

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ
KATEDRA TECHNOLOGIE A MĚŘENÍ**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Návrh výtopny na biomasu ve vybrané lokalitě

Bc. Petr Fusek

Plzeň 2014

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická

Akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Petr FUSEK**
Osobní číslo: **E12N0009P**
Studijní program: **N2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Komerční elektrotechnika**
Název tématu: **Návrh konceptu výtopny na biomasu ve vybrané lokalitě**
Zadávací katedra: **Katedra technologií a měření**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Popište současný stav energetického managementu v zájmovém území.
2. Analyzujte zdroje biomasy a jejich dostupnost.
3. Porovnejte další možnosti energetického zabezpečení ve vybrané lokalitě.
4. Zpracujte koncept výtopny na biomasu z hlediska energetické, environmentální a ekonomické přijatelnosti.

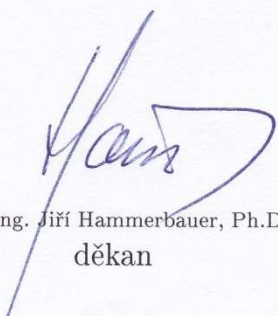


Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**
Rozsah pracovní zprávy: **20 - 30 stran**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:


Student si vhodnou literaturu vyhledá v dostupných pramenech podle doporučení vedoucího práce.

Vedoucí diplomové práce: **Mgr. Eduard Ščerba, Ph.D.**
Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání diplomové práce: **14. října 2013**
Termín odevzdání diplomové práce: **12. května 2014**


Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.
děkan




Doc. Ing. Vlastimil Skočil, CSc.
vedoucí katedry

V Plzni dne 14. října 2013

Anotace

Předkládaná diplomová práce je zaměřena na biomasu, její využití v praxi pro centrální zdroje vytápění. Dále se zabývá návrhem výtopny na biomasu ve vybrané lokalitě, její energetickou, ekonomickou a ekologickou analýzou.

Klíčová slova

Biomasa; elektrická energie; teplo; kogenerace; kotel.

Abstract

The present thesis is focused on biomass, its use in practice for central heating sources. The work also includes concept of heating plant in selected location, its energy, economic and environmental analysis.

Key words

Biomass; electrical energy; heat; cogeneration; boiler.

Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě elektrotechnické Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této bakalářské práce, je legální.

V Plzni dne 5.5.2014

Jméno příjmení

.....

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce Mgr. Eduardu Ščerbovi, Ph.D. za připomínky a metodické vedení práce. Dále pak hlavnímu energetikovi Františkolázeňské výtopny Bc. Alešu Průšovi za cenné a praktické rady.

OBSAH

OBSAH.....	8
ÚVOD.....	11
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	12
1 ENERGETICKÝ MANAGEMENT.....	13
1.1 Karlovarský kraj.....	13
1.2 Energetické systémy v KV kraji.....	14
1.2.1 Elektrická energie.....	14
1.2.2 Zemní plyn.....	16
1.2.3 Tepelná energie.....	18
1.2.4 Obnovitelné zdroje energie.....	19
1.2.4.1 Sluneční energie.....	20
1.2.4.2 Větrná energie.....	20
1.2.4.3 Malé vodní elektrárny.....	21
1.2.4.4 Geotermální energie.....	21
1.2.4.5 Biomasa.....	22
2 BIOMASA.....	22
2.1 Rozdělení biomasy.....	23
2.1.1 Dřevní biomasa.....	23
2.1.2 Zemědělská biomasa.....	23
2.2 Záměrně pěstovaná x odpadní biomasa.....	24
2.2.1 Záměrně pěstovaná biomasa.....	24
2.2.2 Zbytková (odpadní) biomasa.....	24
2.3 Technologie zpracování biomasy.....	24
2.3.1 Přeměny termické a termochemické.....	26
2.3.1.1 Přímé spalování.....	26
2.3.1.2 Karbonizace.....	26
2.3.1.3 Pyrolýza.....	27
2.3.1.4 Zplyňování.....	27
2.3.1.5 Katalytické zkapalňování.....	27
2.3.2 Biochemické přeměny biomasy.....	28
2.3.2.1 Mokrý způsob fermentace.....	28
2.3.2.2 Suchý způsob fermentace.....	28
2.3.2.3 Využití kalového plynu v čistírnách odpadních vod.....	28
2.3.2.4 Využití skládkového plynu.....	29

2.3.3	Výroba kapalných biopaliv	29
2.3.3.1	Neupravené rostlinné oleje.....	29
2.3.3.2	Bionafta	29
2.3.3.3	Bioetanol	29
2.4	Zařízení na spalování biomasy	30
2.4.1	Lokální topeniště.....	30
2.4.2	Malé kotle.....	30
2.4.3	Střední kotle	30
2.4.4	Velké zdroje	31
2.4.4.1	Spalování na roštu.....	31
2.4.4.2	Spalování na fluidní vrstvě	31
2.5	Zařízení pro KVVET z biomasy	32
2.5.1	Teplárny a elektrárny s parními turbínami	32
2.5.2	KVVET s parním strojem	32
2.5.3	KVVET s plynovými motory	32
2.5.4	KVVET se spalovacími turbínami	33
2.5.5	KVVET s organickým Rankinovým cyklem	33
3	DALŠÍ MOŽNOSTI ENERGETICKÉHO ZABEZPEČENÍ.....	34
3.1	Tepelná čerpadla	34
3.1.1	Princip funkce	35
3.1.2	Druhy tepelných čerpadel.....	35
3.2	Solární energie	36
3.2.1	Fototermické kolektory	36
3.2.2	Typy fototermických kolektorů.....	37
4	KONCEPT VÝTOPNY	38
4.1	Lokalizace	38
4.2	Areál výtopny	39
4.2.1	Sklad paliva.....	40
4.2.2	Vodní laboratoř	41
4.2.3	Trafostanice.....	41
4.2.4	Hala s kotli	41
4.2.5	Škvárové zásobníky a pásové dopravníky.....	42
4.2.6	Spalinové filtry a silo na popílek.....	43
4.3	Energetická analýza současného stavu	43
4.3.1	Kotle.....	44
4.3.2	Teplo	44

4.3.3	Kogenerace.....	45
4.4	Ekologická analýza současného stavu	46
4.5	Ekonomická analýza současného stavu	46
4.6	Návrh spalovacího zařízení.....	47
4.7	Návrh koncepce výtopny	50
4.7.1	Energetická analýza s 2 x DR 12	51
4.7.2	Energetická analýza s 1 x DR 25	51
4.8	Ekologická analýza spalování dřevní štěpky	52
4.9	Ekonomická analýza spalování dřevní štěpky	52
ZÁVĚR.....		54
ZDROJE A POUŽITÁ LITERATURA		55

ÚVOD

Tato práce se zabývá návrhem výtopny na biomasu ve vybrané lokalitě.

Celá práce je rozdělena do čtyř stěžejních kapitol. V první kapitole je řešen současný energetický management v zájmovém území. Jaké zdroje energie se zde využívají a v jakém množství. Druhá kapitola je věnována biomase. Co to biomasa vlastně je, jak se dá rozdělit, jejím vlastnostem a možným způsobům jejího využití. Třetí kapitola pak popisuje další alternativní možnosti zajištění vytápění objektů v zájmovém území. Ve čtvrté kapitole se pak práce věnuje samotnému návrhu výtopny ze třech různých hledisek. A to z hlediska energetického, environmentálního a ekonomického.

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

KV	karlovarský
CZT	centrální zdroje tepla
OZE	obnovitelné zdroje energie
ČEPS	české energetické přenosové soustavy
ČEZ	české energetické závody
KVET	kombinovaná výroba el. energie a tepla
BP	bioplyn
BM	biomasa
ČOV	čistička odpadních vod
ORC	organický Rankinův cyklus
SO ₂	oxid siřičitý
NO _x	oxidy dusíku
CO	oxid uhelnatý
i	entalpie
η	účinnost
A	průtok páry
N	elektrický výkon turbíny

1 ENERGETICKÝ MANAGEMENT

1.1 Karlovarský kraj

Karlovarský kraj se nachází na západním cípu České republiky a vzešel z rozdělení Západočeského kraje na kraj Plzeňský a kraj Karlovarský. Karlovarský kraj sousedí se dvěma dalšími kraji. Na východě s krajem Ústeckým a na jihu s krajem Plzeňským, západní a severní stranu kraje pak obklopuje státní hranice s Německem, na západě je to hranice s Bavorskem a na severu se Saskem. Rozloha Karlovarského kraje je přibližně 3314 km², což odpovídá asi 4,25% rozlohy České republiky, tím pádem se tento kraj řadí k těm nejmenším v české republice vůbec. [1] [2]

Kraj je tvořen třemi okresy:

- Karlovarský okres
- Sokolovský okres
- Chebský okres

Tab. 1.1 Počty obcí a obyvatel správních oblastí KV kraje [1]

Správní oblast	Rozloha [km²]	Počet obcí	Počet obcí nad 1000 obyvatel	Počet obyvatel	Počet obyvatel sídla správní oblasti	Hustota osídlení na km²
Aš	144,0	5	3	17 879,0	13 373,0	124,4
Cheb	497,0	21	6	52 927,0	34 873,0	106,5
Karlovy Vary	1196,0	40	8	89 983,0	51 459,0	75,2
Kraslice	265,0	8	3	14 114,0	7 108,0	53,3
Mariánské Lázně	405,0	14	4	24 646,0	13 758,0	60,8
Ostrov	319,0	14	5	29 940,0	17 357,0	94,0
Sokolov	489,0	30	13	78 914,0	24 467,0	161,4
Karlovarský kraj	3314,0	132	42	308 403,0	162 395,0	93,0
Česká republika	78865,0	6 249	1 367	10 467 542,0		132,7

1.2 Energetické systémy v KV kraji

V Karlovarském kraji lze najít následující energetické systémy:

- Elektrická energie
- Zemní plyn
- Teplo z centrálních zdrojů tepla (dále jen CZT)
- Pevná paliva
- Obnovitelné zdroje energie (sluneční a větrná energie, malá voda, biomasa a dřevo, atd.) [1]

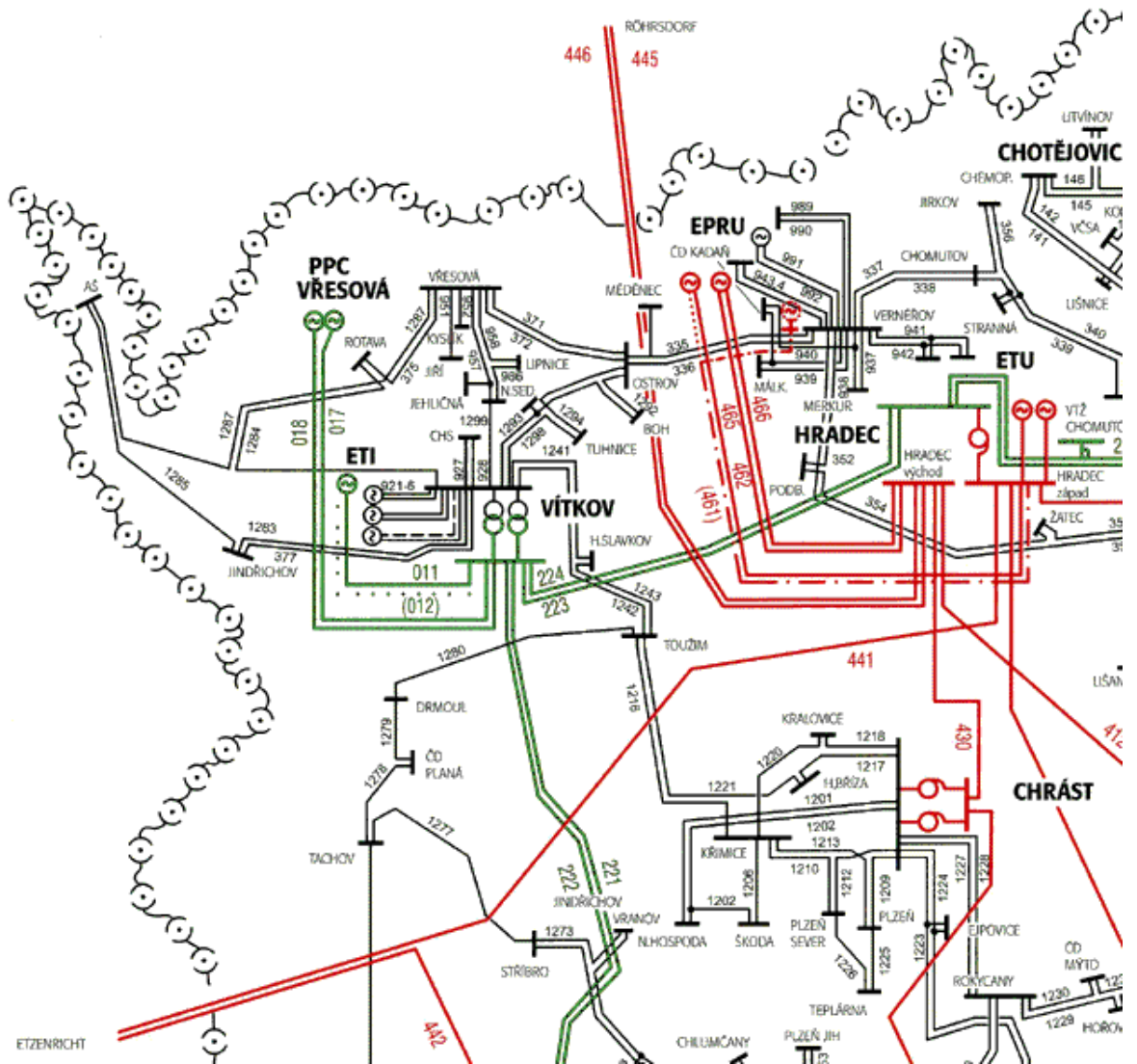
Zásobování energiemi je závislé jak na evropské, tak i na celosvětové politice. Prvořadým cílem je snižování energetické náročnosti, a to nejen ve spotřebě, ale také ve výrobě. V současnosti je Česká republika závislá na dovozu energií ze zahraničí z méně než 50 %. Co se týká elektrické energie, je republika téměř soběstačná. Svoji spotřebu pokrývá přibližně z 96 %. Oproti tomu v oblasti plynárenství jsme plně závislí na dovozu zemního plynu ze zahraničí, konkrétně je tomu z Ruska a Norska. Těžba hnědého uhlí, které je na našem území asi nejrozšířenější, bude ve výhledné době kulminovat, tím je potřeba snížit také jeho spotřebu. Protiopatřením by měl být rozvoj obnovitelných zdrojů energie (OZE), kde se počítá s tím, že v roce 2020 by měly OZE pokrýt asi 13 % celkové spotřeby energie republiky. V současnosti se pohybujeme kolem hranice 6 %. [1]

1.2.1 Elektrická energie

V Karlovarském kraji se dodržuje koncepce rozvoje stávající elektrizační soustavy a elektrická energie se distribuuje sítěmi 110 kV. Soustava je napojena přes rozvodnu Hradec na nadřazený energetický systém 400 kV s transformací 400/220/110 kV a dále pak přes rozvodnu Vítkov na soustavu 220 kV s transformací 220/110 kV. (obr. 1.1) Na další transformaci je zde na 14 velkých trafostanic 110/22 kV. Tuto přenosovou soustavu provozuje jediný držitel licence, společnost ČEPS, a.s., majoritním dodavatelem elektřiny je společnost ČEZ a.s. [1] [3]

Na území Karlovarského kraje se lze setkat s několika způsoby výroby elektrické energie. Prvním ze způsobů jsou klasické tepelné elektrárny, které spalují pevná, popřípadě plynná paliva. Instalovaný výkon těchto elektráren přesahuje potřeby kraje. Prvním zástupcem těchto elektráren je Elektrárna Vřesová s výkonem 395 MW_e a druhým je pak Elektrárna Tisová s výkonem 295,8 MW_e. Obě tyto elektrárny sídlí na Sokolovsku. [1]

Dalšími, spíše druhořadými, zdroji elektrické energie jsou teplárenské zdroje s výrobou elektrické energie, dále malé vodní elektrárny s celkovým výkonem asi 6,9 MW a v neposlední řadě větrné a fotovoltaické elektrárny. Z těchto obnovitelných zdrojů energie získává Karlovarský kraj celkem 57,247 MW. Konkrétně je to 50,09 MW z větrných elektráren a 7,157 MW z elektráren fotovoltaických. [1] [5]



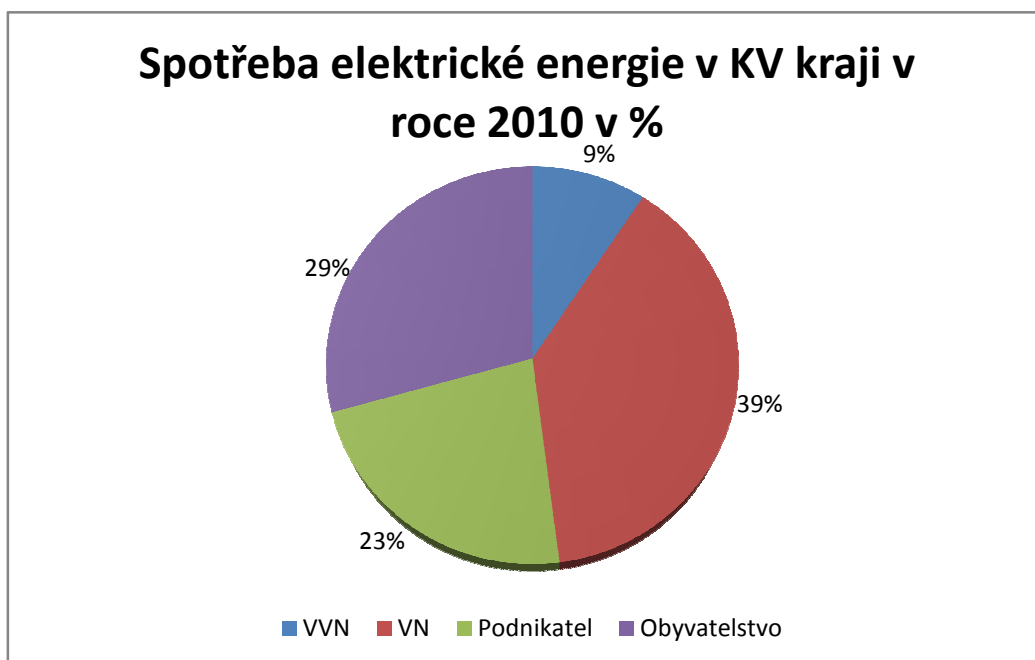
110 kV	220 kV	400 kV	Napětová hladina
—	—	—	Zařízení
—	—	—	Vedení a stanice v provozu
- - -	- - -	- - -	Vedení a stanice ve výstavbě
- . -	- . -	- . -	Vedení a stanice ve fázi přípravy
.....	Vedení a stanice mimo provoz
→→	→→	→→	Kabelová vedení

Obr. 1.1 Distribuční soustava KV kraje (převzato z [4])

Spotřeby elektrické energie v Karlovarském kraji za uplynulá léta jsou vyčísleny v tabulce 1.II. Na obr. 1.2 je pak koláčový graf procentuální spotřeby elektrické energie jednotlivými skupinami spotřebitelů. [1]

Tab. 1.II Vývoj spotřeby elektrické energie v MWh v KV kraji [1]

	2008	2009	2010
VVN	146 885,77	114 238,20	118 112,07
VN	509 683,70	455 743,51	494 693,63
Podnikatel	298 173,43	293 590,24	289 619,89
Obyvatelstvo	360 198,20	360 340,86	374 731,51
Celkem	1 314 941,10	1 223 912,81	1 277 157,10



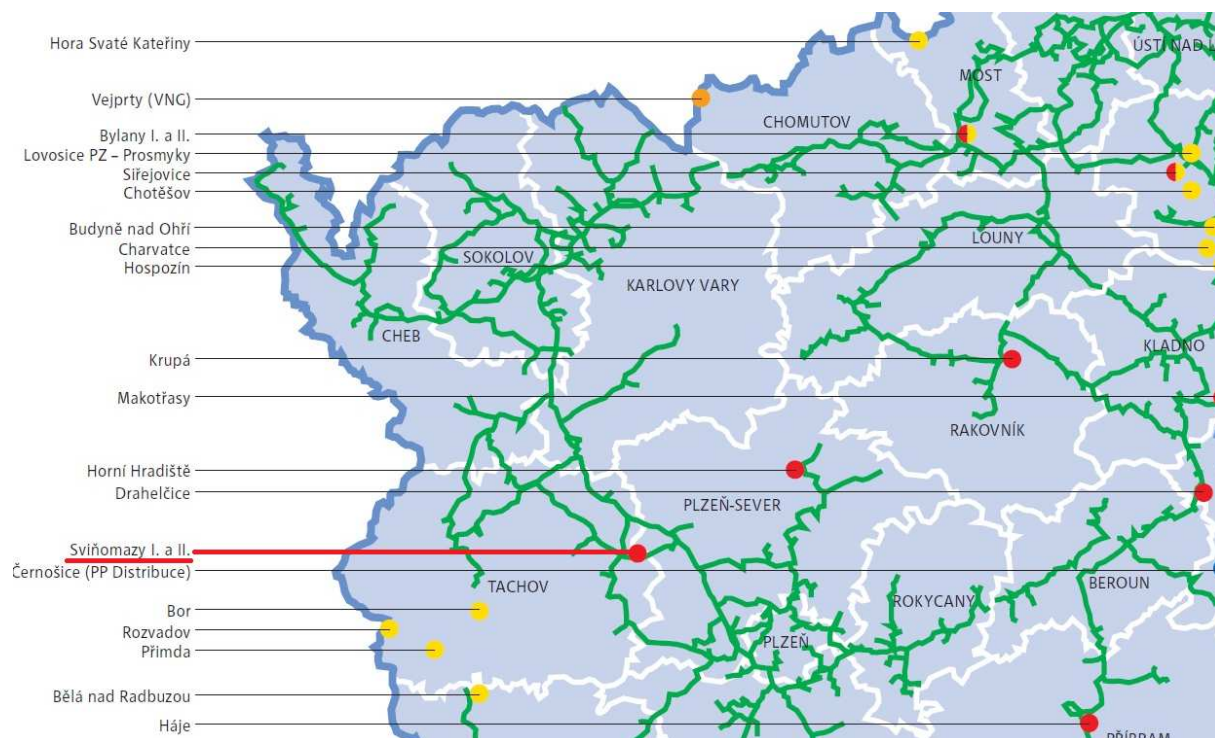
Obr. 1.2 Spotřeba el. energie v KV kraji v roce 2010 [1]

1.2.2 Zemní plyn

Dovoz a distribuci plynu po území České republiky zajišťuje koncern RWE, který vlastní společnosti RWE Transgas, a.s., Západočeská plynárenská, a.s., Severočeská plynárenská, a.s. a majoritní podíly v dalších plynárenských společnostech. [1]

V České republice je na 21 přepravních společností. Od 1.1. 2007 tyto společnosti skočily s přepravní činností zemního plynu a staly se tak pouze obchodníky s touto komoditou. Nové společnosti, které nyní provozují distribuční soustavy, mají v názvu slovo „Net“. Pro Karlovarský kraj je to společnost ZCP Net, čili Západočeská plynárenská Net. [1]

Plynovodná distribuční soustava Karlovarského kraje (Obr. 1.3) je zásobována z celkem 10 předávacích stanic z přepravní soustavy. Celkový smluvní výkon je přibližně 600 tis. m³/hod. Odběr plynu je uskutečněn z tranzitního plynovodu do vysokotlaké plynovodné sítě pomocí předávací stanice Sviňomazy. Ty se nacházejí mimo území kraje, přesněji nedaleko obce Stříbro v okrese Tachov v Plzeňském kraji. [1] [6]

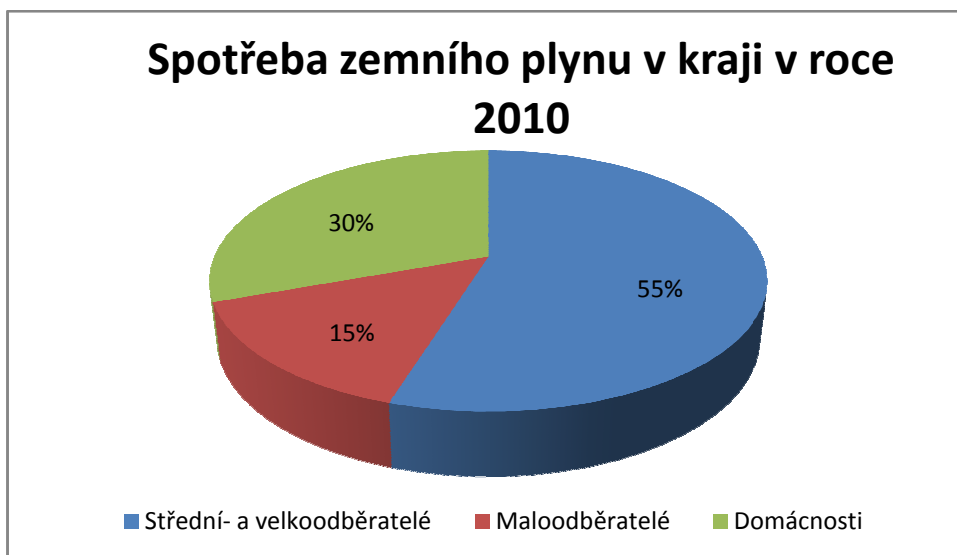


Obr. 1.3 Plynovodná distribuční soustava v KV kraji [6]

Celkem je v kraji plynofikováno na 79 obcí, což odpovídá asi 60% z celkového počtu 132 obcí kraje. V tabulce 1.III jsou vyčísleny počty odběrných míst a spotřeby plynu v Karlovarském kraji v jednotlivých kategoriích. Jak je vidět, spotřeba plynu v domácnostech v těchto letech narostla. Ostatní spotřeby jsou v letech 2008 a 2010 přibližně stejné. V roce 2009 byla celková spotřeba plynu výrazně nižší. [1]

Tab. 1.III Vývoj spotřeby a počty odběrných míst v KV kraji [1]

Kategorie zákazníků	Spotřeba v MWh za rok			Počet zákazníků k 31.12.		
	2008	2009	2010	2008	2009	2010
<i>Střední- a velkoodběratelé</i>	1 629 727	1 377 266	1 467 488	257	241	258
<i>Maloodběratelé</i>	409 348	376 731	392 570	6 424	6 196	6 213
<i>Domácnosti</i>	590 909	625 814	817 331	73 162	88 636	82 219
Celkem	2 629 984	2 379 810	2 677 389	79 843	95 073	88 690



Obr. 1.4 Spotřeba zemního plynu v KV kraji v roce 2010 [1]

1.2.3 Tepelná energie

Prvořadým palivem pro tepelné elektrárny a výtopny v KV kraji je hnědé uhlí, které je odebíráno zejména od společnosti Sokolovská uhelná a.s. Dalším zdrojem sloužícím k vytápění je zemní plyn a v menší míře i topné oleje či biomasa. Systémy zásobování teplem lze rozdělit do několika skupin podle toho, jakého typu je zdroj tepla, jeho velikosti, dále podle druhu přenosového média a podle jeho dopravní vzdálenosti. V tabulce 1.IV jsou vypsány zdroje tepla podle typu. [1] [3]

Zdroje tepla:

- Teplárenská výroba s dodávkou tepla do veřejné sítě včetně tzv. kogenerace (kombinovaná výroba tepelné a elektrické energie - KVET)
- Podniková výroba tepla s částečnou dodávkou do veřejných sítí
- Podniková výroba tepelné energie pro vlastní užití
- Blokové a domovní kotelny
- Lokální vytápění pevnými, kapalnými nebo plynými palivy [1]

Tab. 1.IV Celkový teplárenský výkon v kraji podle typu a umístění v MW_t [3]

Správní oblast	KVET	Kotelna	Teplárna	Výtopna	Celkem
Aš		26,56			26,56
Cheb		32,80		80,70	113,50
Karlovy Vary		17,21	44,83	4,20	66,23
Kraslice		19,44			19,44
Mariánské Lázně		7,73		69,71	77,44
Ostrov		9,70	79,80		89,50
Sokolov	1824,00	41,00	224,00	149,36	2238,36
Celkem	1824,00	154,44	348,63	303,97	2631,03

V kraji se nachází dva dominantní provozovatelé rozsáhlých teplotních soustav a těmi jsou elektrárna Tisová, která s celkovým instalovaným tepelným výkonem asi 324 MW_t, dodává ročně odběratelům přibližně 1500 TJ. Dalším takovým provozovatelem a výrobcem tepelné energie je elektrárna ve Vřesové patřící společnosti Sokolovská uhelná, a.s. Ta s celkovým tepelným výkonem 1540 MW_t dodává odběratelům přibližně 2000 TJ ročně. [1]

Mezi další systémy CZT, které mají vlastní zdroj tepelné energie s roční dodávkou tepla alespoň 100 TJ, pro bytové objekty lze zařadit soustavy ve městech Aš, Františkovy Lázně, Mariánské Lázně, Cheb, Ostrov, Žlutice a Kraslice. Zbylé větší obce v kraji jsou zásobovány tepelnou energií z elektráren Tisová a Vřesová, které disponují tzv. kogenerací. [1]

V následující části jsou stručně popsány vybrané zdroje tepla a soustavy CZT:

1. CZT Elektrárna Tisová je nejvýznamnější zdroj tepelné energie na Sokolovsku. Parní soustavou distribuuje teplo do několika blízkých obcí (Sokolov, Bukovany, Březová, Citice, Dolní Rychnov, Habartov, Královské Poříčí a Svatava). Roční prodej tepla se přibližuje k hodnotě 1500 TJ. [1]
2. CZT Elektrárna Vřesová je dalším významným zdrojem tepla pro své okolí. Přestože elektrárna leží na území spadajícím pod Sokolovský okres, zásobuje z velké části okres Karlovarský. Zásobovanými obcemi jsou Karlovy Vary, Chodov, Staré a Nové Sedlo u Lokte, Vintřív, Nejdek, Nová Role a Dalovice, kterým dodává ročně na 2000 TJ tepla. [1]

1.2.4 Obnovitelné zdroje energie

Lze obecně předpokládat, že trend poptávky po energiích bude mít stále stoupající tendenci, zejména v oblasti služeb a dopravy. Proto se snažíme o kompenzaci rostoucí spotřeby tím, že se sníží spotřeba energií jednotlivých obytných a rodinných domů. Velké snížení spotřebované energie lze dosáhnout kontrolou stavu rozvodů, úniků tepla, kontrolou výměňkových stanic, kotelen a výtopen, popř. jejich rekonstrukcí nebo využitím OZE. [1]

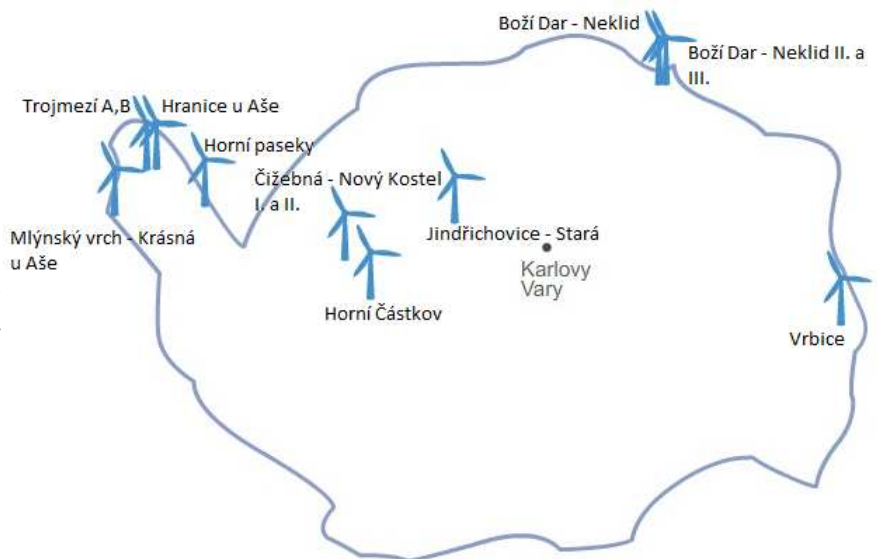
Za obnovitelné zdroje energie se považuje sluneční energie, biomasa a bioplyn, větrná energie, malá voda, což je vodní elektrárna s instalovaným výkonem do 10 MW a také sem lze započítat geotermální energii. [1]

1.2.4.1 Sluneční energie

Sluneční energie je dalším z obnovitelných zdrojů, které se využívají v Karlovarském kraji. Celkový instalovaný výkon fotovoltaických elektráren je 7,157 MW, jak již bylo zmíněno v kapitole 1.2.1. Množství sluneční energie na m^2 je právě v Karlovarském kraji jedním z nejmenších, a to v řádech $3501 - 3600 MJ/m^2$ za rok, a doba trvání slunečního svitu je někde mezi 1400 a 1500 hodinami za rok, což je také pod průměrem celé republiky. Tento druh získávání elektrické energie tedy není pro tyto končiny zcela ideální. Vhodnější se zdá být využití větrné energie. [1] [7]

1.2.4.2 Větrná energie

Potenciál větrné energie v Karlovarském kraji není zrovna zanedbatelný. V současné době je na území kraje několik větrných parků (Obr. 1.5), které dosahují výkonu 50 MW. Podrobněji jsou rozepsány v tabulce 1.V. [5]



Obr. 1.5 Větrné elektrárny v Karlovarském kraji [5]

Tab. 1.V Výkony větrných elektráren v Karlovarském kraji [5]

Název	Typy	Celkový výkon parku
Mlýnský vrch – Krásná u Aše	4 x 2 MW	8 MW
Trojmezí A, B	2 x 0,6 MW + 1 x 1,5 MW	2,7 MW
Hranice u Aše	2 x 2 MW	4 MW
Horní Paseky	5 x 2 MW	10 MW
Čížebná – Nový Kostel I. a II.	1 x 315 kW + 3 x 500 kW	1815 kW
Horní Částkov	4 x 2 MW	8 MW
Jindřichovice – Stará	4 x 2,3 MW	9,2 MW
Boží Dar – Neklid	1 x 315 kW	315 kW
Boží Dar – Neklid II. a III.	2 x 0,33 MW + 1 x 0,8 MW	1,46 MW
Vrbice	2 x 2,3 MW	4,6 MW
CELKOVÝ VÝKON V KRAJI		50,09 MW

Pro další výstavbu jsou největším potenciálem hřebeny krušných hor, avšak z velké části je to limitováno ochranou přírody. Další oblasti připadající v úvahu, jako Slavkovský les, či Doupovské hory lze vyloučit, protože se jedná o chráněnou krajinnou oblast. Největší množství vhodných lokalit se nachází v jihovýchodní části kraje. Celkem je zde předpoklad instalace cca 56 větrných elektráren s celkovým výkonem 121 MW. [8]

1.2.4.3 Malé vodní elektrárny

Malá vodní elektrárna, je elektrárna s celkovým instalovaným výkonem do 10 MW. V Karlovarském kraji se nenachází vodní elektrárna dosahující hraniční hodnoty, ba naopak. Tento kraj disponuje pouze vodními toky s nízkým spádem, tudíž tamní elektrárny disponují výkonem do 1 MW. Největším tokem protékajícím Karlovarským krajem je Ohře s průměrným průtokem 30 m³/s. V tabulce 1.VI jsou pak vypsáni nejvýznamnější zástupci tohoto způsobu výroby energie společně s vodními toky nebo nádržemi, na kterých elektrárny leží. [9]

Tab. 1.VI Největší malé vodní elektrárny v Karlovarském kraji [9] [10]

Elektrárna	Výkon	Tok
Skalka	700 kW	Ohře
Jesenice	300 kW	Odrava
Horka	425 kW	Libocký potok
Březová	290 kW	Teplá
Žlutice	210 kW	Střela

1.2.4.4 Geotermální energie

Chebská pánev se nachází na křížení dvou významných tektonických struktur. S aktivitou těchto struktur souvisí i možnost využití geotermální energie. Nachází se zde sopky Železná a Komorní hůrka, dále potom rezervace SOOS. Vše v blízkém okolí Františkových Lázní. Dalo by se tedy říct, že je to vhodné místo pro využití této energie, avšak léčebné prameny Františkových Lázní jsou nízko položené a zároveň chráněné, proto bohužel nelze tuto energii využít. [1] [3]

1.2.4.5 Biomasa

V tabulce 1.VII je vyobrazeno využití biomasy a bioplynu v Karlovarském kraji.

Tab. 1.VII Využití biomasy a bioplynu v Karlovarském kraji [1]

Provozovatel	Provozovna	BM[t/r]	BP[m ³ /r]	P _{el} [kW]	P _t [kW]
Bioplynové stanice					
AGRO Otročín, a.s.	Otročín	9 500	1 168 000	320	354
Regent Plus Žlutice, s.r.o.	Žlutice	16 500	2 468 000	687	860
*Regent Plus Žlutice, s.r.o.	Žlutice II.	16 600	2 471 050	750	696
*AG Služby s.r.o., Praha	Kolová	11 500	1 640 000	668	537
*NADE s.r.o. Krásno	Horní Slavkov	10 450	1 760 000	537	648
*Sokolovská uhelná, právní nástupce, a.s.	Vintířov	17 800	3 516 263	1 063	1 088
Skládky s využitím skládkového plynu					
ZITAS -TKO s.r.o.	Skládka ČINOV		670 000	270	408
Sater Chodov s.r.o.	Skládka Sater Chodov		700 000	200	0
A.S.A. s.r.o.	Skládka RECENT Tisová		994 260	300	370
Čističky odpadních vod s bioplynovým využitím					
CHEVAK Cheb, a.s.	ČOV Aš		200 000	*	*
CHEVAK Cheb, a.s.	ČOV Cheb		500 000	*	*
VaK Karlovy Vary, a.s.	ČOV Karlovy Vary		480 000	*	*
CHEVAK Cheb, a.s.	ČOV Chotěnov		350 000	*	*
Vodohospodářská společnost Sokolov s.r.o.	ČOV Sokolov		140 000	*	*

* zatím nepostaveno, vydáno stavební povolení [1]

2 BIOMASA

Biomasa je jedním z obnovitelných zdrojů energie (OZE). Ve své podstatě je to organická hmota, pocházející z rostlinného či živočišného původu (dřevo, sláma atd.). Pojmem Biomasa se nejčastěji označuje biomasa rostlinného původu, která z největší části zastává využití v energetickém průmyslu. Mezi OZE se řadí zejména proto, že má svůj původ ve slunečním záření a fotosyntéze. [11]

Biomasa je asi nejstarším zdrojem energie, její potenciál byl využit již v době, kdy člověk objevil oheň. Ostatní OZE, jako je vítr nebo voda, jsou v porovnání s biomasou velmi mladé. Biomasa byla hlavním zdrojem energie ještě v 19. století, ve 20. Století pak začala převažovat fosilní paliva. [12]

2.1 Rozdělení biomasy

Biomasu lze dělit několika způsoby. Nejčastěji používaným rozdělením je rozdělení na tzv. suchou a mokrou biomasu. Suchá biomasa je např. dřevo či lesní odpad, mokrá potom např. exkrementy hospodářských zvířat. [13]

Biomasa má více druhů:

- Dendromasa (dřevní biomasa)
- Fytomasa (bylinný původ a zemědělské plodiny)
- Biomasa živočišného původu
- Biologicky rozložitelné odpady [14]

V praxi se ale většinou setkáváme s členěním vyplívajícím z původu hmoty. Takto se biomasa dělí na biomasu lesní, zemědělskou a ostatní (zbytkovou). [14]

2.1.1 Dřevní biomasa

Lesní biomasa, neboli dendromasa, je tvořena zejména palivovým dřívím, dále pak zbytky z dřevozpracujícího průmyslu, nebo lesními těžařskými zbytky. Při energetickém využívání je zde nutno brát v úvahu, stejně jako je tomu i v ostatních kategoriích, lokální dostupnost a manipulační a dopravní náklady. Využití lesní biomasy začíná v dobu, kdy je dřevo odvezeno z lesa. V praxi to znamená, že je jedná především o odpad na pilách. Odpad, který vznikne v lese během samotné těžby, by tam měl být ponechán jako zdroj dalších živin pro ostatní dřeviny. Navíc tlející dřevo napomáhá neutralizovat kyselost lesní půdy. To vše je ještě markantnější u jehličnatých lesů. Dalším hlediskem je, že odpad (větve) pomáhají udržovat potřebnou vlhkost půdy. [14]

2.1.2 Zemědělská biomasa

Mezi zemědělskou biomasu, jinak řečeno fytomasu, lze zařadit cíleně pěstovanou biomasu, obilniny a olejniny, dále trvalé travní porosty, rychle rostoucí dřeviny, které rostou na zemědělské půdě, nebo rostlinné zbytky ze zemědělské prvovýroby a údržby krajiny. Využívání zemědělské biomasy má výhody, protože je šetrné k životnímu prostředí, udržuje krajinu a pomáhá k zefektivnění nakládání se zemědělskými odpady. Energie této biomasy pomáhá ke snížení emisí skleníkových plynů, protože biomasa se chová z pohledu emisí CO₂ neutrálně. Zemědělská biomasa je v České republice asi nejrozšířenější. [14]

2.2 Záměrně pěstovaná x odpadní biomasa

Dalším možným dělením biomasy je dělení na záměrně pěstovanou a odpadní biomasu.

2.2.1 Záměrně pěstovaná biomasa

Do této kategorie spadají rostliny záměrně pěstované pro jejich energetický potenciál.

- dřeviny (vrby, topoly, olše, akáty),
- obiloviny (celé rostliny),
- travní porosty (sloní tráva, chrastice, trvalé travní porosty),
- ostatní rostliny (konopí seté, širok, křídlatka, šťovík krmný, sléz topolovka),
- řepka olejka, slunečnice, len, dýně (semeno),
- brambory, cukrová řepa, obilí (zrno), topinambur, cukrová třtina, kukuřice. [15]

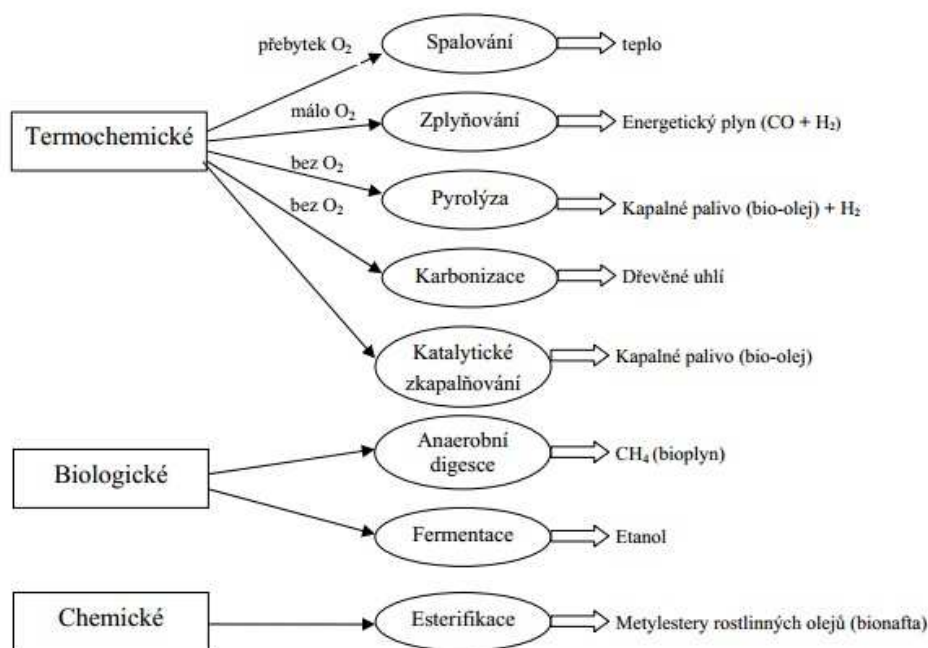
2.2.2 Zbytková (odpadní) biomasa

Je to biomasa vznikající sekundárně, při zpracování primárních zdrojů živočišné nebo rostlinné biomasy. Jedná se zejména o:

- rostlinné odpady ze zemědělské výroby a údržby krajiny – řepková, kukuřičná a obilná sláma, seno, zbytky po likvidaci křovin a náletových dřevin, odpady ze sadů a vinic, odpady z údržby zeleně a travnatých ploch,
- lesní odpady – viz kapitola 2.1.1. (pařezy, kořeny, kůra, vršky stromů, větve atd.,
- organické odpady z průmyslových výrob – spalitelné odpady z dřevařských provozů (odřezky, piliny, hobliny, kůra), odpady z provozů na zpracování rostlinné produkce (cukrovary), odpady z jatek, mlékáren, lihovarů atd.,
- odpady ze živočišné výroby - hnůj, zbytky krmiv,
- komunální organické odpady - kaly, exkrementy, organický tuhý odpad. [15]

2.3 Technologie zpracování biomasy

Na obrázku 2.1 jsou vyobrazeny základní procesy a technologie přeměny biomasy. V tabulce 2.I jsou pak vyčteny zdroje biomasy a jejich vhodnost pro jednotlivou technologii zpracování.



Obr. 2.1 Základní procesy a technologie přeměny biomasy (převzato z [16])

Tab. 2.1 Použitelnost jednotlivých zdrojů biomasy pro jednotlivé procesy [16] [17]

Druh biomasy	Přímé spalování	Chemické procesy – suché			Chemické procesy – mokré	
		Esterifikace	Zplyňování	Pyrolýza	Alkoholové kvašení (Fermentace)	Metanové kvašení
Energetické plodiny (dřevo, sláma, obiloviny)	Vhodné	Nevhodné	Technicko-ekon. podmínky	Technicko-ekon. podmínky	Neužívá se	Technicko-ekon. podmínky
Olejnate plodiny (řepka, slunečnice, len)	Technicko-ekon. podmínky	Vhodné	Nevhodné	Nevhodné	Nevhodné	Technicko-ekon. podmínky
Plodiny škrobnaté nebo cukernaté (brambory, cukrová řepa, obiloviny)	Neužívá se	Nevhodné	Neužívá se	Neužívá se	Vhodné	Neužívá se
Odpady z živočišné výroby	Neužívá se	Nevhodné	Neužívá se	Neužívá se	Nevhodné	Vhodné
Organický podíl komunálních odpadů	Vhodné	Nevhodné	Technicko-ekon. podmínky	Technicko-ekon. podmínky	Nevhodné	Vhodné
Organický odpad z potravinářské nebo jiné prům. výroby	Neužívá se	Nevhodné	Nevhodné	Nevhodné	Technicko-ekon. Podmínky	Vhodné
Odpady z dřevařských provozoven	Vhodné	Nevhodné	Technicko-ekon. podmínky	Technicko-ekon. podmínky	Nevhodné	Nevhodné
Odpady z lesního hospodářství	Vhodné	Nevhodné	Technicko-ekon. podmínky	Technicko-ekon. podmínky	Nevhodné	Technicko-ekon. Podmínky
Rostlinné zbytky ze zemědělské výroby	Vhodné	Nevhodné	Neužívá se	Neužívá se	Nevhodné	Technicko-ekon. Podmínky
Získané produkty	Teplo	Oleje	Plyn	Plyn, Biouhlí, Olej	Etanol, Metanol	Metan (bioplyn)

2.3.1 Přeměny termické a termochemické

2.3.1.1 Přímé spalování

I dnes je stále nejčastějším využitím biomasy její spalování, což je termická přeměna biomasy, za dostatečného přísunu vzduchu, zejména kyslíku. Biomasa může být spalována přímo, nebo lze spalovat kapalné či plynné produkty biomasy z jednotlivých technologických procesů. [16]

Technologie spalování biomasy je v dnešní době na vysoké úrovni, i proto je to pro investory málo rizikové odvětví. Produktem spalování je tepelná energie, kterou lze dále využít pro vytápění, výrobu elektřiny, či jiné technologické procesy. Není zde nutná ani žádná speciální úprava paliva (biomasy) před jeho spalováním, avšak množství vody v materiálu ovlivňuje výhřevnost a má negativní vliv na kvalitu spalování. Kvalitu biomasy totiž určuje výhřevnost, proto je potřeba věnovat zvýšenou pozornost optimálním podmínkám pro spalování. Výhřevnost jednotlivých tuhých paliv naleznete v tabulce 2.II. [16] [18]

Tab. 2.II Výhřevnosti nejčastěji používaných tuhých biopaliv [16]

Druh paliva	Obsah vody [%]	Výhřevnost [MJ/kg]
Polena (měkké dřevo)	0	18,6
	10	16,4
	20	14,3
	30	12,2
	40	10,1
	50	8,1
Dřevní štěpka (smrk)	10	16,4
	20	14,3
	30	12,2
	40	10,1
Dřevěné brikety	6 – 12	15,5 – 18,5
Dřevěné pelety	6 – 12	16,5 – 18,0
Sláma obilovin	10	15,5
Sláma kukuřice	10	14,4
Sláma řepky	10	16,0
Tříděný komunální odpad	28 – 38	cca 10,0
Bioplyn	-	cca 25,0

2.3.1.2 Karbonizace

Karbonizace je proces, při němž dochází k suché destilaci tuhé biomasy. To znamená, že je to termická přeměna biomasy, bez přístupu vzduchu. Produktem tohoto procesu je dřevěné uhlí. Je to jedna z nejdéle používaných termických přeměn biomasy. Během samotné karbonizace se eliminují těkavé složky dřeva, obsah kyslíku a vodíku ve dřevě se sníží a

naopak se zvýší obsah uhlíku, ten je závislý na karbonizační teplotě, avšak minimální obsah uhlíku by měl být 80%. Výhřevnost produktu by se měla pohybovat kolem 27 MJ/kg. [16]

2.3.1.3 Pyrolýza

Pyrolýza, stejně jako karbonizace probíhá za nedostatku kyslíku. Ve své podstatě je o úroveň výše oproti karbonizaci. Je to vlastně termický rozklad organických materiálů za nepřístupu kyslíku. Materiál se ohřívá až nad mez termické stability, tím se štěpí až na stále nízkomolekulární produkty a tuhý zbytek. [16]

Pyrolýzní procesy lze dělit dle dosahovaných teplot na:

- Nízkoteplotní (<500°C)
- Středněteplotní (500 – 800 °C)
- Vysokoteplotní (> 800 °C) [16]

Jedním z velmi perspektivních procesů je tzv. rychlá pyrolýza, která mění dřevo či jiné odpadní materiály na produkty spadající do vyšší energetické úrovně. Mohou jimi být plyny, kapaliny i pevné látky. Faktorem určujícím typ produktu jsou teplota a čas, který stráví materiál v reaktoru. Při nízké teplotě a delším ohřevu vzniká uhlí, podobně jako v karbonizaci. Naopak při vyšších teplotách a kratším pobytu materiálu v reaktoru vzniká bio-olej nebo plyn. [16]

2.3.1.4 Zplyňování

Dalším typem termochemické přeměny je proces zplyňování. K tomu dochází při vyšších teplotách (800 – 900 °C) a za omezeného přístupu kyslíku. Při kontrole těchto dvou řídicích faktorů a doby, po kterou jsou částice v reaktoru, lze prakticky veškerý organický materiál přeměnit na plyn. Výhřevnost plynu je cca 4 – 6 MJ/m³. [16]

2.3.1.5 Katalytické zkapalňování

Jinak také nazýváno jako hydrolýza. Je to nízkoteplotní (300 - 350 °C), vysokotlaký (12 - 20 MPa) konverzní proces, který probíhá ve vodním prostředí. Podmínkou je katalyzátor (NaOH) nebo vysoký parciální tlak vodíku. Hlavním produktem tohoto procesu je bio-olej, který se vyznačuje malým množstvím kyslíku. Tato technologie má jistě velký potenciál do budoucna. [16]

2.3.2 Biochemické přeměny biomasy

Tato přeměna je přeměna biomasy na bioplyn (metan). Vyžaduje se mokrý materiál, který podpoří procesy hnití, kvašení a rozkladu. Nejčastěji se používají exkrementy hospodářských zvířat, kaly z ČOV, organický odpad, zelená biomasa atd. Tento způsob přeměny se uskutečňuje ve speciálních nádržích nebo halách bez přístupu vzduchu. Bioplyn se shromažďuje v nejvyšším bodě prostoru, kde se následně odčerpává. Odčerpaný plyn se pak ukládá do tlakových nádob. Z 50 – 80 % je tvořen metanem a s tím souvisí výhřevnost. [16] [18]

Narozdíl od spalitelné biomasy jsou výroba a využití bioplynu náročnější, tudíž jsou zapotřebí větší investiční náklady a s tím je spojena i vyšší cena této energie. [16]

Tab. 2.III Vlastnosti různých druhů bioplynu [16]

Parametr	Bioplyn ze skládky odpadů	Bioplyn z ČOV	Bioplyn z prasečí kejdy
Výhřevnost (MJ/m ³)	16,9	21,1	24,0
CO ₂ (%)	46	38	31
CH ₄ (%)	49	61	69

2.3.2.1 Mokrý způsob fermentace

Organické odpady, vhodné pro tuto technologii, jsou dopraveny do míchací a homogenizační nádrže. Tam se přidáním vody vytvoří čerpatelný substrát. Ten následně putuje do fermentační nádrže, kde probíhá samotný proces. Tato technologie je vhodná pro materiál s větším podílem vody. [16]

2.3.2.2 Suchý způsob fermentace

Materiál se plní do nádob, které jsou následně přiklopeny zvonem. Uvnitř se působením biologických procesů začne zvyšovat teplota a tvořit bioplyn. Ten je odsáván potrubím do plynojemů. Zbývající materiál lze použít, jako hnojivo. [16]

2.3.2.3 Využití kalového plynu v čistírnách odpadních vod

Při čištění vody v čistírnách vod dochází k anaerobní digesci. Produkováný bioplyn se odčerpává a bývá použit k vytápění reakčních nádrží nebo pro další zpravidla energetické účely. ČOV jsou oblastí, kde se často využívá kogeneračních jednotek, které jsou v tomto technologickém procesu velice výhodné a to hlavně se spalovacími motory. [16]

2.3.2.4 Využití skládkového plynu

Na skládkách komunálního odpadu je vždy určité procento biologického odpadu, díky kterému zde vnikají anaerobní procesy, které se podobají procesům v bioplynových stanicích. Jde o to, že v prostředí s malým množstvím kyslíku, se samovolně množí bakterie produkující bioplyn. Ten může obsahovat 50 – 70 % metanu. Výhřevnost tohoto plynu se pohybuje od 18 do 24 MJ/m³. Plyn se jímá pomocí tzv. odběrných sond.[16]

2.3.3 Výroba kapalných biopaliv

Správným zpracováním tzv. energetických rostlin je možné vyrobit tekutá biopaliva. Ta se dají používat mnoha způsoby jako např. palivo pro spalovací motory dopravních prostředků (etanol a bionafta), dále jako palivo kogeneračních jednotek atd. [16]

2.3.3.1 Neupravené rostlinné oleje

V ČR se o neupraveném rostlinném oleji, jako o druhu paliva moc nemluví. Tento způsob totiž vyžaduje speciální úpravy motoru. Na atraktivitě získal až po nárůstu ceny ropy. V Rakousku a Německu je rostlinný olej běžným palivem, kde si ho zemědělci sami vyrábějí a jsou tak nezávislí na dodavatelích klasické motorové nafty. [16]

2.3.3.2 Bionafta

Jde o metylester rostlinných olejů. Vzniká chemickou cestou. Glycerin v molekule mastné kyseliny v rostlinném oleji je nahrazen metanolem. Vznikne tím palivo s podobnými vlastnostmi a výhřevností jako má motorová nafta. Bionaftu lze vyrábět z lněného nebo slunečnicového oleje. Hlavní surovinou pro výrobu bionafty na území ČR je však řepka olejná. Mezi výhody tohoto paliva patří rychlá biologická odbouratelnost a samomazací schopnost. [16]

2.3.3.3 Bioetanol

Výroba bioetanolu spočívá v alkoholovém kvašení a následné destilaci. Pro tento proces musí biomasa obsahovat potřebný obsah cukru a škrobů (cukrová řepa, brambory, obilí atd.) Cukry (sacharidy) jsou základní stavební látkou k výrobě etanolu. Obsah cukru určuje druh rostliny, klimatické podmínky a s tím spojená doba slunečního svitu atd. Etanol lze použít v upravených spalovacích motorech. [16]

2.4 Zařízení na spalování biomasy

Nejjednodušším zpracováním biomasy je přímé spalování, jak již bylo řečeno v kapitolách výše. Výkony spalovacích zařízení se pohybují od řádů několika kW až do desítek MW. Tato zařízení jsou nejméně problémové tepelné zdroje na spalitelnou biomasu. Je možné je dělit podle výkonu a technického řešení. [16]

2.4.1 Lokální topeniště

Obvykle mají výkon jen několik kW. Spadají sem klasická kamna, ať už plechová či litinová. Ty jsou již technicky překonány vzhledem k jejich nedokonalému spalování a nutnosti časté obsluhy. Dalším zástupcem jsou klasické krby, které jsou spíše než zdrojem vytápění biomasou, estetickým doplňkem domova. Krbová kamna, popř. krbové vložky jsou účinnějším řešením lokálního vytápění. Až 30 % z tepelného výkonu představuje sálavá složka. Některá kamna obsahují topnou vložku. Posledním zástupcem jsou cihlové pece a kachlová kamna. Na rozdíl od klasických kamen nebo krbů mají poměrně vysokou účinnost a disponují dobrou akumulací tepla. [16]

2.4.2 Malé kotle

Kotle této kategorie se nejčastěji využívají pro vytápění rodinných domů nebo menších objektů a to hlavně kvůli svému výkonu, který se pohybuje mezi 20 a 100 kW. [16]

Prvním zástupcem malých kotlů jsou zplyňovací kotle na kusové dřevo. Ty fungují tak, že dřevo se nejprve zplyní a získaný plyn se následně spaluje. Tyto kotle jsou dobře regulovatelné. Je zde možno spalovat i dřevo nebo dřevěné brikety v kombinaci s dřevním odpadem nebo štěpkou. To je pak ovšem potřeba častější obsluha kotle. [16]

Dalším zástupcem jsou automatické kotle na dřevní pelety. Pelety mohou být jak dřevěné, tak i z jiného rostlinného materiálu. Kotle obsahují podavač a mají upravený hořák. Díky použití pelet, skladování a podavači lze kotel provozovat bez obsluhy. [16]

2.4.3 Střední kotle

Střední kotle se používají, vzhledem ke svému výkonu kolem 100 kW, pro větší ústřední vytápění, v malých sítích CZT nebo v malých průmyslových aplikacích. Jsou to nejčastěji roštové kotle, které jsou vybaveny pásovým, posuvným nebo řetězovým roštem. Nejčastějším palivem je dřevní štěpka a sláma, někdy i dřevěné brikety nebo pelety. Tyto kotle na biomasu obsahují speciální variabilní topeniště, na rozdíl od kotlů na fosilní paliva. Standardně

disponují automatickým přikládáním paliva a je možno v nich spalovat i méně kvalitní biomasu s vyšším obsahem vlhkosti. Palivo zpravidla dopravují šnekové dopravníky nebo jiná podávací zařízení. Zdroje s tímto výkonem jsou používány z největší části jako výtopny. Technologie KVET se při tomto výkonu moc nevyužívá. [16]

2.4.4 Velké zdroje

Tyto zdroje tepla již disponují výkonem v řádech MW. To je dostatečný výkon pro systémy CZT, průmyslové aplikace nebo pro kombinovanou výrobu tepla a elektrické energie s upřednostněním tepelné energie. Z největšího procenta se zde používá dřevní štěpka, dřevní odpad nebo sláma. Použít se ale dá jakékoliv biopalivo. Velké kotle a spalování v nich je řešeno dvěma koncepcemi:

- spalování na roštu
- spalování na fluidní vrstvě [16]

2.4.4.1 Spalování na roštu

Roštová spalovací zařízení slouží pro spalování pevných paliv filtračním způsobem. Tento způsob spalování je zatím nejrozšířenější. Palivo je na roštu v předepsané tloušťce tak, aby byla dodržena potřebná prodyšnost a zároveň, aby nedocházelo k propadu paliva skrz rošt nebo úletu zrn paliva. Rošt by měl zajistit správné proudění vzduchu k zajištění ideálního spalování. Rošty mohou být buď pevné, nebo mechanické. [16] [19]

2.4.4.2 Spalování na fluidní vrstvě

Fluidní spalování spočívá v tom, že na pórovité přepážce je umístěno palivo, sypkého charakteru. Skrz přepážku proudí fluidizační médium (vzduch, plyn a spaliny). Postupným zvyšováním rychlostí proudění fluidizačního média se dosáhne prahu fluidizace, a palivo se začne vznášet. Tato směs paliva a plynu má charakter podobný kapalinám. S další přibývajícím rychlostí média se zvyšuje pórovitost a provzdušnění materiálu. Oblast ve vznosu odpovídá práškovým kotlům, nehybné části pak kotlům roštovým. Tento druh spalování představuje nejvyšší efektivnost spalování tuhých paliv s nejnižší produkcí emisí. Tato technologie se také často využívá u spoluspalování biomasy s fosilními palivy v konvenčních elektrárnách a teplárnách. [16] [20]

2.5 Zařízení pro KVET z biomasy

2.5.1 Teplárny a elektrárny s parními turbínami

Nečastěji se zde využívá klasického parního cyklu, přičemž přehřátí páry je mírné, nejméně tedy o 50 – 80 °C, a tlak média se pohybuje mezi 1,3 – 2 MPa. [16]

Jako zdroj páry se většinou používají kotle na tuhou biomasu, popř. kotle, ve kterých se kombinovaně spaluje biomasa s fosilními palivy. Dalším zdrojem páry mohou být plynové kotle, kde se spalují plyny ze zplyňování biomasy. Tato technologie pak bývá součástí teplárny. [16]

Biomasu lze využít třemi způsoby:

- Spalování biomasy v parních kotlích s připojenou parní turbínou v teplárenském režimu
- Spoluspalování biomasy a fosilních paliv ve zdrojích tepla s parními turbínami
- Spalováním ve speciálních kotlích, které jsou připojeny na parní okruh klasické teplárny nebo elektrárny (paralelní spalování) [16]

V případě, že se výkony CZT nedostanou nad 10 MW, lze použít jednostupňové protitlaké parní turbíny, které jsou spojeny s generátorem. Lepší je však využít vysokootáčkové axiální nebo radiální turbíny v kombinaci s vf generátorem. [16]

2.5.2 KVET s parním strojem

V případě, že využíváme klasického parního cyklu, můžeme využít místo parní turbíny parní stroj. Ten má v některých směrech lepší vlastnosti než turbína, zejména při malých výkonech (70 – 300 kW). Používá se tam, kde by se turbína nevyplatila nebo by bylo technicky složité ji dodatečně nainstalovat. Disponují výkony 10 kW – 1 MW. [16]

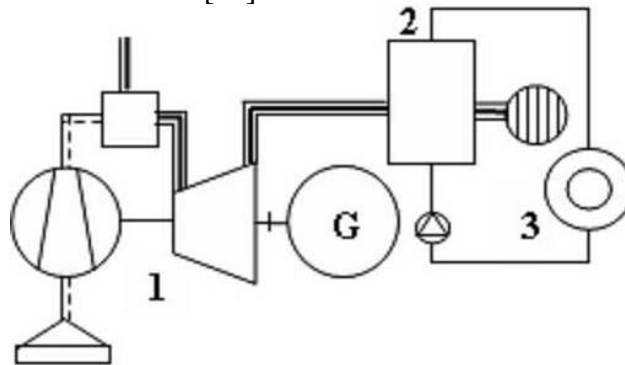
2.5.3 KVET s plynovými motory

Plynové motory jsou v současné době nejpoužívanější zařízení na využití plyných spalitelných produktů z biomasy. Výkony plynových motorů se pohybují od několika kW až do hodnot přesahujících 1 MW. Plynové motory jsou však háklivé na čistotu paliva (plynu). Výhodou je, že po úpravách těchto motorů v nich lze spalovat i kapalná paliva. Princip je na obrázku 2.2. [16]

2.5.4 KVET se spalovacími turbínami

Hořlavé produkty zplyňování biomasy lze použít v kombinovaném (paroplynovém) cyklu. Tento cyklus využívá principu spalovacích turbín. Kompressor nasává vzduch a vhání ho pod tlakem do spalovacího prostoru, kde se spaluje společně s palivem. Vyprodukované spaliny mají vysokou teplotu a tlak a odchodem roztáčejí turbínu. [16] [21] [22]

V současné době je těchto turbín využíváno u kogeneračních jednotek s výkony od 5 do 100 MW. Snadno se instalují a přivádí do provozu oproti vysokotlakým kotlům s parními turbínami. Navíc je zapotřebí menších investičních nákladů. Princip jednoduché KVET se spalovací turbínou je na obrázku 2.2. [22]

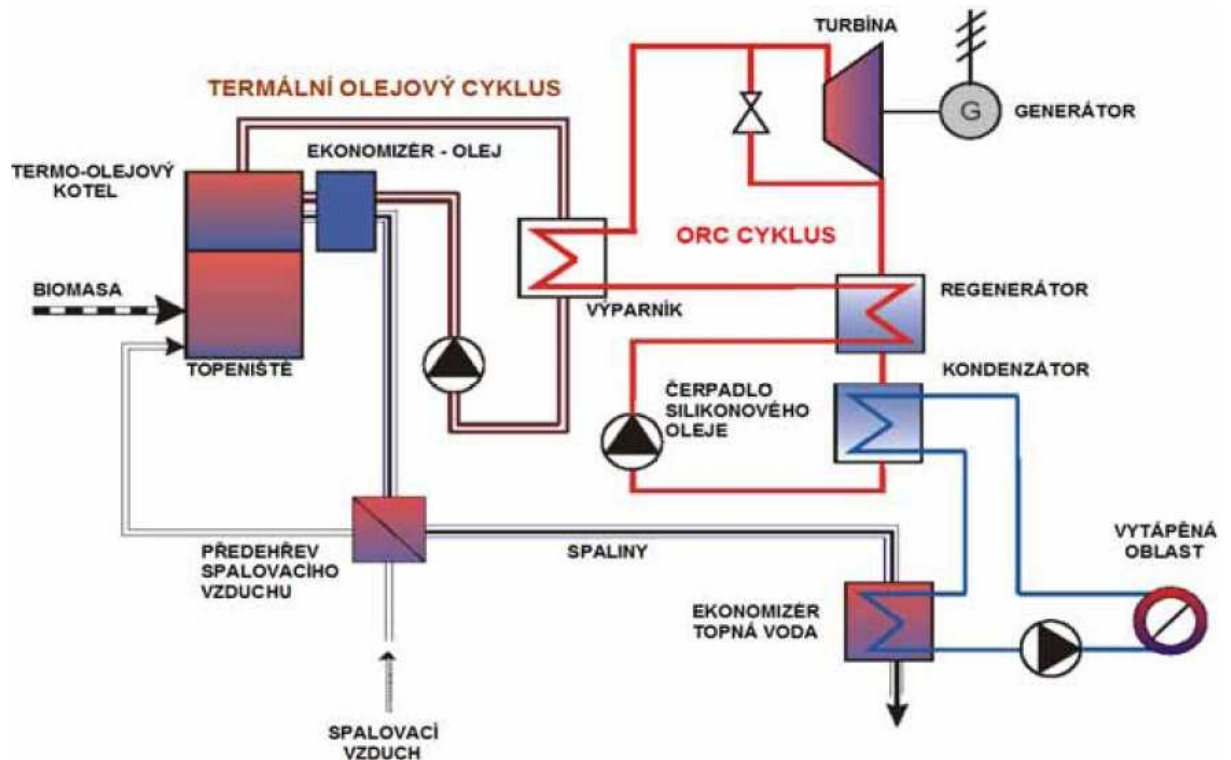


Obr. 2.2 KVET se spalovací turbínou (převzato z [22])

(1 – spalovací turbína, 2 – kotol na odpadní teplo, 3 – odběr tepla)

2.5.5 KVET s organickým Rankinovým cyklem

Organický Rankinův cyklus (ORC) je variantou na klasický kondenzační cyklus, používaný v elektrárnách. Jako pracovní médium v primárním okruhu je však místo vodní páry použita směs organických sloučenin. Tou může být např. silikonový olej. Výhodou je, že dokáže být v kapalně formě i při nižším tlaku než voda. Olej pak předává ve výparníku teplo látce sekundárního okruhu ORC. Tam se organická látka odpařuje a následný plyn je přiveden do axiální turbíny, která je spojena s generátorem, a v té expanduje. Po průchodu turbínou je pára vedena do kondenzátoru. Chladící voda z kondenzátoru je pak využívána pro dodávku tepla k dalším účelům. Schéma ORC cyklu je na obrázku 2.3. [16]



Obr. 2.3 Schéma KVET s ORC (převzato z [16])

Výkony KVET s ORC se pohybují od 100 kW až po jednotky MW, přičemž celková účinnost se přibližuje hodnotě až 85 %. Elektrická účinnost je 15 až 18 %. KVET s ORC je technologicky složitější a s tím souvisí i vysoké investiční náklady, nicméně výhodou jsou nižší nároky na materiál a provozní náklady. [16]

3 DALŠÍ MOŽNOSTI ENERGETICKÉHO ZABEZPEČENÍ

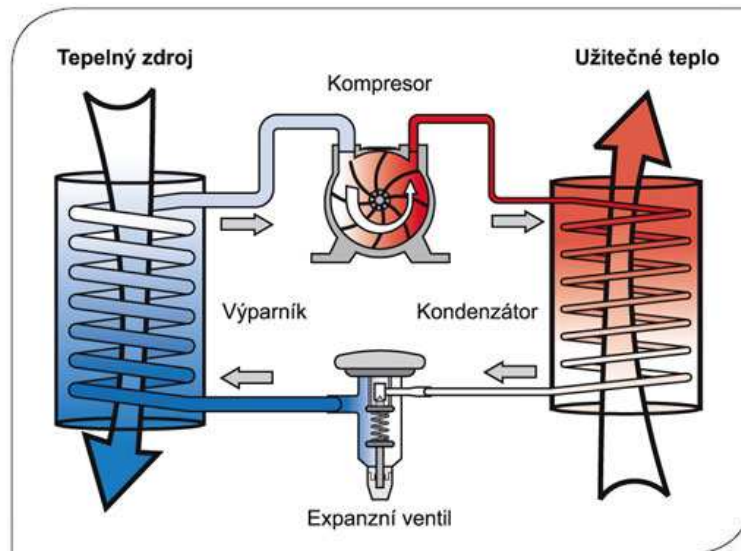
Další možnosti, jak zabezpečit vytápění domova, jsou řešeny v následující kapitole. Prvním případem budou tepelná čerpadla. Dalším pak vytápění pomocí solární energie.

3.1 Tepelná čerpadla

Tepelné čerpadlo je zařízení, které využívá tepelného potenciálu okolí (vody, vzduchu, země). Teplo převádí na vyšší hladinu a umožňuje ho využít k vytápění domu. Skládá se ze dvou částí. Vnitřní část se na oko podobá běžnému plynovému kotli. Její funkcí je předávat teplo do topné soustavy. Venkovní část má na starost absorbování tepla z okolí. Existuje několik provedení venkovních částí. Tím se budeme zabývat v následujících kapitolách. [23]

3.1.1 Princip funkce

Tepelná čerpadla pracují na principu odebírání tepla na jedné straně (okolí) a předávání na straně druhé. Skládají se ze čtyř hlavních částí (viz obr. 3.1) výparník, kompresor, kondenzátor a expanzní ventil. [23]



Obr. 3.1 Princip tepelného čerpadla (převzato z [24])

V první fázi dochází k ohřevu média ve výparníku okolím. Médium se začne odpařovat a putuje do kompresoru. Stlačením odpařeného média stoupne nejen tlak, ale i teplota média a ono nízkopotenciální teplo je povýšeno na vyšší hladinu (cca 80 °C). V kondenzátoru je pak toto teplo odebíráno a médium kondenzuje a putuje přes expanzní ventil, kde se sníží jeho tlak, zpět do výparníku a celý děj se neustále opakuje. Tepelné čerpadlo spotřebovává pouze elektrickou energii pro pohon kompresoru. Je to přibližně 1/3 výkonu tepelného čerpadla. Zbýlé 2/3 tvoří odebírané teplo. [23] [25]

3.1.2 Druhy tepelných čerpadel

Existují 3 základní druhy tepelných čerpadel:

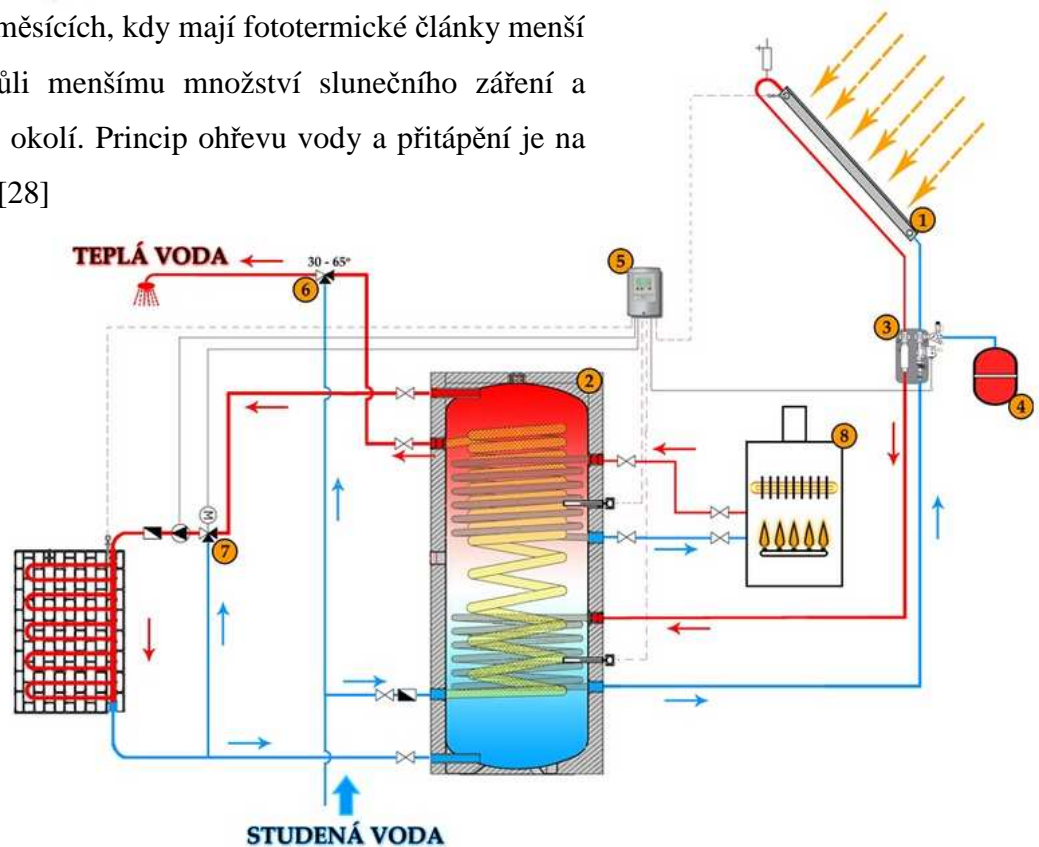
- systém voda – voda (vrty),
- systém země – voda,
 - se zemními kolektory (zahradní plocha),
 - se zemními sondami (vrty),
- systém vzduch – voda. [26]

3.2 Solární energie

Solární energie se dá použít dvěma základními způsoby. Buďto na výrobu elektrické energie pomocí fotovoltaických článků nebo na ohřev vody prostřednictvím fototermických článků. Jelikož nám jde hlavně o vytápění objektu, zaměříme se zejména na fototermické články, které mají v porovnání s fotovoltaikou několikanásobně vyšší účinnost. Vytápění pomocí elektrické energie z fotovoltaických článků není vhodné. Fotovoltaika jako taková je využívána k výrobě elektrické energie, která je zpravidla následně prodávána do sítě za vysokou cenu, a ne k její přímé spotřebě. Vlastník tak prodává 1 kWh za přibližně 12 Kč a kupuje za cca 4 Kč. [27]

3.2.1 Fototermické kolektory

Fototermické kolektory lze využít nejen k ohřevu teplé vody, ale také k přitápění. Návratnost tohoto systému je sice delší, než u jednoduchého ohřevu bez přitápění, ale i tak dokáže ušetřit až 30 % z nákladů na vytápění domu (u jednoduchého ohřevu je to až 60 % energie na ohřev vody). Je to způsobeno zejména faktem, že vytápění je nejvíce zapotřebí v chladných měsících, kdy mají fototermické články menší účinnost kvůli menšímu množství slunečního záření a chladnějšímu okolí. Princip ohřevu vody a přitápění je na obrázku 3.2. [28]



Obr. 3.2 Princip solárního ohřevu vody s přitápěním (převzato z [28])

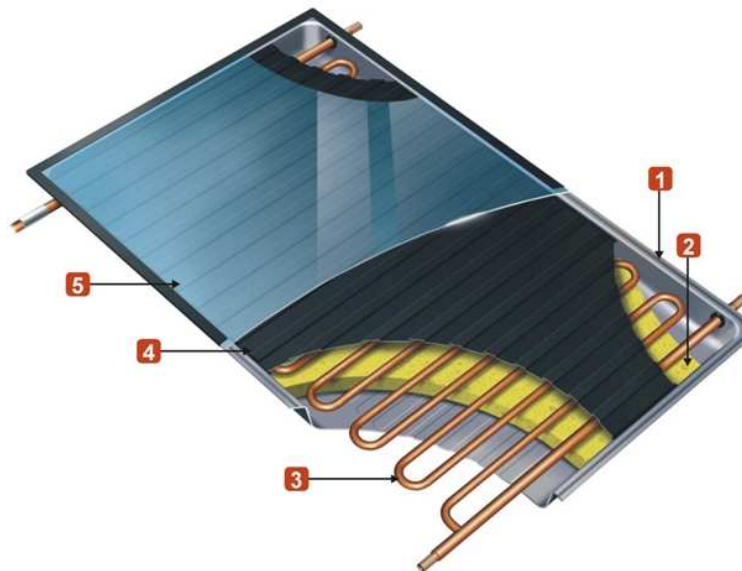
(1 – solární kolektor, 2 – akumulční zásobník, 3 – čerpadla, 4 – expanzní nádoba, 5 – Solární regulátor, 6 – termostatický směšovací ventil, 7 – trojcestný ventil, 8 – kotel)

3.2.2 Typy fototermických kolektorů

Existují dva základní druhy fototermických kolektorů:

- Deskové
- Vakuové trubicové [29]

Základem deskového kolektoru (obr. 3.3) je absorpční vrstva. Starší kolektory mají absorpční vrstvu natřenou solárním lakem. Ten pohlcuje tepelné záření z okolí, problémem je, že toto záření stejně ochotně vyzařuje. Moderní kolektory proti tomu disponují selektivní vrstvou, která pohlcuje tepelné záření stejně jako černá barva, rozdíl je však v tom, že přijatou energii již nevyzařuje ven a nechá ji v sobě uchovanou. Deskové kolektory mohou pracovat již při teplotách od $-32\text{ }^{\circ}\text{C}$. Deskové kolektory mají větší výkon při stejných rozměrech než trubicové. Další výhodou je určitě cena a delší životnost. [29] [30]



Obr. 3.3 Deskový kolektor (převzato z [30])

(1 – plášť (hliníková vana), 2 – tepelná izolace, 3 – sběrné měděné potrubí s teplotonosnou kapalinou, 4 – absorpční vrstva, 5 – skleněný kryt)

U trubicových kolektorů (obr. 3.4) je jako izolace použito vakuum (princip termosky). Trubice jsou vhodné svým tvarem pro použití vakua. U deskových kolektorů není použití vakua konstrukčně možné, protože na kolektor by vlivem atmosférického tlaku byla vyvíjena moc velká síla. Trubice pracují na principu Heat Pipe. V absorberu je kapalina vypařující se při nízké teplotě, pára pak stoupá nahoru, kde je malý výměník tepla. Zde pára předá teplo teplotonosnému médiu a kondenzuje. Podmínkou je sklon trubice minimálně 30° . Výhodou jsou

lepší izolační vlastnosti, ale trubice jsou křehké, mohou je zničit např. kroupy. I přes zničení jedné trubice však kolektor funguje dál s nižší účinností. [29] [30]



Obr. 3.4 Trubicový kolektor (převzato z [30])

(1 – skleněná trubice s vakuem, 2 – tepelná trubice Heat Pipe, 3 – absorbér, 4 – výměník tepla, 5 – sběrná měděná trubka, 6 – tepelná izolace)

4 KONCEPT VÝTOPNY

4.1 Lokalizace

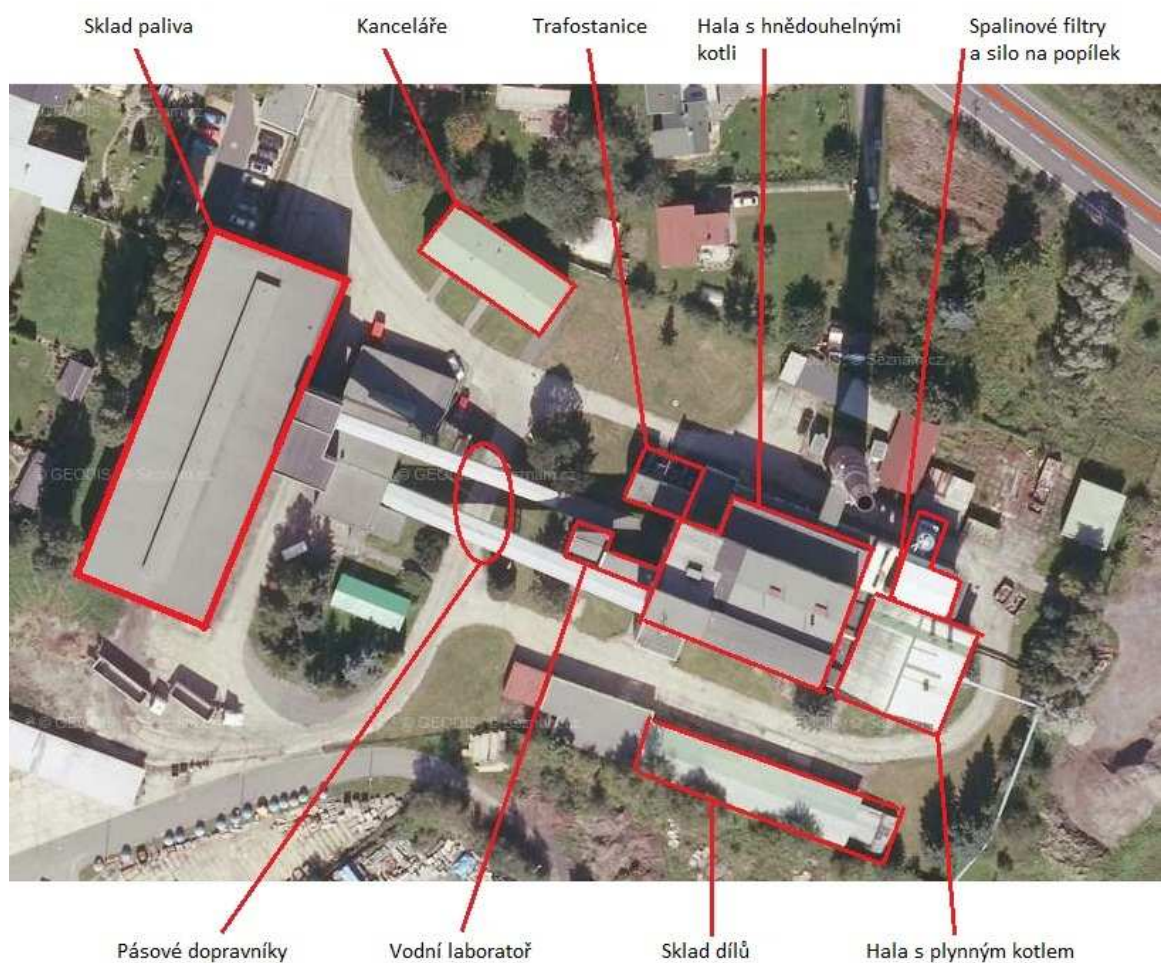
Jako výtopnu jsem vybral Františkolázeňskou výtopnu pro obec Františkovy Lázně spadající pod firmu MH Energo a její úpravu na spalování biomasy. Výtopna se nachází na severovýchodním cípu Františkových lázní u hlavního tahu na trase Cheb – Aš (obr. 4.1). Výtopna dále leží cca 150 metrů od železniční stanice Františkovy Lázně.



Obr. 4.1 Umístění Františkolázeňské výtopny [32]

4.2 Areál výtopny

Areál výtopny i s popisky je zobrazen na obr. 4.2. Rozkládá se na ploše přibližně 3 ha.



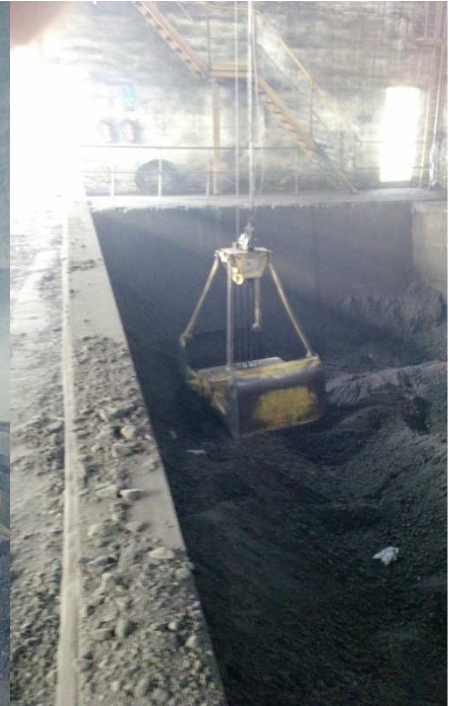
Obr. 4.2 Areál Františkolázeňské výtopny [32]

4.2.1 Sklad paliva

Palivo se dopravuje do výtopny kamionovou dopravou. Kamiony složí palivo na průjezdu skladem (obr. 4.3a), něco propadá rošty rovnou do stran, zbytek je přesunut pomocí jeřábu (obr. 4.3b) do stran, dále se jeřábem přesouvá palivo do podávacích zásobníků pro pásový dopravník (obr. 4.4). I přes pozici nedaleko železnice bohužel absence vlečky nedovoluje zásobování palivem pomocí železniční dopravy. Palivo by se muselo vozit nakladači do skladu paliva, nebo by se výtopna musela rozhodnout pro dostavbu vlečky. [33]



Obr. 4.3a Sklad paliva Františkolázeňské výtopny



Obr. 4.3b Jeřáb ve skladu



Obr. 4.4 Pásový dopravník

4.2.2 Vodní laboratoř

Zde se opravuje voda pro použití v okruhu. Používaná voda je již upravená společností CHEVAK, tudíž není zapotřebí složitých úprava a postačí filtrace (obr. 4.5). Voda je následně přehřívána na teplotu cca 105 °C, pod kterou vstupuje do kotle. [33]



Obr. 4.5 Vodní filtry

4.2.3 Trafostanice

Výtopna disponuje vlastní trafostanicí (obr. 4.6). Elektřinu odebírá ze dvou nezávislých zdrojů, tudíž další záložní zdroj nepotřebuje. Prvním je kabelové městské vedení pro Františkovy Lázně, druhým pak venkovní vedení do Aše. Oboje na hladině 22 kV. [33]



Obr. 4.6 Trafostanice

4.2.4 Hala s kotli

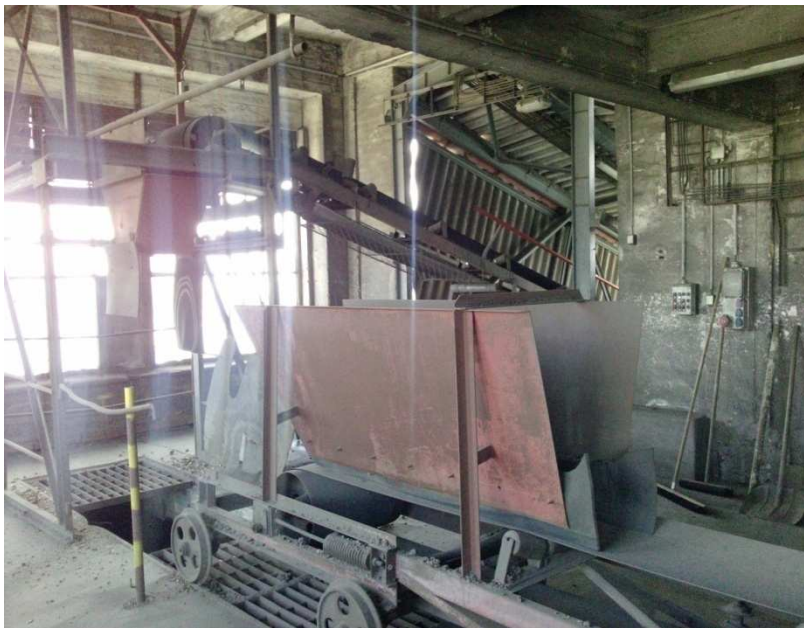
Hala s hnědouhelnými kotli skýtá 2 hnědouhelné kotle (obr. 4.7), přičemž zde byly celkem 3. Jeden kotel byl zrušen a poskytuje místo pro nový alternativní kotel (prostor vlevo na obr. 4.7). [33]



Obr. 4.7 Hnědouhelné kotle

4.2.5 Škvárové zásobníky a pásové dopravníky

Škvára je po spálení uhlí přemístěna pomocí pásových dopravníků (obr. 4.8a) do zásobníků škváry (obr. 4.8b). [33]



Obr. 4.8a Pásový dopravník



Obr. 4.8b Zásobník škváry

4.2.6 Spalinové filtry a silo na popílek

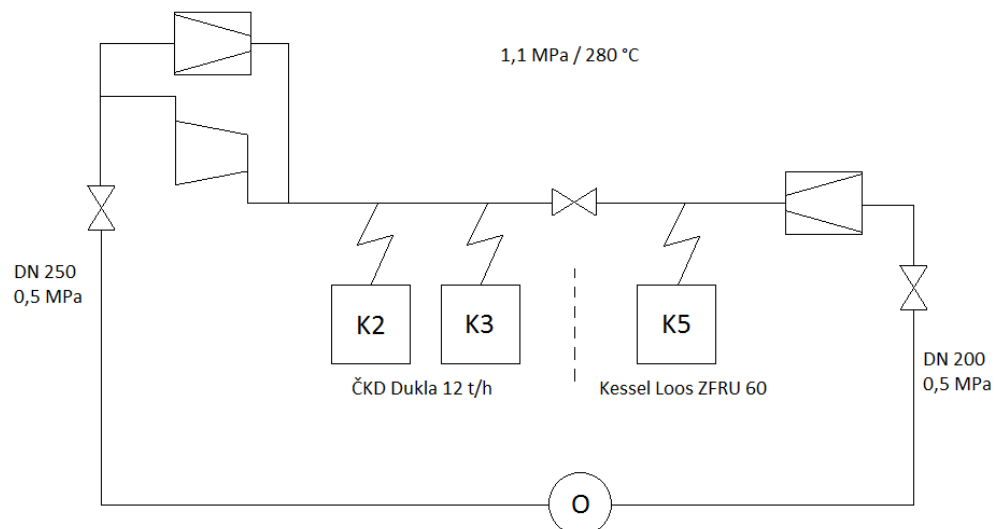
K filtraci spalin se používají textilní filtry, které jsou „ostřelovány“ tlakem vzduchu a tím se z nich oklepává popílek. Ten je následně šnekovým ústrojím přiváděn do sila (obr. 4.9) [33]



Obr. 4.9 Filtrační objekt a silo na popílek

4.3 Energetická analýza současného stavu

Františkolázeňská výtopna je plynouhelná výtopna. Celkem zde bylo 5 kotlů, 3 hnědouhelné a 2 plynové. Nyní však disponuje pouze dvěma spalovacími kotli na hnědé uhlí a jedním plynovým kotlem. Celkový výkon kotlů je 38 MW_t. Od společnosti Sokolovská uhelná je odebíráno hnědé uhlí s výhřevností přibližně 12,5 MJ/kg. Zemní plyn je dodáván společností RWE (34 MJ/m³). Jako teplotné médium je použita pitná voda od společnosti CHEVAK, která je již dostatečně upravená od dodavatele tzn., že výtopna si nepotřebuje vodu složitě upravovat sama. Na obrázku 4.10 je schéma výtopny. [31] [33]



Obr. 4.10 Schéma Františkolázeňské výtopny [33]

4.3.1 Kotle

Jak již bylo zmíněno v předcházejícím odstavci, výtopna disponuje třemi parními kotli. Dvěma totožnými hnědouhelnými, které spalují prachové hnědé uhlí a mohou do 10 hmotnostních procent spalovat i dřevní štěpku. Tyto kotle jsou již více jak 40 let staré. Dále pak výtopna disponuje jedním plynovým kotlem. V současné době je k vytápění využíváno pouze hnědouhelných kotlů, kvůli ceně zemního plynu. Plynový kotel se využívá hlavně při odstávce hnědouhelných kotlů. V kotlích se přehřívá pára, jejíž maximální hodnoty jsou 280 °C a tlak 1,1 MPa. Běžně se ovšem používá přehřátí na 250 °C pod tlakem 0,5 MPa. Veškerá regulace kotlů je prováděna manuálně. V tabulce 4.I jsou parametry použitých kotlů a v tabulce 4.II pak spotřeby paliv. [33]

Tab. 4.I Parametry kotlů [33]

	<i>Hnědouhelný kotel</i>	<i>Plynový kotel</i>
Název	ČKD Dukla 12 t/h	KesselLoos ZFRU 60
Označení	K2, K3	K5
Jmenovitý výkon	9 MW _t	20 MW _t
Účinnost	75 %	89 %
Druh topeniště	S posuvným roštem	Plynové topeniště

Tab. 4.II Spotřeby paliv [33]

Rok	Hnědé uhlí [t]	Dřevní štěpka [t]	Zemní plyn [m ³]
2010	22 199	137	19 037
2011	22 945	45	225 931
2012	24 082	0	215 251
2013	24 968	21	87 870

4.3.2 Teplo

Teplo je dodáváno jak ve formě páry (primární okruh), tak i teplé vody (sekundární rozvod). Ve městě je použit okružní paprskový rozvod. Primární okruh měří přibližně 9,4 kilometru a jako teplotnosné médium je použita pára. Sekundární rozvod má pouze 1,3 km a proudí zde teplá voda. [1] [31] [33]

Vyrobené teplo odebírá 39 odběratelů a zásobuje se na 42 výměňkových stanic, přičemž 8 z nich je ve vlastnictví výtopny. Teplo je dodáváno do 930 bytů a desítek lázeňských domů. Lázeňské domy mají z velké části vlastní předávací stanice a jsou napojeny na primární okruh, byty jsou pak většinou připojeny na sekundárním rozvodu. V tabulce 4.III je vyčísleno množství vyrobeného tepla v jednotlivých letech a poměr výroby kotlů. [33]

Tab. 4.III Dodané a vyrobené teplo [33]

Rok	Dodané teplo			Vyrobené teplo		
	Primární okruh [GJ]	Sekundární rozvod [GJ]	Dodané teplo celkem [GJ]	Hnědé uhlí + štěpka[GJ]	Zemní plyn [GJ]	Vyrobené teplo celkem [GJ]
2010	157 849	39 462	197 311	208 116	522	208 638
2011	147 295	36 824	184 119	215 109	6 194	221 303
2012	144 839	36 210	181 049	207 707	5 901	213 608
2013	143 753	35 938	179 691	215 349	2 408	217 758

4.3.3 Kogenerace

Výtopna pracuje v jednoduchém kogeneračním režimu. Na parovodním potrubí je umístěn malý parní stroj, který je roztáčen párou a spojen s generátorem s maximálním výkonem 250 kW_e (obr. 4.11). Toto zařízení funguje jako tlakový regulátor nebo regulační ventil, tzn., že udržuje v distribuční soustavě tlak 0,5 MPa. V případě velkého odběru tepla stroj “brzdí” médium a tím zmenšuje tlak v parovodech. Zároveň je roztáčen generátor, který vyrábí elektrickou energii. Ta je spotřebovávána rovnou ve výtopně pro vlastní účely. [33]



Obr. 4.11 Elektrický generátor a parní stroj Františkolázeňské výtopny

Díky těmto minimálním změnám tlaku a teploty jsou kladeny mnohem menší nároky na kompenzátory parovodního potrubí. Což výrazně zvyšuje jejich životnost. Další neméně podstatnou výhodou je, že použitím kogenerace se výtopna zbavila povinnosti placení ekodaně z paliva (uhlí, plynu i elektrické energie). [33]

4.4 Ekologická analýza současného stavu

Výtopna používá k omezení vypouštění škodlivin do ovzduší pouze textilní komínové filtry. V tabulce 4.IV jsou vyčtena množství znečišťujících látek vypouštěných do ovzduší za rok 2010. Dalším problémem je škvára vzniklá při spalování uhlí. Ta se musí podle vyhlášky ekologicky zlikvidovat, tudíž se za poplatek vyváží a slouží např. k tvorbě cest. [33]

Tab. 4.IV Množství vypuštěných látek v roce 2010 [33]

Znečišťující látky	Kotel		
	K2	K3	K5
Tuhé znečišťující látky [t]	0,63	0,78	0
SO ₂ [t]	113,34	141,59	0
NO _x [t]	24,55	30,67	0,03
CO [t]	17,87	22,32	0
Těkavé organické látky [t]	0,27	0,33	0

4.5 Ekonomická analýza současného stavu

Nejdříve zhodnotím finance potřebné na nákup hnědého uhlí a plynu. Cena hnědého uhlí se pohybuje kolem 1000 Kč/t podle výhřevnosti paliva. Uhlí má nějakou tabulkovou výhřevnost, ale je kontrolováno a v případě, že je výhřevnost nižší nebo vyšší, se cena upraví. U zemního plynu je cena přibližně 12,50 Kč/m³. V tabulce 4.V jsou útraty za paliva v jednotlivých letech vycházející ze spotřeb z tabulky 4.II. Dřevní štěpka nebyla započítána, protože byla dodávána technickými službami Františkovy Lázně. [33]

Tab. 4.V Útraty za paliva v jednotlivých letech [33]

Rok	Hnědé uhlí [Kč]	Zemní plyn [Kč]
2010	22 199 000	237 963
2011	22 945 000	2 824 138
2012	24 082 000	2 690 638
2013	24 968 000	1 098 375

Z útrat za paliva a tabulky 4.III lze zjednodušeně říci, že výroba 1 GJ tepla stojí při použití hnědého uhlí cca 110 Kč a při použití zemního plynu 450 Kč. V praxi je cena ovšem někde jinde, protože do této ceny není započítána voda, el. energie, pronájem výtopny, mzdy zaměstnancům atd. Pro pozdější porovnání s dřevní štěpkou nám to ovšem stačí. [33]

Pro názornost jsou v tabulce 4.VI zobrazeny ekopoplatky za znečišťující látky vycházející z tabulky 4.IV.

Tab. 4.VI Poplatky za znečišťující látky v roce 2010 [33]

Znečišťující látky	Sazba [Kč/t]	Kotel		
		K2	K3	K5
Tuhé znečišťující látky [Kč]	3 000	1 890	2 340	0
SO ₂ [Kč]	1 000	113 340	141 590	0
NO _x [Kč]	800	19 640	24 536	24
CO [Kč]	600	10 722	13 392	0
Těkavé organické látky [Kč]	2 000	540	660	0
Celkem jednotlivé kotle [Kč]		146 132	182 518	24
Celkem [Kč]				328 650

Jako poslední je tabulka 4.VII s tržbami za prodej tepla. Cena za prodej z primárního okruhu je 423,44 Kč/GJ. Cena za prodej ze sekundárního rozvodu je vyšší, hlavně kvůli tomu, že předávací stanice patří výtopně, která si je spravuje. Je to asi 544,74 Kč/GJ. [33]

Tab. 4.VII Tržby za prodej tepla [33]

Rok	Primární okruh [Kč]	Sekundární rozvod [Kč]	Tržba celkem [Kč]
2010	66 839 581	21 496 666	88 336 247
2011	62 370 595	20 059 370	82 429 964
2012	61 330 626	19 724 899	81 055 525
2013	60 870 770	19 577 002	80 447 773

4.6 Návrh spalovacího zařízení

Nejdůležitějším kritériem je, aby byl kotel parní. Horkovodní kotle by se nedaly použít, kvůli parovodům. Dalším kritériem je výkon, u toho budu vycházet ze stávajícího výkonu výtopny.

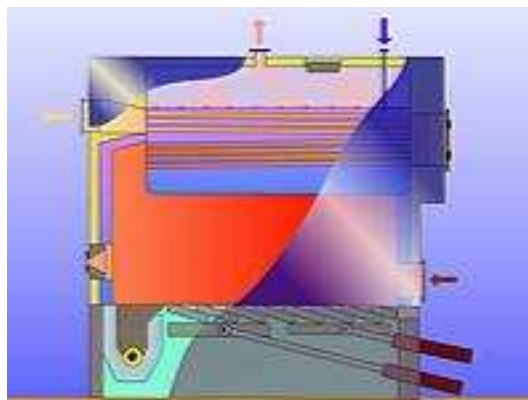
Otázkou však je jaký typ paliva použít. Nejvhodnější se zdá být dřevní štěpka. V Chebském okrese tvoří přibližně 27 % rozlohy lesy. Nicméně sousední okresy Sokolov a Tachov jsou na tom se zalesněním ještě lépe. Štěpka by se dala odebírat ze dvou oblastí. Tou první je dřevní štěpka z Aše, která je vzdálena asi 20 km. Druhou možností je využít dřevní štěpky z pily v Plané u Mariánských Lázní (okres Tachov). U obou by se dalo využít jak železniční, tak i silniční nákladní dopravy. I když silniční je jednodušší z hlediska manipulace s palivem. Kamion totiž vjede až do skladu paliva a rovnou ho složí na patřičné místo. V případě použití železniční dopravy by se muselo palivo překládat a z vagónů na nějaký vůz nebo nakladač, který by palivo dovezl do skladu. [3]

Od věci se nezdá být ani využití kotle na jiné zdroje, nebo kotle pro kombinované spalování. Více než polovina rozlohy Chebska (57 %) je zemědělská půda. Ve velké míře se zde pěstuje kukuřice, řepka a obiloviny, přičemž slámu z těchto plodin lze na spalování určitě využít. Nicméně plodiny jsou sezónní záležitostí a není zde jistota stálosti dodávky paliva, popř. by musela mít výtopna obrovské skladové prostory, kde by se balíky slámy skladovaly, proto budeme uvažovat o kotli hlavně na dřevní odpad. [3]

Tab. 4.VIII Rozloha zemědělské půdy [3] [34]

	Rozloha [ha]
Celková výměra území	49 687
Lesy	13 415
Zemědělská půda (celkem)	28 456
Orná půda	18 312
Travnaté porosty	9 596
Ostatní	548

Prvním takovým kotlem splňujícím naše požadavky je vysokotlaký parní kotel od dánské firmy Danstoker, typ DHF. Tyto kotle jsou na spalování pevných paliv, jako je sláma, dřevní štěpka a dřevní odpady. Topeniště je skříňové konstrukce a má velmi nízké uložení, to má za následek zlepšení spalovacích vlastností a snížení emisí NO_x . Konvenční část obsahuje 2 sekce žárových trubek, které jsou v bubnu, na který působí žár plamenů. (obr. 4.12) Velká kapacita vody zaručuje značnou akumulaci tepla, to má za výhodu, že je přenos tepla konstantní i v případě, že z nějakého důvodu kolísá přívod paliva. To a prostorná parní komora umožňují konstantní výrobu tepla. V tabulce 4.IX jsou uvedeny technické parametry použitelných kotlů DHF. [35]



Obr. 4.12 Kotel Danstoker DHF (převzato z [36])

Tab. 4.IX Technické parametry kotlů DHF [36] [37]

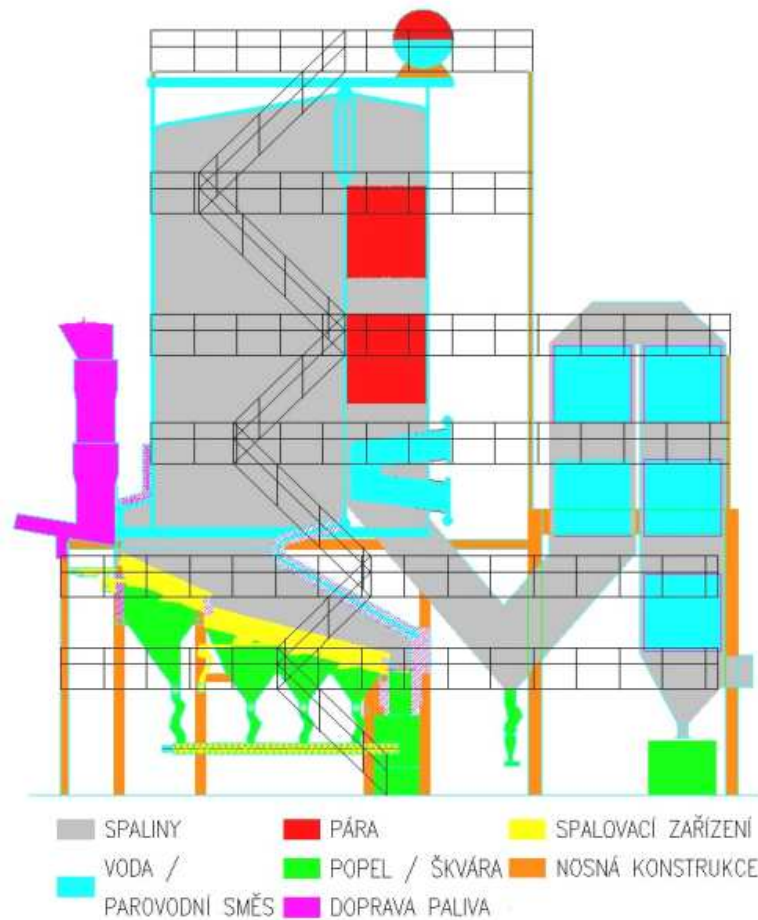
Typ kotle	DHF-11	DHF-12
Palivo	Sláma, štěpka	
Maximální vlhkost	50 %	
Médium	Pára	
Tlak	0,85 MPa	
Teplota	280 °C (s přehřívákem páry)	
Teplota	190 °C (bez přehříváku páry)	
Topeniště	otevřené, roštové	
Výkon kotle	5,2 MW _t	6,8 MW _t
Parní výkon	8 t/h	10 t/h
Množství vody	14,2 m ³	18,9 m ³
Množství páry	5,13 m ³	7,16 m ³

Dalšími kotli, které by se daly použít, jsou kotle od Kolínských strojíren. Ty mají v nabídce 2 typy parních kotlů na spalování biomasy. Prvním je kotel s pásovým roštěm a druhý s přesuvným šikmým roštěm. [38]

Zvolil bych spíše s šikmým přesuvným roštěm (obr. 4.13). Kotel je samonosný s přirozenou cirkulací média. Ten je poháněn hydroválcem a zajišťuje optimální promíchávání paliva a zamezuje jeho spékání. Popel propadává roštěm do mokrého vynašeče, kde se zchladí a putuje do kontejneru. K zapalování lze použít buď zemní plyn, nebo topný olej. Zásobník na štěpku je plněn pomocí dopravníku a jeho velikost dokáže zajistit chod kotle na plný výkon až po dobu 30 minut. Dále je kotel vybaven primárním a sekundárním ventilátorem. Primární vzduch je zaveden pod rošt a sekundární do spalovací komory v několika úrovních. Tím je docíleno snížení tvorby NO_x. Teplota ve spalovací komoře je regulována pomocí recirkulace spalin a teplota páry je regulována vstříkem. Kotel je také uzpůsoben na dálkové měření, ovládání, automatickou regulaci a v neposlední řadě i kontrolu. V tabulce 4.X jsou technické parametry kotlů. [37] [38]

Tab. 4.X Technické parametry kotlů s přesuvným roštěm [37] [38]

Typ kotle	DR 8	DR 12	DR 16	DR 25
Palivo	Štěpka			
Médium	Pára			
Tlak	1,4 MPa			1,4/3,8 MPa
Teplota páry	220 °C			220/440 °C
Účinnost	85 %			
Teplota vstupní vody	105 °C			
Topeniště	Pohyblivý přesuvný rošt			
Výkon kotle	5,6 MW _t	8,3 MW _t	11 MW _t	18 MW _t
Parní výkon	8 t/h	12 t/h	16 t/h	25 t/h



Obr. 4.13 Kotel se šikmým přesuvným roštem (převzato z [38])

4.7 Návrh koncepce výtopny

Z uvedených dvou firem a jednotlivých kotlů je nyní zapotřebí vybrat vhodně tak, aby vše zapadalo do stávajícího stavu. Výhodou dánských kotlů je spalování jak dřevního odpadu, tak slámy, což kolínské kotle neumožňují, avšak u kotlů z kolínských strojíren si lze vybrat ve větším rozmezí výkonů, navíc je to tuzemská firma, tudíž náklady na dopravu kotle by byly výrazně nižší.

Osobně bych tedy volil kotle z Kolína. V případě, že bychom nahrazovali oba hnědouhelné kotle, bychom mohli použít více variant. První variantou je použití dvou kotlů DR 12, čímž by se víceméně zachovaly parametry výtopny a kotle by se jednoduše vyměnili kus za kus. Pouze teplota páry by klesla z přenosových 250 °C na 220 °C. Parní výkon by byl zachován. Tlak v rozvodu by byl opět regulován pomocí parní turbíny.

Druhou možností je vyměnit oba hnědouhelné kotle za kotel DR 25 s parním výkonem 25 t/h. tento typ kotle se dodává ve dvou variantách. První je 1,4 MPa/220 °C, druhou pak 3,8 MPa/440 °C. V případě použití první varianty by se takřka nic neměnilo (viz předešlý odstavec), ale pokud bychom se rozhodli pro druhou variantu, bylo by možné použít

výkonnější protitlakou turbínu. Já bych se přikláněl k této možnosti, přestože je výhodnější mít 2 menší kotle, které jsou na sobě nezávislé, a v případě odstávky jednoho z nich může jet výtopna na štěpku na poloviční výkon, zbytek výkonu by obstaral zemní plyn. Kotel DR 25 s nižšími výstupními parametry páry dle mého názoru není vhodnou volbou. Tudíž se dále budeme zabírat variantami 2 x DR 12 a 1 x DR 25 (3,8 MPa/440 °C).

4.7.1 Energetická analýza s 2 x DR 12

V tomto případě, jak již bylo psáno v předcházející kapitole, by nebyly zapotřebí takřka žádné úpravy. Dva kotle s celkovým výkonem 16,6 MW_t by dostatečně nahradily 18 MW_t současných hnědouhelných kotlů, přičemž parní výkon 12 t/h na jeden kotel je téměř neměnný. Parametry páry jsou taktéž velmi podobné. Maximální parametry média jsou v současné době 280 °C a tlak 1,1 MPa. S použitím kotle DR 12 by maximální teplota klesla na 220 °C, ale maximální tlak by vzrostl na 1,4 MPa. Z toho lze říci, že kogenerace by zůstala zachována ve stávajícím výkonu maximálně 250 kW_e.

4.7.2 Energetická analýza s 1 x DR 25

Jak jsem psal již výše, tato volba není dle mého názoru ideální, co se týče případných poruch či odstavení. Je pravda, že při odstavení tohoto kotle by veškerou funkci zastal plynový kotel, ale vytápění pomocí něj je mnohem nákladnější.

Avšak obrovskou výhodou tohoto kotle jsou výstupní parametry páry 3,8 MPa a 440 °C, tudíž by byla možnost použít větší protitlakou turbínu a tím by se výrazně zvýšilo i množství generované elektrické energie. Jako příklad jsem vybral turbínu STG II od firmy PBS Velká Bíteš (Tab. 4.XI). Následně je dopočítáno jakého elektrického výkonu by mohla dosáhnout.

Tab. 4.XI *Technické parametry turbíny STG II [39]*

<i>Typ turbíny</i>	STG II
<i>Výkon</i>	1000-3000 kW
<i>Vstupní tlak</i>	0,9-4,5 MPa
<i>Teplota páry</i>	200-460 °C
<i>Výstupní tlak</i>	0,1-0,7 MPa

Dle vstupních ($t = 430\text{ °C}$, $p = 3,7\text{ MPa}$) a výstupních ($t = 220\text{ °C}$, $p = 0,5\text{ MPa}$) jsem si vyjádřil entalpie v jednotlivých částech okruhu. Vstupní entalpie do turbíny je přibližně $i_1 = 3310\text{ kJ/kg}$ a výstupní $i_2 = 2900\text{ kJ/kg}$. Rozdíl entalpií (4.1) vynásobený vnitřní účinností (4.2) jsem následně vynásobil účinností turbíny a průtokem páry $A = 25\text{ t/h} = 6,94\text{ kg/s}$ (4.3) a vyšel maximální výkon přibližně 2 MW_e . [40]

$$\Delta i = i_1 - i_2 = 3310 - 2900 = 410\text{ kJ/kg} \quad (4.1)$$

$$\Delta i_N = \Delta i * \eta_v = 410 * 0,8 = 328\text{ kJ/kg} \quad (4.2)$$

$$N = A * \Delta i_N * \eta_{gen} = 6,94 * 328 * 0,9 = 2049\text{ kW} \quad (4.3)$$

4.8 Ekologická analýza spalování dřevní štěpky

V tabulce 4.XII je odpadní množství látek při spalování dřevní štěpky na tunu a ve třetím sloupci je pak dopočteno celkové množství při potřebě 20 588 t štěpky.

Tab. 4.XII Ekologická analýza dřevní štěpky [41]

Znečišťující látky	Kg/t spáleného paliva	Celkem [t]
Tuhé látky	0,1635	3,3761
SO ₂	0,0079	0,1626
NO _x	0,1921	3,9550
CO	0,4207	8,6614
C _x H _y	0,0318	0,6547

4.9 Ekonomická analýza spalování dřevní štěpky

Budeme vycházet z roční výroby tepla v hnědouhelných kotlích, tedy přibližně 210 000 GJ/rok. To by měla nahradit dřevní štěpka. Ta má při 30 % vlhkosti výhřevnost přibližně 12 GJ/t. Tudíž pro získání 210 000 GJ potřebujeme při účinnosti kotle 85 % asi 24 706 t dřevní štěpky. Cena dřevní štěpky se pohybuje kolem 1300 Kč/t. V tabulce 4.XIII je vše přehledně zobrazeno a srovnáno s hnědým uhlím. [33]

Tab. 4.XIII Ekonomická analýza dřevní štěpky [33]

	Dřevní štěpka	Hnědé uhlí
Teplo	210 000 GJ	
Cena	1300 Kč/t	1000 Kč/t
Výhřevnost	12 MJ/kg	12,5 MJ/kg
Účinnost kotle(ů)	85 %	75 %
Množství potřebné k výrobě 210 000 GJ tepla	20 588 t	22 400 t
Celková cena paliva	26 764 706 Kč	22 400 000 Kč
Cena za 1 GJ	127 Kč/GJ	107 Kč/GJ

Je tedy vidět, že 1 GJ tepla získaného spalováním dřevní štěpky je dražší než v případě spalování hnědého uhlí (Do výpočtu nejsou započítány další vstupy jako voda, el. energie atd.). Nesmíme však zapomenout na ekologické poplatky, které jsou v případě spalování dřeva výrazně nižší, viz tab. 4.XIX. Za tuhé látky ze spalování se nemusí platit, naopak je lze prodávat jako hnojivo. V tabulce 4.VI jsme mohli vidět, že roční poplatek za emise při spalování uhlí je 328 650 Kč. Při spalování dřevní štěpky je to pouze necelých 20 000 Kč, přičemž zde není odečten výtěžek, který vznikne při prodeji tuhých zbytků jako hnojiva do zemědělství.

Tab. 4.XIX Ekodaně za spaliny dřevní štěpky [33]

Znečišťující látky	Množství [t]	Sazba [Kč/t]	Cena [Kč]
<i>Tuhé látky</i>	3,3661	3000	10098
SO ₂	0,1626	1 000	163
NO _x	3,9550	800	3 164
CO	8,6614	600	5 197
C _x H _y	0,6547	2 000	1 309
Celkem [Kč]			19 931

ZÁVĚR

Tato diplomová práce se zabývala návrhem výtopny na biomasu, která by sloužila jako zdroj tepla a teplé vody popř. i elektrické energie. Jako vhodné město jsem vybral obec Františkovy Lázně, která je vzdálena asi 5 km od Chebu v Karlovarském kraji. V první fázi se práce zabývala stávajícím energetickým managementem v zájmovém území. Poté možnými zdroji biomasy a jejich využitím, které by se daly pro výtopnu použít. Poté bylo nutné zjistit stávající situaci ve vytápění a ohřevu vody. Dále pak spotřebu a výkon stávající výtopny na hnědé uhlí. Podle těchto hodnot a typu paliva jsem pak vybral ideální kotel s potřebnými parametry a dopočítal možnou kogeneraci s novým kotlem. Následně jsem zhodnotil energetické, ekonomické a ekologické hledisko dřevní štěpky.

Výsledkem je, že přestavět výtopnu na spalování biomasy by se dalo bez větších problémů, kotel by měla firma dodat formou stovebnice, tudíž by nebyl nutný jakýkoliv zásah do objektu a jeho statiky.

Bohužel je pravdou, že získání 1 GJ tepla z biomasy je nákladnější, než při použití uhlí, na druhou stranu musíme uvážit to, že následné ekopoplatky za použité palivo jsou výrazně menší. Stále však nepokryjí onen rozdíl ceny z výroby tepla. Stejného názoru je i hlavní energetik výtopny Bc. Aleš Průša.

Když už by se výtopna rozhodla investovat do přestavby, určitě bych doporučil koncepci s kotlem DR 25 (18 MW_t, 3,8 MPa/440 °C), kde by se dala aplikovat KVET technologie s elektrickým výkonem kolem 2 MW_e. Přejít na biomasu s kotli DR 12 majícími výstupní parametry 1,4 MPa/220 °C se mi zdá jako zbytečná investice.

Výtopna musí vzhledem k blížící se změně legislativy a změnám norem na vypouštěné tuhé látky zavést patřičná řešení. Pokud by se nerozhodla pro dřevní štěpku, lze najít alternativu v možnostech použití ORC nebo malého fluidního kotle.

ZDROJE A POUŽITÁ LITERATURA

- [1] Vyhodnocení Územní energetické koncepce Karlovarského kraje [online]. 2013 [cit. 2013-10-11]. Dostupné z: <http://www.kr-karlovarsky.cz/SAMOSPRAVA/DOKUMENTY/STRANKY/KONCEPCE/SEZNAM/120113_UZEMNI_ENERGETICKA_KONCEPCE.ASPX>
- [2] Charakteristika Karlovarského kraje [online]. 2013 [cit. 2013-10-11]. Dostupné z: <http://www.kvv-karlovyvary.army.cz/htm/0_4.html>
- [3] Správní oblast Cheb. In: [online]. [cit. 2013-10-28]. Dostupné z: <http://www.kr-karlovarsky.cz/SAMOSPRAVA/DOKUMENTY/STRANKY/KONCEPCE/SEZNAM/120113_UZEMNI_ENERGETICKA_KONCEPCE.ASPX>
- [4] Schéma distribučních a přenosových sítí ČR. [online]. [cit. 2013-10-28]. Dostupné z: <<http://www.transformacni-technologie.cz/obrazky/230.gif>>
- [5] Větrné elektrárny v Karlovarském kraji. [online]. [cit. 2013-11-03]. Dostupné z: <<http://www.csve.cz/mapa-vetrnych-elektren/karlovarsky>>
- [6] Distribuční soustava zemního plynu [online]. [cit. 2013-11-03]. Dostupné z: <<http://www.rwe-distribuce.cz/cs/obecne-informace/gas/>>
- [7] Fotovoltaika v podmínkách České republiky [online]. [cit. 2013-11-10]. Dostupné z: <<http://www.isofenenergy.cz/Slunecni-zareni-v-CR.aspx>>
- [8] Odhad realizovatelného potenciálu větrné energie na území ČR. In: [online]. [cit. 2013-11-27]. Dostupné z: <http://www.ufa.cas.cz/files/OMET/potencial_ufa.pdf>
- [9] Povodí Ohře [online]. [cit. 2013-11-17]. Dostupné z: <<http://www.poh.cz/>>
- [10] Atlas zařízení využívajících obnovitelné zdroje energie [online]. [cit. 2013-11-17]. Dostupné z: <http://www.calla.cz/atlas/index.php?map_id=38#m>
- [11] O biomase [online]. [cit. 2013-11-24]. Dostupné z: <<http://www.enviterm.cz/index.php/cz/o-biomase>>
- [12] Historie a perspektivy OZE. [online]. [cit. 2014-11-24]. Dostupné z: <<http://oze.tzb-info.cz/biomasa/5902-historie-a-perspektivy-oze-biomasa-i>>
- [13] Obnovitelný zdroj energie. [online]. [cit. 2014-12-15]. Dostupné z: <http://kke.zcu.cz/_files/projekty/enazp/13/IUT/063_Biomasa_-_Obnovitelny_zdroj_energie_-_Zarybnicka_-_P1.pdf>
- [14] Klasifikace biomasy. Dostupné z: <http://www1.vsb.cz/ke/vyuka/FRVS/CD_Biomasa_nove/Pdf/KlasifikaceBiomasy.pdf>
- [15] Energie biomasy. [online]. [cit. 2014-12-15]. Dostupné z: <<http://www.ekowatt.cz/cz/informace/obnovitelne-zdroje-energie/energie-biomasy>>
- [16] Moderní využití biomasy. [online]. [cit. 2013-12-20]. Dostupné z: <<http://www.mpo-efekt.cz/dokument/02.pdf>>

- [17] Technologie pro přípravu a energetické využití biomasy. [online]. [cit. 2014-12-20]. Dostupné z: <<http://www.biomasa-info.cz/cs/doc/prirucka2.pdf>>
- [18] BROŽ, Karel a Bořivoj ŠOUREK. Alternativní zdroje energie. Vyd. 1. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2003, 213 s. ISBN 80-010-2802-X.
- [19] Kotle na spalování pevných paliv. Dostupné z: <fsinet.fsid.cvut.cz/cz/U207/U2072/RO.ppt>
- [20] Spalování paliv - Kotle. [online]. [cit. 2014-01-18]. Dostupné z: <http://www.ekomonitor.cz/sites/default/files/obrazky/seminare/ovzdusi/seminar2/10_dil_5b_tisk_andreovsky.pdf>
- [21] Kogenerační jednotky zřizování a provoz. [online]. [cit. 2014-01-18]. Dostupné z: <http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/Kogeneracni_jednotky_zrizovani_provoz_2220047233.pdf>
- [22] Plynová turbína. [online]. [cit. 2014-01-24]. Dostupné z: <http://www.energyweb.cz/web/index.php?display_page=2&subitem=2&slovník_page=plyn_turb.html>
- [23] Tepelná čerpadla pro každého. [online]. [cit. 2014-02-02]. Dostupné z: <<http://www.tzb-info.cz/953-tepna-cerpadla-pro-kazdeho-i>>
- [24] Investujte do tepelných čerpadel. [online]. [cit. 2014-02-02]. Dostupné z: <<http://www.veoliawater2energy.com/cz/reference/tepna-cerpadla/>>
- [25] Jak fungují tepelná čerpadla. [online]. [cit. 2014-02-02]. Dostupné z: <<http://www.mastertherm.cz/princip-tepelneho-cerpadla>>
- [26] Tepelná čerpadla. [online]. [cit. 2014-02-11]. Dostupné z: <<http://www.mvb.cz/produkty/domacnosti/tepna-cerpadla/>>
- [27] Fotovoltaika versus fototermika. [online]. [cit. 2014-02-11]. Dostupné z: <<http://www.ekoblog.cz/?q=node/440>>
- [28] Solární systém pro ohřev vody a vytápění. [online]. [cit. 2014-02-20]. Dostupné z: <<http://www.solarni-system.eu/ohrev-vody-a-pritapeni>>
- [29] Solární kolektor. [online]. [cit. 2014-02-20]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Sol%C3%A1rn%C3%AD_kolektor>
- [30] Ako vybrat' slnečný kolektor. [online]. [cit. 2014-02-20]. Dostupné z: <<http://www.siea.sk/letaky/c-259/ako-vybrat-slneчны-kolektor/>>
- [31] [online]. [cit. 2014-03-02]. Dostupné z: <<http://www.mhenergo.cz/>>
- [32] [online]. [cit. 2014-03-02]. Dostupné z: <www.mapy.cz>
- [33] interní informace MH Energo

- [34] Druhy zemědělské půdy [online]. [cit. 2014-03-07]. Dostupné z: <<http://www.risy.cz/cs/krajske-ris/karlovarsky-kraj/obce-s-rozsir-pusobnosti/zivotni-prostredi/druhy-zemedelske-pudy/>>
- [35] Parní a vysokotlaké horkovodní kotle. [online]. [cit. 2014-03-09]. Dostupné z: <<http://www.gbconsulting.cz/dokumenty/danstoker/danstoker-dhf-prospekt-parni-kotel.pdf>>
- [36] Shell and Tube Boilers with Panelwalls. [online]. [cit. 2014-03-09]. Dostupné z: <<http://www.danstoker.dk/default.asp?PageNumber=30271>>
- [37] Kotle na biomasu. [online]. [cit. 2014-03-11]. Dostupné z: <<http://www.eis.cz/ukazvyr.php3?klic=1/1/9/6/>>
- [38] Parní kotle na spalování biomasy s přesuvným roštem. [online]. [cit. 2014-03-11]. Dostupné z: <<http://www.bresson.cz/pdf/cs/parni%20kotle%20na%20biomasu%208-25.pdf>>
- [39] Protitlaké parní turbíny. [online]. [cit. 2014-03-11]. Dostupné z: <<http://www.eis.cz/popisvyr.php3?vcis=304&vuziv=3>>
- [40] Materiály z předmětu Teplárny a Tepelné Sítě
- [41] Řešení centrálních kotelen na biomasu do výkonu 10 MW. [online]. [cit. 2014-03-15]. Dostupné z: <http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/Reseni_centralnich_kotelen_na_biomasu_do_vykonu_10_MW.pdf>