

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

Katedra elektroenergetiky a ekologie

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**Současný stav a perspektivy energetického využívání
biomasy v ČR**

**vedoucí práce: Mgr. Eduard Ščerba, Ph.D.
autor: Martin Mlynářík**

2012

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická

Akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Martin MLYNÁŘÍK**
Osobní číslo: **E08B0025P**
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Technická ekologie**
Název tématu: **Současný stav a perspektivy energetického využívání biomasy v ČR**
Zadávající katedra: **Katedra elektroenergetiky a ekologie**

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 využívání biomasy v podmínkách ČR.
 2. Zmapujte stávající a nově budované zdroje z hlediska jejich energetických výkonů a potřeby a dostupnosti vhodné biomasy.
 3. Navrhněte řešení pro energeticky efektivní, ekonomicky přijatelné a environmentálně šetrné využívání biomasy.
-

Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**

Rozsah pracovní zprávy: **20 - 30 stran**


Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:


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

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

Datum zadání bakalářské práce: **17. října 2011**
Termín odevzdání bakalářské práce: **3. června 2012**


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




Doc. Ing. Karel Noháč, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 17. října 2011

Anotace

Předkládaná bakalářská práce je zaměřena na současný stav a perspektivy energetického využívání biomasy v ČR. Jsou zde popsány druhy kotlů na spalování biomasy a popis bioplynové stanice. V další části jsou mapy energetických zdrojů využívající biomasu. Závěrem je návrh řešení vhodného využití biomasy.

Klíčová slova

Biomasa, kotle na biomasu, kogenerace, spalování biomasy, bioplynová stanice,

Abstract

This bachelor thesis is focused on the current situation and perspectives of biomass energy utilization in the Czech republic. It describes types of boilers for combustion of biomass and also biogas plant description. In the next part there are maps of the energy sources, which uses biomass. In conclusion the suggestion of suitable utilization of biomass.

Key words

Biomass, biomass boiler, cogeneration, combustion of biomass, biogas plant

Prohlášení

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

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

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

V Plzni dne 6.6.2012

Jméno příjmení

.....

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval mému vedoucímu bakalářské práce Mgr. Eduardovi Ščerbovi, Ph.D. za cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení práce.

Dále bych chtěl poděkovat své rodině a přátelům za jejich podporu v mém studiu.

Obsah

OBSAH.....	8
1 ÚVOD	9
2 SOUČASNÝ STAV ENERGETICKÉHO VYUŽITÍ BIOMASY.....	10
2.1 MALÉ DOMÁCÍ KOTLE	10
2.2 KOTLE STŘEDNÍCH VÝKONŮ	12
2.3 KOTLE VELKÝCH VÝKONŮ.....	13
2.4 BIOPLYNOVÉ STANICE	14
3 MAPOVÁNÍ ZDROJŮ VYUŽÍVAJÍCÍ BIOMASU	16
3.1 PEVNÁ BIOMASA	16
3.2 BIOPLYN	28
4 LOGISTIKA.....	30
5 NÁVRH ŘEŠENÍ	31
5.1 SPALOVÁNÍ PEVNÉ BIOMASY	31
5.2 BIOPLYNOVÉ STANICE	32
5.3 PŘÍNOSY	33
6 ZÁVĚR	34
POUŽITÁ LITERATURA	36

1 Úvod

Nedostatek a neustále se zdražující fosilní paliva vede lidi přecházet k jinému zdroji energie, především k obnovitelným zdrojům. Mezi ně se řadí vodní a větrné elektrárny, sluneční či fotovoltaické elektrárny a především využití biomasy. Potenciál vodních elektráren je v ČR z velké části vyčerpán a míst, kde je možno vodní turbínu s dostačujícím výkonem instalovat je nedostatek, volný potenciál je již pouze pro instalace malých vodních elektráren. Větrné elektrárny mají jisté nároky na povětrnostní podmínky, které jsou splněny jen na několika místech republiky. Fotovoltaické elektrárny jsou pro změnu závislé na slunečním záření, respektive na světle. Jejich výstavba byla velmi populární v posledních několika letech a to jen díky dotacím. Jako nejvíce perspektivní zdroj energie z OZE vychází biomasa. Její výhoda spočívá především v možnosti vybudování nových zdrojů a její dostupnost na většině území ČR.

V ČR se nejvíce využívá suchá biomasa pro spalování v kotlích. Nejnižší výkony kotlů se pohybují řádově kolem jednotek kW a jsou vhodné především pro rodinné domy a bytové jednotky. Středně výkonné kotle se pohybují v rádech stovek kW a používají se pro vytápění větších objektů, průmyslových hal či farem. Nejvýkonnější kotle dosahují i několika MW jsou využívány v obecných výtopnách, které zásobují teplem celé části měst. V menším množství se využívá mokrá biomasa. Ta se využívá v bioplynových stanicích.

Využívání biomasy je v současnosti problematické. Velké tepelné elektrárny ji spalují společně s uhlím a tím konkurují městským výtopnám, které jsou na spalování biomasy dimenzovány. Výstavbu zdroje energie využívající biomasu provází především v době navrhování řada důležitých faktorů, především umístění. Bude-li v blízkosti umístěno několik zařízení využívající stejný druh biomasy, bude problém se zásobováním. V okolí bude této biomasy nedostatek a bude potřeba dovážet ji z velké vzdálenosti, což snižuje ekologičnost a ekonomičnost jejího využití. Zmapování energetických zdrojů využívající různý potenciál biomasy je efektivní k zajištění dostatečného množství paliva pro jednotlivé zdroje. Z mapového podkladu se dá zjistit lokalita, ve které není biomasa příliš využívána a je zde ještě dostatek jejího množství pro energetické využití.

2 Současný stav energetického využití biomasy

Biomasa je definována jako látka biologického původu. Jedná se o hmotu všech pozemských organismů rostlinného i živočišného původu, včetně organických odpadů. Nejvíce využívá biomasa v ČR je:

- zbytková lesní biomasa (zbytky po lesní těžbě nebo z dřevovýroby – štěpka, piliny, kůra),
- zbytková biomasa ze zemědělství (nedřevní fytohmota vznikající ze zemědělské činnosti jako druhotný produkt či odpad – sláma, organické či rostlinné zbytky ze zpracovatelského průmyslu, obaly olejnatých semen, chlévská mrva),
- energetické plodiny (I. generace – řepka, obilí, kukuřice; II. generace – topoly, vrby, energetický šťovík). [1]

2.1 Malé domácí kotle

Vzhledem k velké různorodosti paliva na bázi biomasy, je o kotle na využití právě této suroviny velký zájem. Právě podle využitého paliva se kotle rozdělují do 3 kategorií:

- zplynovací kotle na dřevo a brikety
- automatické kotle na pelety a sypká paliva
- krbová kamna a krbové vložky [2]

Kotle mají dle provedení výkon v rozmezí od 2 do 100 kW.

Zplyňovací kotle pracují na systému, kdy se při nedokonalém hoření s omezeným přístupem (primárního) vzduchu tvoří v zásobníku paliva spalný plyn, který je následně obohacen pomocí trysky regulovaným množstvím sekundárního vzduchu. Směs prochází do dohořivací komory, kde dokonale prohoří. Nejrozšířenější a nejúčinnější koncepce zplyňovacích kotlů je tvořena spodním odhoříváním paliva. Takové kotle mívají účinnost mezi 88 až 92 %.

Pro zplyňovací kotle je vhodné veškeré palivové dříví, neopracované dřevo, dřevěné brikety i ostatní brikety z biomasy. Velikost příkládaných polen je závislá na velikosti příkládacího otvoru, v rodinných domech je provedení kotlů pro polena o délce 0,25 až 0,5m. Při použití briket nejsme limitovány délkou, jelikož brikety lze v případě potřeby přelomit.

Výhodou pro tento kotel je poměrně levné palivo a automatická regulace tepelného výkonu pomocí množství přiváděného vzduchu (primárního i sekundárního). S ohledem na velikost a tvar paliva není dost dobře možné automatizovat proces přikládání a tudíž je nutnost pravidelné obsluhy. Neautomatičnost se odráží i v ceně. Pořizovací cena těchto kotlů je nižší než u kotlů s automatickým přikládáním paliva.

Oproti zplynovacím kotlům jsou moderní kotle na pelety plně automatizovány a díky elektronicky řízenému systému dávkování paliva a spalného vzduchu vyniká zařízení dobrými spalovacími vlastnostmi a nízkými emisemi. V peletových kotlích je důležitou součástí hořák. V kotlích se využívají dva různé typy, podsuvný nebo hrncový. K podsuvnému hořáku je palivo přiváděno zespoda a je důležité zamezit zpětnému prohoření paliva. U hrncového hořáku padá palivo na rošt, kde hoří a popel propadáva přes rošt. Tím že pelety padají z určité výšky je zajištěna ochrana proti prohoření paliva. Zapalování se děje automaticky přívodem horkého vzduchu. [3]

V nabídce jsou i kotle na štěpku od výkonu 15kW, které jsou vhodné i pro rodinné domy. Tyto kotle jsou ve většině případů plně automatizované s dobrými spalovacími vlastnostmi a umožňují spalovat i méně kvalitní štěpku s vyšším obsahem vlhkosti. Kotle na štěpku pro rodinné domy mají účinnost 80 až 90%. Pro štěpku je vhodnější využívat výkonnějších kotlů od stovek kW, účinnost u větších kotlů je vyšší.

Krbová kamna nebo krbové vložky jsou vhodné, vzhledem k výkonu od 2 do 10kW, k vytápění jednotlivých místností, popřípadě menších bytů. Pro vytápění více místností jsou nabízena i krbová kamna s adaptérem, který tvoří výměník spaliny - voda. Díky skleněnému průhledu jsou vyhledávaným doplňkem bytů, neboť mají nezastupitelné estetické vlastnosti díky viditelnému plameni. Jsou často využívána i jako přídatné vytápění k hlavnímu otopnému systému.

Vhodným palivem pro krbová kamna je palivové dřevo (jehličnaté i listnaté) a dřevní brikety. Velikost polen je různorodá, avšak shora omezena příkladacím otvorem. Někteří výrobci nabízejí krbová kamna na pelety. Nutností je ruční přikládání paliva do kamen.

Zájem o automatické kotle na pelety popřípadě na štěpku stále stoupá, vyplývá to z tabulky, ve které je znázorněn prodej různých domácích kotlů na biomasu. Prodej automatických kotlů se od roku 2005 do roku 2010 téměř zdesetinásobil. Je pravděpodobné,

že zájem o ně bude i nadále stoupat vzhledem k rozšířenější distribuci pelet. Na druhou stranu zájem o zplyňovací kotle byl chvíli na vzestupu a následně opět poklesl.

Druh kotle \ rok	2005	2006	2007	2008	2009	2010
zplyňovací kotle na dřevo a brikety z biomasy	4 523	6 375	6 677	7 499	4 198	4 351
automatické kotle na pelety a sypká ekopaliva	408	652	809	1 132	2 536	3 580
krbová kamna a krbové vložky	16 641	14 953	14 121	20 103	20 089	21 181
Celkem	21 572	21 980	21 607	28 734	26 823	29 112

Tab.: 1 Prodej kotlů na biomasu o nízkém výkonu [a]

2.2 Kotle středních výkonů

Hovoříme-li o středně velkých kotlích, máme na mysli kotle o výkon v řádu stovek kW až cca 2 MW. Jsou konstruovány jako bezobslužné, pouze s občasným dozorem. Konstruovány jsou jako stavebnice, skládají se ze tří částí: hořák, dohořivací komora, výměník. Přikládání paliva je plně automatizováno. Spalují i méně kvalitní a vlhčí biomasu (dřevní štěpku, piliny, slámu, atd.). Tyto kotle jsou využívány především pro vytápění velkých průmyslových hal, velkých budov, skupiny budov nebo malých obcí. [4]

Jedním z nejvíce využívaných paliv v těchto kotlích je balíková sláma. V některých případech je možno ji kombinovat spolu se senem nebo speciálními energetickými rostlinami. Mezi nejznámější a nejrozšířenější energetické plodiny se řadí energetický šťovík nebo sloní tráva. Slaměné balíky je možno přikládat v celku nebo je rozdělit a šnekovým dopravníkem přikládat slaměnou řezanku. Varianta provedení na spalování celých balíků je složena z předkomory, pro umístění balíku, vlastní spalovací komory a spalínového kanálu se zaústěním do žárotrubného výměníku. Posuvný rošt na dně obou komor posouvá slámu, která postupně dohořívá. Po dohoření balíku je automaticky vyslán signál a zasune se další balík slámy.

Dalším zdrojem biomasy, která je v těchto kotlích velmi využívána, je dřevní štěpka. Doprava štěpky do kotle bývá šnekovým dopravníkem ze skladu paliva. Dalším způsobem dopravy je pomocí horizontálního hydraulického podavače. Ve spalovací komoře se palivo spaluje na roštích s vratným pohybem. Palivo je na roštích postupně sušeno a následně postupně prohořívá.

2.3 Kotle velkých výkonů

Ojedinělým výskytem jsou kotle, jejichž výkon se udává od několika MW až do řádů desítek MW. Ojediněle se vyskytují ještě kotle se spalováním na roštu, ale vzhledem k rychle se vyvíjející technologii se již i pro spalování biomasy využívají fluidní kotle. Tyto kotle jsou určeny především pro velkokapacitní výrobu horké vody nebo páry. Vhodnost paliv pro tyto zdroje je stanovena normami případně výrobcem. Konstrukce kotlů umožňuje bezproblémové spalování i spékavých materiálů. Regulace výkonu i celý proces spalování je řízen počítačem. Kotle mají automatické podávání paliva i odpopelňování.

Velkých výkonů se využije především při velkém centralizovaném zásobení teplem. Rozvod tepla je ze zdroje veden pomocí primární sítě s vyššími teplotami nebo tlaky média (voda nebo pára). Z předávacích stanic se dále teplo vede k zákazníkovi sekundární sítí s nižší teplotou a tlakem vody.

U takto velkých zdrojů se většinou využívá výroba tepelné energie spolu s výrobou energie elektrické, takovému principu výroby energie se říká kogenerace. Výrobní, kde se pro kogenerace využívá tuhých paliv, se nazývají teplárny. Pro kogenerace je zapotřebí přidat ke kotli ještě turbínu a generátor. [5]

Výroba velkých kotlů je prováděna většinou na zakázku podle požadavků zákazníka.



Obr.: 1 Kotel na balíkovou slámu od firmy Step TRUTNOV a.s. [b]

2.4 Bioplynové stanice

Bioplynová stanice (BPS) je technologické zařízení, které zpracovává biomasu v reaktorech. Proces využívající v BPS se nazývá anaerobní fermentace, nebo také anaerobní digesce, metanové kvašení a podobně. Anaerobní fermentace je biologický proces rozkladu organické hmoty, probíhající bez přístupu vzduchu. Přirozeně se v přírodě tento proces vyskytuje v bažinách nebo na skládkách komunálního odpadu. Kultura mikroorganismů postupně v několika stupních rozkládá organickou hmotu, přičemž produkt jedné skupiny mikroorganismů se stává substrátem pro další skupinu.

Proces se může rozdělit do 4 hlavních fází:

- *Hydrolyza*: dochází k hydrolytickému štěpení makromolekulárních látek na jednodušší sloučeniny, při tomto procesu se uvolňuje vodík (H_2) a oxid uhličitý (CO_2).
- *Acidogeneze*: podobný proces jako u hydrolyzy, opět se uvolňuje H_2 a CO_2
- *Acetogeneze*: dochází k dalšímu rozkladu kyselin a alkoholů za produkce kyseliny octové.
- *Methanogeneze*: závěrečná fáze anaerobního rozkladu, kdy z kyseliny octové, H_2 a CO_2 vzniká metan - CH_4

Hlavním produktem anaerobní fermentace je bioplyn, obsahující převážně metan (cca 60%), který se dále spaluje v motoru. Většina BPS stanic je vybavena kogenerační jednotkou a tudíž se vyrábí současně teplo i elektrická energie. Teplo je využíváno z části pro udržení konstantní teploty ve fermentoru, která je přibližně $38^\circ C$, zbylé teplo se využívá pro vytápění budov, nebo se nevyužívá a je vypouštěno do atmosféry. Zbytkem z anaerobní fermentace je stabilizovaný anaerobní materiál (digestát, fermentát), který se využívá v současnosti jako hnojivo. [6]

Podle zpracovávané biomasy rozdělujeme BPS do 3 typů: zemědělské, průmyslové (kofermentační) a komunální. V ČR mají největší podíl zemědělské bioplynové stanice, kterých se i v budoucnu očekává největší nárůst. Komunálních BPS není příliš a ani v budoucnu zatím nejsou moc plánovány vzhledem k nedostatkům ve zpracování komunálního odpadu.

Vstupy pro zemědělské BPS tvoří především statkové odpady (kejda, hnůj) a energetické plodiny (v současnosti především kukuřice a nově např. energetický šťovík). Jejich výstavba nejčastěji probíhá přímo v zemědělských provozech. Koncepčně se jedná o

jednoduché BPS v porovnání s jinými typy, a tudíž jejich uvedení do provozu není problematické. Na žádost Ministerstva zemědělství ČR bylo zpracováno Desatero přípravy bioplynových stanic. Dodržet toto desatero je důležité pro úspěšnou realizaci a provoz těchto zařízení.

Průmyslové bioplynové stanice využívají ve fermentorech alespoň z části rizikové vstupy. Mezi rizikové vstupy se řadí jateční odpad, kaly z různých provozů (velkou část zaujímají kaly z čistíren odpadních vod) a podobně. Vzhledem na vlastnosti vstupní biomasy jsou kladeny větší nároky na technologii a splnění provozních podmínek, zejména hygienických.

Komunální bioplynové stanice zpracovávají komunální bioodpady. Řadí se sem odpad z údržby zeleně, vytríděný bioodpad z domácností, restaurací a jídelen. Největším problémem u těchto BPS je se vstupní částí. Vysoký zápach z odpadu je nutno minimalizovat, aby nezatěžoval okolí. Ke snížení pachové zátěže jsou budovány uzavíratelné haly s odtahem a čištěním vzduchu. Především kvůli omezení zápachu jsou náklady na realizaci komunální BPS dvojnásobné oproti zemědělské BPS. [7]



Obr.: 2 Bioplynová stanice Vejprnice [c]

3 Mapování zdrojů využívající biomasu

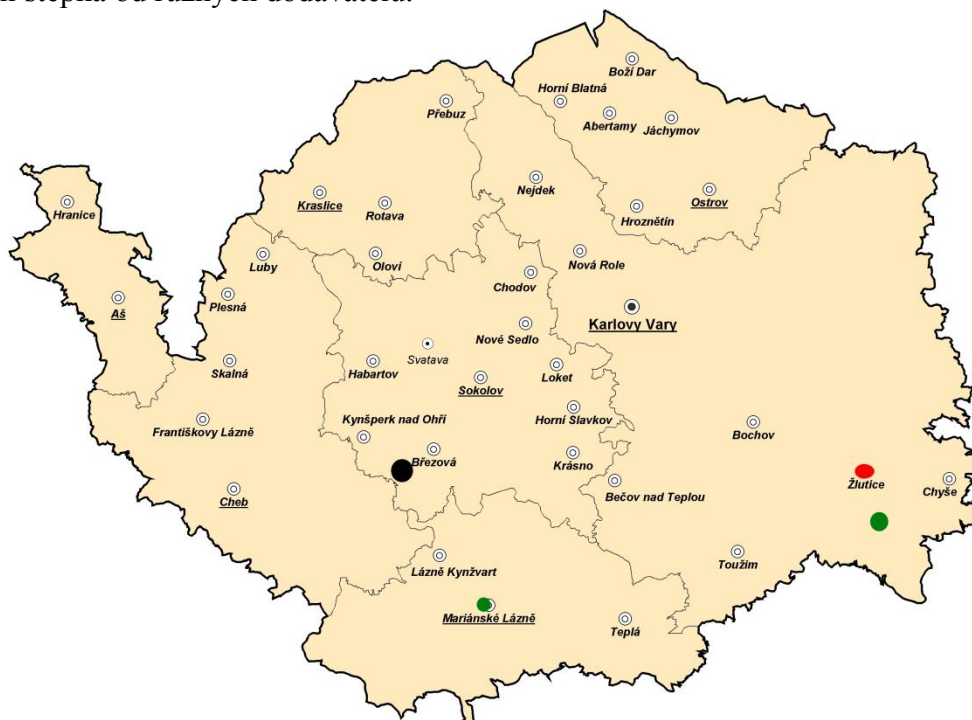
3.1 Pevná biomasa

Zmapovat kotle na biomasu o malých výkonech, je takřka nemožné. V nadcházející části proto zmapuji alespoň kotle středních a větších výkonů. V mapkách jsou červeně znázorněny kotle o tepelném výkonu nad 1 000 kW, zeleně jsou vyznačeny kotle s výkonem pohybující se ve stovkách kW tepelného výkonu. Ojedinele je černě vyznačena elektrárna, která spoluspaluje uhlí s biomasou.

Karlovarský kraj

Největším zdrojem energie využívající biomasu je v Karlovarském kraji elektrárna Tisová. Jedná se o uhelnou elektrárnu, ve které se biomasa spaluje společně s uhlím. Spotřeba biomasy je přibližně 47 000 tun. Tisová vyrábí i teplo, kterým zásobuje město Sokolov a další města v její blízkosti.

Další větším zdrojem je v tomto kraji teplárna ve Žluticích. Kotle žlutické teplárny ročně spálí kolem 5000 tun paliva, velkou část tvoří balíková sláma kolem 2000 tun a zbytek je dřevní štěpka od různých dodavatelů.



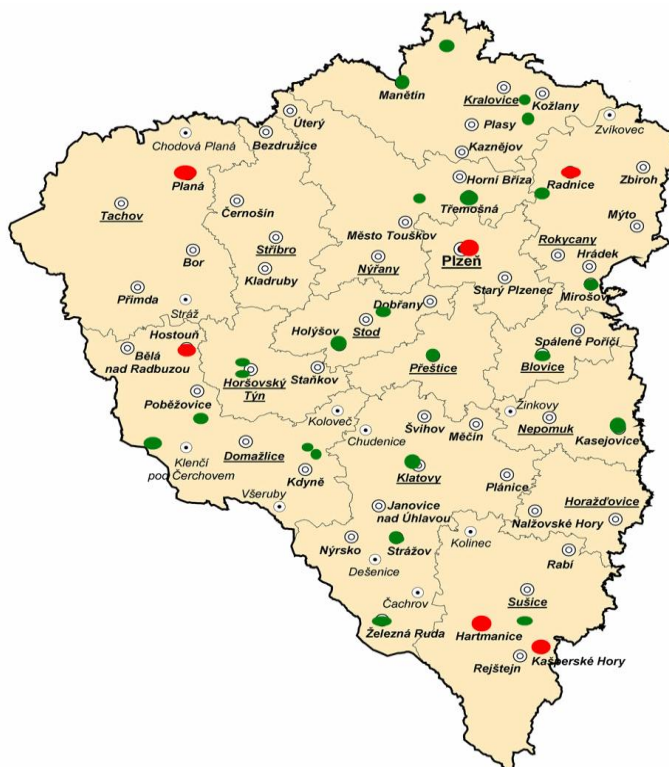
Obr.: 3 Kotle na biomasu v Karlovarském kraji [d]

Plzeňský kraj

V Plzeňském kraji je využívání biomasy pro procesy spalování poměrně velké. Největším podílem přispívá především největší kotel na spalování biomasy v ČR, který vlastní Plzeňská teplárenská. Tento kotel o výkonu 11MW elektrických a 33 MW tepelného výkonu spotřebuje ročně zhruba 120 tisíc tun paliva, kterým je dřevní štěpka či pelety. Palivo je dováženo až ze 100km vzdálenosti, z části je přepravováno po železnici pomocí kontejnerů. Plzeňská teplárenská zásobuje teplem velkou část Plzně, elektřina je vykupována a dodávána do rozvodné sítě. Velké využití kotle je i v letních měsících díky technologii umožňující výrobu chladu. Chlad ve velkém množství odebírá Plzeňský prazdroj, který s teplárnou přímo sousedí.

Dalšími velkými zdroji jsou obecné výtopny ve městech Planá, Kašperské hory a Hartmanice, které mají kotle o celkovém výkonu nad 4 MW. Palivem pro tyto výtopny je především dřevní štěpka, výtopna v Plané využívá i balíkovou slámu či balíky z energetických plodin.

V kraji je dále velké množství kotlů, jejichž výkon se pohybuje v řádech stovek kW tepelných, většina těchto kotlů je umístěna v podnicích zpracovávající dřevo. V takovém případě je palivem především dřevní odpad z provozu výroby.



Obr.: 4 Kotle na biomasu v Plzeňském kraji [e]

Ústecký kraj

V Ústeckém kraji funguje další velká teplárna, která spaluje biomasu. Jedná se o teplárnu v Žatci, která zásobuje teplem část města a vyrobenou elektrickou energii dodává do distribuční sítě. Kotel na biomasu má výkon 7,85 MW tepelných a 1,8 MW elektrických. Spotřeba tohoto kotle v roce 2010 byla 13 392 tun dřevní štěpky. [8]

Druhým zdrojem, který v ústeckém kraji zásobuje teplem občany obce, je výtopna v Rybništi. Kotel o výkonu 1 500 kW je schopen spalovat jak dřevní štěpku, tak i piliny a slámu. Tato výtopna je pro obec ztrátová, neboť štěpka se dováží až ze vzdálenosti 120km. [9]



Obr.: 5 Kotle na biomasu v Ústeckém kraji [f]

Středočeský kraj a Praha

V podstatě jediný velký zdroj v těchto dvou krajích je v Čáslavi v areálu dřevozpracujícího závodu. Je zde elektrárna pracující na finské technologii, která je jediná svého druhu v ČR. Elektrárna ročně spálí 60 až 64 tisíc tun biomasy ročně a její hodinový výkon se pohybuje kolem 10 MW tepelných a 5,5 MW elektrických. [10]

Výtopna na biomasu je i ve Zruči nad Sázavou, která má výkon 4,3 MW tepelné a 400 kW elektrických.



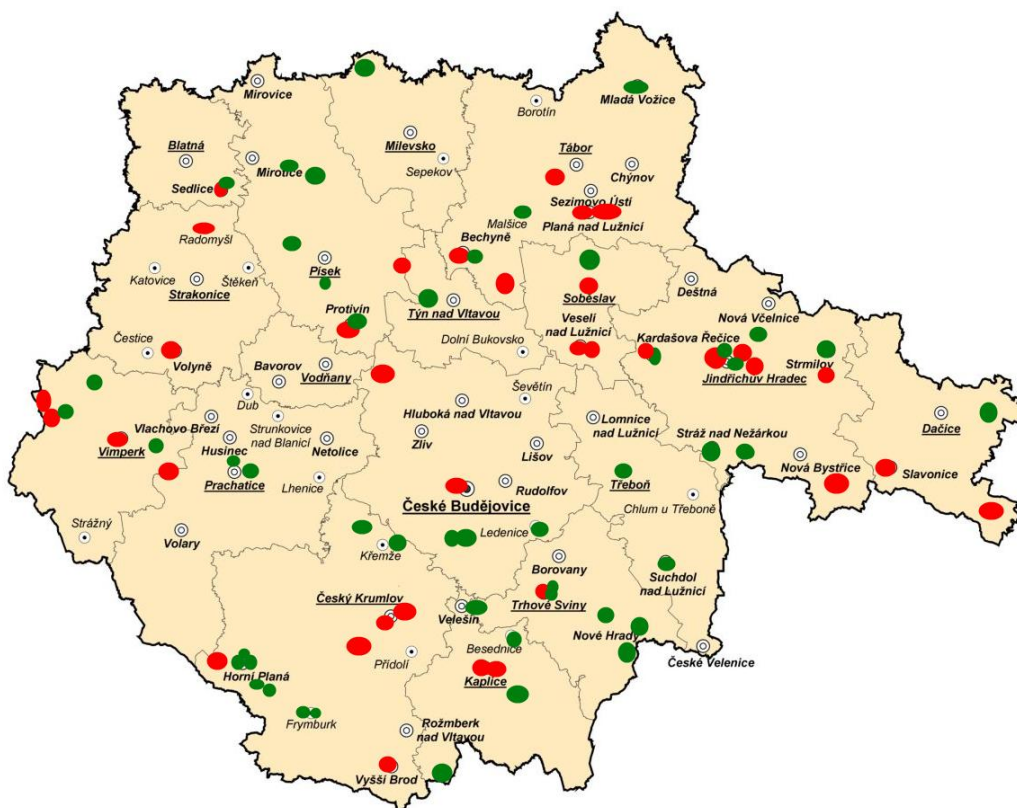
Obr.: 6 Kotle na biomasu ve Středočeském kraji a v Praze [g]

Jihočeský kraj

Velké množství kotlů na biomasu se nachází v Jihočeském kraji. Největší podíl na výrobě energie v tomto kraji má Energetické centrum Biowatt v Jindřichově Hradci. Zařízení o výkonu 18 500 kW tepelných a 5 600 kW elektrických dodává teplo do centrálních rozvodů tepla, kde pokryje 35% spotřeby tepla ve městě. Oproti většině jiných větších kotlů na biomasu spaluje především balíky slámy, sena či cíleně pěstovaných rostlin pro energetiku. Palivo je sváženo vlastní dopravou ze vzdálenosti do 70 km. V Jindřichově Hradci vytápí sídliště i další kotelna na biomasu, která má výkon 6 000 kW a spaluje lesní štěpku a piliny.

V Jihočeském kraji je 9 kotelen využívající biomasu a zásobující část města tepelnou energií, jedná se o Staré Město pod Landštejnem (2 800 kW), Nová Pec (3 300 kW), Dříteň (2 000 kW), Vimperk (3 000 kW), Dešná (2 700 kW), Bechyně (2 500 kW), Kardašova Řečice (5 000 kW), Zdíkov (1 200 kW) a Trhové Sviny (6 000 kW_t a 600 kW_e). Palivem pro tyto kotelny je většinou dřevní štěpka a piliny, v Dešné a Bechyni spalují balíkovou slámu.

Další kotelny s výkonem nad 1 000 kW se většinou nachází v podnicích zpracujících dřevo. Odpady z výroby jsou používána jako palivo do kotlů a teplo z kotle je využíváno pro vlastní spotřebu, především pro sušárny.



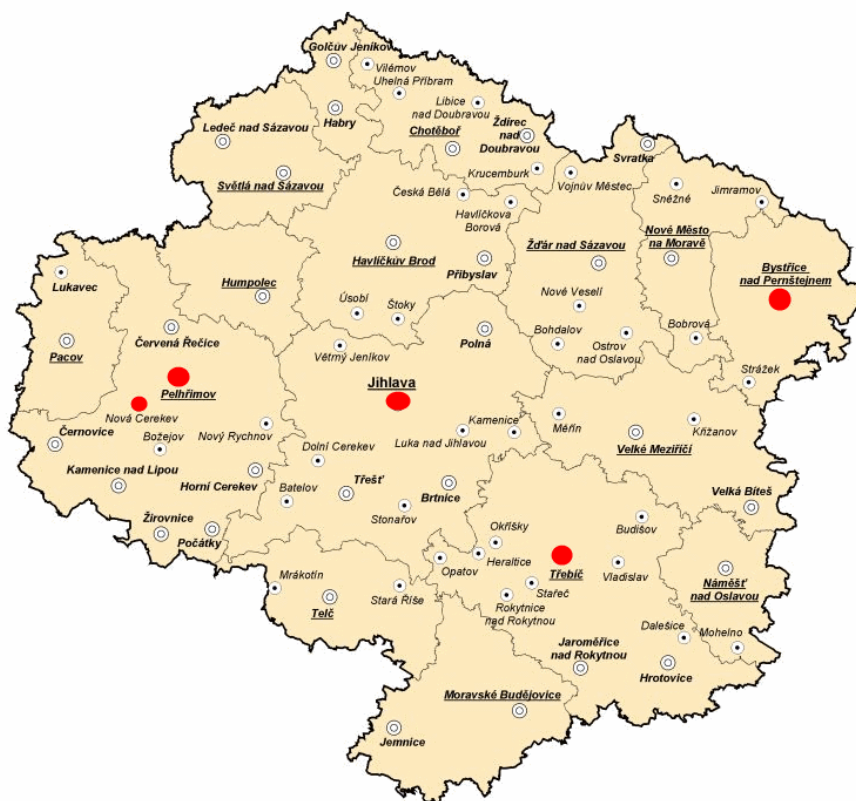
Obr.: 7 Kotle na biomasu v jihočeském kraji [h]

Vysočina

Centrální vytápění velkých měst na vysočině je častější z biomasy než z uhlí. Největší teplárna na biomasu v tomto kraji je ve Třebíči. Společnost TTS energo provozuje ve městě tři vícepalivové tepelné zdroje (teplárny Sever, Jih a Západ). Teplárny jsou vybaveny několika kotli na biomasu a v záloze kotli na zemní plyn/LTO. Celkový instalovaný tepelný výkon ve všech třech částech je 33 000 kW. Každá teplárna je vybavena kogenerační jednotkou, které dohromady mají elektrický výkon 1 990 kW. Palivem je dřevní štěpka, piliny či kůra, kterých se ročně spotřebuje 20 000 tun. Dalším palivem je balíková sláma, které se spotřebuje 13 000 tun ročně.

Jedna z prvních kotelen v ČR na spalování biomasy je v Pelhřimově. Je v provozu od roku 1995 a kotle spalující štěpku, slámu a piliny mají dohromady tepelný výkon 11 MW. Společně s teplem vyrábí v Pelhřimově i elektrickou energii. Elektrickou energii vyrábí 2 turbíny o celkovém výkonu 1,21 MW.

Na Vysočině dále biomasu využívají pro centrální zásobování teplem v Bystřici nad Pernštejnem a v Nové Cerekvi. Zařízení na spalování biomasy instalují i v Jihlavě, které bude využíváno jen v zimním období. Palivem pro všechny tyto zdroje bude především lesní štěpka.



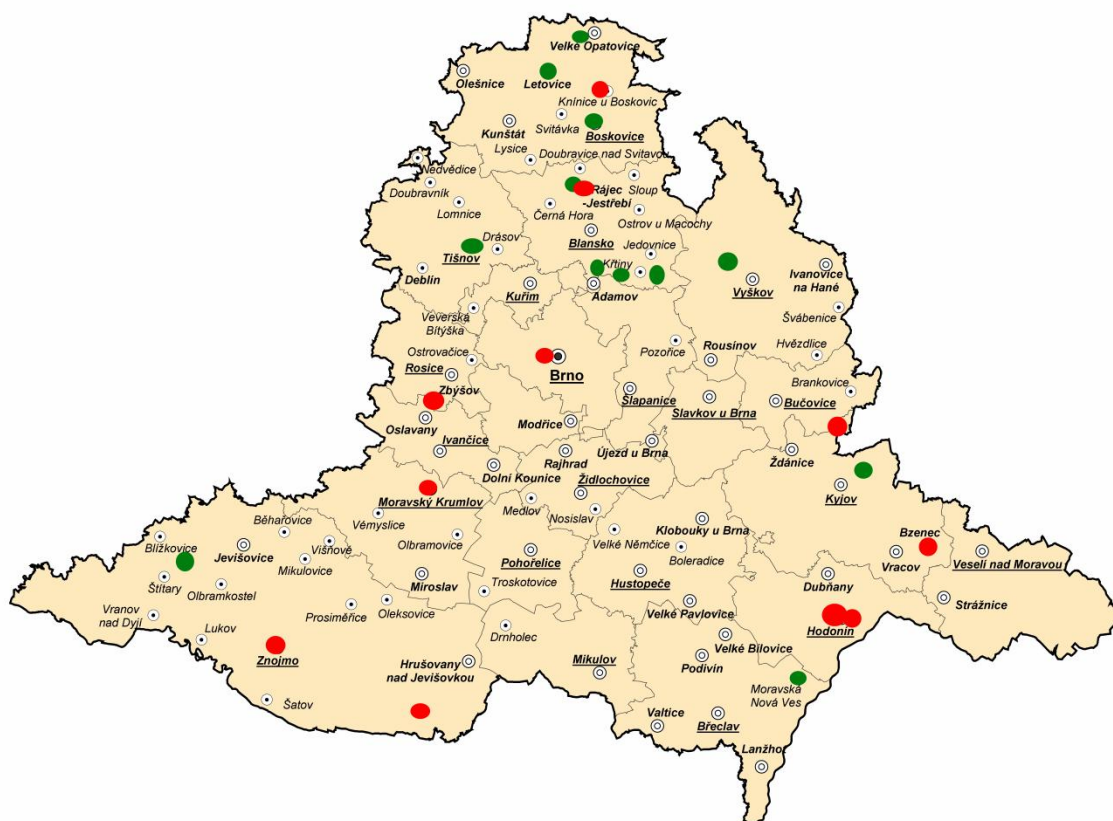
Obr.: 8 Kotle na biomasu na Vysočině [j]

Jihomoravský kraj

V Jihomoravském kraji hraje dominantní roli ve spalování biomasy elektrárna Hodonín, jejímž vlastníkem je ČEZ, a.s. Původně uhelná elektrárna byla napřed poupravena na využívání tepla ve městě a později se začalo se spoluspalováním biomasy a uhlí. Po úpravě jednoho z fluidních kotlů je v něm možné spalování samostatné biomasy. Zařízení o elektrickém výkonu až 30 MW spaluje biomasu rostlinného původu a jeho denní spotřeba paliva činí 1 200 tun biomasy. Teplem zásobuje nejen Hodonín, ale jako jediný v Evropě dodává teplo i přes hranice do slovenského města Holíč. Ročně vyrábí 800 000 GJ tepla, z čehož šestinu dodá do Holíče. V Hodoníně je ještě jeden velký kotel o tepelném výkonu 17 700 kW a slouží pro potřeby tamního truhlářského závodu.

V kraji fungují také 2 menší obecní výtopny. Brno – Bystrici zásobuje centrální zdroj tepla o výkonu 2 600 kW, jehož palivem je dřevní štěpka. Obecní výtopna ve Velkém Karlově je osazena kotlem na obilní nebo řepkovou slámu o výkonu 1 000 kW.

Další zdroje o výkonu nad 1 000 kW jsou umístěny v různých výrobních podnicích. Teplo z nich dodané je využíváno pro vlastní potřeby podniků.



Obr.: 9 Kotle na biomasu v jihomoravském kraji [j]

Zlínský kraj

Ve zlínském kraji není žádný gigantický zdroj energie využívající jako palivo biomasu a tudíž je větší konkurenceschopnost mezi obecními výtopenami na toto ekologické palivo. V kraji je 5 obecních výtopen, které spalují různá paliva a tím si ještě méně konkurují. Nejmenší centrální zdroj tepla mají v Hostětíně, jeho výkon je 732 kW a ročně spotřebuje asi 600 tun štěpky. Štěpkou jsou také vytápěny části obce Slavičín (kotel o výkonu 1 600 kW) a Brumov-Bylnice (kotel o výkonu 3 000 kW). Kotelna ve Valašské Bystřici o výkonu 1 500 kW využívá jako palivo piliny, které jsou dodávány z místních dřevozpracujících podniků a pil. Pátou výtopenou na biomasu je obec Roštín, která v kotli o výkonu 4 000 kW ročně spálí 1 200 tun obilné a řepkové slámy.



Obr.: 10 Kotle na biomasu ve Zlínském kraji [k]

Moravskoslezský kraj

V moravskoslezském kraji je zastoupení biomasy pro získání energie poměrně malé. Je zde jediný výrazný výrobce energie z této suroviny a tím je společnost Dalkia, a.s. Tato společnost provozuje teplárnu v Krnově, ve které je osazen i kotel na samostatné spalování biomasy. Kotel o výkonu 28 MW tepelných a 4,9 MW elektrických využívá jako palivo dřevní štěpku, piliny, pelety, obilný šrot a řezanku cíleně pěstovaných plodin. Společnost provozuje také kotel na biomasu v Novém Jičíně, který je napojen na centrální zásobování teplem. Kotel o výkonu 1,5 MW spaluje dřevní štěpku.



Obr.: 11 Kotle na biomasu v Moravskoslezském kraji [k]

Olomoucký kraj

V Olomouckém kraji není mnoho kotlů spalující biomasu. Největším instalovaným výkonem na spalování biomasy se může chlubit obecní výtopna v Bouzově, která má celkový tepelný výkon 3 400 kW. V kotelně je menší kotel pro spalování štěrky a pilin a větší kotel na spalování slámy, sena a šfovíku. Další dva kotle o celkovém výkonu 2 300 kW vytápí skleníky a administrativní budovy areálu Florcenter, s.r.o. v Olomouci. Kotle spalují balíkovou slámu.



Obr.: 12 Kotle na biomasu v Olomouckém kraji [1]

Pardubický kraj

V tomto kraji jsou největší využívané kotle na biomasu umístěny v areálu Teplárenské společnosti Hlinsko, s.r.o., oba o výkonu 2 100 kW zásobují teplem místní sídliště a komerční objekty. Kotle spalují štěpku, piliny nebo kusové dřevo. Zvláštností je, že každý kotel provozuje jiná firma. Další kotle jsou umístěny v provozech, které potřebují celoroční dodávku tepla pro svoji výrobu, jedná se o dřevozpracující společnosti a společnost zabývající výrobou krmiv pro zvířata.



Obr.: 13 Kotle na biomasu v Pardubickém kraji [m]

Královéhradecký kraj

V Královéhradeckém kraji je největší odběratelem biomasy společnost ČEZ. Elektrárna Poříčí totiž spaluje biomasu společně s uhlím. Elektrárna spotřebovala v roce 2011 přes 100 tisíc tun biomasy. Teplárna ve Dvoře Králové, která spaluje samotnou biomasu, spotřebovala v tomtéž roce téměř 18 tisíc tun biomasy. Oba dva celky spalují dřevní štěpku, rostlinné pelety a piliny. [10]

Rokytnici v Orlických horách zásobuje teplem kotelna na piliny a dřevní štěpku o výkonu 6 000 kW.



Obr.: 14 Kotle na biomasu v Královéhradeckém kraji [n]

Liberecký kraj

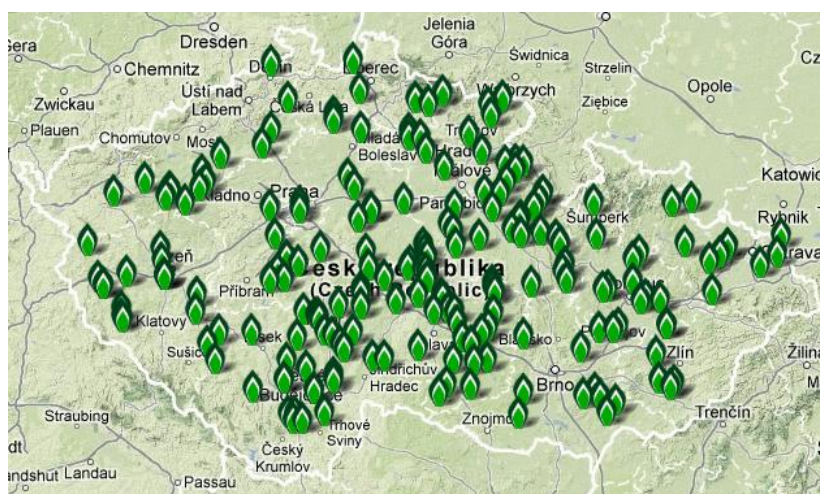
Biomasa je minimálně využívána i v Libereckém kraji. V celém kraji jsou pouze dva větší zdroje využívající tuto surovinu. V Novém Boru je součástí výtopy kotel na balíkovou slámu o výkonu 2 200 kW. Kotel produkuje cca 20% potřebného tepla a doplňuje tak kotle na zemní plyn. V Horce u Staré Paky provozuje dřevozpracující podnik kotle o celkovém výkonu 1 707 kW, palivem pro kotle jsou dřevní odpady z výroby.



Obr.: 15 Kotle na biomasu v Libereckém kraji [o]

3.2 Bioplyn

Největší podíl bioplynových stanic v České republice mají BPS typu zemědělské, jejich rozmístění je rovnoměrné po celé republice. Zemědělci mají odpady v podobě hnoje nebo kejdy a hledají pro ně vhodné využití. Hnůj či kejda nejsou vhodným hnojivem na pole, při procesu v BPS se nebezpečné plyny spotřebují a konečný substrát je na hnojení vhodnější. Spolu se zmíněnými odpady je ideální přimíchat pro bioplynovou stanici i jiný druh biologicky rozložitelné látky. Nejčastější příměsí bývá kukuřičná siláž, která má pro BPS vhodné parametry.



Obr.: 16 Mapa zemědělských BPS [p]

Velké množství BPS je také umístěno v ČOV. Kaly z čistíren jsou taktéž vhodným zdrojem pro získání bioplynu. Čistírny využívají vyrobené teplo pro udržování teploty v biologické části procesu. Vyrobené teplo většinou stačí i k vytápění administrativních budov.



Obr.: 17 Mapa BPS využívající kaly z ČOV [q]

Kromě BPS umístěných při ČOV a zemědělských jsou v České republice hojně umístěny tyto zařízení u skládek komunálního odpadu. Skládkového plynu se v počáteční době po založení skládky uvolňuje velké množství, ale po několika letech je množství tohoto plynu již menší, není možné postupné dodávání suroviny pro získ energeticky využitelného plynu. Životnost skládkových bioplynových stanic je z tohoto důvodu nižší. Často jsou tyto stanice vyráběny v kontejnerovém provedení pro snadný transport.

Minimálně realizované jsou bioplynové stanice typu průmyslové či komunální. Převyšujícím faktorem, proč se zařízení těchto typů nevyužívají je složitější technologie pro zpracovávání vstupní suroviny a tím i vyšší cena, než u zemědělských BPS.

V následující mapě jsou červeně zakresleny bioplynové stanice pracující se skládkovým plynem. Dále jsou zde znázorněny šedě průmyslové a hnědě komunální bioplynové stanice.



Obr.: 18 Mapa komunálních a průmyslových BPS a stanic spalující skládkový plyn [r]

4 Logistika

Logistika je obor zabývající se přepravou zboží od dodavatele k odběrateli, ale i s jeho skladováním a dalším zpracováním. Hlavními prvky logistiky s biomasou jsou sběr či sklizeň, doprava, zpracování, skladování a konečný prodej biomasy. Některé zmíněné postupy se mohou i několikrát opakovat, především doprava.

Nejproblémovější na celém systému je doprava. Na rozdíl od uhlí je biomasa plošně rozptýlený zdroj a pro pokrytí požadavků zákazníků se musí svážet z velkého území (sláma, zbytky po těžbě dřeva apod.) nebo z různých lokalit (kejda, odpad z dřevozpracujícího průmyslu apod.). Pro dopravu se většinou využívá nákladních automobilů, které zatěžují obyvatele obcí nacházejících se v trase dopravy hlučností a zhoršují ovzduší. Bohužel doprava kamiony je využívána i na velké vzdálenosti. Ojedinele se na velké vzdálenosti využívá železniční trať. Teplárna v Plzni se snaží nezvyšovat počet kamionů projíždějící městem a část své spotřeby dřevní štěpky vozí po železnici. Využívá k tomu kontejnerů, které v areálu teplárny vykládá speciální vidlicový nakladač.

Dalším problematickým prvkem je skladování. Většina zdrojů biomasy má sezónní charakter (sláma, seno), ale i lesní štěpka vzhledem k omezené a obtížné těžbě v zimním období. Dostupnost biomasy se bohužel nekryje s poptávkou po ní, která je největší v topné sezoně. Samotní spotřebitelé nemají dostatečné skladovací prostory pro uskladnění biomasy na celou topnou sezonu a tudíž je potřeba meziskladování i u distributorů.

Kvalita biomasy je různorodá a proměnlivá a pro dosažení konstantních parametrů se upravuje většinou do podoby pelet či briket. Takto upravená biomasa má již nižší vlhkost a větší měrnou hmotnost, což je pro jejich skladování a manipulaci s nimi výhodné. [11]

5 Návrh řešení

5.1 Spalování pevné biomasy

Efektivní způsob spalování biomasy je především v místě jejího vzniku. Je-li takto spalována, cena tepla je tím redukována díky menším nákladům na dopravu. Mezi takováto zařízení se můžou počítat obecní výtopny, které zásobují teplem část, nebo dokonce většinu obyvatel obce. Řada obcí vlastní i několik hektarů lesa, které nabídnou částečně možná i většinové palivo v podobě lesní štěpky pro obecní kotle. Jestliže v okolí není dostatek lesů, je v obci zemědělské družstvo, které se jistě zabývá pěstováním obilí, řepky a jiných plodin. Vzhledem ke snižujícímu počtu chovného dobytka je ze zemědělské činnosti větší přebytek odpadů, pro které v místě není velké využití. Takovýto odpad většinou v podobě slámy je také vhodným palivem v obecných výtopnách.

Vhodně dimenzovaná výtopna může využívat různorodé typy paliv. Výtopna tak může využívat jako palivo slámu, ale i jiné alternativní druhy paliva s podobnými vlastnostmi. Tím zemědělci můžou pěstovat i jiné třeba energetické plodiny. Tyto plodiny mají větší výhřevnost a tím i cena za jejich prodej je vyšší a zemědělcům se zlepší finanční podmínky pro jejich práci.

Obecné výtopny většinou zásobují obyvatele obce i teplou užitkovou vodou. V takovém případě je provoz kotle celoroční. Většina kotlů je účinnější, při plném zatížení. V tom případě je vhodné kotelnu osadit dvěma či více kotli o různých výkonech, přičemž v letních měsících pracuje jen kotel s nižším výkonem, který postačí pro ohřev vody.

Vhodným řešením při spalování biomasy je i využití kogenerace. Kogenerační jednotky se dají připojit k různě velkým kotlům, s čím větším výkonem kotle, tím větší může být výkon kogenerační jednotky. Chceme-li využívat těchto jednotek, je zapotřebí, aby byl stálý dostatečný odběr tepla. V opačném případě není možné tuto jednotku využívat a její využitelnost by byla možná jen v zimních měsících, kdy spotřeba tepla je dostatečná.

Pro neefektivnější využití kogenerační jednotky zejména i v letních měsících je ideální ji spojit s absorpční chladicí jednotkou. Tomuto spojení se říká trigenerace. Principem je využití nepotřebného tepla pro výrobu chladu. Vyrobený chlad je ideální pro klimatizaci budov. [12]

5.2 Bioplynové stanice

Na rozdíl od obecních výtopen byly bioplynové stanice ve svých počátcích vybudovávány jen pro výrobu elektrické energie. Jediné využití tepla bylo pro udržení potřebné teploty ve fermentorech, zbytek se vypouštěl do ovzduší. Současné stanice toto teplo již využívají i k vytápění budov. Bohužel řada lidí by teplo odebíralo, ale nechtějí v blízkosti svých domovů BPS, neboť se obávají zápachu. Tyto obavy jsou milné, je-li BPS správně postavena a její provoz je správný, zápach v okolí je nepocítující.

I když zápach z bioplynových stanic není, jsou vybudovávány většinou v místě zdroje vhodné biomasy. Taková místa jsou většinou vzdálena od obytné oblasti a nejsou-li v místě BPS budovy, které je potřeba vytápět, je problematické teplo využít. Vhodným řešením je nebudovat přímo v prostorách hlavní produkce bioplynu i motor pro jeho spalování. Vybudováním bioplynovodu lze bioplyn dopravit do místa, kde se odpadní teplo od kogenerační jednotky využije. Náklady na vybudování bioplynovodu jsou nižší, než kdyby se měli na stejnou vzdálenost budovat teplovody. Při dodávání tepla na větší vzdálenost by byli velké tepelné ztráty, doprava bioplynu na velkou vzdálenost tolik ztrátová není.

Bude-li BPS sloužit jako přídatný zdroj tepla do sítě centrálního zásobování teplem, je možno stanici využívat pro zmírnění energetických špiček v síti elektrické energie. Pro takovéto účely je nutné zajistit dostatečně velký plynovod, jehož funkcí je akumulace produkovaného plynu a jeho regulace. Důležitý je hlavně pro akumulaci, aby se plyn mohl využít v době kdy, je ho potřeba.

Podobným způsobem jako pro pokrytí špiček je dobré vzájemné propojení BPS spolu s fotovoltaickou elektrárnou. Díky této vzájemné kombinaci by se dalo vykompenzovat přetěžování sítě v době, kdy fotovoltaické panely pracují na 100%. Díky vzájemnému propojení by motor v kogenerační jednotce doplňoval potřebný výkon, tak aby do rozvodné sítě elektrického vedení byl dodáván konstantní výkon. Je zapotřebí, aby motor pracoval po celou dobu na minimálně 10 – 20% svého výkonu, jelikož startování motoru je poněkud složité. Výstupní výkon do rozvodné sítě musí potom být kolem 110 – 120% jmenovitého výkonu kogenerační jednotky. Při minimálním výkonu fotovoltaických panelů by kogenerační jednotka pracovala na více než 100% i několik hodin, což jí nemůže ohrozit. Jednotka je schopná na pokles či nárůst výkonu z panelů reagovat v několika minutách. [13]

5.3 Přínosy

Biomasa, jakožto obnovitelný zdroj energie, má hlavní přínos v energetice jako náhrada za stále se snižující zásoby fosilních paliv. Mimo to, že se jedná o obnovitelný zdroj, má i řadu dalších přínosů, které převažují nad nedostatky. Při spalování uhlí se uvolňuje do ovzduší velké množství škodlivých látek, převážně oxidu uhličitého. Při spalování biomasy se do ovzduší uvolní stejné množství CO₂, které rostlina během svého vegetačního růstu spotřebovala při fotosyntéze. I další parametry krom CO₂ jsou při spalování biomasy poměrně nižší. Spalování biomasy tak omezuje nepříznivý vliv skleníkového efektu.

Při spalování uhlí vzniká větší množství popela, které nemá další uplatnění. Spalováním biomasy vzniká množství popela podstatně menší a tento popel je vhodný jako hnojivo. Podobně jako popel je vhodným hnojivem i substrát z bioplynových stanic.

V České republice je velké množství nevyužitých orných půd. Tyto nevyužití plochy jsou vhodné pro založení porostů energetických rostlin. Pomocí běžné zemědělské techniky, kterou vlastní většina zemědělců je možné pěstovat různé druhy energetických bylin, jako například energetický šťovík či sloní tráva. Speciální techniky je zapotřebí pro pěstování rychle rostoucích dřevin. V případě menších pěstebních ploch pro RRD není speciální technika zapotřebí, postačí lidská síla s běžně dostupnou technikou. Využije-li se volná orná půda k pěstování těchto rostlin, je to přínosem především pro zemědělce. Mají nové možnosti pěstování plodin se zárukou jejich výkupu, neboť zájem o takové plodiny v budoucnu jistě poroste. Přínos je pro ekonomiku celé oblasti, jelikož peníze za nákup paliva jdou zemědělcům v dané lokalitě a nikoliv velkým uhelným společnostem jako je tomu při spalování uhlí.

6 Závěr

V první části své bakalářské práce jsem popsal současné způsoby energetického využití biomasy. Zaměřil jsem se na nejčastější způsob jejího využívání, kterým je spalování. Popsal jsem různé typy kotlů, které se v současné době využívají. Kotle jsem rozdělil dle výkonů, přičemž v každé výkonové kategorii se kotle dále rozdělují dle použitého paliva. Krom spalování biomasy v kotlích se hojně využívá v BPS. V kotlích se využívá suchá biomasa a v BPS se využívá mokrá biomasa (siláž, kejda).

V druhé části jsem zmapoval zdroje využívající biomasu. Nejprve jsem se zaměřil na využití suché biomasy v kotlích. Tyto kotle jsem zmapoval v jednotlivých krajích, přičemž největší z nich jsem zhodnotil i dle potřebné vstupní biomasy. Většina zmíněných informací o kotlích na suchou biomasu jsem čerpal od Sdružení pro záchranu prostředí – Calla, která na svých internetových stránkách provozuje databázi zařízení využívajících obnovitelné zdroje energie v České republice. Nalezl jsem i několik málo dalších zdrojů, které v této databázi nemají a do mapy jsem je zařadil také.

Z mapování zdrojů jsem došel k závěru, že v severní části České republiky se nachází minimální množství zdrojů využívající suchou biomasu. Nevyužívání biomasy pro obecní vytopy v této oblasti je dle mého názoru zapříčiněno častými uhelnými lomy a tudíž cenově laciným uhlím. Další důvod může být i to, že je zde několik velkých uhelných elektráren, které spalují společně s uhlím i biomasu a díky výrobě elektřiny ze spoluspalování získávají od státu finanční dotace. Díky finančním dotacím za prodej zelené elektřiny si mohou dovolit nabídnout vyšší cenu za biomasu než by nabídla obecní výtopna.

Bioplynové stanice jsem zmapoval dle různých typů stanic, které jsou znázorněny na mapě celé ČR. Není třeba BPS mapovat po krajích a popisovat, jelikož veškeré stanice jednoho typu pracují na stejném principu a vstupní biomasu mají totožnou popřípadě s malým rozdílem. Z map je patrné, kterých BPS se v republice využívá nejvíce, oproti tomu by se investoři měli do budoucna zaměřit převážně na budování komunálních a průmyslových BPS, pro které se dá ještě poměrně levně získat vstupní biomasa.

V závěru své práce jsem se snažil navrhnout vhodné řešení pro energetické využití biomasy. Návrhy jsem podal zvlášť pro spalování biomasy i pro využití bioplynu. I když v současné době se biomasa využívá ve velké míře, není využívána efektivně. Problémem je její dovážení na velké vzdálenosti do velkých teplárenských kotlů. Teplárenské subjekty si mohou díky dotování výroby elektrické energie z biomasy dovolit za biomasu zaplatit více,

než obecní výtopny. Některé obecní výtopny v následku růstu ceny za biomasu uvažují o zpětné navrácení na vytápění uhlím. Tento krok není příliš environmentálně šetrný, neboť doprava biomasy na velké vzdálenosti zvyšuje provoz nákladních automobilů, které svými emisemi zatěžují ovzduším, ale i hlukem a množstvím obtěžují obyvatele řady měst.

Použitá literatura

- [1] *Biomasa v ČR* [cit. 2012-02-27]. Dostupné z WWW:
< <http://www.nazeleno.cz/energie/biomasa-v-ceske-republice-kolik-vyrabime-elektriny.aspx>>.
- [2] Biomasa na vzestupu, ostatní stagnují. [cit. 2012-03-29]. Dostupné z WWW:
<<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/biomasa-na-vzestupu-ostatni-stagnuji>>.
- [3] Kučera Z., Stupavský V.: *Biomasa³ = energetická, ekologická, ekonomická*; CEMC – České ekologické manažerské centrum 2010
- [4] Zařízení na spalování biomasy [cit. 2012-03-30]. Dostupné z WWW:
<<http://ekolist.cz/cz/zelena-domacnost/rady-a-navody/zarizeni-na-spalovani-biomasy>>.
- [5] Kotle velkých výkonů [cit. 2012-04-09]. Dostupné z WWW:
http://autnt.fme.vutbr.cz/szz/2010/BP_Havlicek.pdf
- [6] Anaerobní technologie [cit. 2012-04-14]. Dostupné z WWW:
http://bioplyn.cz/popis_anaerobni_technologie
- [7] Bioplynová stanice [cit. 2012-04-14]. Dostupné z WWW:
<http://www.nazeleno.cz/bioplynova-stanice.dic>
- [8] Teplárna v Žatci [cit. 2012-04-25]. Dostupné z WWW:
<http://www.ztas.cz/dokumenty/vyrocky/vyrocnizprava2010.pdf>
- [9] Biomasaová výtopna Rybníště [cit. 2012-04-27]. Dostupné z WWW:
http://is.muni.cz/th/178689/fss_m/DP_Nemcova_Petra.pdf
- [10] Biomasa stále aktuální [cit. 2012-05-13]. Dostupné z WWW:
<http://www.cez.cz/cs/pro-media/tiskove-zpravy/3741.html>
- [11] Logistika Biomasy [cit. 2012-05-19]. Dostupné z WWW:
<http://www.mpo-efekt.cz/dokument/02.pdf>
- [12] Trigenerace [cit. 2012-05-20]. Dostupné z WWW:
<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/mikrokogenerace-a-trigenerace>
- [13] BPS ve spolupráci s fotovoltaickou elektrárnou [cit. 2012-05-22]. Dostupné z WWW:
<http://www.fel.zcu.cz/files/data/1955>

Tabulky a obrázky

[a] <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/biomasa-na-vzestupu-ostatni-stagnuji>

[b] <http://www.steptrutnov.cz/img/kotelny-na-biomasu/florcenter.jpg>

[c] <http://www.atelier111.cz/docs/projekty/bps-vejprnice-917.jpg>

[d], [e], [h], [i], [j] vlastní body dokreslené do mapových podkladů dostupných z WWW:
<http://www.czso.cz>

[f], [g], [k], [l], [m], [n], [o] vlastní body dokreslené do mapových podkladů dostupných z WWW: <http://spravnimapa.topograf.cz/>

[p], [q], [r] <http://www.czba.cz/mapa-bioplynovych-stanic>