzv. aktivní solární systém s nuceným oběhem. K zachycení slunečního záření se používají kolektory, kterými protéká teplotnosná nemrznoucí kapalina hnaná cirkulačním čerpadlem. Získané teplo ohřívá vodu v zásobníku, která je následně pouštěna do topného systému domu. V některých systémech je možné teplo ze zásobníku použít také k ohřevu teplé vody pro použití v domácnosti.

Systémy určené k vytápění nebo ohřevu vody mají zpravidla tyto základní části: [8]

- **kolektor** – slouží k zachycení dopadajícího záření a jeho následné přeměně na teplo
- **tepelný zásobník** – slouží k uložení tepla ve formě ohřáté vody
- **regulátor** – kontroluje a porovnává teplotu kolektoru s teplotou vody v zásobníku a řídí celý systém. Zapíná a vypíná oběhové čerpadlo, aby např. nedošlo k tomu, že by v noci zásobník zpětně ohříval kolektor.
- **pomocná zařízení** – oběhové (cirkulační) čerpadlo, různé ventily, expanzní nádoba, potrubí a další.



Obrázek 7: Princip solárního termického systému [38]

1.4.1. Výběr vhodných kolektorů

Při výběru kolektorů je třeba dbát na nejrůznější parametry:

- plocha kolektoru
- účinná plocha kolektoru
- materiál selektivní vrstvy, z něhož je kolektor vyroben
- životnost kolektorů
- cena

Budeme-li uvažovat nejběžnější typy kolektorů, dostáváme se přibližně na 5 000 Kč za 1 m² u plochých kolektorů s hliníkovým absorbérem. Vakuové kolektory se pak pohybují v rozmezí od 8 500 Kč do 26 000 Kč za 1 m² účinné plochy absorbéru.

1.4.2. Vyrobené teplo a zásobníky

Udává se, že 1 m² kolektorové plochy vyprodukuje za jeden rok provozu v případě plochých kolektorů přibližně 300 až 500 kWh. U vakuových kolektorů jsou uváděné hodnoty vyšší, přibližně 450 až 700 kWh. Účinnost kolektoru je ale velmi závislá na provozních podmínkách. [18]

Tepelnou energii vyrobenou kolektory je následně třeba někam uložit. K tomu slouží akumulční nádrže, jejíž objem se odvíjí od velikosti plochy instalovaných kolektorů. Běžně se můžeme setkat s ocelovými smaltovanými nádržemi, které však musí být chráněny před korozí pomocí hořčkové anody. Dále mohou být nádrže vyrobeny například z nerez, což zajišťuje protikorozní ochranu samo o sobě. Samozřejmě jsou ale oproti ocelovým nádržím dražší.



Obrázek 8: Akumulační nádrže [18]

Tepelná energie je akumulována v topné vodě vytápěcího systému, zatím co ohřev teplé užitkové vody je zajištěn pomocí tzv. plovoucího boileru nebo průtokového výměníku. Kolektory vytápěcích systémů musí mít oproti systémům na ohřev užitkové vody také větší účinnou plochu.

Princip solárního systému na ohřev vody a systému na vytápění se značně liší. Z toho plyne, že není možné dodatečně solární systém přestavět. Proto musí být o způsobu využití daného solárního systému rozhodnuto již před zahájením jeho instalace. [18]

1.5. VÝHODY A NEVÝHODY SOLÁRNÍCH SYSTÉMŮ

Díky své čistotě, ekologii a nevyčerpatelnosti má solární energie mezi OZE zvláštní postavení. Přesto i solární systémy mají své výhody a nevýhody.

Během průchodu slunečního záření atmosférou Země je část záření odražena a část pohlcena nebo rozptýlena. Na zemský povrch se následně dostává společně záření přímé, rozptýlené a případně odražené od mraků. Zmíněné procesy mají za následek, že výkon slunečního záření, je-li čistá obloha, po dopadu na zem zpravidla nepřesahuje 1 kW/m². V případě, že je obloha navíc zatažená, dopadá na povrch Země pouze záření rozptýlené (difúzní), jehož intenzita je ještě přibližně 10 krát menší.

Z uvedených důvodů tedy vyplývá, že předpokladem dobré využitelnosti solárních systémů je jejich vhodné umístění vzhledem k slunečnímu cyklu, který je přímo spojen s množstvím energie dopadajícím na místo, kde mají být solární kolektory nebo panely umístěny. Významnou roli hraje také sklon kolektorů či panelů a úhel dopadu slunečních paprsků. [15], [17]

Měsíc	Energie [kWh]	Měsíc	Energie [kWh]
Leden	42	Srpen	144
Únor	61	Září	108
Březen	98	Říjen	89
Duben	122	Listopad	39
Květen	148	Prosinec	31
Červen	138	Celkem za rok	1 177
Červenec	157		

Tabulka 1: Množství energie dopadající na 1 m² jižní střechy skloněné pod úhlem 40 ° [17]

Za hlavní nevýhody solárních systémů lze považovat: [15], [17]

- Účinnost solárních kolektorů pro ohřev vody je přibližně 30-40 %
- solární systémy jsou náchylné na nečistoty usazující se na panelech či kolektorech
- závislost na aktuálních klimatických podmínkách - den/noc, léto/zima
- poměrně vysoké pořizovací náklady

Naopak hlavními výhodami solárních systémů jsou: [15], [17]

- Z dlouhodobého hlediska vysoká spolehlivost dodávky energie
- dostatek nevyužitých ploch pro umístění solárních systémů
- obrovský potenciál do budoucna

Příkladem nesporného potenciálu těchto systémů může být následující úvaha. „U běžného rodinného domku se sedlovou střechou je k dispozici přibližně 50–70 m² střechy a 30–60 m² fasády obrácené k jihu, což je plocha, na níž dopadne za rok 80 až 130 MWh sluneční energie. Celková roční spotřeba energie (topení, ohřev teplé užitkové vody, elektřina) je u takového domku někde mezi 10 a 20 MWh. Slunce by (teoreticky) mohlo pokrýt bez problémů v tomto případě veškerou spotřebu energie. Praktická realizace není ovšem až tak jednoduchá a vzhledem ke spoustě technických a ekonomických omezení je možné reálně využít jen menší část této energie.“ [17]

Navíc je třeba počítat také s omezenou životností jednotlivých součástí solárních systémů.

2 Tepelné čerpadlo

Mezi OZE se řadí také energie okolního prostředí – vzduch, voda, půda. Tento typ energie je možné využívat díky tepelným čerpadlům. Jedná se o zařízení, které je schopno odebírat teplo okolnímu prostředí a dále je přemístit na požadované místo. Tepelné čerpadlo může být součástí vytápěcího systému nebo klimatizace. [7]

V minulosti bylo pořízení tepelného čerpadla, spolu s dalšími OZE, podporováno formou státních dotací programu Zelená úsporám. Veškerá tato podpora byla však k 31.12.2012 ukončena. V současnosti je tak v ČR pořízení tepelného čerpadla podporováno pouze ze strany energetické společnosti E-ON. Dotace až 60 000 Kč se vztahuje na kompletní sortiment tepelných čerpadel značky Danfoss a je určená pro stávající i nové zákazníky. Samozřejmostí je také bezplatné poradenství a nabídka, realizace projektu včetně montáže a následné zajištění servisu. [44]

Mezi základní části tepelného čerpadla se řadí: [20]

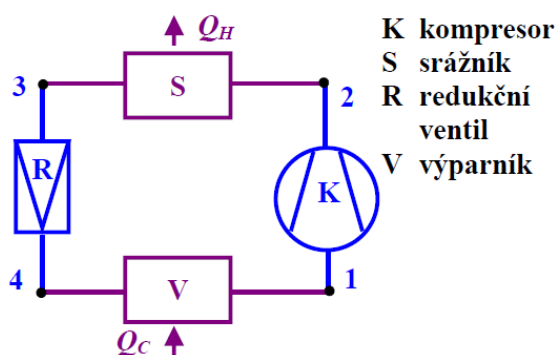
- **Výparník**
- **Kompresor**
- **Srážník** (kondenzátor)
- **Redukční ventil**

2.1. PRINCIP TEPELNÉHO ČERPADLA

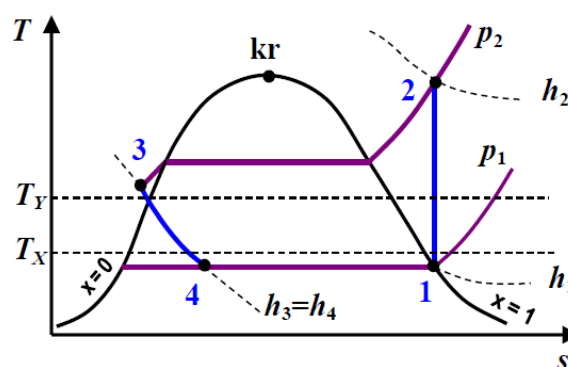
Princip funkce tepelného čerpadla je založený na Carnotově cyklu a v podstatě se shoduje s principem chladničky. Jenom probíhá v opačném směru. Zatímco chladnička odebírá teplo z vnitřního prostoru a pomocí kondenzátoru, který je umístěn na zadní straně chladničky, jej odevzdává do okolního prostoru, tepelné čerpadlo odebírá teplo z okolního vzduchu, odpadního vzduchu, podzemní vody, půdy, nebo například z vrtů a předává ho do topných systémů.

Ke své činnosti tepelné čerpadlo využívá fyzikálních jevů souvisejících se změnou skupenství pracovních látek, v tomto případě nemrznoucí kapaliny (chladiva). [4], [19]

„Ve výparníku tepelného čerpadla chladivo při nízkém tlaku a teplotě odnímá teplo zdroji nízkopotenciálního tepla, dochází k varu. Páry chladiva jsou stlačeny, zahřívají se a v kondenzátoru předávají kondenzační teplo ohřívané látce. Tím se opět ochlazují a zkapalňují. Celý oběh je uzavřen odvodem chladiva do výparníku přes expanzní ventil, který snižuje tlak kapalného chladiva.“ [19] Uvedené děje a procesy se neustále opakují.



Obrázek 9: Schéma tepelného čerpadla [20]



Obrázek 10: Cyklus tepelného čerpadla [20]

T_X – teplota z nízkopotenciálního zdroje tepla [K]

Q_C – dodané teplo [J]

T_Y – teplota ohřívané látky [K]

Q_H – odevzdané teplo [J]

2.2. TOPNÝ FAKTOR TEPELNÉHO ČERPADLA

Topný faktor COP_H (Coefficient of performance) je hlavním parametrem tepelného čerpadla a vypovídá o jeho energetické účinnosti. Topný faktor udává poměr dodaného tepla k množství spotřebované energie.

$$COP_H = \frac{|q_H|}{|q_H| - q_C} \quad [-]$$

q_C – měrné dodané teplo [J/kg]

q_H – měrné odevzdané teplo [J/kg]

Hodnoty topného faktoru se u tepelných čerpadel pohybují v rozmezí 2 až 5. [20], [23]

2.3. ROZDĚLENÍ TEPELNÝCH ČERPADEL

Nejčastějším kritériem rozdělení tepelných čerpadel je druh ochlazované nebo teplonosné látky a ohřívané látky, přičemž nejběžnější jsou následující kombinace:

- **vzduch – voda** – jedná se o univerzální typ vhodný např. pro ústřední topení
- **vzduch – vzduch** – využití jako doplňkový zdroj tepla. Uplatnění pro teplovzdušné vytápění a klimatizace
- **voda – voda** – využití odpadního tepla, geotermální energie, teplovodní vytápění
- **země – voda** – typ vhodný pro teplovodní vytápění. Zdrojem tepelné energie je hlubinný vrt nebo půdní kolektor

Teplonosnou látkou (médiem), uváděným před pomlčkou, může být okolní vzduch, u nezamrzající spodní vody je to voda a v případě hrozícího promrznutí půdy se používá nemrzoucí směs na bázi etylenglykolu – tzv. termofrost. [1], [2]

Například tepelné čerpadlo typu vzduch – vzduch nabízí možnost vytápění i klimatizace. Zařízení bývá kompaktní a lze tedy instalovat prakticky kdekoliv. Jeho provoz je nenáročný a absolutně tichý. Tepelné čerpadlo typu země – voda zase získává tepelnou energii z nezamrzlé hloubky ze země. Získané teplo je shromažďováno pomocí tepelné centrály nebo zásobníku. Své využití poté nachází pro vytápění domu, případně při ohřevu vody. [22]

Dalším kritériem pro rozdělení tepelných čerpadel je například způsob odsávání par z výparníku a zvyšování jejich tlaku: [19]

- **TČ kompresorová** – kompresor bývá nejčastěji poháněn elektromotorem
- **TČ sorpění** – bezkompresorové systémy (absorpční, adsorpční). Pro vytápění RD se nepoužívají kvůli horší efektivitě.
- **TČ hybridní**

2.3.1. Typy kompresorů

Kompresor je nejdražší prvek tepelného čerpadla. Bývá proto uschován v ocelové nádobě, aby byl chráněn. Nejčastěji se můžeme setkat s těmito kompresory: [2]

- **Pístový kompresor** – bývá levnější, má horší topný faktor a je hlučnější. Udávaná životnost je přibližně 15 let. Během životnosti TČ je tedy třeba provést jednu výměnu tohoto kompresoru.
- **Spirálový kompresor (SCROLL)** – bývá dražší, má dobrý topný faktor. V současnosti nejpoužívanější typ kompresoru pro TČ. Životnost se pohybuje kolem 80-100 tis. provozních hodin, tedy přibližně 20 let.
- **Rotační kompresor** – vhodný pro malé výkony, má horší topný faktor. V praxi se používá málo. Uplatnění může nalézt v klimatizačních jednotkách.
- **Šroubový kompresor** – vhodný pro velké výkony, cena kompresoru je ale vysoká. Využívá se zejména v průmyslu a speciálních aplikacích.

2.4. PRAKTICKÉ VYUŽITÍ TEPELNÉHO ČERPADLA

Posledních několik let stoupá zájem o OZE včetně tepelných čerpadel. Na vině jsou neustále rostoucí ceny za energie, což na druhou stranu přispívá k urychlení návratu investic. Realizace vytápění domu pomocí tepelného čerpadla je v porovnání s instalací např. běžného plynového vytápění dražší. Úspory na vytápění jsou však značné a návratnost se pohybuje kolem 8 let. Před samotnou instalací tohoto systému je však třeba provést nejvhodnější výběr, co se typu čerpadla a použité technologie týče, aby byl provoz opravdu efektivní.

Tepelné čerpadlo lze používat jako tzv. **monovalentní** (jediný) **zdroj tepla**. V takovém případě je však vhodný pro domy s tepelnou ztrátou do 10 kW. Stejně tak je možné TČ používat v kombinaci s dalšími zdroji tepla, tzv. **bivalentní provoz**, což má příznivý vliv na ekonomičnost provozu. Kombinace je vhodná například s elektrickým kotlem, krbem, či krbovými kamny. [2], [23]

2.4.1. Volba typu tepelného čerpadla

Volba nejvhodnějšího typu a technologie TČ je, stejně tak jako volba výkonu TČ, spojená s podrobnou analýzou okolí stavby a s návrhem topného systému daného domu. Dalším důležitým parametrem je topný faktor, jenž záleží na poměru výkonu TČ a spotřeby elektrické energie, která nejčastěji pohání kompresor a další části zařízení. Obecně lze tedy říci, že čím je topný faktor vyšší, tím je TČ lepší. U vzduchových čerpadel se topný faktor celoročně pohybuje kolem 2,5 – 2,8, ostatní typy TČ pak kolem příjmnějších 3,5 – 4,0. Dosáhnout lze i topného faktoru kolem 5,0. [24]

Dalším bodem je výběr mezi monovalentním nebo bivalentním provozem. Jinak řečeno, zda dům vytápět pouze tepelným čerpadlem, nebo zda instalovat i další způsob vytápění. TČ dokáže při použití podlahového vytápění většinou pokrýt 60-80 % tepelné spotřeby domu. Ohřev užitkové vody bývá zajištěn jiným způsobem. Na vině je klesající účinnost systémů při práci s velkým teplotním spádem, což je právě případ ohřevu užitkové vody v okamžiku, kdy jsou venku nízké teploty. TČ je sice schopno vodu ohřát i v tomto případě, spotřebuje však více elektrické energie, než by bylo třeba k ohřevu vody třeba elektrokotlem. Právě z důvodu teplotního spádu je v případě TČ lepší využít podlahového vytápění, než jakéhokoliv jiného, přičemž teplota povrchu podlah se pohybuje v rozmezí od 22 °C až do velmi příjemných 29 °C. Dalším důvodem je také výrazné omezení tepelných ztrát v porovnání se systémem vytápění pomocí radiátorů a nutnost ohřát menší množství vody.

2.4.2. Nejvhodnější typy tepelných čerpadel pro vytápění domu

V podmínkách ČR jsou dle statistik Ministerstva průmyslu a obchodu nejčastěji provozována TČ typu vzduch-voda a země-voda, přičemž počet instalací TČ vzduch-voda je přibližně dvojnásobný oproti typu země-voda. Důvodem jsou nižší pořizovací náklady a v našich podmínkách téměř srovnatelný výkon. Navíc vzduch je bez problémů všude dostupný a instalace TČ vzduch-voda je poměrně snadná, zatímco TČ země-voda je závislé na druhu a vlastnostech podloží pozemku kolem domu a jeho instalace je mnohem složitější.

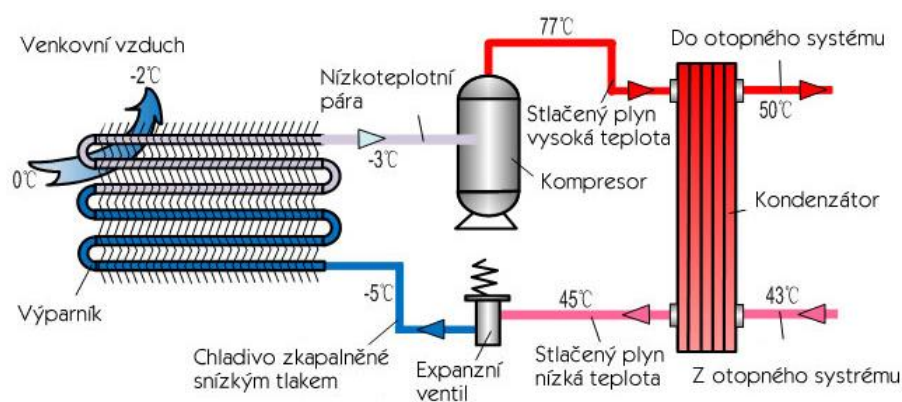


Obrázek 11: Venkovní jednotka TČ vzduch-voda umístěná u zdi domu[26]

2.4.2.1. Tepelná čerpadla vzduch-voda

Tepelná čerpadla typu vzduch-voda fungují tak, že odebírají teplo z okolního vzduchu a to dále předávají do vody kolující v topné soustavě domu. Ochlazený vzduch následovně vrací zpět do venkovního prostoru.

Obsah energie ve vzduchu závisí na jeho vlhkosti, přičemž platí, že čím je vzduch chladnější, tím méně obsahuje vody. Z toho plyne, že v době kdy jsou venkovní teploty nejnižší a je tedy třeba nejvíce vytápět, pracuje TČ s nejmenším tepelným faktorem a dosahuje nejnižšího výkonu. Jako mezní hodnota, kdy je ještě TČ schopno vytápět, se většinou udává teplota kolem $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Z tohoto důvodu bývají TČ vzduch-voda používána v režimu tzv. **bivalentního provozu**.



Obrázek 12: Princip TČ vzduch-voda [27]

Mezi výhody se řadí především:

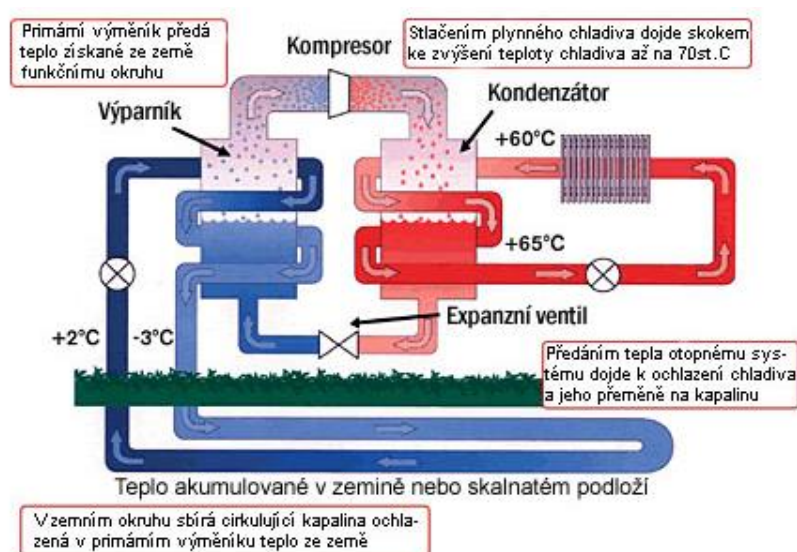
- rychlá a poměrná snadná instalace
- minimální náročnost na prostor
- cenově dostupnější než TČ země-voda
- možnost **využití** v letním období **jako klimatizační jednotky** - stačí zapnout opačný chod

Mezi nevýhody naopak patří:

- hluchost provozu při nevhodném umístění
- klesající výkon TČ při nízkých teplotách
- při nízkých teplotách tvorba námrazy na venkovní jednotce TČ
- vysoké namáhání kompresoru a tedy i jeho menší životnost

2.4.2.2. Tepelná čerpadla země-voda

Tepelná čerpadla typu země-voda se dále liší použitou technologií – **povrchová, hlubinná**. Takové systémy tepelných čerpadel se skládají z jednotky umístěné uvnitř domu a části ukryté v zemi na pozemku kolem domu.



Obrázek 13: Princip TČ země-voda [28]

Povrchová tepelná čerpadla země-voda

Značnou nevýhodou povrchových TČ je náročnost na rozlohu pozemku kolem domu. Izolované hadice jsou totiž ukládány do hloubky kolem 2 m. Vhodná plocha pro umístění kolektoru je pak přibližně trojnásobek plochy vytápěného domu.

Druh půdy	Měrná výkon získaný z půdy [W/m ²]	Plocha výměníků pro TČ s topným faktorem		
		3,0 [m ² /kW]	3,5 [m ² /kW]	4 [m ² /kW]
Suchá nezpevněná půda	10	66	71	75
Ulehlá vlhká půda	20-30	33-22	36-24	38-25
Vodou nasycené štěrky a písky	40	17	18	19

Tabulka 2: Parametry půdního (povrchového) kolektoru [2]

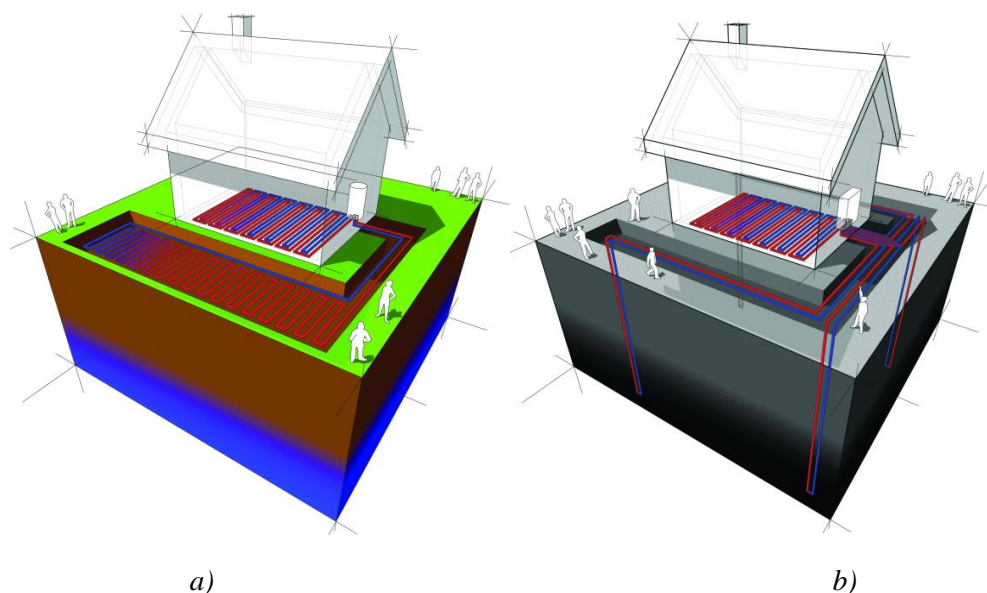
Hlubinná tepelná čerpadla země-voda

Další a také dražší variantou jsou TČ hlubinná (vrtaná). Nejdůležitějším parametrem při volbě tohoto systému je **tepelná vodivost hornin**. Její závislost na konkrétním typu podloží znázorňuje následující tabulka.

Hornina	Tepelná vodivost [W/m.K]	Měrný výkon [W/m]	Hloubka vrtu pro TČ s topným faktorem	
			3,0 [m/kW]	3,5 [m/kW]
Suché nezpevněné horniny	< 1,5	20	33	36
Pevné horniny nebo vodou nasycené	1,5-3,0	50	13	14
Pevné horniny s vysokou tepelnou vodivostí	> 3,0	70	9,5	10
Štěrk, písky, suché	0,4	< 20	> 33	> 33
Štěrk, písky, zvodnělé	1,8-2,4	55-65	10-12	11-13
Hlíny a jíly, vlhké	1,7	30-40	17-22	18-24
Vápenec, masivní	2,8	45-60	11-15	12-16
Pískovec	2,3	55-65	10-12	11-13
Žuly	3,4	55-70	9,5-12	10-13
Čediče	1,7	35-55	12-19	13-20
Ruly	2,9	60-70	9,5-11	10-16

Tabulka 3: Parametry pro dimenzování hloubky vrtu [2]

Kolektor hlubinného TČ je tvořen trubicemi, které mohou být zavrtány až do hloubky 150 m, přičemž mezi jednotlivými trubicemi je třeba zachovat odstup minimálně 10 m. Hloubka vrtu se také odvíjí od požadovaného výkonu (1 kW odpovídá přibližně 12-18 m). [24]



Obrázek 14: a) TČ země-voda s plošným zemním kolektorem uloženým v půdě vedle domu [25]

b) TČ země-voda čerpající teplo z hlubinných vrtů [25]

2.5. VÝHODY A NEVÝHODY TEPELNÉHO ČERPADLA

Jak již bylo zmíněno, tepelná čerpadla se řadí mezi OZE. Jedná se o moderní technologii s širokým praktickým využitím, která navíc nijak neškodí životnímu prostředí. Tento fakt je ovšem vyvážen poměrně složitou instalací některých typů TČ a také vysokými pořizovacími náklady. Na druhou stranu lze říci, že následné úspory vše plně vynahradí.

Nutností je však pečlivý výběr dodavatelské firmy, která provede profesionální návrh celého zařízení, bezchybnou instalaci a dále nabídne kompletní podporu a servis.

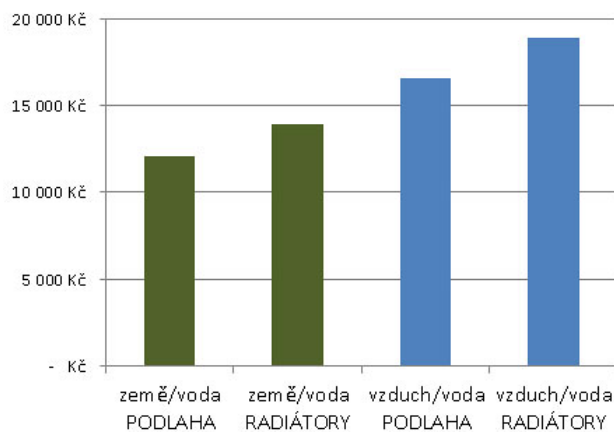
Životnost vytápěcího systému pomocí TČ je v řádu desítek let. Například kompresor se ale opotřebovává mnohem rychleji. Proto je nezbytná pravidelná údržba celého systému.

Mezi hlavní výhody tepelného čerpadla se řadí: [2], [21]

- vysoká účinnost
- poměrně stabilní výkon
- plně automatický provoz
- provoz během celého roku (vytápění / klimatizování)
- výrazně snižuje náklady na provoz dané budovy

Mezi hlavní nevýhody tepelného čerpadla patří: [2], [21]

- vysoké pořizovací náklady
- závislost na parametrech podloží / okolí domu
- u některých typů náročnost na rozlohu pozemku
- hlučnější provoz některých typů TČ

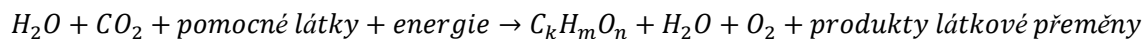


Obrázek 15: Porovnání provozních nákladů TČ při vytápění RD [27]

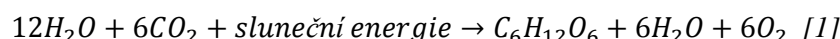
3 Energie z biomasy

Významný podíl mezi OZE zaujímá také energie z biomasy. Biomasa je definována jako soubor látek organického původu. Obsahuje tedy hmotu rostlinného i živočišného původu. K získání energie je využívána cíleně pěstovaná rostlinná biomasa a odpady zemědělské, lesní a potravinářské produkce. Její energie tedy pochází mimo jiné ze slunečního záření. [6], [7]

Vlivem slunečního záření hraje u biomasy podstatnou roli pochod zvaný fotosyntéza. Rostliny pomocí fotosyntézy přeměňují oxid uhličitý (CO_2), vodu (H_2O) a další látky na biomasu ($\text{C}_k\text{H}_m\text{O}_n$) a kyslík (O_2):



V případě, že se jedná o tzv. kyslíkovou fotosyntézu, vzniká např. glukóza ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$):



3.1. ROZDĚLENÍ BIOMASY

V ČR se užívají zejména tyto formy biomasy: [33]

- **Zbytková biomasa z lesnictví** – dřevní odpad vzniklý při těžbě dřeva nebo v dřevovýrobě
- **Zbytková biomasa ze zemědělství** – obilná a řepková sláma, obaly olejnatých semen, ale i organické zbytky jako např. kejda (směs tuhých i tekutých výkalů hospodářských zvířat a vody) či chlévská mrva
- **Energetické plodiny I. a II. generace** – mezi plodiny I. generace patří např. palma olejná, pšenice, kukuřice. Ke II. generaci řadíme např. rychle rostoucí topoly nebo vrby



Obrázek 16: a) pšenice obecná [39], b) řepka olejka [40]

Základní technologie zpracování biomasy rozlišujeme na: [29]

- **suché procesy** – jsou založeny na tzv. termochemické přeměně. Řadíme sem např. spalování, nebo zplyňování.
- **mokrý procesy** – jsou založeny na tzv. biochemické přeměně, kam patří např. anaerobní vyhnívání (metanové kvašení), lihové kvašení, výroba biovodíku. Dalším způsobem zpracování je tzv. mechanicko-chemická přeměna. Sem se řadí lisování olejů a jeho další úprava, při které dochází k získání např. bionafty nebo přírodních maziv.

3.2. ZISK ENERGIE Z BIOMASY

Zisk energie z biomasy spočívá v chemických, případně biochemických, nebo mechanicko-chemických procesech. Mezi základní technologie se řadí spalování, zplyňování, pyrolýza, zkapalňování, esterifikace, fermentace, lisování, nebo kvašení. Své využití nachází získaná energie např. pro vytápění, výrobu elektrické energie, nebo může sloužit také k pohonu dopravních prostředků. [7]

Pro účely energetického využití je třeba vstupní suroviny vhodně upravit. Mezi nejčastější úpravy patří například štěpkování dřeva, nebo lisování pilin do briket a pelet. Z používaných zemědělských produktů lze jmenovat slámu z obilnin a olejnin. V případě použití např. řepky, dochází také k lisování briket, případně k výrobě granulí. Využit lze i celou řadu tzv. energetických rostlin – např. laskavec, konopí seté, šťovík krmný a spoustu dalších jednoletých, dvouletých i vytrvalých druhů. V poslední době roste také význam rychlerostoucích topolů, vrb, olší, apod. [30]

Druh biomasy	Energie celkem [%]	Teplo [PJ]	Elektrina [GWh]
Dřevo a dřevní odpad	24	25,2	427
Sláma obilnin/olejnin	11,7	11,9	224
Energetické rostliny	47,1	47,7	945
Bioplyn	16,3	15,6	535
Celkem	100	100,4	2231

Tabulka 4: Energetický potenciál různých druhů biomasy [33]

3.2.1. Spalování a zplyňování

Tyto dvě metody zisku energie z biomasy jsou nejběžnější. Podmínkou je použití suché biomasy, ze které se posléze vlivem vysokých teplot uvolňují hořlavé plynné složky, nazývané dřevoplyn. V případě, že je v tomto okamžiku přítomen vzduch, dochází k hoření (pak se jedná o prosté spalování). V případě, že přístup vzduchu není zajištěn, je vznikající dřevoplyn přiváděn do spalovacího prostoru, kde je již spalován jako běžné plynné palivo. Část takto získaného tepla je použita na další zplyňování biomasy. Nejlepší je zajištění tzv. dokonalého spalování, které vyžaduje vysokou teplotu, dostatečný přísun vzduchu a dostatek prostoru pro to, aby mohly všechny plyny shořet a nehořely až v komíně. [29]

V současnosti se můžeme se zařízeními na zplyňování biomasy setkat stále častěji. Jejich výhodou je především snadná regulace výkonu, nižší emise v porovnání s běžným spalováním a hlavně vyšší účinnost.

Ve formě dřevní štěpky bývá biomasa například společně s uhlím spalována v klasických elektrárnách ve fluidních kotlích s cirkulací spalin. Pro účely využití v průmyslu nebo pro centrální zásobování teplem se používají kotle s výkonem větším než 100 kW, které spalují mimo dřevní štěpky také balíky slámy.

Stále častěji bývají kotle vybaveny automatickým příkládáním paliva a umožňují spalování i méně kvalitní, případně vlhčí, biomasy.

3.2.1.1. Škodlivé produkty spalování biomasy

Správným způsobem spálené dřevo nebo sláma jsou, stejně jako například vodík, ekologicky velmi vhodná paliva. V důsledku spalování biomasy jsou do ovzduší uvolňovány oxidy dusíku (NO_x) a samozřejmě oxid uhličitý (CO_2). Jelikož je ale oxid uhličitý, vznikající spalováním organické hmoty, opět spotřebován během růstu rostlin, zůstávají jediným znečišťujícím elementem zmíněné oxidy dusíku. Jejich množství záleží vždy na teplotě a kvalitě spalování.

3.2.1.2. Výhřevnost biomasy

Výhřevnost biomasy je dána výhřevností jednotlivých jejích složek. Je také závislá na druhu dřeva nebo rostliny a významný vliv má také vlhkost. Nutností je proto snižování obsahu vody v palivu. Při přirozeném provětrávání pod střechou sníží dřevní hmota svůj obsah vody na 20 % za jeden rok. Např. řepková sláma sníží za stejných podmínek obsah vody na 13 %. [29]

Jeden kilogram dřeva s nulovým obsahem vody představuje asi 5,2 kWh energie. Ve skutečnosti ale dřevo nelze zcela vysušit – voda vždy tvoří minimálně 20 % hmotnosti suchého dřeva. Během spalování se potom část energie spotřebovává na vypaření této vody. V důsledku těchto skutečností se reálný energetický obsah 1 kg suchého dřeva pohybuje kolem 4,3 až 4,5 kWh.

Druh biomasy	Obsah vody [%]	Výhřevnost [MJ/kg]
Polena	10	16,4
Polena	20	14,28
Polena	30	12,18
Dřevní odpad	10	16,4
Dřevní odpad	20	14,28
Dřevní štěpka	30	12,18
Dřevní štěpka	40	10,1
Sláma obilovin	10	15,5
Sláma kukuřice	10	14,4
Lněné stonky	10	16,9
Sláma řepky	10	16

Tabulka 5: Závislost obsahu vody na výhřevnosti biomasy [33]

3.3. VYUŽITÍ BIOMASY PRO VYTÁPĚNÍ DOMU

Pro účely vytápění RD jsou široké možnosti využití biomasy redukovány prakticky na využití dřeva a jeho spalování. Spalování může probíhat jednak v kotlích, ale např. také v kachlových nebo kovových kamnech. Účinnost poté velmi záleží na dané konstrukci a lidském faktoru.

Kotle na vytápění RD biomasou obvykle využívají princip zplyňování a následného spalování. Takový systém totiž přináší vyšší účinnost oproti ostatním a navíc umožňuje regulaci srovnatelnou s plynovými kotle.

Za účelem vytápění lze využívat různé formy dřeva. Ty se však navzájem liší svými specifickými vlastnostmi jako jsou:

- **výhřevnost**
- **doba hoření**
- **komfort použití**

Pro vytápění je také podstatné pomalé a trvalé vytváření tepla, přičemž platí, že je nutné používat dostatečně vyschlé dřevo – nejlépe dvě sezony uskladněné na vzduchu a chráněné před deštěm.

Jako palivo bývá pro vytápění RD nejčastěji používáno polenové dříví, štěpky, případně dřevěné či pilinové pelety nebo brikety. Lze také využít kombinace se dřevním odpadem.

3.3.1. Štěpky

Jedná se o malé kousky dřeva (cca 2 cm dlouhé). Jejich objemová hustota závisí na použitém druhu dřeva a jeho obsahu vody. Obsluha moderních spalovacích zařízení je snadná jako např. u plynového topení. Nevýhodou štěpek je poměrně velká potřeba místa na jejich uskladnění. [31]



Obrázek 17: Biomasa ve formě dřevní štěpky [35]

3.3.2. Pelety

Surovinou pro výrobu pelet je výhradně dřevo, které je však třeba upravit na tzv. dřevěnou moučku. Ta je následně slisována a výsledný produkt (pelety) dosahuje velikosti v řádu milimetrů až několika centimetrů. Spalování pelet je rovnoměrné a dopad škodlivin malý.



Obrázek 18: Pelety jsou díky své velikosti velice skladné [34]

Během spalování vzniká vodní pára, která je odváděna společně se spalinami. V poslední době proto stále častěji dochází k využívání tzv. kondenzační techniky spalování, která má schopnost využít také toto teplo. Výsledkem je potom zvýšení efektivity spalování.

Dřevěné pelety lze využít pro zásobování teplem jak rodinného domu, tak i například školy nebo administrativní budovy. Jejich výhřevnost 18-19 MJ/kg je v žebříčku výhřevnosti paliv řadí mezi hnědé a černé uhlí. [29], [31]

3.3.3. Brikety

Brikety jsou vyráběny z pilin nebo kůry. Jejich výhodou je možnost spalování v jakémkoliv zařízení na pevná paliva. Brikety navíc neobsahují síru, což výrazně prospívá vyzdívkám kotlů i kamnům.

Výhřevnost je v porovnání s peletami o něco nižší – uvádí se 16,5-18,5 MJ/kg. Nevýhodou briket mohou pro někoho být jejich rozměry a s tím spojená složitější skladovatelnost. Na rozdíl od pelet se totiž jedná o větší kusy paliva. [36]



Obrázek 19: Skladování briket je oproti peletám prostorově náročnější [36]

3.4. KOTEL NA BIOMASU

Jelikož biomasa patří mezi ekologické zdroje pro vytápění, existují určitá zvýhodnění (dotační programy) na pořízení či výměnu příslušného kotle. Po ukončení státního dotačního programu Zelená úsporám ke konci roku 2012, je v současnosti k dispozici společný program Moravskoslezského kraje a Ministerstva životního prostředí. Tento program se však týká pouze podpory za účelem výměny stávajících ručně plněných kotlů na tuhá paliva za nové nízkoemisní automatické kotle na uhlí, nebo biomasu a je určen výhradně pro Moravskoslezský kraj. Maximální možná finanční podpora může činit až 40 000 Kč. [45]

Kotle na biomasu lze rozdělit podle následujících faktorů:

- **palivo** – jednodruhové, více druhů paliva
- **příkládání paliva** – ruční, automatické
- **umístění** – interiérové kotle, kotle do zvláštní místnosti (tzv. kotelny)
- **technologie spalování**
- **výkon kotle**

Kotle určené výhradně pro jeden druh paliva mají poměrně vysokou účinnost – např. kotle na pelety. Oproti tomu vícedruhové kotle umožňují určitou volbu paliva. Možné jsou např. kombinace pelet, štěpky a obilí, nebo kusového dřeva a pelet. Existují i kotle, ve kterých lze kromě biomasy spalovat také uhlí. [37]

Při výběru kotle na biomasu je třeba dbát na následující parametry: [42]

- **výkon kotle** – spojený se ztrátami daného objektu. Pro RD je vhodný 10-50 kW podle zateplení
- **životnost kotle** – záleží na materiálu kotle (ocelový, litinový). Udává se, že životnost ocelového kotle je oproti litinovému až poloviční. Záleží ale hlavně na údržbě a způsobu používání.
- **doporučené palivo**
- **typ podavače (dopravníku) paliva**

3.4.1. Automatické kotle na biomasu

Automatické kotle nabízí jednoznačně nejvyšší účinnost. Ta se pohybuje do 95 %. Největším přínosem těchto kotlů je samostatná dodávka paliva. Ta může být realizována různými mechanismy:

- šnekový dopravník
- pneumatický dopravník
- kombinovaný dopravník
- využití gravitace

Mezi další funkce automatických kotlů patří například:

- **automatizované zapalování** – horký vzduch, žhavicí elektroda
- **automatizovaná regulace** – hlídání teploty pomocí termostatu
- **automatizované čištění** – čištění hořáku, výměníku, vynášení popela



Obrázek 20: Automatický kotel VERNER na biomasu, lze rozeznat:

1) násypka o objemu 240 l, 2) spalovací komora, 3) pohyblivý rošt umožňující spalovat různé druhy paliv, 4) automatické odpopelnění, 5) tepelný výměník s turbulátory, 6) regulace kotle, 7) tepelná izolace [41]

3.4.2. Kotel na kusové dřevo

Pro vytápění RD je možné použít také klasický kotel na kusové dřevo, který bývá umístěn ve speciální místnosti, tzv. kotelně. Dodávka paliva je většinou prováděna manuálně. Existují ale také kotle automatizované.

Vybrat si lze také použitou technologii kotle (*viz kapitola 3.2.1. Spalování a zplyňování*).

3.4.3. Interiérová kamna

Interiérová kamna na biomasu jsou určena přímo do obytných místností. Jejich výkon však bývá menší. Jsou tedy určeny převážně do menších domácností, nízkoenergetických staveb, případně jako doplňkový zdroj tepla. Jako palivo jsou používány brikety, pelety, případně štípané dřevo. Okrajovou funkcí interiérových kamen je také vzhled, díky kterému jsou zajímavým vybavením obytného prostoru domu. [37]

Tato zařízení vytápějí obytnou místnost pomocí sálavého tepla. Samozřejmostí je také možnost napojení na vodní výměník, který zajišťuje přenos tepla do radiátorů, případně podlahového topení po celém domě. [36]



Obrázek 21: a) Interiérová kamna na pelety [42], b) Interiérová kamna VERNER [43]

3.5. VÝHODY A NEVÝHODY BIOMASY

Mezi výhody, které přináší vytápění biomasou se řadí: [31]

- jedná se o samovolně vznikající OZE
- zdrojem biomasy může být “odpad“, který by jinak zůstal nevyužitý
- biomasa nabízí využití v různých formách – kusové dřevo, pelety, brikety
- šetrnost k životnímu prostředí
- např. u pelet možnost automatizace procesu spalování

Naopak nevýhodou vytápění pomocí biomasy může být: [31]

- potřeba poměrně velkého prostoru ke skladování paliva
- využití převážně ve speciálních kotlích na dřevo
- na spalování dřeva nejsou vhodné kotle na uhlí

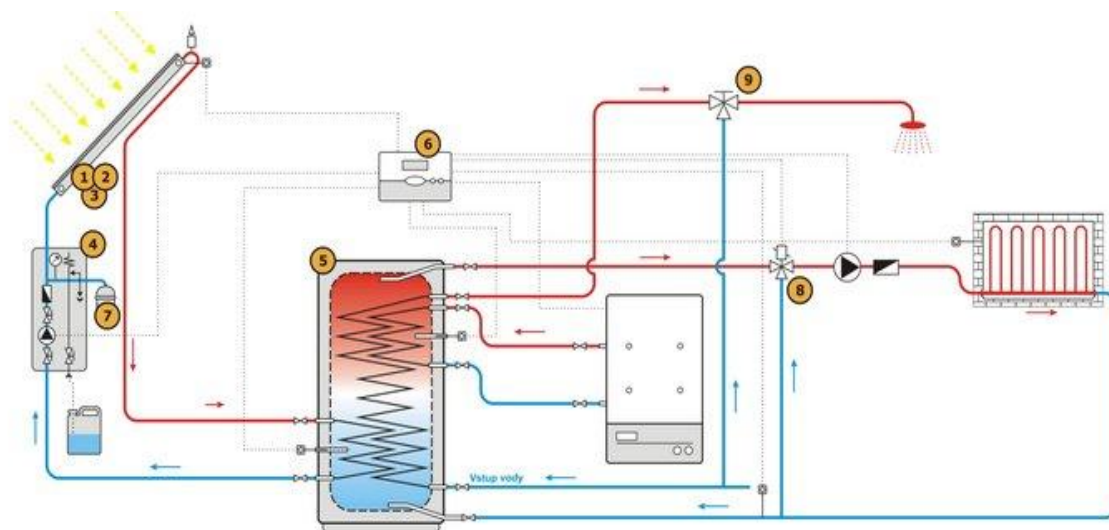
4 Návrh systémů pro vytápění rodinného domu

Každá z dosud zmíněných možností vytápění rodinného domu pomocí OZE má své klady i zápory. Pro co největší efektivitu a hlavně z důvodu zajištění spolehlivého a bezproblémového vytápění RD je ve skutečnosti vhodné použít systémy kombinující výhody jednotlivých řešení. V našem případě se tedy jedná o kombinace zapojení termických kolektorů, tepelného čerpadla, různých kotlů včetně kotle na biomasu, nebo krbu. Společně s ohřevem vody pro potřeby vytápění domu se jednotlivé systémy dokážou alespoň částečně postarat také o ohřev teplé užitkové vody (TUV). Jako záložní zdroj pro ohřev vody může sloužit také elektrická topná tyč.

Je však třeba uvědomit si, že všechny dále uvedené systémy vytápění jsou závislé na dodávce elektrické energie - ať už kvůli napájení jednotlivých zařízení, nebo kvůli napájení oběhového čerpadla (zajišťuje oběh topné vody v topném systému domu).

Během následujícího návrhu konkrétních systémů pro vytápění RD budu jako modelový dům uvažovat rodinný dům s roční spotřebou energie na vytápění kolem 22 MWh. Jedná se tedy o RD s průměrnou spotřebou energie. Dále budu uvažovat, že součástí domu není bazén, ve kterém by bylo také třeba ohřívat vodu.

4.1. KOMBINOVANÉ ZAPOJENÍ SOLÁRNÍCH KOLEKTORŮ A KOTLE



Obrázek 22: Schéma zapojení kombinace solární kolektory – kotel, lze rozeznat:
 1) solární kolektor, 2) kotvící prvky, 3) propojovací prvky, 4) čerpadlová skupina, 5) akumulční nádrž s průtočným ohřevem, 6) regulátor systému, 7) expanzní nádoba s připojovacím setem, 8) trojcestný motoricky ovládaný ventil, 9) trojcestný směšovací ventil [46]

Princip tohoto systému je následující:

Použitá akumulční nádrž se skládá ze dvou výměníků. V okamžiku, kdy svítí slunce, je voda v nádrži ohřívána pomocí spodního výměníku. V případě, kdy slunce nesvítí nebo je jeho intenzita minimální, je možné vodu ohřát pomocí kotle přes horní výměník, nebo pomocí elektrické topné tyče. Pod pojmem kotel si lze v tomto systému představit např. kotel na biomasu, kotel na pevná paliva, ale také plynový kotel a případně i krb s teplovodní vložkou.

Pro účely vytápění domu je ohřátá voda z akumulární nádrže pouštěna přes trojcestný ventil do topného systému domu (do radiátorů), odkud se ochlazená voda vrací zpět do spodní části nádrže, kde je znovu ohřívána a cyklus se opakuje. Akumulační nádrž slouží také jako ohříváč TUV.

Použitelnost tohoto systému v praxi:

V případě volby tohoto kombinovaného systému solárních kolektorů a kotle je třeba počítat s tím, že solární kolektory jsou v letních měsících schopny téměř bez problémů plně zajistit ohřev TUV, zatímco v zimních měsících spíše vodu v akumulární nádrži jen předehtívají. Její ohřev na teplotu vhodnou pro vytápění domu, případně ohřev TUV, je třeba zajistit pomocí instalovaného kotle.

Co se týče volby vhodných solárních kolektorů, zřejmě lepší jsou trubkové kolektory než kolektory ploché. Jejich pořizovací cena je sice vyšší, ale na druhou stranu přináší vyšší účinnost a jsou schopny pracovat také při nízké intenzitě slunečního záření i při nižších teplotách. Dále je nutné dbát na správnou volbu kotle, co by druhého zdroje tepla. Je důležité, aby zvolený kotel dosahoval dostatečného výkonu pro ohřev topné, případně i užitkové, vody. Vhodnou variantou je třeba kotel na dřevo.

Pro účely topné soustavy domu plně dostačují radiátory. Jejich pořizovací cena je navíc nižší než cena podlahového vytápění.

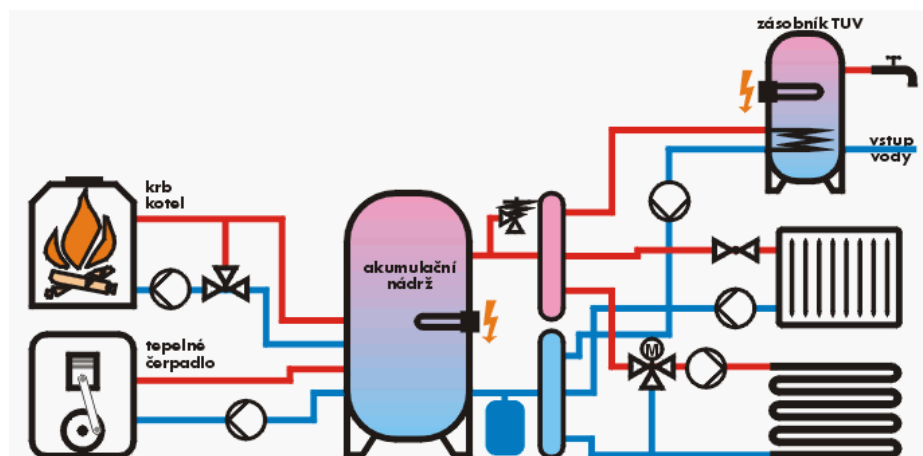
Mezi výhody tohoto systému patří: [50]

- roční úspora se může pohybovat až kolem 70 % nákladů na ohřev TUV
- možnost do systému zapojit další zdroje tepla

Naopak mezi nevýhody se řadí:

- závislost solárních kolektorů na aktuálních klimatických podmínkách
- nutnost instalace kotle pro účely vytápění, případně k ohřevu TUV

4.2. KOMBINOVANÉ ZAPOJENÍ TEPELNÉHO ČERPADLA A KOTLE



Obrázek 23: Schéma zapojení kombinace tepelné čerpadlo – kotel [47]

Princip tohoto systému je následující:

Voda v akumulární nádrži je ohřívána pomocí tepelného čerpadla. V případě potřeby je pro ohřev vody v nádrži k dispozici také krb nebo libovolný kotel (např. kotel na biomasu, kotel na pevná paliva, plynový kotel), případně elektrická topná tyč.

Pro potřeby vytápění domu je teplá voda z akumulární nádrže pouštěna přes ventil a rozvaděč topné vody do topného systému domu, který tvoří radiátory nebo podlahové vytápění. Ochlazená voda z topného systému se vrací přes rozvaděč vratné vody zpět do spodní části akumulární nádrže, kde je opět ohřívána a cyklus se opakuje.

Znázorněný systém umožňuje také ohřev TUV. Ohřátá voda z akumulární nádrže je přes ventil a rozvaděč topné vody pouštěna do zásobníku TUV, kde je v případě potřeby dohřívána pomocí elektrické topné tyče.

Použitelnost tohoto systému v praxi:

V případě volby tohoto kombinovaného systému TČ a kotle je zřejmě nejlepší volbou TČ typu vzduch-voda, jelikož jeho pořizovací cena je v porovnání s TČ země-voda výrazně nižší a instalace méně náročná. Navíc v klimatických podmínkách ČR je výkon obou zmíněných typů TČ srovnatelný. S tepelným čerpadlem je spojená také volba topného systému v domě, přičemž z důvodu efektivity je nejlepší volbou podlahové vytápění. Co se kotle týče, je zřejmě nejekonomičtější variantou volba kotle na dřevo, případně krbu. Náklady na palivové dřevo jsou potom výrazně nižší, než třeba náklady spojené s plynovým kotlem. Možnou variantou je také kotel na biomasu, jehož pořizovací cena ale může být v porovnání s ostatními typy kotlů vyšší.

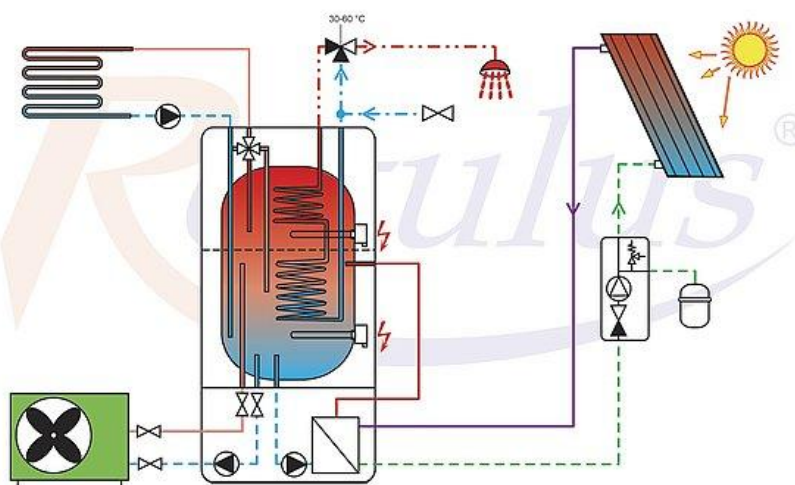
Mezi výhody tohoto systému patří:

- velká úspora nákladů na vytápění RD a ohřev TUV
- samostatný chod tepelného čerpadla
- možnost do systému zapojit další zdroje tepla

Naopak mezi nevýhody se řadí:

- snižující se schopnost vytápění TČ vzduch-voda při nízkých teplotách
- vyšší náklady na realizaci podlahového vytápění oproti radiátorům

4.3. KOMBINOVANÉ ZAPOJENÍ SOLÁRNÍCH KOLEKTORŮ A TEPELNÉHO ČERPADLA



Obrázek 24: Schéma zapojení kombinace solární kolektory – tepelné čerpadlo [48]

Princip tohoto systému je následující:

Voda v akumulární nádrži je ohřívána pomocí tepelného čerpadla, kterému vypomáhají solární kolektory. V případě potřeby jsou pro ohřev vody k dispozici také elektrické topné tyče. Pro potřeby vytápění domu je teplá voda z akumulární nádrže pouštěna přes ventil do topného systému domu. Ochlazená voda z topného systému se následně vrací zpět do spodní části akumulární nádrže, kde je opět ohřívána a cyklus se opakuje. Uvedený systém umožňuje také ohřev TUV.

Použitelnost tohoto systému v praxi:

V případě volby tohoto kombinovaného systému solárních kolektorů a TČ jsou zřejmě nejlepší volbou trubicové kolektory, které jsou sice dražší než kolektory ploché, ale mají zase vyšší účinnost, která je k vytápění nezbytná. Z důvodu absence kotle je dále vhodné použít TČ typu země-voda, které má v porovnání s typem vzduch-voda vyšší účinnost. Už tak velké náklady na pořízení tohoto systému by bylo možné o něco snížit instalací povrchového TČ země-voda místo TČ hlubinného. Realizace tohoto systému vytápění je v porovnání s předchozími systémy také dost náročná.

Co se týče volby topného systému v domě, je z důvodu efektivity nejlepší instalovat podlahové vytápění, které je ale opět dražší než radiátory.

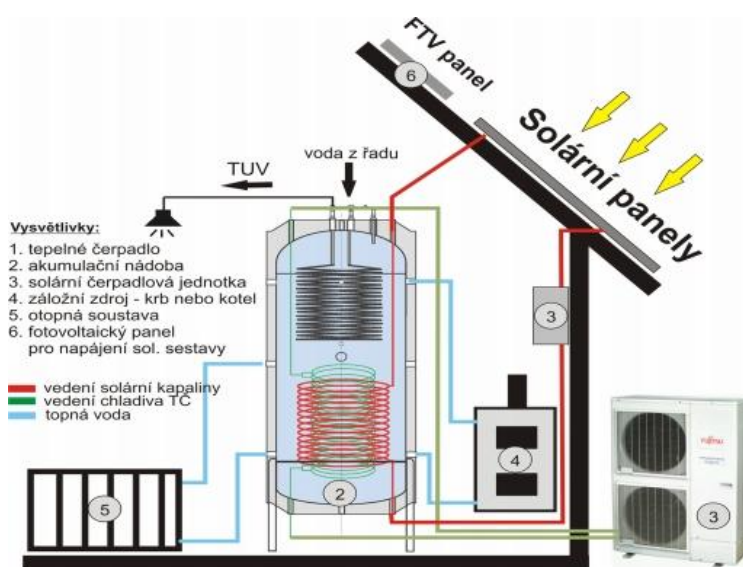
Mezi výhody tohoto systému patří:

- velké úspory na vytápění domu, případně ohřev TUV
- plně automatický chod celého systému

Naopak mezi nevýhody se řadí:

- velké náklady na realizaci uvedeného systému vytápění
- v případě výpadku elektrické energie je odstaven solární systém, TČ i el. topné tyče
- závislost solárních kolektorů na aktuálních klimatických podmínkách
- náročnost TČ země-voda na rozlohu pozemku kolem domu
- závislost TČ země-voda na vlastnostech podloží pozemku kolem domu
- vyšší náklady na realizaci podlahového vytápění oproti radiátorům

4.4. KOMBINOVANÉ ZAPOJENÍ SOLÁRNÍCH KOLEKTORŮ, TEPELNÉHO ČERPADLA A KOTLE



Obrázek 25: Schéma zapojení kombinace solární panely – tepelné čerpadlo – kotel [49]

Princip tohoto systému je následující:

Voda v akumulární nádrži je ohřívána pomocí solárních kolektorů, kterým napomáhá tepelné čerpadlo. Pro případ jakékoliv výjimečné situace je jako doplňkový zdroj tepelné energie instalován ještě kotel o malém výkonu. Na místě kotle je možné představit si např. kotel na biomasu, kotel na pevná paliva, plynový kotel, ale také třeba krb.

Pro potřeby vytápění domu je teplá voda z akumulární nádrže použita do topného systému domu, který tvoří radiátory nebo podlahové vytápění. Ochlazená voda z topného systému se vrací zpět do spodní části akumulární nádrže, kde je opět ohřívána a cyklus se opakuje. Znárodný systém umožňuje také ohřev TUV.

Použitelnost tohoto systému v praxi:

V případě volby tohoto kombinovaného systému solárních kolektorů a TČ je zřejmě nejlepší kombinace trubkových kolektorů, které mají v porovnání s plochými kolektory vyšší účinnost, která je k vytápění nezbytná, a TČ typu vzduch-voda, jehož pořizovací náklady jsou v porovnání s TČ země-voda výrazně menší a instalace jednodušší. Co se týká kotle, protože plní funkci doplňkového zdroje, postačuje kotel o malém výkonu. K tomuto účelu, ale také

z ekonomických důvodů, je vhodný např. kotel na dřevo. Jelikož lze předpokládat pouze občasné využití kotle, není od věci případná instalace kotle plynového.

Jako topný systém je zřejmě nejlepší zvolit podlahové vytápění a to z důvodu efektivity a použitého TČ. Největší nevýhodou tohoto systému vytápění jsou hodně vysoké pořizovací náklady.

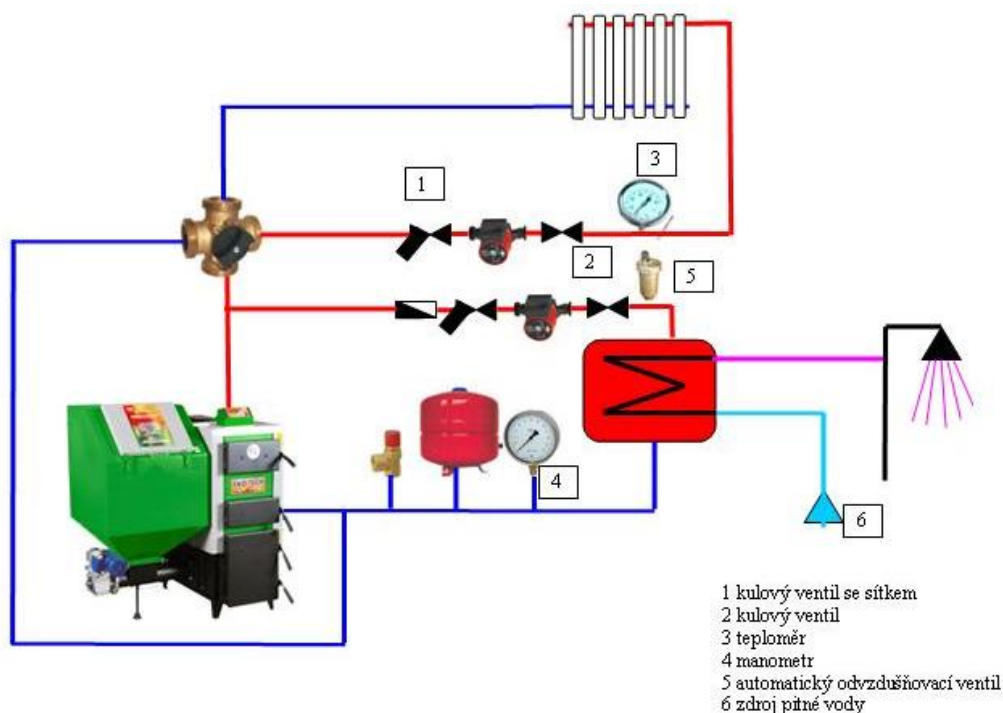
Mezi výhody tohoto systému patří:

- velké úspory na vytápění domu, případně ohřev TUV
- plně automatický chod celého systému
- možnost využití kotle jako doplňkového zdroje tepla

Naopak mezi nevýhody se řadí:

- velké náklady na realizaci uvedeného systému vytápění
- závislost solárních kolektorů na aktuálních klimatických podmínkách
- snižující se schopnost vytápění TČ vzduch-voda při nízkých teplotách
- vyšší náklady na realizaci podlahového vytápění oproti radiátorům

4.5. ZAPOJENÍ KOTLE NA BIOMASU



Obrázek 26: Schéma zapojení kotle na biomasu [51]

Princip tohoto systému je následující:

Voda v akumulační nádrži je ohřívána pomocí kotle na biomasu. Pro potřeby vytápění domu je teplá voda z nádrže pouštěna přes kulový a čtyřcestný ventil do topného systému domu. Ochlazená voda z topného systému se následně vrací zpět přes čtyřcestný ventil. Pomocí kotle je opět ohřívána a uložena v akumulační nádrži. Uvedený cyklus se opakuje. Znázorněný systém umožňuje také ohřev TUV.

Použitelnost tohoto systému v praxi:

V případě volby uvedeného systému s kotlem na biomasu jsou pro účely topné soustavy domu plně dostačující radiátory. Jejich pořizovací náklady jsou navíc v porovnání s náklady na podlahové vytápění nižší. Co se kotle týče, je možné zvolit variantu s manuálním nebo automatickým plněním. Důležitý je také výkon daného kotle. V současnosti lze navíc využít finanční podpory programu Moravskoslezského kraje a Ministerstva životního prostředí (viz kapitola 3.4. *Kotel na biomasu*). Na místě kotle si lze představit také kotel na kusové dřevo.

Jako palivo lze v tomto systému používat např. kusové dřevo, pelety, případně brikety.

Mezi výhody uvedeného systému patří:

- poměrně nízké pořizovací a provozní náklady
- vysoká účinnost
- jednoduchá obsluha
- možný komfort v podobě automatického kotle

Naopak mezi nevýhody lze zařadit:

- vyšší nároky na skladování paliva (např. kusové dřevo, brikety)

4.6. POROVNÁNÍ NAVRŽENÝCH KOMBINOVANÝCH SYSTÉMŮ

Každý z navržených systémů pro vytápění RD je vhodný za jiných podmínek. Pro účely jejich vzájemného porovnání je tedy nutné znát konkrétní aplikaci na konkrétním RD, počet obyvatel domu, tepelné ztráty domu, požadovaný výkon jednotlivých zařízení a další parametry, což je již mimo rozsah této bakalářské práce.

Obecně lze říci, že pořizovací náklady spojené se systémem kombinujícím solární kolektory a kotel bývají nižší než pořizovací náklady spojené se systémem kombinujícím TČ vzduch-voda a kotel. Pro účely vytápění však bývá stabilita dodávky tepla TČ v porovnání se solárními kolektory spolehlivější. Důvodem je závislost solárních kolektorů na aktuálních klimatických podmínkách. (viz kapitola 1.5. *Výhody a nevýhody solárních systémů*). Pořizovací náklady výrazně narostou v okamžiku, kdy je místo TČ vzduch-voda instalováno TČ země-voda. Je tedy třeba důkladně zvážit, který typ TČ případně zvolit. Na místo kotle je z hlediska provozních nákladů nejhodnější zvolit např. kotel na dřevo nebo krb. Co se týká topného systému domu, z důvodu efektivity se při instalaci systému s TČ doporučuje spíše podlahové vytápění než radiátory, což ale přináší další investice navíc.

Z hlediska pořizovacích nákladů je zřejmě nejlevnější variantou systém se samostatným kotlem na biomasu nebo na kusové dřevo. Pořizovací náklady na systémy kombinující např. solární kolektory, tepelné čerpadlo a ještě kotel jako doplňkový zdroj tepla dosahují velmi vysokých částek. Z tohoto důvodu má nad nimi smysl uvažovat jenom ve velmi specifických případech.

Závěr

Ruku v ruce s neustále se zužujícími zásobami tzv. neobnovitelných zdrojů energie, hlavně pak ropy a zemního plynu, dochází k nutnosti využívání také jiných energetických zdrojů, tedy např. OZE. O rozšíření jednotlivých OZE se snaží také EU. Jednotlivé členské státy se dle svých možností zavázali k určitému podílu obnovitelných zdrojů na svém území. Tyto podíly jsou časově vázány. Konkrétně se jedná o směrnici 2001/77/EC. Po vstupu České republiky do EU se stát zavázal do roku 2010 zvýšit podíl obnovitelných zdrojů na 8,9 % a do roku 2030 dokonce na 15,7 %. [32]

Ideálním využitím OZE je např. vytápění rodinného domu, případně ohřev TUV pro potřeby domácnosti. Pro tyto účely jsou vhodné solární systémy, tepelná čerpadla, nebo kotle na biomasu. Oproti nákladům na pořízení klasického uhelného kotle nebo kotle na dřevo, jsou náklady spojené s pořízením příslušného systému využívajícího OZE vyšší. Na druhou stranu se ale větší počáteční investice pozitivně promítnou do výdajů za topení. Dalším faktorem nahrávajícím OZE jsou také neustále rostoucí ceny fosilních (neobnovitelných) paliv, což výrazně urychluje návratnost vynaložených financí.

Každé řešení vytápění pomocí OZE má svá specifika. Proto je vhodné výhody jednotlivých systémů kombinovat. Většina systémů se mimo vytápění dokáže postarat také o ohřev TUV. Je však třeba mít na paměti, že se jedná o poměrně složité systémy, které se mohou časem stát zdrojem nepředvídatelných poruch. Jednotlivé komponenty daných systémů mají také určitou životnost. Před případnou investicí do OZE je tedy vhodné zvážit i tato fakta, zda se pořízení a provoz daného systému za konkrétních podmínek skutečně vyplatí. Zajímavé by také mohlo být odbourání závislosti topného systému na dodávkách elektrické energie z distribuční soustavy. Řešením by mohla být instalace fotovoltaických panelů, které by dodávky elektřiny pokryly.

Celkově lze říci, že využívání OZE má rozhodně smysl. Je to moderní způsob, jak dosáhnout snížení negativního dopadu na životní prostředí a v neposlední řadě také možnost, jak dosáhnout určitých finančních úspor. Navíc využívání OZE spolu s neustále se zdokonalujícím technickým zázemím představuje do budoucna obrovský růstový potenciál.

Seznam použité literatury

- [1] QUASCHNING, Volker a Václav BARTOŠ. Obnovitelné zdroje energií. 1. vyd. Praha: Grada, 2010, 296 s. ISBN 978-80-247-3250-3.
- [2] SRDEČNÝ, Karel a Jan TRUXA. Tepelná čerpadla. 1. vyd. Brno: ERA, 2005, 68 s. ISBN 80-7366-031-8
- [3] JANDAČKA, J., MIKULÍK, M.: Technologie pre zvyšovanie energetickeho potencialu biomasy. TU Žilina 2007, ISBN 978-80-969595-4-9
- [4] KUBÍN, Miroslav. Energetika: perspektivy-strategie-inovace. Jihomoravská energetika, a.s., 2000, 540 s.
- [5] Pokročilé jaderné technologie a skupina ČEZ. [online]. [cit. 2013-01-28]. Dostupné z: http://www.cez.cz/edee/content/micrositesutf/odpovednost/content/pdf/cez_a_pokrocile_jaderne_technologie_-_nahled.pdf
- [6] Obnovitelné zdroje energie. [online]. 2013 [cit. 2013-01-28]. Dostupné z: <http://www.zelenaenergie.cz/cs/o-zelene-energii/obnovitelne-zdroje-energie.html>
- [7] Obnovitelné zdroje energie. *Nazeleno.cz* [online]. 2008 [cit. 2013-01-29]. ISSN: 1803-4160. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/obnovitelne-zdroje-energie.dic>
- [8] Solární energie - ohřev vody. *Nazeleno.cz* [online]. 2008 [cit. 2013-01-29]. ISSN: 1803-4160. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/energie/solarni-energie/solarni-energie-ohrev-vody-fotovoltaika-a-dalsi-moznosti-vyuziti.aspx>
- [9] Izolace. *Nazeleno.cz* [online]. 2008 [cit. 2013-01-30]. ISSN: 1803-4160. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/izolace.dic>
- [10] Solární energie - ohřev vody a další možnosti využití. *Nazeleno.cz* [online]. 2008 [cit. 2013-01-30]. ISSN: 1803-4160. Dostupné z: http://www.nazeleno.cz/energie/solarni-energie/chap_67/solarni-energie-ohrev-vody-fotovoltaika-a-dalsi-moznosti-vyuziti.aspx
- [11] Pasivní domy. *Nazeleno.cz* [online]. 2008 [cit. 2013-01-30]. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/pasivni-domy.dic>
- [12] Termické solární panely a kolektory. *Solární-energie.info* [online]. [cit. 2013-03-08]. Dostupné z : <http://www.solarni-energie.info/termicke-solarni-panely-kolektory.php>
- [13] Topenáři EKOMPLEX - solární vytápění. *Vodatopeniplyn.eu* [online]. 2013 [cit. 2013-03-08]. Dostupné z: <http://www.topeni-topenari.eu/topeni/topidla-alternativni/solarni-vytapeni/kapalinove.php>
- [14] Solární kolektory. *Sunhome.cz* [online]. 2010 [cit. 2013-03-08]. Dostupné z: <http://www.sunhome.cz/kolektory.php>
- [15] Solární energie. *Nazeleno.cz* [online]. 2008 [cit. 2013-01-30]. ISSN: 1803-4160. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/solarni-energie.dic>
- [16] Pasivní, nízkoenergetické a nulové domy. *Nazeleno.cz* [online]. 2008 [cit. 2013-01-30]. ISSN: 1803-4160. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/stavba/nizkoenergeticke-domy/pasivni-nizkoenergeticke-a-nulove-domy-co-je-co.aspx>
- [17] Solární energie - kolik kWh lze získat?. *Nazeleno.cz* [online]. 2008 [cit. 2013-01-30]. ISSN: 1803-4160. Dostupné z: http://www.nazeleno.cz/energie/chap_58/solarni-energie-kolik-kwh-lze-ziskat-vyhody-a-nevyhody.aspx
- [18] Cenový přehled: Solární systémy na ohřev vody. *Nazeleno.cz* [online]. 2009 [cit. 2013-01-30]. ISSN: 1803-4160. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/energie/solarni-energie/cenovy-prehled-solarni-systemy-na-ohrev-vody.aspx>
- [19] Alternativní zdroje energie - Tepelná čerpadla. *Alternativni-zdroje.cz* [online]. [cit. 2013-01-31]. Dostupné z: <http://www.alternativni-zdroje.cz/tepelna-cerpadla-otec.htm>
- [20] PAVELEK, Milan: Termomechanika - Cykly poháněných tepelných strojů. *otp.fme.vutbr.cz* [online]. [cit. 2013-01-31]. Dostupné z: http://otp.fme.vutbr.cz/users/pavelek/termo/13_Stroje.pdf
- [21] Moderní technologie pro větrání a vytápění rodinných domů a budov. *Evora.cz* [online]. 2013 [cit. 2013-01-31]. Dostupné z: <http://www.evora.cz/ohrev-tuv-tepelnym-cerpadlem>

- [22] Moderní technologie pro větrání a vytápění rodinných domů a budov. *Evora.cz* [online]. 2013 [cit. 2013-01-31]. Dostupné z: <http://www.evora.cz/princip-a-ucinnost-tepelneho-cerpadla>
- [23] Tepelné čerpadlo. *Nazeleno.cz* [online]. 2008 [cit. 2013-01-31]. ISSN: 1803-4160. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/tepelne-cerpadlo.dic>
- [24] Tepelná čerpadla: ideální řešení pro rodinný dům?. *Nazeleno.cz* [online]. 2008 [cit. 2013-02-01]. ISSN: 1803-4160. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/energie/tepelna-cerpadla/tepelna-cerpadla-idealni-reseni-pro-rodinny-dum.aspx>
- [25] Jak funguje tepelné čerpadlo země/voda?. *Eon.energieplus.cz* [online]. [cit. 2013-02-01]. Dostupné z: <http://eon.energieplus.cz/ekologicka-energie/tepelna-cerpadla-1/jak-funguje-tepelne-cerpadlo-zeme-voda->
- [26] NEOSOLAR - energie a úsporné technologie. *Neosolar.cz* [online]. [cit. 2013-02-01]. Dostupné z: http://www.neosolar.cz/reference-tepelna-cerpadla/tepelne_cerpadlo_vzduch_voda_o_vykonu_16kw_v_havlickove_brode
- [27] Topenáři EKOMPLEX - solární vytápění. *Vodatopeniplyn.cz* [online]. 2013 [cit. 2013-03-09]. Dostupné z: <http://www.topeni-topenari.eu/topeni/topidla-alternativni/tepelna-cerpadla/vzduch-voda.php>
- [28] Topenáři EKOMPLEX - solární vytápění. *Vodatopeniplyn.cz* [online]. 2013 [cit. 2013-03-10]. Dostupné z: <http://www.topeni-topenari.eu/topeni/topidla-alternativni/tepelna-cerpadla/zeme-voda.php>
- [29] Alternativní zdroje energie - výroba energie z biomasy. *Alternativni-zdroje.cz* [online]. [cit. 2013-02-03]. Dostupné z: <http://www.alternativni-zdroje.cz/vyroba-energie-biomasa.htm>
- [30] Jak funguje výroba energie z biomasy. *Cez.cz* [online]. 2013 [cit. 2013-02-04]. Dostupné z: <http://www.cez.cz/cs/vyroba-elektriny/obnovitelne-zdroje/biomasa/flash-model-jak-funguje-vyroba-energie-z-biomasy.html>
- [31] Biomasa. *Eon.energieplus.cz* [online]. [cit. 2013-02-04]. Dostupné z: <http://eon.energieplus.cz/ekologicka-energie/biomasa-1/biomasa-2>
- [32] Biomasa v České republice. *Nazeleno.cz* [online]. 2009 [cit. 2013-02-05]. ISSN: 1803-4160. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/energie/biomasa-v-ceske-republice-kolik-vyrabime-elektriny.aspx>
- [33] Biomasa v České republice. *Nazeleno.cz* [online]. 2009 [cit. 2013-02-05]. ISSN: 1803-4160. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/energie/biomasa-v-ceske-republice-kolik-vyrabime-elektriny.aspx>
- [34] Kde mají obnovitelné zdroje energie smysl?. *Nazeleno.cz* [online]. 2008 [cit. 2013-02-05]. ISSN: 1803-4160. Dostupné z: http://www.nazeleno.cz/energie/solarni-energie/chap_192/okenko-nazeleno-kdy-maji-obnovitelne-zdroje-smysl.aspx
- [35] Jak funguje spalování biomasy?. *Nazeleno.cz* [online]. 2009 [cit. 2013-02-05]. ISSN: 1803-4160. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/vytapeni-1/biomasa/jak-funguje-spalovani-biomasy-priklad-konopi.aspx>
- [36] Dřevěná ekopaliva. *Nazeleno.cz* [online]. 2008 [cit. 2013-02-05]. ISSN: 1803-4160. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/vytapeni/drevena-ekopaliva-pelety-a-brikety-misto-uhli-a-plynu.aspx>
- [37] Kotel na biomasu. *Nazeleno.cz* [online]. 2008 [cit. 2013-02-05]. ISSN: 1803-4160. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/kotel-na-biomasu.dic>
- [38] Solar 24 - solární ohřev vody. *Solar24.cz* [online]. 2012 [cit. 2013-02-05]. Dostupné z: <http://solar24.cz/technologie>
- [39] Spektrum zdraví. [online]. 2013 [cit. 2013-02-06]. Dostupné z: <http://www.spektrumzdravi.cz/vliv-mesice/vliv-mesice-v-zemedelstvi/>
- [40] Biomasa: Co je dobré vědět, než ji začneme spalovat. *Nazeleno.cz* [online]. 2010 [cit. 2013-02-06]. ISSN: 1803-4160. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/biomasa-co-je-dobre-vedet-nez-ji-zacneme-spalovat.aspx>
- [41] VERNER – automatické kotle na biomasu a pelety. [online]. [cit. 2013-03-22]. Dostupné z: <http://www.kotle-verner.cz/vyrobky/automaticke-kotle/verner-a501-verner-a501ls>

- [42] Kotel na biomasu: řešení i pro Vás?. *Nazeleno.cz* [online]. 2010 [cit. 2013-02-06]. ISSN: 1803-4160. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/vytapeni/biomasa/kotel-na-biomasu-a-dotace-reseni-i-pro-vas.aspx>
- [43] VERNER - expert na teplo. [online]. [cit. 2013-02-06]. Dostupné z: <http://www.kotle-verner.cz/novinky/vanocni-akce-aneb-uzijte-si-teplo-a-pohodu-rodinneho-krbuquot-jiz-o-letosnich-vanocich>
- [44] E.ON poskytuje příspěvek na pořízení tepelného čerpadla. *Eon.energieplus.cz* [online]. [cit. 2013-02-09]. Dostupné z: <http://eon.energieplus.cz/slevy-a-dotace/prispevek-na-tepelne-čerpadlo/eon-poskytuje-prispevek-az-60000-korun-na-porizeni-tepelneho-čerpadla>
- [45] Státní fond životního prostředí České republiky. *Sfzp.cz* [online]. [cit. 2013-03-08]. Dostupné z: <https://www.sfzp.cz/sekce/663/vymena-kotlu-v-moravskoslezskem-kraji/>
- [46] ArtProfi - nejpoužívanější zapojení solárního systému pro ohřev vody. *Artprofi.cz* [online]. [cit. 2013-03-12]. Dostupné z: <http://www.artprofi.cz/sortiment/solarka>
- [47] Alter-eko - tepelná čerpadla. [online]. 2013 [cit. 2013-03-12]. Dostupné z: <http://www.topenicerpadlem.cz/solarni-pakety-k-tepelnym-čerpadlum/>
- [48] Tepelné čerpadlo Regulus-CTC. [online]. 2013 [cit. 2013-03-17]. Dostupné z: <http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/tepelne-čerpadlo-regulus-ctc/>
- [49] Solární pakety k tepelným čerpadlům. [online]. [cit. 2013-03-12]. Dostupné z: <http://www.topenicerpadlem.cz/solarni-pakety-k-tepelnym-čerpadlum/>
- [50] JH Solar – prodej a montáž solárních systémů. *JHsolar.cz* [online]. [cit. 2013-04-22]. Dostupné z: <http://www.jhsolar.cz/tepla-voda/>
- [51] Ekologické kotle. *Ekologicke-kotle.cz* [online]. [cit. 2013-04-22]. Dostupné z: <http://www.ekologicke-kotle.cz/ekologicke-kotle/eshop/1-1-KOTLE-S-PODAVACEM-PALIVA/0/5/206-Kotel-EKO-TECH-DUO-22kW>

Seznam použitých symbolů a zkratk

Symbols:

COP_H	[-]	Coefficient of performance (topný faktor tepelného čerpadla)
Q_C	[J]	dodané teplo
Q_H	[J]	odevzdané teplo
q_C	[J/kg]	měrné dodané teplo
q_H	[J/kg]	měrné odevzdané teplo
T_X	[K]	teplota z nízkopotenciálního zdroje tepla
T_Y	[K]	teplota ohřívání látky

Zkratky:

ČR	Česká republika
EU	Evropská unie
OZE	obnovitelné zdroje energie
RD	rodinný dům
TČ	tepelné čerpadlo
TUV	teplá užitková voda

Seznam obrázků

Obrázek 1: a)	<i>Ploché kolektory typicky umístěné na jižní straně RD.....</i>	13
Obrázek 1: b)	<i>Trubicové kolektory.....</i>	13
Obrázek 2:	<i>Schéma plochého vakuového kolektoru.....</i>	14
Obrázek 3:	<i>Princip trubicového vakuového kolektoru.....</i>	14
Obrázek 4:	<i>Řez vakuovou trubicí.....</i>	15
Obrázek 5:	<i>Ukázka pasivního domu.....</i>	15
Obrázek 6:	<i>Schéma klasického pasivního domu.....</i>	16
Obrázek 7:	<i>Princip solárního termického systému.....</i>	17
Obrázek 8:	<i>Akumulační nádrže.....</i>	18
Obrázek 9:	<i>Schéma tepelného čerpadla.....</i>	20
Obrázek 10:	<i>Cyklus tepelného čerpadla.....</i>	20
Obrázek 11:	<i>Venkovní jednotka TČ vzduch-voda umístěná u zdi domu.....</i>	23
Obrázek 12:	<i>Princip TČ vzduch-voda.....</i>	23
Obrázek 13:	<i>Princip TČ země-voda.....</i>	24
Obrázek 14: a)	<i>TČ země-voda s plošným zemním kolektorem uloženým v půdě vedle domu.....</i>	25
Obrázek 14: b)	<i>TČ země-voda čerpající teplo z hlubinných vrtů.....</i>	25
Obrázek 15:	<i>Porovnání provozních nákladů TČ při vytápění RD.....</i>	26
Obrázek 16: a)	<i>Pšenice obecná.....</i>	27
Obrázek 16: b)	<i>Řepka olejka.....</i>	27
Obrázek 17:	<i>Biomasa ve formě dřevní štěpky.....</i>	30
Obrázek 18:	<i>Pelety jsou díky své velikosti velice skladné.....</i>	30
Obrázek 19:	<i>Skladování briket je oproti peletám prostorově náročnější.....</i>	31
Obrázek 20:	<i>Automatický kotel VERNER na biomasu.....</i>	32
Obrázek 21: a)	<i>Interiérová kamna na pelety.....</i>	33
Obrázek 21: b)	<i>Interiérová kamna VERNER.....</i>	33
Obrázek 22:	<i>Schéma zapojení kombinace solární kolektory – kotel.....</i>	34
Obrázek 23:	<i>Schéma zapojení kombinace tepelné čerpadlo – kotel.....</i>	36
Obrázek 24:	<i>Schéma zapojení kombinace solární kolektory – tepelné čerpadlo.....</i>	37
Obrázek 25:	<i>Schéma zapojení kombinace solární panely – tepelné čerpadlo – kotel.....</i>	38
Obrázek 26:	<i>Schéma zapojení kotle na biomasu.....</i>	39

Seznam tabulek

Tabulka 1:	<i>Množství energie dopadající na 1 m² jižní střechy skloněné pod úhlem 40 °.....</i>	18
Tabulka 2:	<i>Parametry půdního (povrchového) kolektoru.....</i>	24
Tabulka 3:	<i>Parametry pro dimenzování hloubky vrtu.....</i>	25
Tabulka 4:	<i>Energetický potenciál různých druhů biomasy.....</i>	28
Tabulka 5:	<i>Závislost obsahu vody na výhřevnosti biomasy.....</i>	29