

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ

Katedra elektroenergetiky a ekologie

Diplomová práce

Hodnocení efektivity výtopny na biomasu

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta elektrotechnická
Akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Jiří ZÁSTĚRA**
Osobní číslo: **E08N0182P**
Studijní program: **N2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Technická ekologie**
Název tématu: **Hodnocení efektivity výtopny na biomasu**
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 technické a provozní charakteristiky hodnocené výtopny na biomasu.
2. Analyzujte efektivitu výtopny na biomasu z hlediska energetické, environmentální a ekonomické přijatelnosti.
3. Navrhněte opatření na zvýšení efektivity výtopny na biomasu.

Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**
Rozsah pracovní zprávy: **30 - 40 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: **15. října 2012**
Termín odevzdání diplomové práce: **9. května 2013**


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




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

V Plzni dne 15. října 2012

Abstrakt

Cílem této diplomové práce je zhodnotit efektivitu výtopny na biomasu v Kašperských Horách. Úvodní část se zaměřuje na biomasu, její rozdělení a význam pro vytápění. V další části popisuje technické a provozní charakteristiky výtopny na biomasu. V závěru jsou navrženy opatření na zvýšení efektivnosti výtopny, vycházející z teoretických a praktických poznatků.

Klíčová slova

Biomasa, spalování, obnovitelné zdroje energie, kotel, efektivita, dřevní štěpka, ztráty, vlhkost, palivo, výhřevnost.

Abstract

The aim of this thesis is to evaluate the efficiency of biomass heating plant in Kašperské Hory. The introductory part focuses on biomass, its sorting and significance for heating.. The next section describes the technical and operational characteristics of the biomass heating plant. Finally, measures are designed to increase the efficiency of heating plants, based on theoretical and practical knowledge.

Keywords

Biomass, combustion, renewing energy sources, boiler, efficiency, wood chips, losses, humidity, fuel, calorific value.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou/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/diplomové práce, je legální.

.....

podpis

V Plzni dne 9.5.2013

Zástěra Jiří

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval Ing. Jaroslavovi Hromádkovi za cenné profesionální rady, půjčené materiály a za poskytnutou dobrovolnou pomoc při zpracování této diplomové práce.

Obsah

1. Úvod.....	9
1.1 Co je to biomasa.....	9
1.2 Význam biomasy pro vytápění měst a obcí	12
1.3 Přehled a porovnání výtopen na biomasu.....	14
2. Technické a provozní charakteristiky	15
2.1 Popis kotelny.....	15
2.2 Popis kotle a spalovacího zařízení.....	21
2.3 Energetická bilance	26
2.4 Palivo a jeho logistika	30
2.5 Provoz kotle	38
2.5 Distribuční síť.....	42
3. Faktory ovlivňující efektivitu a účinnost výtopny	43
3.1 Energetické, environmentální a ekonomické hodnocení výtopny.....	43
3.2 Palivové hospodářství.....	45
4. Návrh opatření na zvýšení efektivitu výtopny	56
4.1 Možnosti na straně paliva.....	56
4.2 Možnosti na straně kotle	57
4.3 Možnosti z hlediska distribuce.....	58
4.4 Ekonomické a finanční hodnocení	59
5. Závěr	60
6. Seznam použitých zdrojů.....	61
Příloha 1 – Tabulka realizovaných projektů	63

Seznam použitých symbolů

Symbol	Význam	Jednotka
A^r	obsah popela v palivu	[%]
H_2	obsah vodíku v surovém palivu	[%]
r	výparné teplo vody	[kJ.kg ⁻¹]
t_a	teplota měknutí popele	[°C]
t_b	teplota tavení popele	[°C]
t_c	teplota tečení popele	[°C]
i	entalpie vody	[kJ/kg]
M_v	hmotnostní průtok vody	[kg/s]
M_{pv}	spotřeba paliva	[kg/s]
Q	výhřevnost	[kJ.kg ⁻¹]
$Q_{užit}$	teplo předané vodě	[kJ/hod]
Q_{paliva}	teplo vnesené spalováním paliva	[kJ/hod]
W^r	obsah vody v palivu	[%]
λ	tepelná vodivost vzduchu	[W/m.K]
η_{kot}	účinnost kotle	[%]
ζ_{MN}	ztráta mechanickým nedopalem	[%]
ζ_f	ztráta citelným teplem tuhých zbytků	[%]
ζ_{CN}	ztráta chemickým nedopalem	[%]
ζ_k	ztráta citelným teplem spalín (ztráta komínová)	[%]
ζ_{SV}	ztráta sdílením tepla do okolí	[%]

Seznam použitých zkratk

Zkratka	Význam
TZL	Tuhé znečišťující látky
OZE	Obnovitelný zdroj energie
CZT	Centrální zdroj tepla
TUV	Teplá užitková voda
HVDT	Hydraulický vyrovnávač dynamických tlaků
ÚT	Ústřední topení
VDZ	Vyrovňovací a doplňovací zařízení
R/S	Rozdělovač/Sběrač
DN	Jmenovitá světlost (Diameter Nominal) – přibližný vnitřní průměr potrubí
PLC	Programovatelný logický automat (Programmable Logic Controller)

1. Úvod

Problémem moderního světa je potřebné zajištění zdrojů energie a tepla, které každým rokem stále stoupá. I přes předurčovanou budoucnost v jaderné energetice tvoří plyn a především obnovitelné zdroje důležitou pozici ve vytápění měst a obcí. Biomasa je v našich podmínkách nejperspektivnější obnovitelný zdroj energie. Její energetické využití má mnohostranný význam a protože se neustále rozšiřuje využití biomasy v CZT, shrnuje tato práce základní pojmy týkající se tématu do srozumitelné formy. Srovnání paliv a kotlů umožní vytvořit si správný pohled na vhodnou volbu. Jednotlivými částmi této práce jsem se snažil nastínit, jak problematická je tato problematika, ať už z hlediska plánování, nebo z hlediska provozu či v konečném důsledku zlepšování efektivity, kdy se nesmí zanedbat žádný detail, protože i nepatrná změna může v konečném důsledku vyvolat velkou zpětnou a v mnoha případech i zápornou reakci z hlediska efektivity dané výtopny na biomasu v Kašperských Horách.

1.1 Co je to biomasa

Biomasa obecně je veškerá organická hmota na Zemi, která se účastní koloběhu živin v biosféře. Jedná se o těla všech organismů, živých i mrtvých, od největších druhů až po mikroskopické – tj. živočichů, rostlin, hub, bakterií a sinic. Biomasu lze dnes vnímat do jisté míry jako dostupný a bezprostředně využitelný zdroj obnovitelné energie, který má ambice v určité míře nahradit rostoucí spotřebu fosilních paliv, které jsou klíčovým problémem vzrůstající koncentrace oxidu uhličitého v atmosféře Země a s tím spojenými dobře známými důsledky. Biomasa je sjednocující pojem pro fytomasu a další látky biologického původu, které mají širokou škálu vlastností. Tyto vlastnosti je třeba z technického hlediska plně respektovat výběrem technologií i zařízení pro energetické využití biomasy. Z energetického hlediska je významná pouze energeticky využitelná biomasa. Biomasu můžeme považovat za akumulované sluneční záření, sice s nízkou účinností, zato v podstatě s nulovými ztrátami při dlouhodobé akumulaci. Požadavky na investice do technických zařízení mohou být malé, v extrémním případě pila a sekyra pro dřevo, respektive kosa a hrábě v případě bylin.

Biomasa ve formě dřeva, byla do poloviny 18. století prakticky jediným palivem využívaným pro získávání užitečné tepelné energie člověkem. V 19. století dřevo výrazně nahradila fosilní paliva. Na konci 20. století je patrný návrat biomasy mezi významné položky palivové bilance i v technicky vyspělých zemích, a to právě proto, že se jedná o obnovitelný zdroj

energie. Ve využívání obnovitelných zdrojů energie sehrává biomasa významnou roli a je k dispozici v mnoha formách (odpadní dřevo z těžby, piliny, sláma, obilí, zbytky ze zemědělské produkce, cíleně pěstovaná biomasa apod.).

Energetickou biomasu lze zatřídit do několika kategorií, které se však mohou částečně překrývat:

- fytomasa - hmota rostlin obecně
- dendromasa - stromy speciálně
- cíleně pěstovaná (energetická) biomasa - zejména byliny a rychle rostoucí dřeviny
- biopaliva
 - pevná
 - kapalná
 - plynná
- odpadní biomasa
 - z rostlinné výroby - sláma, plevy, zbytky z čištění zrnin apod.
 - z živočišné výroby - hnůj, kejda, močůvka
 - z těžby a zpracování dřeva - nehroubí, piliny, hobliny, odřezky apod.
- biologicky rozložitelný odpad
 - komunální - zbytky potravin, papírové obaly,
 - průmyslový - odpady z výroby papíru, cukru, mouky, odpady z jatek apod.
 - splašky z kanalizace

Biomasa může být před konečným využitím zpracovávána různými technologickými procesy:

- mechanické procesy
 - řezání (těžba a zpracování dřeva na řezivo a palivo), odpadem jsou piliny, které slouží k výrobě dřevních pelet a briket
 - drcení - používá se například jako předstupeň při výrobě pelet a briket
 - štěpkování - pro následné použití k výrobě tepla, případně i elektrické energie
 - lisování pelet nebo briket - pro následné použití k výrobě tepla, případně i elektrické energie
 - lisování oleje - pomíneme-li potravinářství, je olej následně esterifikován na metylester (známý jako bionafta)
- termické procesy

- spalování - výroba tepla s následnou možností výroby elektřiny, v současnosti nejrozšířenější způsob využití biomasy, v některých zařízeních může být biomasa spoluspalována s fosilními palivy.
- zplynování - výroba generátorového plynu, obvykle pro následné použití ve spalovacích motorech buď k pohonu vozidel, nebo k výrobě elektřiny a tepla
- rychlá pyrolýza - produktem je kapalina podobná ropě, která je následně i podobným způsobem zpracovávána
- chemické procesy
 - esterifikace - výroba metylesteru (bionafty) z oleje
- mikrobiologické procesy
 - alkoholové kvašení - výroba metanolu, etanolu, ale i izobutanolu pro další použití, kromě spalování a přimíchávání do benzínu se uvažuje i o využití v palivových člancích
 - anaerobní digesce - výroba bioplynu s následnou možností úpravy na biometan, možnosti použití biometanu jsou shodné se zemním plynem
 - kompostování - využívá se přímo teplo produkované mikroorganismy

Nejmodernější jsou kombinované procesy, jejichž snahou je využít biomasu primárně k neenergetickým účelům. Biopalivo je jen jedním z konečných produktů. Snahou je, aby se jednalo například o čistou celulózu. Ve srovnání s celou organickou hmotou má celulóza přesněji definované spalovací charakteristiky a nižší obsah dusíku a ostatních prvků, lze proto dosáhnout nižších úrovní emisí.

Biomasa použitelná jako palivo do kotlů podporovaných v programu Zelená úsporám a jiných dotačních programech je užší kategorie, než je výše uvedeno. Jedná se prakticky výhradně o fytomasu:

- kusové dřevo - polena obvykle o délce 300 až 500 mm, případně kusové odpady z dřevozpracujícího průmyslu
- dřevěné štěpky - zejména z odpadů při těžbě dřeva, nověji i z cíleně pěstovaných rychle rostoucích dřevin, kotle na štěpku jsou sice schopny spalovat i čerstvou biomasu, z energetického hlediska je však jednoznačně výhodnější štěpku před spalováním nechat vysušit
- pelety z dřevního odpadu - vyrábí se z pilin lisováním skrze otvory v matici (podobně jako mlýnek na maso), obvyklý průměr je kolem 5 mm, délka asi 20 mm

- pelety z alternativních surovin - vyrábí se zejména z cíleně pěstovaných energetických plodin (bylin), ale například i z pazdeří nebo kůry
- brikety z dřevního odpadu - vyrábí se z hoblin a pilin za nižších tlaků než pelety, jsou obvykle válcového tvaru o průměru kolem 100 mm a délce 200 mm a více, používají se podobně jako kusové dřevo, v průběhu hoření se však rozpadají
- brikety z energetických bylin - podobně jako předchozí
- semena plodin - používají se obvykle semena obilovin nepoužitelná pro potravinářské nebo krmivářské účely, použití je podobné jako u pelet, existují kotle schopné spalovat pelety i semena
- balíkováná sláma - jedná se obvykle o vedlejší produkt při pěstování potravinářských a průmyslových plodin, který je jinak považován za odpad
- balíkové celé rostliny - jedná se obvykle o cíleně pěstované energetické plodiny (byliny), může se však jednat i o obilniny (například po povodni), ve srovnání s čistou obilnou slámou mají vyšší obsah dusíku a ostatních prvků a proto i horší emisní charakteristiky [3]

1.2 Význam biomasy pro vytápění měst a obcí

Biomasa je v našich podmínkách nejperspektivnější obnovitelný zdroj energie. Její energetické využití má mnohostranný význam. Využijí-li se energeticky odpady, vyřeší se současně i způsob jejich likvidace. Pokud se energetická biomasa speciálně pěstuje, přispívá se tím k zachování rázu krajiny a k ekonomice zemědělských výrobců, a to zejména v oblastech méně vhodných k intenzivní zemědělské produkci.[8] Jedná se o nahrazení spontánních úhorů, které jsou zdrojem plevelů, alergických pylů, rostlinných chorob, škůdců a příčinou kontaminace vod. Plantáže energetických rostlin mají pozitivní vliv na životní prostředí i na ekonomiku vesnického obyvatelstva a to zejména v marginálních zemědělských oblastech. Při aplikaci využívání fytopaliv se nabízí i využití oblastí s rekultivovanou půdou po důlní činnosti, využití půdy nadlimitně kontaminované cizorodými látkami, půdy v emisních oblastech a v okolí exponovaných silnic a dálničních tahů. Při přípravě fytopaliv a při investiční výstavbě, provozu a údržbě zařízení na využití vznikne mnoho pracovních míst, a to zejména v oblastech, kde je největší problém s nezaměstnaností. Není možné zapomenout ani druhý pilíř uváděný pro nasazení obnovitelných zdrojů této kategorie, kterým je nezávislost na dovozu paliv a diverzifikaci s decentralizací výroby energií. Při rozhodování o

vytápění obce biomasou je naprosto zásadní zajištění dostatečného množství paliva, stejně jako zvážit, zda namísto vysokých investic do rozvodů tepla raději nespalovat biomasu v lokálních topeništích, a to např. za současného zřízení obecní výroby peletek. Toto je vhodné zejména v místech s řidší zástavbou, případně pro doplnění systému pro vzdálenější objekty. Při rozhodování o volbě způsobu vytápění a pozdější realizaci je třeba počítat s měnícím se počtem zájemců o připojení. V první fázi panuje nedůvěra lidí v novou technologii, ve ztrátu soběstačnosti, a zejména obavy z vysoké ceny dodávaného tepla. Tato nedůvěra ovšem opadá poté, co si sousedé začnou pochvalovat pohodlí a katastrofické scénáře o vysoké ceně za teplo nejsou naplněny. Produkce a využití biomasy vytváří nová pracovní místa a posiluje místní ekonomiku – peníze vynakládané za fosilní paliva jdou mimo obec a v případě biomasy zůstávají v obci nebo v regionu. Plantáže vytrvalých plodin a dřevin mohou při vhodném umístění sehrát pozitivní roli při ochraně proti vodní a větrné erozi. Díky kontrolovanému spalování ve větším zařízení jsou celkové emise nižší, než by byly v případě individuálních topenišť. Ke zlepšení imisní situace přispívá i to, že výtopna má vyšší komín, než mají jednotlivé domy, takže rozptyl emisí je lepší. Z hlediska globálního oteplování nemá biomasa žádný negativní vliv, na rozdíl od plynu nebo jiných fosilních paliv.

Zemní plyn versus biomasa: výhody a nevýhody:

plynofikace obce	výstavba systému CZT z biomasy
jednorázová záležitost (provede se plynofikace a pak už žádné starosti)	dlouholetý provoz - údržba, nákup paliva, likvidace odpadů, případně platby za znečištění ovzduší
proinvestuje se menší objem peněz	proinvestuje se větší objem peněz (zhruba třikrát až čtyřikrát víc než u plynofikace)
vložené prostředky se nikdy přímo nevrátí - ekonomicky jasně ztrátová investice	vložené prostředky se vrátí - buď jen částečně (mírně ztrátová investice), nebo zcela (nulový zisk), nebo přinesou přímý finanční zisk pro provozovatele (obec)
občané musí sami něco vložit: plynová přípojka, nový kotel, vyvločkování komína aj.	občané nemusí vložit skoro nic (jsou připojeni zdarma nebo za malý poplatek, výměňková stanice patří k CZT, někdy je nutná úprava topení v domě)
horší rozptylové podmínky - mnoho nízkých komínů	lepší rozptylové podmínky - jeden centrální vysoký komín, kontrolované emise
peníze za energii odchází z obce pryč	peníze za energii zůstávají v obci nebo v regionu
žádné nové pracovní příležitosti	několik nových pracovních míst (obvykle částečné úvazky)

Tab. 1. Výhody a nevýhody zemního plynu vs CZT [1]

1.3 Přehled a porovnání vytopen na biomasu

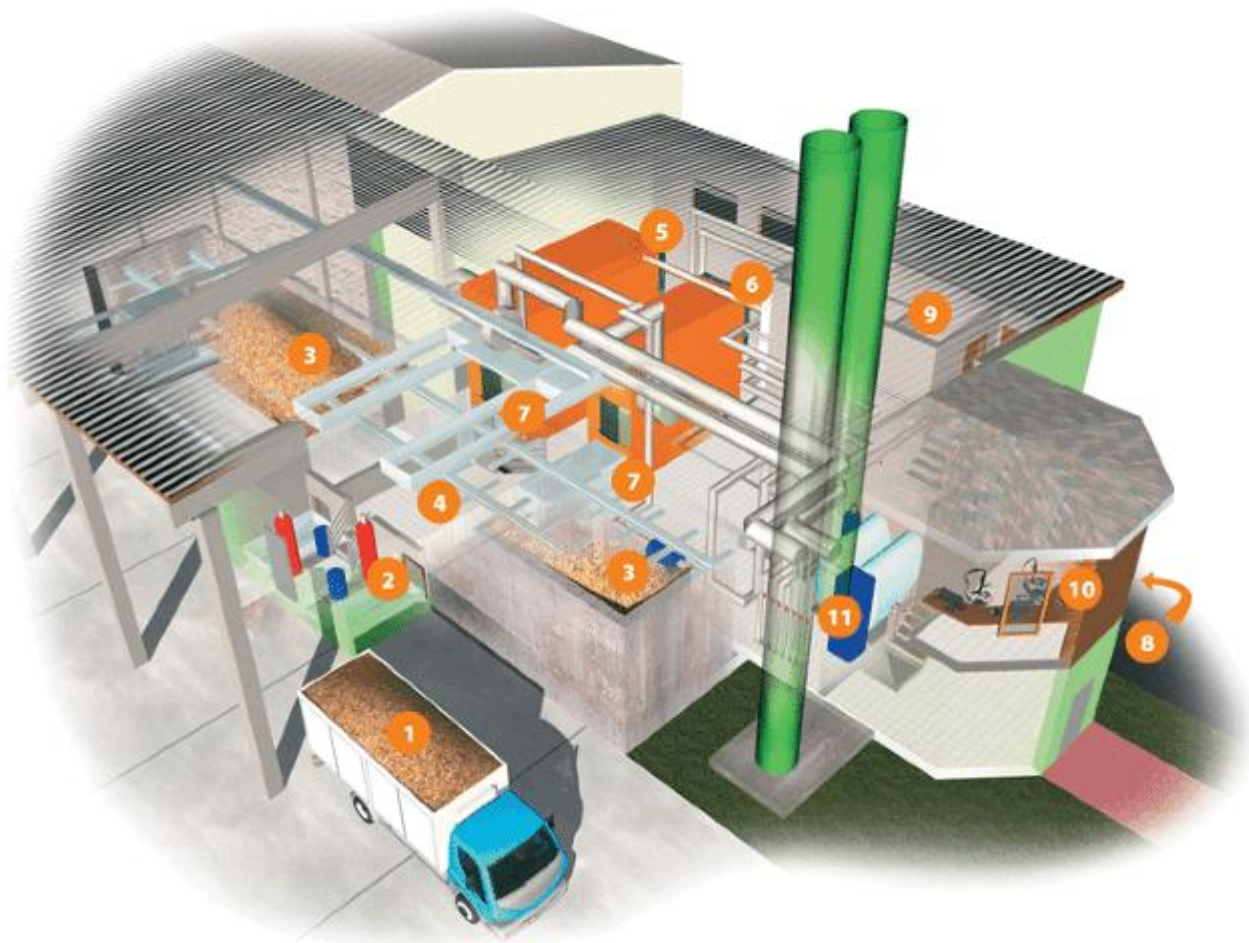
Tabulku zrealizovaných projektů naleznete v příloze 1. [9]

2. Technické a provozní charakteristiky

2.1 Popis kotelny

Nízkotlaká teplovodní kotelna na dřevěné štěpky je umístěna v samostatné budově přistavěné k budově pily Kašperskohorských městských lesů. Po levé straně budovy kotelny je umístěna krytá skládka štěpků, do které se navážejí tyto štěpky nákladními auty, u této činnosti je nutná obsluha kotelny, z této skládky je toto palivo přemísťováno automaticky dle potřeby do zásobníků jednotlivých kotlů, z kterých je podáváno dle provozní potřeby kotlů do ohniště kotlů hydraulickým zařízením. Provoz kotlů je plně automatický, všechny činnosti jsou řízeny počítačem, tzn. regulace výkonu, podávání paliva, odvod popela, odvod popílku ze spalin, ofukování popílku stlačeným vzduchem z teplosměnných ploch, úprava oběhové vody, dopouštění systému upravenou vodou či hašení paliva v případě zahoření.

Kotelna vytápí město Kašperské Hory teplovodním systémem, který předává teplo pro jednotlivé budovy pomocí výměňkových stanic. Kotelna je umístěna do prostoru stávajícího objektu areálu pily, který je pro ni upraven. Kotelna spaluje biomasu – dřevní hmotu. Kotelna teplem zásobuje nově vybudovanou soustavu CZT.



Obr. 1. Realizovaný projekt teplovodní výtopy 4 MW, která je součástí systému centrálního zásobování teplem v Kašperských Horách. Výtopna je osazena plně automatickými teplovodními kotli firmy Schmid AG typu UTZR: [6]

legenda: 1. Dovoz dřevního paliva, 2. Hydraulický agregát, 3. Denní zásobník dřevěného paliva, 4. Hydraulický přímý dopravník, 5. a 6. Kotle Schmid typu UTZR, 7. Kontejner na popílek, 8. Kontejner pro popel, 9. Řídicí skříň elektronického řízení, 10. Řídicí pracoviště, 11. Oběhová čerpadla topné vody



Obr. 2. Hydraulický agregát[7]



Obr. 3. Hydraulický přímý dopravník[7]



Obr. 4. Kotle Schmid typu UTZR[7]



Obr. 5. Kontejner na popílek[7]



Obr. 6. Kontejner na popel. [7]



Obr. 7. Řídící skříně el. řízení[7]



Obr. 8. Řídící pracoviště[7]



Obr. 9. Oběhová čerpadla topné vody[7]

Voda v topném okruhu je hydraulickým vyrovnávačem dynamických tlaků (HVDT) rozdělena na kotlový okruh a okruh CZT. Průtok vody kotlovým okruhem zajišťují kotlová čerpadla – každý z kotlů má osazeno vlastní kotlové čerpadlo. Zálohu čerpací práce v kotlovém okruhu zajistí provozovatel studenou rezervou ve svém skladu. Teplotu vratné vody do každého z kotlů zajišťuje trojcestná armatura před kotlovým čerpadlem. Teplota výstupní vody z kotlů je regulována dle přednastavené ekvitermní křivky řídicím automatem kotlů. Trojcestné armatury a kotlová čerpadla jsou součástí dodávky kotlů, řízeny budou z kotlového řídicího systému.

Průtok soustavou CZT zajišťují oběhová čerpadla, která jsou osazena celkem dvě – pro plný výkon kotelny. Provozní oběhová čerpadla jsou osazena frekvenčními měniči otáček, které jsou ovládány dle minimálního diferenčního tlaku v soustavě. Zálohu čerpací práce zajistí provozovatel studenou rezervou ve svém skladu.

Doplňování vody do soustavy je prováděno přes úpravnu vody. Ta zajišťuje úpravu surové vody na topnou. Dopouštění vody do soustavy anebo její odpouštění do beztlakých expanzních nádrží zajišťuje vyrovnávací a doplňovací zařízení. Tím je zabráněno zbytečným ztrátám topné vody v důsledku její tepelné roztažnosti. Úpravu vody a udržování statického tlaku v soustavě zajišťuje integrované zařízení BÚV-OD-VDZ5 od firmy Promont Kolín. Hodnoty pro udržování statického tlaku jsou nastaveny přímo na regulátoru VDZ – signalizace havarijních stavů je vyvedena na poruchové tablo :

Nastavení parametrů:

havárie dopouštění	380 kPa
dopouštění	400 – 420 kPa
odpouštění	470 – 450 kPa
havárie odpouštění	490 kPa

Součástí dodávky úpravny vody je i dávkovací čerpadlo, které je umístěno na konzole mezi HVDT a rozdělovačem. Pod čerpadlo je umístěn sud na chemikálie. Propojení mezi sudem, čerpadlem a soustavou je provedeno hadicemi. Na teplovodním potrubí mezi HVDT a měřičem tepla je vysazena odbočka s kulovým kohoutem DN 15 s vnitřním závitem. Pomocí tohoto dávkového čerpadla jsou do systému jednotlivě přidávány chemikálie.

Ochrana otopné soustavy proti překročení nejvyššího dovoleného přetlaku je řešena pojistnými ventily na výstupním potrubí jednotlivých kotlů. Otevírací přetlak pojistných ventilů je 600 kPa. Dopouštění je jištěno pojistným ventilem osazeným v místě dopouštění vody do systému – jeho otevírací přetlak je 550 kPa.

Měření vyrobeného tepla (včetně vlastní spotřeby kotelny) zajišťuje fluidikový měřič Sontex DN 100 tepla umístěný na vratné větvi ze soustavy CZT.

Dále je ve strojovně umístěn sdružený rozdělovač a sběrač, ze kterého jsou napojeny všechny spotřebiče tepla pro kotelnu:

- VZD jednotka pro vytápění kotelny a strojovny
- stanice tlakového odclonění pro zajištění vytápění příslušenství kotelny
- zásobníkový ohřívač TUV sloužící k výrobě TUV pro příslušenství.

Vlastní spotřeba tepla pro vytápění objektu kotelny a ohřev TUV je měřena měřičem tepla Sontex DN 25 umístěným za sdruženým rozdělovačem a sběračem.

Z hlediska chemického složení odpadních vod z úpravy vody, popř. ze systému ÚT je možno konstatovat, že odpadní vody mají neutrální reakci. Nejedná se o agresivní vody – lze je vypouštět do kanalizace. Případné vypouštění kotlů nebo soustavy bude prováděno až po vychlazení vypouštěné vody pod 40 °C a maximálně rychlostí 40 l/min přes čerpací jímku. Druhou možností je vyvést vypouštěnou vodu (opět zchlazenou pod 40 °C) hadicí z kotelny ke stávající kanalizaci.

Případné malé množství teplé vody z pojišťovacích ventilů či odkalu se zchladí v čerpací jímce.

Veškeré potrubí topné vody jsou izolována pouzdry z minerální vlny s Al - plechem. HVDT je izolován izolačními pásy s povrchovou úpravou Al - plech . Tloušťka tepelných izolací je navržena v souladu s Vyhláškou MPO č.151/2001 Sb. k Zákonu o hospodaření energií 406/2000 Sb.

Síla tepelné izolace:

potrubí DN 15	2 cm
potrubí DN 20-32	3 cm

potrubí DN 40	4 cm
potrubí DN 50	5 cm
potrubí DN 65	6 cm
potrubí DN 80	8 cm
potrubí DN 100 a větší	10 cm
HVDT	10 cm
Sdružený R/S	8 cm

Signalizace poruchového stavu kotelny na poruchové tablo nastává při těchto stavech:

- pokles tlaku ve VDZ na 380 kPa (porucha doplňování)
- porucha měničů oběhových čerpadel
- překročení povolené koncentrace CO – I.stupeň (90ppm)
- signalizace poklesu venkovní teploty na 5 °C – obsluha vypustí potrubí hasicí vody pro zásobníky paliva

Havarijní signalizace (odstavuje kotle) bude aktivována při těchto stavech:

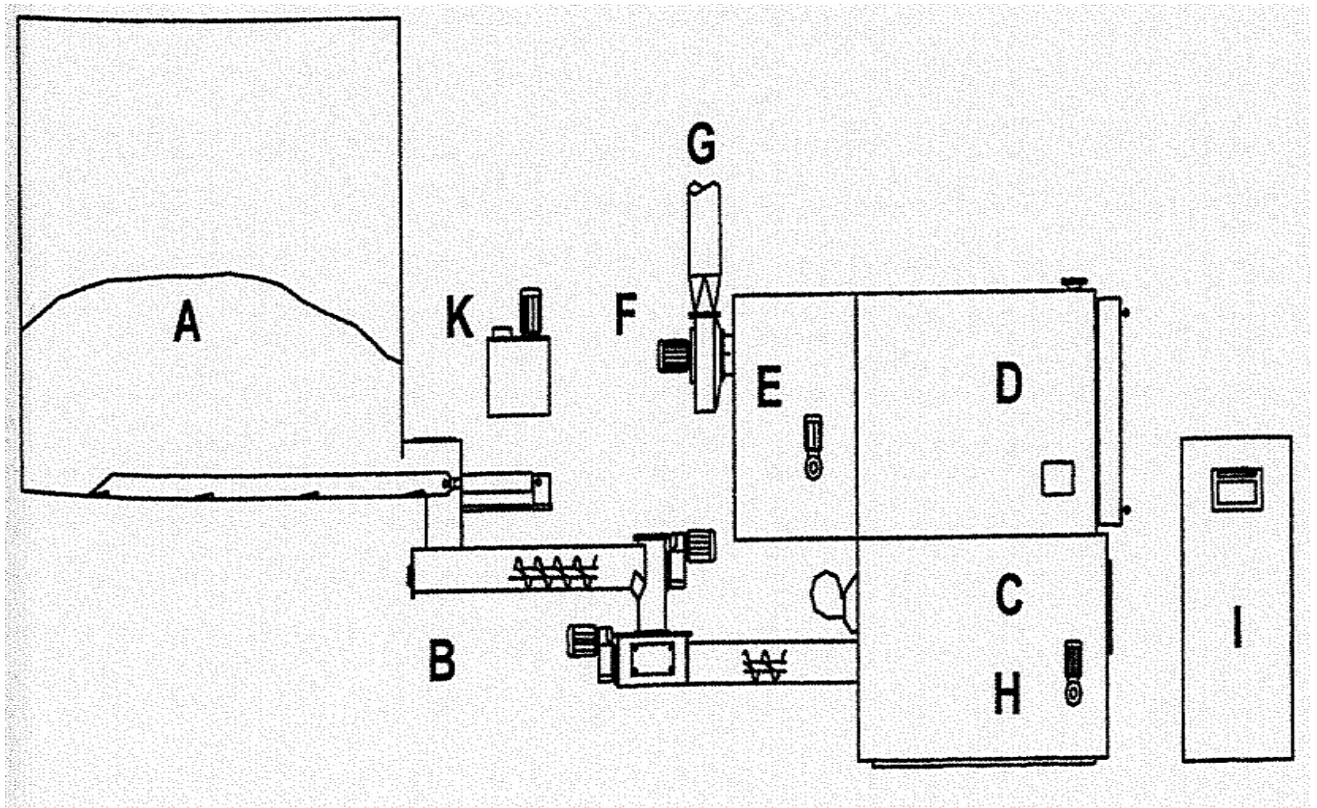
- přehřátí okolí dopravníku paliva K1 na 80 °C
- přehřátí okolí dopravníku paliva K2 na 80 °C
- přehřátí prostoru kotelny na 40 °C
- zaplavení kotelny
- překročení povolené koncentrace CO – II.stupeň (120ppm)
- vzestup přetlaku VDZ (havárie odpouštění) na 490 kPa

2.2 Popis kotle a spalovacího zařízení

Kotel umožňuje spalovat ojedinělé kusy dřeva do průměru 100 mm, maximální délky 600 mm. (omezeno šířkou dopravního kanálu 750 mm)

Automatické topeniště na dřevěné štěpky se skládá v podstatě z těchto částí zařízení:

- A vynášení ze sila s posuvnou podlahou
- B zařízení pro dopravu a dávkování paliva
- C rošt topeniště s přiváděním spalovacího vzduchu
- D teplovodní kotel
- E odlučovač popílku z kouřových plynů
- F ventilátor kouřových plynů
- G zařízení kouřovodu
- H automatické odstranění popela
- I systém řízení pro všechny části zařízení a komponenty
- K agregát hydrauliky



Obr. 10. Zobrazení topeniště

Popis funkce

A Vynášení ze sila se zásuvnou podlahou dopravníkem s drapákovým řetězem

Vodorovně na dně podlahy namontované a hydraulickým válcem poháněné posuvné tyče vytahují ze sila palivo na přímý dopravník paliva. Přes sondy stavu plnění v dopravním korytu se zapojí čerpadlo hydrauliky a tím se tyto posuvné tyče vypínají nebo zapínají.

B Doprava paliva a dávkování

Přímý dopravník paliva dopravuje palivo z výstupu sila až na spalovací rošt. Dopravník paliva je poháněn hydraulicky a taktuje v závislosti na potřebě tepla. Tím se zabezpečí přesné dávkování paliva na spalovací rošt.

C Rošt topeniště (s přívodem spalovacího vzduchu)

Palivo dopravované přímým dopravníkem je řízeným pohybem roštu regulovaně přiváděno přímo do přirozeného spalovacího procesu tak, aby v průběhu celého spalovacího procesu až po automatické vynášení popela bylo plynule rozprostřeno po celé ploše roštu. Palivo přitom prochází 4 fázemi, potřebnými pro optimální spalování – sušení, zplynění (pyrolýza), spalování (oxidace), stejně jako vyhoření dřeva.

K řízení tohoto komplexního procesu jsou zde provedeny 4 různé zóny pro přívod vzduchu. Dvě primární zóny vzduchu pod rostem pro sušení a zplynění a 2 sekundární zóny vzduchu pro oblast topeniště určené pro vyhoření. Kontrola procesu spalování rozhodující pro odváděné emise probíhá 4 sondami pro množství vzduchu, měření teploty spalování a lambda sondou pro měření nadměrného vzduchu. Rošt topeniště je uvnitř vyzděn betonem odolným proti ohni. A to k ochraně ocelové konstrukce a také k udržování vysoké teploty potřebné pro optimální spalování především při mokřím palivu.

K minimalizaci ztrát sáláním a také pro ochranu před dotykem obsluhujícího personálu je celé topeniště izolováno hmotou z minerální vlny o tloušťce 100 mm a následně obaleno komaxitovým plechem kvůli estetickému vzhledu.

D Teplovodní kotel

Tepelná energie vytvořená v topeništi se přenáší v následujícím teplovodním kotli z horkých spalin nepřímo do vody. Vstup vody z topného systému je umístěn ve spodní části kotle. Přes výstup teplé vody umístěný na nejvyšším místě kotle je teplo vytvořené v kotli předáno do topného systému. V jednotlivých spalinových tazích kotle jsou umístěny virbulátory z nerezového plechu. Zvyšují masivně přenos tepla a snižují tak teplotu odváděných plynů o cca 50 °C. Toto odpovídá zlepšenému stupni účinnosti z hlediska technického topeniště o cca 3%. Kromě toho je čištění trubek pouze otáčením turbulátoru jednodušší než kartáčem. Kotel je umístěn přímo na topeništi, je izolován stejným způsobem a je opláštěn. Touto kompaktní konstrukcí se minimalizují ztráty vyzařováním.

E Odlučování popílku z odváděných plynů

Při spalování pevných látek vzniká také tzv. popílek, který vystupuje z horkých kouřových plynů z topeniště a prochází kotlem. Pomocí multicyklónu, který pracuje na principu odstředivé síly, jsou tyto velmi jemné částice prachu popela odlučovány. Tímto systémem odlučování mohou být dosahovány normálně platné zákonné mezní hodnoty obsahu popílku menší než 150 mg/Nm^3 . Multicyklón je kompaktně namontován na kotel a jako jednotka je izolován s roštem topeniště/kotlem rovněž 100 mm izolací a obalen plechem.

F Kouřový ventilátor

Kouřový ventilátor odsává spaliny z hoření, které prochází přes kotel, kde odevzdají teplo, a jako kouřové plyny dále prochází přes multicyklón, kde jsou čištěny, a kouřovodem ke komínu, kterým jsou odváděny do okolního prostředí. Měření podtlaku v topeništi a elektronický regulační systém řídí otáčky ventilátoru tak, aby byl udržován při spalování vždy konstantní podtlak. Vystupování nespálených a tím škodlivých plynů je tímto zabráněno. Kouřový ventilátor je namontován přímo na multicyklón a je napojen na kouřovod.

G Zařízení kouřovodu a komínu

Předpokladem pro řádný a úsporný provoz topného zařízení je správně dimenzovaný komín odpovídající předpisům a výkonu kotle podle DIN 4705 stejně jako SIA 384/4 (CH). Musí být namontovány systémy, povolené z hlediska odváděných plynů a stavebního dohledu. Kouřovod musí být těsný a musí být izolován.

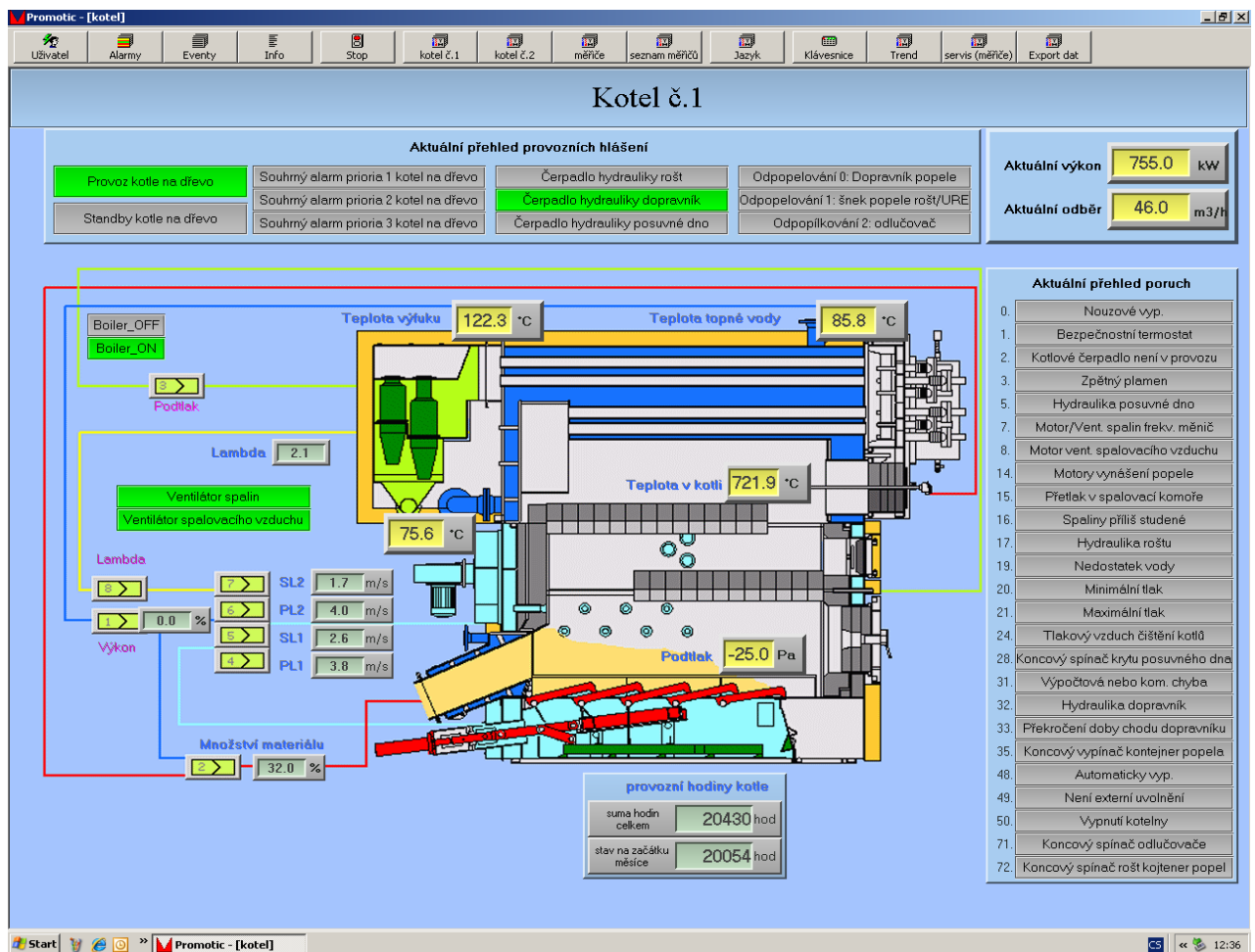
H Automatické odstranění popela – mechanické

Zbytkové látky jako popel z roštu a popílek, stejně jako nečistoty v palivu, které vznikají při spalování, jsou vynášeny z topeniště a multicyklón zase automaticky šneky. Popílek z multicyklón se shromažďuje v zásobníku o objemu 800 litrů. Popel z roštu se vynáší pomocí šneku na dopravník popele a odtud dopravován do centrálního zásobníku.

I Řízení

Celé zařízení je obsluhováno, zapínáno a kontrolováno centrálním řízením. Toto řízení se skládá v podstatě z:

- obslužného pultu
- řízení s programovatelnou pamětí a analogovými a digitálními moduly
- měřicího měniče
- spínače ochrany motoru
- jističe motoru
- pojistky a síťového zdroje
- frekvenčního měniče pro ventilátory
- hlavního spínače



Obr. 11. Zobrazení kotle v editoru PROMOTIC

Oba dva kotle jsou řízeny z řídicího pracoviště pomocí PROMOTIC programu. PROMOTIC je komplexní SCADA objektový softwarový nástroj pro tvorbu aplikací, které monitorují, řídí a zobrazují technologické procesy v nejrůznějších oblastech průmyslu. V systému PROMOTIC jsou zabudovány všechny nezbytné komponenty pro tvorbu jednoduchých i rozsáhlých vizualizačních a řídicích systémů. Díky tomu dosahuje účinnost obou kotlů závratných 87%.

2.3 Energetická bilance

Obecně lze účinnost vyjádřit jako schopnost daného zařízení využít teplo uvolněné spalováním paliva k výrobě užitého tepla [10]

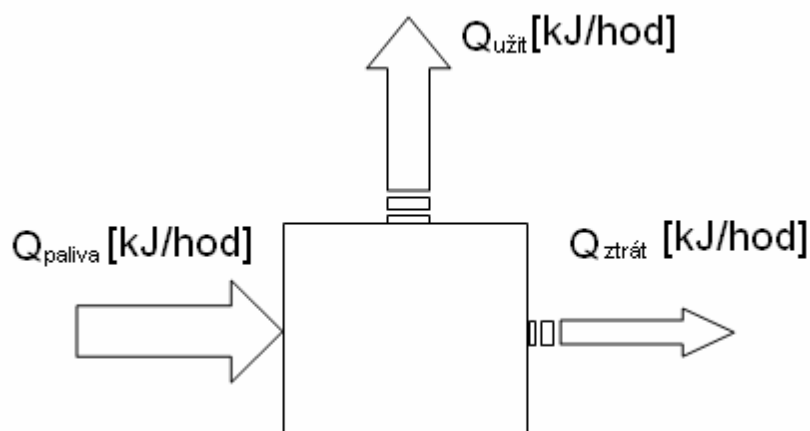
$$\eta_{\text{kot}} = \frac{Q_{\text{užit}}}{Q_{\text{paliva}}}$$

Kde η_{kot} je účinnost kotle [%]

$Q_{\text{užit}}$ je množství tepla dodané pro ohřev vody [kJ/hod]

Q_{paliva} je teplo vnesené spalováním paliva [kJ/hod]

Účinnost zařízení ovlivňují tepelné ztráty za provozu, které vypovídají, jaké množství tepla uvolněného spalováním paliva nepřejde do výroby teplé vody, páry či jiného teplotnosného média v parních nebo horkovodních kotlích (obr. 1).



Obr. 12. Schéma přestupu tepla

Pro stanovení termické účinnosti kotle lze použít metodu:

- přímou
- nepřímou[11]

Přímá metoda:

Přímou metodu lze obecně použít pro zařízení, která spalují fyzikálně a chemicky stejnorodé palivo. Jako příklady lze zmínit kotle spalující zemní plyn, topné oleje a další produkty zpracování ropy. Účinnost se pak vypočítá ze vztahu:

$$\eta_{\text{kot}} = \frac{M_v(i_2 - i_1)}{M_{pv}Q_{nr}}$$

Kde	M_v	hmotnostní průtok vody [kg/s]
	i_2	entalpie vody na výstupu [kJ/kg]
	i_1	entalpie vody na vstupu [kJ/kg]
	M_{pv}	spotřeba paliva [kg/s]
	Q_{nr}	korigovaná výhřevnost paliva (pokud není spalovací vzduch ohříván z externího zdroje $Q_{nr}=Q_n$) [kJ/kg]
	Q_n	výhřevnost paliva [kJ/kg]

V rovnici jsou hodnoty čitatele snadno měřitelné. Při dodržení minimální požadované délky armatur před a za objemovým průtokoměrem jsou chyby měření nevýznamné. Stejně tak entalpie vody na vstupu a výstupu se určí z parních tabulek, při znalosti teplot a tlaku systému, s dostatečnou přesností. Z pohledu kotlů na biomasu velká nejistota ovšem panuje u obou hodnot ve jmenovateli. Přesné určení účinnosti touto metodou totiž vyžaduje přesné vážení vstupního materiálu a určení jeho výhřevnosti. Vážení z důvodů technologické složitosti i finanční náročnosti obvykle nebývá u zařízení instalováno. V technické praxi se často využívá objemového měření, avšak tento způsob je taktéž zatížen chybou, a to z důvodu heterogenního složení paliv. Rovněž určení výhřevnosti je problematické. Laboratorní stanovení hodnoty výhřevnosti nemusí být vždy spolehlivý údaj. Chyba může vzniknout například při odběru vzorku, jež by měl reprezentovat celý objem paliva.

Nepřímá metoda:

Problém s určením hmotnosti spáleného paliva odstraňuje nepřímá metoda. Zatím co u přímé metody byly dva parametry, jejichž hodnoty byly zatížené chybou, u metody nepřímé je nezbytná znalost pouze jednoho z parametrů, a to výhřevnosti paliva Q_n [kJ/kg]. V důsledku lze pak očekávat vyšší spolehlivost, resp. stabilitu výsledné hodnoty. Účinnost lze vyjádřit vztahem:

$$\eta_{\text{kot}} = 100 - \zeta_{MN} - \zeta_{CN} - \zeta_f - \zeta_k - \zeta_{SV}$$

Kde	ζ_{MN}	ztráta mechanickým nedopalem [%]
	ζ_f	ztráta citelným teplem tuhých zbytků [%]
	ζ_{CN}	ztráta chemickým nedopalem [%]
	ζ_k	ztráta citelným teplem spalin (ztráta komínová) [%]
	ζ_{SV}	ztráta sdílením tepla do okolí [%]

Ztráta mechanickým nedopalem ζ_{MN}

Tato ztráta zohledňuje neúplné vyhoření uhlíku. Při spalování se z paliva uvolní prchavá hořlavina a následně odplyněný pevný zbytek, který je tvořen popelem a koksem (čistým uhlíkem). Spalování by mělo být voleno tak, aby nedocházelo k předčasnému vypadávání odplyněného zbytku z konce roštu a tím tak došlo k maximálnímu vyhoření uhlíku. Faktor značně ovlivňující tuto ztrátu je tedy obsah hořlaviny (uhlíku) v tuhých zbytcích (popelu a škváře).

Ztráta citelným teplem tuhých zbytků ζ_f

Ztráta citelným teplem tuhých zbytků zohledňuje fakt, že teplo absorbované ve škváře a popílku se při odloučení ze spalovacího prostoru již neúčastní přenosu tepla do horkovodní části kotle. Velikost této ztráty je značně závislá na množství popílku, škváry a jejich teplotách.

Ztráta chemickým nedopalem ζ_{CN}

U spalovacích procesů je požadavek na dokonalé spalování, při kterém jako výsledné produkty vznikají pouze produkty dokonalého spalování (např. oxid uhličitý, oxid siřičitý,

vodní páry aj.) a značné množství tepelné energie. Ztráta chemickým nedopalem vyjadřuje fakt, že spalovací reakce neprobíhají se 100% konverzí. Část vstupních surovin nezreaguje (vodík), popř. vzniknou produkty nedokonalého spalování, které neprodukují takové množství tepelné energie (např. oxid uhelnatý).

Ztráta citelným teplem spalin ζ_k (ztráta komínová)

Tato ztráta se nejvýrazněji podílí na snižování termické účinnosti kotle. Hlavní parametry ovlivňující její velikost jsou množství spalin a jejich teplota. Nižší množství spalin je možno dosáhnout nízkým součinitelem přebytku vzduchu λ . Předpoklad pro dosažení nízkého součinitele λ je plynulá regulace otáček ventilátoru pro přívod vzduchu. Přebytek vzduchu lze rovněž snížit zavedením recyklu spalin, použitím pohyblivého roštu pro rovnoměrnou distribuci paliva a dobře nastaveným řídicím systémem. Při spalování biomasy v roštových kotlích se tento součinitel pohybuje okolo $\lambda=2$. Většího snížení této ztráty lze dosáhnout snížením výstupní teploty spalin (komínové teploty), a to například využitím předehřevu pro ohřev primárního a sekundárního vzduchu v rekuperačním výměníku. Jedním z limitujících faktorů snižování komínové teploty bývá ovšem obsah síry v palivu. Oxid sírový, jako produkt spalování, při kontaktu s kondenzující vodou ze spalin tvoří koncentrovanou kyselinu sírovou. To má za následek snížení životnosti kovového vybavení rekuperačního výměníku a komínové části.

Ztráta sáláním tepla do okolí ζ_{sv}

U každého energetického zařízení pracujícího v otevřeném systému dochází k přenosům tepla z povrchu zařízení do okolí. Zmírnit množství emitovaného tepla lze pouze zaizolováním jednotlivých částí kotle. Důležité je volit optimální tloušťku izolace. Se zvětšující se tloušťkou izolace roste i plocha výměny tepla, která může naopak způsobit i ztráty vyšší. Obecně se tloušťka izolací počítá tak, aby došlo k 80% úspoře tepla. Je proto zřejmé, že toto opatření vede i k vyšším pořizovacím cenám zařízení a je povětšinou nutné provést ekonomickou bilanci. Měření ztrát sdílením tepla do okolí je u průmyslových kotlů velmi obtížné. [11] , [12] , [13]

2.4 Palivo a jeho logistika

Palivem může být nekontaminovaná dřevní hmota, vlhkost max. $W = 50\%$, popel do $A = 3\%$ hmotnostního podílu, měrná hmotnost 250 až 350 kg/m^3 .

Automatický mostový jeřáb s drapákovým nakladačem, zajišťuje automatickou manipulaci se štěpkou, sleduje a archivuje množství paliva i jeho teplotu. Palivo se příčným dopravníkem zavádí do zavážecího lisu, který vede do kotlů.



Obr. 13. Sklad paliva s mostovým jeřábem [6]

Sklad paliva:

Druhy paliva, které je možno ve skladu skladovat:

Kůra	vlhkost	$W = 35 \div 50\%$
	velikost	průřez do 25 cm^2 , délka do 80 cm
	obsah popelovin	$A = 3 \div 8\%$
Piliny	vlhkost	$W = 35 \div 50\%$
	velikost	$1 \div 10 \text{ mm}$
	obsah popelovin	$A = 1 \div 5\%$
Štěpka	vlhkost	$W = 35 \div 50\%$
	velikost	$30 \div 100 \text{ mm}$
	obsah popelovin	$A = 1 \div 5\%$

Tab. 2. Druhy používaného paliva

Nevýhodou biomasy jsou především její logistické limity. Nelze ji pěstovat a spalovat na jediném místě. Naopak: její řízenou produkci je žádoucí lokalizovat co nejbližší k teplárnám, a to s ohledem na nezanedbatelné přepravní náklady obřích kvant materiálu. Při současných cenách motorových paliv do 50 km. Na fakturované ceně 1 t biomasy se „neproduktivní“ přepravní náklady mohou podílet až 40 %. Když je biomasa vypěstována a sklizena, vyžaduje bezpečné a ekologicky nezávadné skladování.

Obecný popis činnosti automatického drapákového jeřábu:

Drapákový jeřáb prioritně pracuje v bezobslužném automatickém provozu. Zajišťuje odběr dřevního paliva ze zavážecího prostoru, plní denní zásobníky kotlů a naváží materiál do prostoru skladu. Dále v pravidelných intervalech provádí sondáž teploty uskladněného materiálu (v mezivrstvě), přerovnání materiálu ve skladu (sušení) a měření plnosti denních zásobníků. Neustále probíhá evidence jednotlivých naskladněných materiálů (v tunách) a zároveň přepočítá uskladněného množství na provoz kotelny (ve dnech) a délka doby skladování jednotlivých materiálů.

Popis automatického cyklu:

Pracovní cyklus při automatickém režimu se skládá:

1. Najetí jeřábu nad cílovou souřadnici, následuje vybrání materiálu podle dané receptury. Podle měření výšky hladiny materiálu laserovým scannerem zpomalí a zastaví po zjištění dosednutí drapáku na materiál, což je zjištěno citlivým snímačem váhy (laserovým scannerem je zajištěna vysoká manipulační rychlost). Se vznikajícím volným místem v denním zásobníku z důvodu posuvného dna je materiál vysypán tak, aby vrstva v zásobníku byla souvislá a nevznikala místa bez materiálu a tím je zajištěn kontinuální přísun paliva do kotlů. To vše je zajištěno použitím přesného měření hladiny materiálu laserovým scannerem. (možno tedy použít i více druhů paliva)
2. Spuštění drapáku a jeho současné otevírání. Drapák sjede až na materiál.
3. Uzavírání drapáku a jeho pomalé zdvihání. Po uzavření drapáku dojde k rychlému zdvihnutí do horní polohy (stabilizační poloha).
4. Dochází k současnému pojezdu jeřábu i jeřábové kočky nad místo výsypu.
5. Spuštění drapáku do určené výšky a vysypání obsahu drapáku.
6. Uzavírání drapáku a jeho rychlé zdvihnutí do horní polohy (stabilizační poloha).

Popis polohování:

1. *Určení polohy ve směru pojezdu mostu jeřábu*

Pro přesné najíždění na cílové souřadnice je použito absolutní snímání polohy (výhoda absolutního odměřování od inkrementálních snímačů spočívá v okamžité přesné informaci o poloze bez ohledu na vnější vlivy, jako jsou sjetá kola, prokluz kol, není nutná kalibrace na kalibračních snímačích a po zapnutí se nemusí najíždět do referenčních poloh). Skýtá i možnost naprogramování pevných i proměnných zakázaných zón – odstraní riziko havárií jeřábu s překážkami (oddělovací příčky skladu, konstrukce násypky, zamezení najetí nad nakládací místo v případě přítomnosti nákladního auta, atd.). Odchylka najetí se pohybuje okolo 2 mm.

2. *Určení polohy ve směru pojezdu jeřábové kočky*

Pro přesné najíždění na cílové souřadnice je opět použito absolutní snímání polohy. Odchylka najetí se pohybuje okolo 2 mm.

3. *Určení polohy ve směru zdvihu*

Odměrování ve směru zdvihu nelade nároky na vysokou přesnost a tudíž je použito relativní odměrování pomocí inkrementálních snímačů umístěných na každém kladkostroji. Konstrukce kočky s dvěma kladkostroji umožňuje přesný dosed drapáku na zešikmenou plochu (cca 20 stupňů) a tím docílit nabírání plného drapáku.

Odměrování výšky hladiny uskladněného materiálu:

Jeřáb je vybaven moderním systémem odměrování hladiny sypkého materiálu – laserovým scannerem. Pomocí tohoto zařízení se monitoruje výška hladiny materiálu ve skladu i v denních zásobnících. Laserový scanner je propojen s řídicím PLC pomocí sériové komunikace.

Měření teploty uskladněného materiálu:

Jeřáb je vybaven bezkontaktním teplotním snímačem. Měření teploty naskladněného materiálu probíhá v mezivrstvě (po odebrání vrchní vrstvy). Teplotní snímač je propojen s řídicím PLC pomocí sériové komunikace. Pokud dojde k detekci vyšší teploty naskladněného materiálu, jeřáb automaticky provede přeskladnění tohoto materiálu a spustí alarm.

Řídicí systém (PLC) drapákového jeřábu:

Pro řízení všech funkcí jeřábu a komunikaci s nadřízeným systémem je v rozvaděči instalován řídicí systém (PLC) od předního světového výrobce SIEMENS. Tento výrobce zaručuje držení řady, což v automatizaci znamená kompatibilitu softwaru mezi novými i staršími zařízeními. To je důležité ze servisních důvodů pro nepřetržitý provoz zařízení. Vychází z jejich zkušenosti při realizaci zakázek vysoké spolehlivosti (při požadavku minimální servisní odstávky). Uživatelský software PLC byl po ukončení zkušebního provozu dodán uživateli na CD.

Vážicí systém:

Jeřáb je vybaven samostatným vážícím zařízením, které poskytuje informace o hmotnosti naloženého materiálu. Jedná se o informativní váhu s vysokou přesností (do 5%). Vážicí procesor je s řídicím systémem (PLC) jeřábu propojen komunikační linkou. Váha se též zpracovává ve vizualizaci pro sledování objemu v závislosti na hmotnosti za daný časový úsek (možnost vyhodnocení kvality materiálu, vlhkost = výhřevnost).

Vážicí systém plní též funkci přetěžovací pojistky (nepovolí zdvihat břemeno o vyšší hmotnosti než je nominální nosnost jeřábu) a funkci odlehčení drapáku (signál jde do PLC při snížení hmotnosti pod danou mez při položení drapáku na materiál).

Monitorovací zařízení:

V rozvaděči jeřábové kočky je umístěno elektronické monitorovací zařízení, výstupní data jsou plně v souladu s normou ČSN ISO 12482 – 1 a poskytují dokonalý přehled o způsobu práce s jeřábem, tj. znalost o vytížení jeřábu, kdy a do jaké míry je jeřáb přetěžován, zda a kým je prováděna předepsaná údržba, kolik času zbývá do provedení údržby a které části. Pomocí softwaru v českém jazyce v prostředí Windows se uživateli naskýtá komfortní zpracování monitorovacích dat (možnost zobrazení na monitoru PC, možnost tisku).

Signalizace:

Pro rychlý přehled provozních stavů je jeřáb vybaven sloupcovým vícebarevným signalizačním svítidlem, které je sestaveno z následujících signálů:

- Zelená svítí – jeřáb je v provozu, silové obvody jsou zapnuty
- Zelená bliká – jeřáb je silově vypnut, přívod je pod napětím
- Červená svítí – porucha
- Oranžová bliká – přetížení zdvihu
- Modrá svítí – navolen automatický režim
- Modrá bliká – probíhá automatický cyklus

Toto je signalizováno i na rozvaděči v hale. Jeřáb je vybaven i akustickou signalizací (siréna je na rozvaděči).

Regulace pohonů:

Pohony jeřábu ve všech třech osách (pojezd jeřábu, pojezd jeřábové kočky, zdvih) jsou regulovány frekvenčními měniči. Tím je docíleno plynulého rozjezdu i dojezdu všech pohonů tak, aby nedocházelo k rozkývání drapáku během jízdy a zároveň se snížila hlučnost jeřábu na minimum. Použité frekvenční měniče jsou typu ATV 71 od firmy Schneider, která garantuje kvalitní a rychlý servis (servisní centrála je v Písku).

Bezpečnost obsluhy:

V projektu zařízení je kladen vysoký důraz na bezpečnost osob cíleně se pohybujících v pracovním prostoru jeřábu. Na rozvaděči v hale je umístěno tlačítko CENTRAL STOP, plus další tlačítka jsou rozmístěna v prostoru haly. Dle bezpečnostních norem pracovních strojů pro plně automatický provoz bez obsluhy nelze přenášet signál CENTRAL STOP bezdrátově nebo přes trolejové vedení, tudíž bylo nutno umístit rozvaděč jeřábu se silovými obvody umístit do prostoru haly a propojení bezpečnostních obvodů provést kabelově.

Zdvojená ochrana pracovního prostoru:

1. Jsou použity laserové ploty pro zamezení přístupu nepovolaných osob do skladu a na nakládací plochu při narušení těchto zón jeřáb čeká na potvrzení obsluhy o bezpečnosti zón.
2. Jeřáb pomocí laserového scanneru dokáže rozpoznat osobu nebo automobil a tuto situaci vyhodnotit jako narušení pracovního prostoru a zastavit manipulaci (signalizováno ve vizualizaci).

Umístění hlavního rozvaděče:

Jelikož je rozvaděč jeřábu se silovými obvody umístěn v prostoru haly, je přívod napájení jeřábu řešen kabelovým řetězem a nikoli trolejovým vedením. Toto řešení je výhodnější i z hlediska údržby a servisu (všechny řídicí, jistící a spínací prvky jsou jednoduše přístupny přímo v hale).

Pracovní režimy:

a) *Automatický režim*

Volba režimu se provádí z ovládacího panelu na rozvaděči. Automatický režim byl popsán výše.

b) *Poloautomatický režim*

Volba režimu se opět provádí z ovládacího panelu na rozvaděči. Obsluha si na barevném dotykovém displeji zvolí prostor pro vyskladnění a potvrdí poloautomatický cyklus.

c) *Ruční režim*

Volba režimu se zase provádí z ovládacího panelu na rozvaděči. Ruční režim se využívá pro servisní činnost, kalibraci snímačů, revize jeřábu, opravy a kontroly jednotlivých komponentů, apod. V tomto režimu se jeřáb ovládá pomocí soupravy dálkového ovládání. V ručním režimu je možno ovládat tyto funkce jeřábu dle symbolů na panelu dálkového ovládání:

- Zdvih nahoru, dolů (ve dvou úrovních rychlosti)
- Pojezd jeřábu vpřed, vzad (ve dvou úrovních rychlosti)
- Pojezd jeřábové kočky (ve dvou úrovních rychlosti)
- Otevírání a zavírání drapáku
- Signalizační sirénu
- CENTRAL STOP

d) *Nouzový režim – BY-PASS*

Abychom zachovali mobilitu jeřábu i v případě poruchy řídicího systému, je možno klíčovým ovladačem na rozvaděči aktivovat nouzový režim, kdy dojde k přemostění PLC a základní funkce jeřábu je možno ovládat pomocí dálkového ovládání.

Ovládání:

a) *Ovládací panel*

Zapnutí silových obvodů, volba pracovního režimu a spuštění či receptura automatického nebo poloautomatického cyklu se provádí z ovládacího pultu umístěného na rozvaděči. Zde se také nachází barevný dotykový panel s vizualizací

procesu, zobrazením poruchových hlášení, zobrazením provozních údajů, zobrazením servisních stavů atd.

b) *Volba typu materiálu pro uskladnění*

V prostoru navážení materiálu jsou instalovány tlačítkové ovladače pro volbu typu materiálu pro naskladnění. Dále se zde ovládá potvrzovací tlačítko pro uvolnění pracovního prostoru (v bezpečnostních obvodech).

c) *Dálkové ovládání*

Pro ovládání jeřábu v ručním nebo nouzovém režimu se používá dálkový ovladač.

Servis:

Na zařízení je prováděn pravidelný servisní dohled v intervalech zhruba 4-6 měsíců. Je vždy provedena kontrola stavu všech důležitých komponentů.

Dodavatelská firma garantuje nástup k provedení servisního zákroku do 24 hod po nahlášení závady.

Kamerový systém:

V prostoru skladu jsou namontovány kamery pro sledování pracovního prostoru jeřábu se zálohováním videozáznamu na PC ve velínu. Tímto je dána možnost zpětné kontroly práce jeřábu a pracovního prostoru jeřábu.

Příjem paliva:

Při příjezdu dopravce paliva provede obsluha:

- 1) Odstavení laserových ochranných plotů ve skladu paliva – zastavení automatického provozu jeřábu.
- 2) Pokyn dopravci ke složení paliva v prostoru skladu.
- 3) Vizuální kontrola typu paliva (štěpka, kůra, piliny).
- 4) Navolení typu uskladnění (štěpka, kůra, piliny).
- 5) Uvedení laserových ochran do činnosti – spuštění automatického provozu jeřábu.

Maximální kapacita skladu:

1. Denní zásobník pro kotel K1 – 1,6 MW	82 m ³
2. Denní zásobník pro kotel K2 – 2,4 MW	129 m ³
3. Sklad – výška paliva do 4 m	1150 m ³
4. Celková maximální kapacita skladů	1361 m ³

Maximální zásoby umožňují provoz kotleny v průměrném režimu na cca 17 dní. Při trvalém špičkovém výkonu (4MW) na cca 8,5 dní, je proto nutno mít zajištěn plynulý přísun paliva z meziskladů či přímo od dodavatelů paliva, jinak hrozí riziko omezení výkonu.

2.5 Provoz kotle

Všeobecný popis:

Automatické topeniště “Schmid Pyrotronic“ je konstruováno k hospodárnému spalování s malým množstvím emisí:

- přírodního dřeva (lesní štěpky)
- zbytků dřeva z průmyslu zpracovávajícího dřevo

Tímto spalováním získávané teplo je využíváno termicky. Podle potřeby tepla ve vytápěných prostorách a budovách je zapotřebí různých tepelných výkonů. Je k dispozici více typů s různými jmenovitými výkony.

Kombinace dvou nebo více typů kotlů na dřevo anebo jiných tepelných zařízení je možná a účelná, neboť dimenzování celého topného zařízení určuje hospodárnost a zatížení životního prostředí.

Konstrukce zařízení:

Zařízení zahrnuje vždy tyto fáze procesu

- uskladnění paliva
- vynesení a doprava
- spalování
- výměna tepla
- čištění kouřových plynů
- odstranění popela

Jednotlivé části zařízení jsou sestaveny modulárně a mohou být tak lépe propočítány podle faktorů určujících typ zařízení jako:

- tvar paliva a vlhkost
- potřeba výkonu
- stavební poměry

Podmínky okolí:

Pro spalování dřeva je podle výkonu zapotřebí určité množství přiváděného vzduchu (spalovací vzduch). Velikost otvorů je stanovena při projektování. Musí činit podle směrnice VKF 8-10 dm² na 100 kW výkonu kotle. Otvory předpokládané pro přívod vzduchu do topeniště nesmějí být v žádném případě zakryty nebo uzavřeny, protože jinak je provozováno topeniště při nedostatku vzduchu. To vede ke zvýšeným emisím znečišťujících látek v kouřových plynech a teplota spalování stoupá tak silně, že v topeništi může dojít ke škodě.

Zatížení životního prostředí:

Automatické topeniště pro dřevo splňuje při správném provozu zákonná ustanovení a nařízení. Palivo dřevo je CO₂-neutrální a jeho doprava a skladování je bez rizika. Použití dřeva jako paliva je takto ekologicky účelné a nezhoršuje životní prostředí.

Zbytky popela obsahují především draslík. Aby se zabránilo přehnojení, smí být tento popel používán jako hnojivo jen v malém množství. Nejvyšší doporučené množství činí 25 kg na 100 m² za rok.

Normální provoz:

Zařízení pracuje plně automaticky podle hodnot nastavených při uvedení do provozu. Při dosažení teploty rozběhu, spínací bod ohniště vypnuto, je ohniště vypnuto v normálním výběhu a po dosažení diferenční teploty je opět automaticky nastartováno.

Výkonový regulátor:

Naměřená teplota rozběhu se srovnává s referenční hodnotou (není identická s bodem vypnutí u dat zařízení). Regulátor počítá výkon, který se má vyrobit. Tato hodnota výkonu se zahrnuje do regulátorů pro palivo a množství do výpočtu referenční hodnoty tak, aby byl podán požadovaný výkon.

Optimalizace hoření:

Naměřená teplota hoření se srovnává s vypočtenou referenční hodnotou. Regulátor propočítává požadované množství paliva, které je přiváděno taktováním dávkovacího dopravníku nebo dávkovacího příkládače.

Regulace podtlaku:

Pro stabilní hoření musí být udržován konstantní podtlak v topeništi. Podtlakový regulátor měří momentální podtlak a reguluje počet otáček ventilátoru kouřových plynů.

Různé regulátory:

Množství primárního a sekundárního vzduchu se měří a reguluje přes regulační motor na vypočtenou hodnotu.

Inspekce – kontroly:

Každé 2 – 3 dny:

- kontrola topeniště a podoby plamene
- kontrola teploty vratné a topné vody
- kontrola teploty odváděného plynu (180 – 220 °C)
- kontrola hluku motoru
- kontrola stavu plnění nádoby na popel
- kontrola zásoby paliva

Týdně:

- kontrola zóny vyhoření, pokud je to nutné, posunout popel dozadu
- zkontrolovat stav klenbového kamene
- kontrola stavu oleje kompresoru tlakového vzduchu
- vypustit kondenzát u kompresoru tlakového vzduchu

Každé 1 – 2 měsíce:

- kontrola stavu oleje v hydraulických agregátech
- kontrola a mazání kuličkových ložisek podle plánu mazání
- kontrola těsnících manžet u turniketového uzávěru

Čištění:

Každé 2 – 3 týdny vždy podle kvality paliva (znečištění) a zátěže (výkonu) provést čištění tahů kouřovodu kartáčem, nebo otočením turbulátoru s čisticím agregátem. Odpadá při automatickém čištění. Aby tato práce byla provedena čistě, nechat běžet kouřový ventilátor.

Každých 4 – 6 týdnů by mělo být provedeno čištění topeniště, pod podávacím roštem lopatkou nebo speciálním vysavačem popela (předtím než se provádí tato práce, mělo by být spuštěno zařízení 20 – 30 minut na provoz VENTILACE).

Zhruba 2x ročně provést kompletní čištění kominíkem zejména:

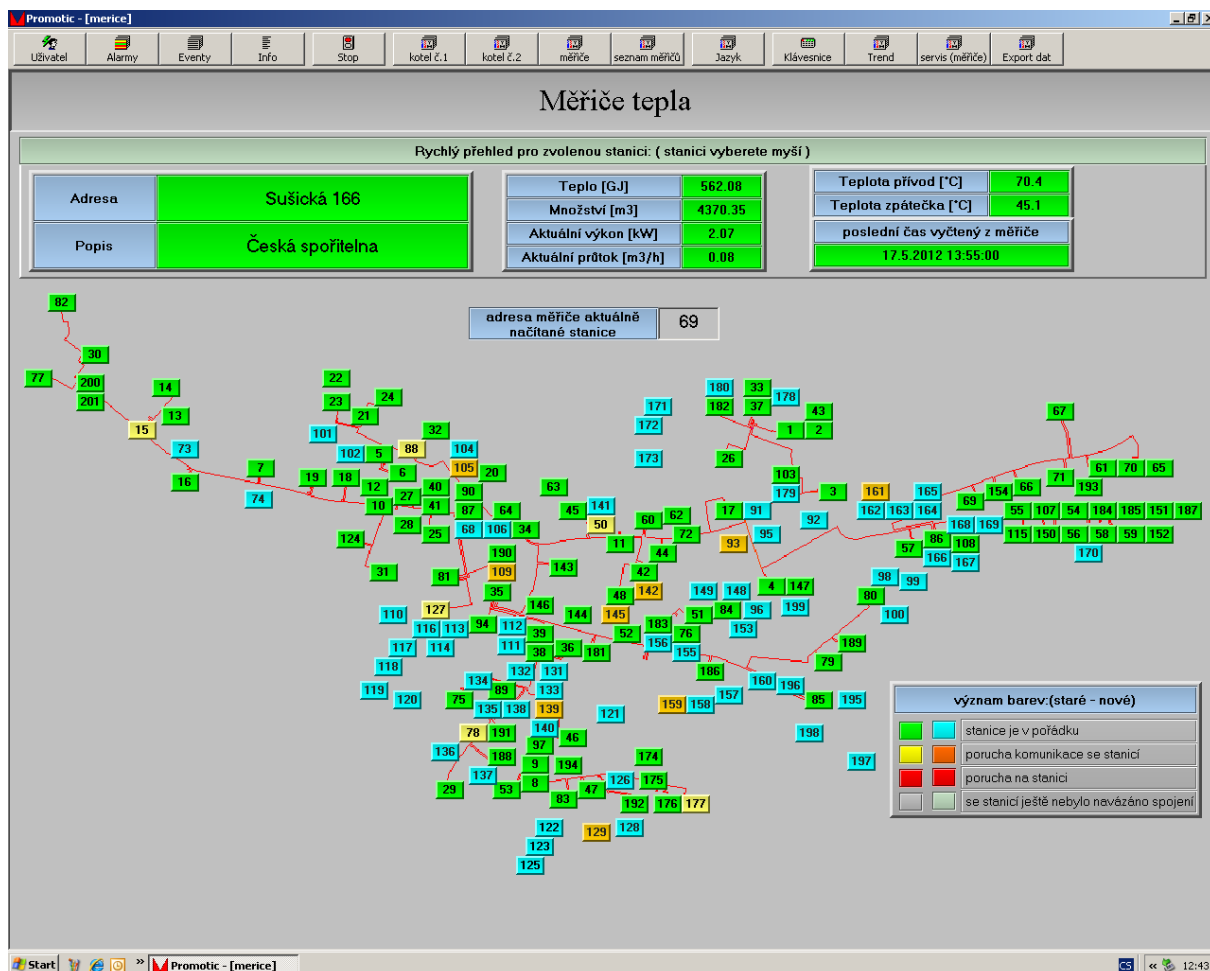
- tahy kouřovodu (s automatickým čištěním případně není nutné)

- ventilátor odváděného plynu včetně oběžného kola
- cyklónový vstup
- trubka odváděného plynu a krb
- topeniště a pod podávacím roštem stejně jako zóna vyhoření
- rošt (v případě potřeby vyčistit /rozložit)

2.5 Distribuční síť

Tepelná síť je řešena jako předizolovaný, sdružený dvoutrubkový potrubní systém ISOPLUS v bezkanálovém provedení s topným médiem (teplá voda) o parametrech 110/70 °C a max. přetlakem 1,0 MPa. Tyto parametry jsou určeny především pro zimní, tedy topné období a dle provozních podmínek kotelny je možno v letním období, tj. v případě otopu pouze TUV, sníženy na 90/60 °C. Celkový počet stanic ve městě je 205 kusů a celkový instalovaný výkon cca 4 MW.

V případě kdy chceme připojit vzdálenější objekt, hraje významnou roli délka přípojky, je proto nutno zvážit, zda-li se spíše nevyplatí takto vzdálené objekty připojit na samostatné zdroje, např. kotle na pelety. U obcí, kde je nutné vést dlouhé tepelné rozvody, není CZT z důvodu významně vyšších pořizovacích nákladů na rozvody ekonomicky výhodné, přestože zde dochází celkově k nižším emisím než u kotlů individuálního vytápění, tento rozdíl však není příliš významný. Proto lze u obcí s řídkou zástavbou, nebo pro doplnění systému CZT u vzdálenějších objektů doporučit individuální vytápění na biomasu.



Obr. 14. Schéma distribuční soustavy Kašperský Hory v editoru PROMOTIC

3. Faktory ovlivňující efektivitu a účinnost výtopny

3.1 Energetické, environmentální a ekonomické hodnocení výtopny

Biomasa je obnovitelným zdrojem energie, tzn. při racionálním využívání nevyčerpatelný. V souvislosti s využíváním energetické biomasy se rozumí rostlinnou biomasou především dřevo a různorodý dřevní odpad, resp. jiné energetické rostliny vhodné pro spalování v různých topeništích. Pozitivní vliv biomasy na globální ekosystém je všeobecně známý. Uhlík „putuje“ globálním ekosystémem, protože je získáván fotosyntézou z atmosféry (z oxidu uhličitého) a je součástí rostlinné tkáně. Rostlinná biomasa se stává dílčím skladem uhlíku při svém růstu i po její těžbě. Pokud je biomasa využívána pro energetické účely, spálením se uhlík dostává do atmosféry a může být opět uložen do rostlinné tkáně, resp. může být také vdechnut do těl živočichů. Produkty vznikající spalováním biomasy jsou vráceny zpět do čistého koloběhu a jsou tedy vůči člověku přátelské.

Jako příklad, zde uvedu výsledky autorizovaného měření, které se konaly dne 9.2.2012, měření provedla HF – ENERGO, spol. s r.o. Analýza byla provedena pro vztažné podmínky: suchý plyn, NP (101 320 Pa; 0°C), 11% O₂.

Znečišťující látka[mg/m ³]	Průměrná hodnota [mg/m ³]	Emisní limit [mg/m ³]
CO	34	650
NO _x	151	650
SO ₂	1	2500
TZL	56	250

Tab. 3. Stanovení vyprodukovaných emisí pro kotel K 1

Znečišťující látka[mg/m ³]	Průměrná hodnota [mg/m ³]	Emisní limit [mg/m ³]
CO	29	650
NO _x	139	650
SO ₂	1	2500
TZL	77	250

Tab. 4. Stanovení vyprodukovaných emisí pro kotel K 2

Jak můžeme vidět, výtopna v Kašperských Horách splňuje emisní limity víc než dostatečně. V případě oxidu siřičitého až 2500krát méně než vyžaduje norma. Vzhledem k tomu, že město Kašperské Hory sídlí v údolí obklopeném ze všech stran kopci, je dobrá kvalita ovzduší velmi potřebná, protože zejména při inverzi dřív docházelo k velmi nepříjemnému tvoření přízemního kouře. Díky kontrolovanému spalování ve větším zařízení jsou celkové emise nižší, než by byly v případě individuálních topenišť. Ke zlepšení imisní situace přispívá i to, že výtopna má vyšší komín, než mají jednotlivé domy, takže rozptyl emisí je lepší. Z hlediska globálního oteplování nemá biomasa žádný negativní vliv, na rozdíl od plynu nebo jiných fosilních paliv.

Nejcitlivějším faktorem, který ovlivňuje cenu vyráběného tepla je cena, resp. dostupnost paliva. Dále se projevuje faktor, kdy dochází postupem času k zateplování napojených objektů s dopadem na snížení dodávaného množství tepla a menšímu využití zdroje, tento faktor se projevuje u větších instalací, kde je napojeno více rozsáhlých objektů pro bydlení,

keré je jednoznačně ekonomické zateplit. Je proto velmi žádoucí věnovat pozornost při dimenzování zdroje i stavu napojených konstrukcí a předpokládanému vývoji.

K dostupnosti paliva lze říci, že kromě využití místních zdrojů většinou z pilařských závodů, truhláren, případně odpadní biomasy z prořezávek, většina provozovatelů nakupuje biomasu, zejména štěpku od dopravců, kteří takto vytěžují kamiony. Některá CZT mají problém s dostupností dostatečného množství biomasy, což se pak negativně odráží na prodejní ceně vyrobeného tepla, neboť cena dopravy je pro cenu paliva rozhodující. V průměru se paliva dováží z okruhu do 20-50 km, v případě dopravců, kteří vytěžují a jsou tak schopni nabídnout i nižší cenu, je palivo dováženo i z větších vzdáleností. Cena nakupované štěpky se přímo odvíjí od její vlhkosti. Vyspělý systém plateb aplikuje společnost TEZA Brno, kdy je za palivo placeno v závislosti na množství vyrobeného tepla, které se přímo odvíjí od kvality dodané biomasy.

Produkce a využití biomasy vytváří nová pracovní místa a posiluje místní ekonomiku – peníze vynakládané za fosilní paliva jdou mimo obec a v případě biomasy zůstávají v obci nebo v regionu. Plantáže vytrvalých plodin a dřevin mohou při vhodném umístění sehrát pozitivní roli při ochraně proti vodní a větrné erozi.

3.2 Palivové hospodářství

Voda v palivu:

Snižuje výhřevnost paliva a je zdrojem řady potíží při dopravě paliva (způsobuje nalepování uhlí na dopravních cestách, v zimě zamrzá a způsobuje potíže při vyskladňování vagónů) i při samotném spalování. Voda odchází se spalinami ve formě vodní páry a zvětšuje tak objem spalin. Při poklesu teploty spalin pod hranici rosného bodu urychluje korozi kotle ze strany spalin. Čím je palivo geologicky starší, tím méně vázané vody obsahuje.

Popelovina v palivu:

Jedná se o minerální látky (křemičitany, uhličitany, sírany a další) obsažené v tuhém palivu před jeho spálením. Spálením vzniká z popeloviny tuhý zbytek, kterému říkáme popel. Pro provoz kotlů jsou velmi důležité charakteristické teploty popele, které nám určují chování

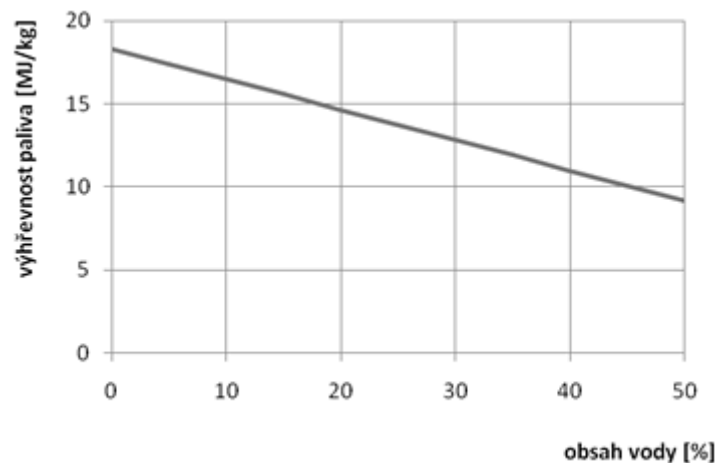
popelé při různých teplotách. Jedná se o teplotu měknutí (t_a), tavení (t_b) a tečení (t_c). Určování těchto teplot je dáno normou ČSN ISO 540.

Z praktického hlediska nám t_a určuje minimální teplotu, kdy začne docházet k nalepování popelé na výhřevné plochy a tím ke zhoršení prostupu tepla ze spalin do media. Při překročení teploty t_c dojde k roztavení popelé. Na charakteristické teploty popelé má přímý vliv jeho složení (viz tab.).

<i>Prvky zvyšující charakteristické teploty popelé</i>	
oxid křemičitý	SiO ₂
oxid hlinitý	Al ₂ O ₃
<i>Prvky snižující charakteristické teploty popelé</i>	
oxid železitý	Fe ₂ O ₃
oxid hořečnatý	MgO
oxid titaničitý	TiO ₂
oxid vápenatý	CaO
oxid fosforečný	P ₂ O ₅
oxid sírový	SO ₃
oxid manganato-manganitý	Mn ₃ O ₄
oxid sodný	Na ₂ O
oxid draselný	K ₂ O

Tab. 5. Vliv prvků na charakteristické teploty popelé [2]

Hořlavina paliva:



Obr. 15. Závislost výhřevnosti paliva na vlhkosti [2]

Hořlavina je část paliva, která je nositelem tepla uvolněného spalováním. Jedná se o tyto prvky: uhlík, vodík a síra. Obsah síry v palivu je nežádoucí, neboť zvyšuje obsah SO₂ ve spalinách, výrazně zvyšuje rosný bod spalin a způsobuje snížení charakteristických teplot popele. Důležitou vlastností paliv je prchavá hořlavina. Je to část hořlaviny, která se uvolňuje při začátku spalování a v podstatě napomáhá vznícování paliva v ohništi a stabilizuje spalovací proces.

Výhřevnost paliva:

Nejdůležitější energeticko-ekonomickou vlastností paliva je informace o obsahu energie v palivu – výhřevnost. Výhřevnost (kJ.kg⁻¹) je teplo uvolněné dokonalým spálením 1 kg paliva při ochlazení spalin na 20 °C, přičemž voda ve spalinách zůstane v plynné fázi.

Výhřevnost se určuje výpočtem ze změřeného spalného tepla

$$Q_i' = Q_s - r \cdot (W' + 8,94 \cdot H_2) \text{ [kJ.kg}^{-1}\text{]}$$

kde

W' – obsah vody v palivu [–]

r – výparné teplo vody [kJ.kg⁻¹]

H_2 – obsah vodíku v surovém palivu (z 1 kg vodíku vznikne 8,94 kg vody) [–]

Výhřevnost paliva kromě prvkového rozboru hořlaviny silně závisí na obsahu vody. [2]

Dřevní štěpka – zelená, hnědá, bílá:

Dřevní, resp. lesní štěpka je strojně nakrácená a nadrcená dřevní hmota na částice o délce od 3 do 250 mm. Je získávána z odpadů lesní těžby a průmyslového zpracování dřeva nebo rychle rostoucích dřevin. Jedná se o velmi levné bioplalivo určené pro vytápění větších budov. Podle kvality štěpky a dalších příměsí ji můžeme dělit na štěpku zelenou, hnědou a bílou.

Dřevní štěpka ze zbytků lesní těžby:

Jedná se o strojně zpracované těžební zbytky a kmínky z probírek na délku 50 až 250 mm. Obsah vody bezprostředně po těžbě dosahuje více než 55 %, objemová hmotnost se pohybuje okolo 300 kg/m³. Obsah vody po přirozeném dosoušení přes léto na slunném a větru vystaveném místě zpravidla klesá na 30 % při objemové hmotnosti kolem 250 kg/m³. Výhřevnost je vysoce závislá na obsahu vody, její hodnotu můžeme uvažovat v rozmezí 8 až 12 MJ/kg.

Na trhu se objevuje několik druhů dřevní štěpky, především:

Zelená štěpka (lesní):

Štěpka získaná ze zbytků po lesní těžbě. Lze v ní nalézt nejen části drobných větví, ale také listí, případně jehličí – proto zelená štěpka. Tím, že se zpracovává čerstvá hmota, je vlhkost této štěpky vysoká.

Hnědá štěpka:

Štěpka získaná ze zbytkových částí kmenů, pilařských odřezků apod. Sjednocujícím prvkem je obsah kůry. Dříví totiž nebylo před zpracováním odkorněno, lze tedy na jednotlivých štěpkách rozpoznat části kůry.

Bílá štěpka:

Štěpka získaná z odkorněného dříví, obvykle odřezků při pilařské výrobě. Ani na jednotlivých štěpkách se již nenachází kůra (na rozdíl od štěpky hnědé). Využívá se především pro výrobu dřevotřískových desek.

Dřevní štěrka ze zbytků z průmyslového zpracování dřeva:

Strojně zpracovaný odpad průmyslového zpracování dřeva na délku 3 až 15 cm. Obsah vody z pilařských odpadů bývá kolem 45 %, z truhlářské výroby kolem 15 %. Výhřevnost 9 až 16 MJ/kg.

Využití štěrky:

Štěpku lze používat ve vyšší výkonové škále kotlů a kamen v rodinných domech a ve větších budovách. Vzhledem k povaze paliva jde o zcela čistý a OZE bez přidané energie (např. na sušení nebo lisování), což se projevuje v nízké pořizovací ceně za palivo.

V kotlích na spalování dřevní štěrky je možno spalovat nestlačenou, volně loženou dřevní štěrku zpracovanou na drobnu (štěpkovačem nebo drtičem) z dřevních zbytků z lesní těžby, pil, apod. Podle velikosti a výkonu kotle a doporučení výrobce lze využívat štěrku hrubší o nestejně frakci vyrobenou v kladivových drtičích nebo jemnější štěrku vyrobenou v nožových štěpkovačích.



Obr. 16. Dřevní štěrka vyrobená nožovým štěpkovačem [5]



Obr. 17. Dřevní štěrpkou vyrobená kladivovým drtičem [5]

Skladování a manipulace se štěpkou:

Pro skladování dřevní štěrpkou potřebujeme díky její nízké objemové hmotnosti prostornější sklady, velkoobjemová síla, nebo haly. V případě instalace kotle na štěrpkou v rodinném domě je potřeba počítat s odpovídajícími prostory např. ve sklepě pro min. 50 m³ štěrpkou. Ve skladu musí být především zaručeno nezbytné provětrávání. Palivová štěrpkou má vyšší obsah vody, je náchylná k plesnivění a zapařování, což by mohlo v uzavřených místnostech vést k riziku samovznícení. Dostatečné provětrávání skladu nám zajistí i dosoušení štěrpkou během skladování. Uskladnění přímo ve vytápěných obytných budovách bez účinného provětrávání skladu se nedoporučuje, v některých zemích je přímo zakázáno. Při skladování většího objemu dřevní štěrpkou je potřeba dimenzovat vstup do skladu pro dopravní a manipulační techniku.

Vlastní přikládání dřevní štěrpkou je nejčastěji řešeno šnekovým dopravníkem, popř. pomocnými hrably z blízkého skladu paliva. V případě vytápění většího objektu je menší objem štěrpkou do kotle dopravován šnekovým dopravníkem z meziskladu, který je dle aktuální potřeby doplňován větším pásovým dopravníkem nebo kolovým manipulátorem z centrálního skladu štěrpkou.

Doporučení při nákupu štěpky:

Dřevní štěpku si může spotřebitel v malých objemech připravit sám vhodným drtičem, lze využívat např. biomasu rychle rostoucích dřevin nebo zbytky stromů. Při potřebě většího množství paliva je doporučeno obrátit se na dodavatele dřevní štěpky – těžářské firmy, distributory paliv, majitele lesů, pil, dřevozpracujícího průmyslu, správce státních lesů, apod. Dřevní štěpka je dodávána zpravidla podle smluvních závazků v dodacím listu, kde by měla být popsána velikostní struktura, čistota a zejména obsah vody ve štěpce.

Dřevní štěpka zatím není klasickým palivem s rozvinutou sítí dodavatelů pro malospotřebitele.

Základní technické parametry štěpky:

- výhřevnost : 8 až 15 MJ/kg
- váha / objem : kolem 250 kg/m³
- vlhkost : 15 - 50 % [5]

Logistika při energetickém využití rostlinné biomasy

Návrh logistických řetězců vychází ze znalosti mnoha parametrů rostlinných surovin, které jsou často odlišné od stabilních vlastností průmyslově využívaných materiálů. Z hlediska logistiky je to zejména dlouhá doba výrobního cyklu, který má sezónní charakter, schopnost rychlé degradace surovin při nevhodném způsobu nakládání s nimi a v neposlední řadě široká škála surovin, jejichž vlastnosti se vzájemně značně liší a mění v závislosti na okolních vlivech.

Energetické využívání rostlinné biomasy je souhrnný systém technických, ekonomických a ekologických aspektů. Logistika je reálnou součástí těchto provozů a přispívá významným podílem k jeho funkčnosti a efektivitě. Z hlediska logistiky je ale tato oblast poměrně specifická.

Specifická problematika:

Z hlediska logistického řízení je problematika využívání biologických surovin oblastí specifickou, kde některé zásady aplikovatelné v oblasti průmyslových výrobků nebo nebiologických surovin nelze uplatnit. Hlavním důvodem je dlouhá doba výrobního cyklu, který má sezónní charakter, schopnost rychlé degradace surovin při nevhodném způsobu nakládání s nimi a v neposlední řadě široká škála surovin, jejichž vlastnosti se vzájemně značně liší a mění v závislosti na okolních vlivech.

Těmto faktům musí odpovídat vlastnosti použitých technologií pro produkci a spotřebu a v potaz musí být brány i při logistickém řešení. To musí být bezpodmínečně podepřeno jednoznačně vyjasněnými vztahy mezi odběrateli a dodavateli, dostatečnou akumulací kapacitou, která vyrovná nerovnoměrnosti získávání vstupní suroviny v průběhu roku a musí být schopno reagovat na možné změny.

Zohlednit místní poměry:

Dále je pro návrh logistického řetězce důležité charakterizovat oblast, kde budou suroviny získávány. Z těchto vlastností je nejdůležitější znát:

- podíl zemědělské půdy
- případně podíl lesních pozemků nebo jiných důležitých zdrojů
- kapacitu surovin z jiných zdrojů (odpady, zbytkové suroviny atd.)
- množství nepoužitelné produkce (spotřeba surovin zemědělskou výrobou, spotřeba v jiných provozech, nerentabilní produkce, ztráty)

Další vlastnosti lze ze zadaných parametrů stanovit výpočtem:

- potřebu paliva
- velikost nasávací oblasti
- velikost svozové oblasti
- střední dopravní vzdálenost
- minimální skladovací kapacita

Spotřeba rostlinných surovin:

Pro funkční systém energetického využití rostlinných surovin musí být zajištěn bezproblémový přísun vstupních surovin v potřebném režimu (bez ohledu na to, jestli se jedná o kotelnu, bioplynovou stanici nebo jiný typ provozu) a zároveň musí být zajištěno systematické nakládání se zbytkovými surovinami (popel, digestát) za dodržení podmínek kladených platnou legislativou a zásad ochrany životního prostředí.

Termín a místo, kde je možné většinu vstupních surovin získat, se zpravidla neshoduje s termínem a místem spotřeby. Získávání většiny rostlinných surovin je sezónní záležitost, termínově umístěná v teplejší části roku, zatímco jejich využívání v lepším případě v průběhu roku mírně kolísá v závislosti na nejrůznějších faktorech, většinou však má rovněž sezónní charakter. Vyšší spotřeba ovšem termínově pokrývá studenější část roku.

Parametry a charakteristiky:

Při návrhu logistického řetězce pro konkrétní projekt využití rostlinné biomasy k energetickým účelům je nutné vycházet z parametrů provozovny, která bude tuto biomasu využívat, z vlastností potenciálních zdrojů a charakteristiky oblasti, kde bude projekt realizován. Přehled o základních parametrech je nutné mít již ve fázi plánování projektu. Nejdůležitější vlastnosti z hlediska spotřeby (např. spalovací zařízení) jsou:

- typ provozu (stručná charakteristika provozu, využití a typ hlavního zařízení, např. kotle)
- instalovaný výkon zařízení
- účinnost transformace
- roční provozní doba

Dále je nutné znát stručnou charakteristiku používaných surovin. Minimálně je nutné znát tyto vlastnosti:

- typ surovin (stébelniny, dřeviny, odpady, kombinace)
- formy používaných surovin (balíky válcové nebo hranolové, štěpka, brikety, pelety, atd.).
- maximální přípustný obsah veškeré vody
- sypanou hmotnost, případně další dopravně-manipulační vlastnosti

- výnos (v závislosti na půdně klimatických podmínkách, charakteru udržovaných porostů, případně jiných místních vlivech)
- energetické vlastnosti [4]

Je třeba respektovat specifika, kterými se biomasa vyznačuje, zejména vysoký podíl prchavé hořlaviny, nízká teplota tavení popelovin nebo struktura která bez mechanického narušení pomalu odhořívá. Dle výkonové kategorie, typu spalovacího zařízení, úrovně komfortu pro uživatele a druhu použité suroviny je nutné, zejména pro zařízení s nižšími výkony, biomasu dále upravit na palivo se zaručenými vlastnostmi (obsah vody, mechanické vlastnosti, zrnitost, apod.) do podoby pelet, briket, štěpky, balíků apod. V případě větších výkonů se logicky vzhledem k nákladům na dopravu volí spalovací zařízení dle dostupnosti konkrétní suroviny v místě spotřeby.

Biomasa je produktem fotosyntézy rostlin, při kterém nabývá různých forem. Pro energetické využití jsou vhodné hlavně dřevnatějící a vláknité tkáně a obaly (dřevo, stonky, listy). Emise z biomasy jsou výrazně nižší než u fosilních paliv. Obsah těžkých kovů v palivech z biomasy je téměř nulový. Energie obsažená v biomase je 8 -16 MJ/kg. Biomasu lze podle typu využít buď pro spalování, nebo ji biochemicky přeměnit (kvašením) na další ušlechtilá biopaliva jako je bioplyn, bionafta nebo etanol.

V současnosti je u nás nejlépe dosažitelná tzv. zbytková biomasa, což jsou sklizňové zbytky v zemědělství a dřevní odpad v lesnictví. Dalším zdrojem biomasy jsou plantáže energetických plodin (topoly, vrby, příp. rostliny), které mohou být zakládány i na nevyužitých zemědělských půdách nebo na půdách devastovaných lidskou činností (skládky, výsypky, kontaminované půdy). Popel ze spalování biomasy je použitelný jako hnojivo.

Druh paliva	Charakteristika paliva
Dřevo	nejlevnější palivo, podmíněno velkou pracností, nutnost velkých skladovacích ploch, vlhkost
Obilí	dobrá alternativa, nízký stupeň obsluhy, závisí na aktuální úrodě a cenách obilí pro potravinářské účely
Rostlinné pelety	velmi dobrá alternativa, nízký stupeň obsluhy, dobrá regulovatelnost, zatím omezené zdroje rostlinných pelet, vysoká investiční náročnost kotle
Dřevěné pelety	dobrá alternativa, nízký stupeň obsluhy, vynikající regulovatelnost, vysoká investiční náročnost kotle
Dřevěné brikety	vyšší podíl obsluhy, vyšší cena - použití spíše k přitápění v kamnech nebo v krbech
Štěpka	nutnost větších skladovacích prostor, investičně náročnější technologie, ekonomicky výhodnější až pro větší instalace (od 50 kW)

Tab. 6. Přehled paliv a jejich charakteristika

4. Návrh opatření na zvýšení efektivity výtopny

4.1 Možnosti na straně paliva

Výtopna v Kašperských Horách se nachází v blízkosti městské pily a je tudíž i největším a tedy i hlavním dodavatelem paliva. Potřebná logistika paliva je minimální, resp. skoro žádná a tedy odpadají i náklady na dopravu. Díky tomu, že město Kašperské Hory je vlastníkem obou objektů, stává se nákup paliva bezkonkurenční. Potřebná cesta na zvýšení efektivity výtopny tudíž spočívá v úpravě paliva před vlastním spalovacím procesem, v našem konkrétním případě se jedná o úpravu paliva dosoušením. Biomasa může být dosoušena dvěma způsoby – přirozeně či uměle.

Přirozené sušení spočívá v uskladnění biomasy na místě s dostatečným prouděním vzduchu. Pro tento způsob sušení se dají využít různé přístřešky či haly, tudíž můj návrh spočívá v razantním rozšíření skladových prostor na palivo, díky čemuž by byla i možnost dosoušení biomasy a došlo by tedy i k postupnému snižování vlhkosti paliva. Tímto by došlo k razantnímu úbytku hmotnosti sušiny před samotným spalovacím procesem a tedy i k zvýšení efektivity výtopny. U takto velkých skladovacích prostor však nemusí být proudění vzduchu dostatečné, proto navrhuji dovybavit skladovací prostory ventilátory. Příklad průběhu vysoušení štěpky v zimních měsících zachycuje tabulka 7. Navíc výtopna v Kašperských horách se zavírá každoročně v červnu, takto by připravované palivo přes letní období nebylo skladováno na volném prostranství, ale pod přístřeškem.

Měsíc	Typ skladování			
	Otevřená	Otevřená s podlahou	Zakrytá	Zakrytá s podlahou
	Absolutní vlhkost (%)			
0 (XII)	85	82	70	78
1 (I)	95	81	58	55
2 (II)	101	83	54	45
3 (III)	108	79	52	35
4 (IV)	101	66	46	28
5 (V)	84	37	39	20
6 (VI)	84	35	33	17
7 (VII)	68	29	30	17
8 (VIII)	62	39	20	17
9 (IX)	-	-	27	17

Tab. 7. Změna absolutní vlhkosti dřevní štěpky z listnatých stromů v závislosti na čase a způsobu uskladnění

Umělé sušení naopak spočívá v použití různých sušících zařízení, která pomocí horkého vzduchu nebo spalin či pomocí teplosměnných ploch vysušuje biomasu na potřebnou vlhkost. Umělé sušení je bohužel energeticky náročné a zvyšuje cenu suroviny. Jelikož však není třeba pro sušení vysokopotenciální teplo, s výhodou používáme toto sušení u kotle v Kašperských horách, kde využíváme odpadní teplo z tohoto zařízení.

[Pastorek, Z., Kára, J., Jevič, P.: Biomasa, obnovitelný zdroj energie, Praha: FCC PUBLIC s.r.o., 2004. 288 s. ISBN 80-86534-06-5]

4.2 Možnosti na straně kotle

Řízení kotle probíhá díky systému PROMOTIC, je tedy plně automatizován a odpadá nám chyby při řízení, jež mají vliv na účinnost kotle, jako je např. nestálá teplota spalin a neadekvátní dodávání množství spalovacího vzduchu. Tedy i obsah nespálených zbytků v popelu je nízký, stejně tak tedy i obsah CO a uhlovodíků ve spalinách je minimální. To všechno zajišťuje vysokou účinnost kotle během spalování. Kvalitu paliva, která má také vliv na účinnost tepelného zařízení, z výše uvedených důvodů nelze z hlediska efektivnosti brát v úvahu, protože by se nenašel žádný dodavatel, který by dokázal dodávat palivo stejné

kvality a stejné ceny, než jak je tomu nyní. Zbývá nám tedy jediné možné řešení, provést recirkulaci spalin pro zlepšení regulace výkonu kotlů a teploty ve spalovacím procesu. Bohužel v našem konkrétním případě je obsah popela velmi nepatrný, tudíž toto řešení nebude moct být realizované.

4.3 Možnosti z hlediska distribuce

Distribuční síť v Kašperských Horách je zejména v zimních měsících již skoro maximálně využívána a blíží se již ke svému jmenovitému výkonu. K zefektivnění distribuční sítě může být provedeno v místech DPS těch uživatelů, kteří využívají teplotosného média jen sporadicky, kteří nemají trvalé bydliště ve městě a zástavby jim slouží jen k rekreačním účelům. Tím nedochází k maximálnímu využívání tepelné energie v primárním médiu stanice, což se negativně projevuje v efektivnosti celé soustavy CZT, neboť nedochází k maximálnímu vychlazení zpátečního toku primárního oběhu. Díky tomu pak nelze snížit oběhové množství teplotosného média a tedy i tepelné ztráty v rozvodech tepla.

4.4 Ekonomické a finanční hodnocení

Náklady na výrobu tepla za rok 2011 dosáhly celkem 6 378 640 Kč. Jednotlivé položky zodpovědné za tyto náklady činí:

Palivo	2 465 573,-
Elektřina	480 420,-
Odpady – popel	67 945,-
Voda	2 052,-
Opravy a udržování, spotřeba materiálu	371 516,-
Ostatní služby	34 312,-
Provozování	832 135,-
Poštovné, telefon+internet	9 056,-
Pojištění majetku	21 563,-
Poplatky za znečištění ovzduší	11 000,-
Splátky úvěru - kotelna	1 064 000,-
- jeřáb	472 000,-
Úroky z úvěrů (kotelna + jeřáb)	147 068,-
Plánovaný příděl do fondu oprav a rozvoje CZT	400 000,-

Naproti tomu prodané teplo za rok 2011 činilo 18 095 GJ. Výnos z prodaného tepla za rok 2011 činil 6 704 197 Kč (6 704 197 Kč : 18 095 GJ = 370,50 Kč + DPH 10 %). Jednoduchou kalkulací zjistíme, že kladný zisk výtopy činil 325 557 Kč. O rozdělení těchto peněz rozhodne zastupitelstvo

5. Závěr

Zhodnocení efektivity výtopny na biomasu v městě Kašperský Hory dopadlo velmi uspokojivě, ať už z hlediska energetického, environmentálního či ekonomického. K realizaci projektu se už od začátku přistupovalo spolehlivě, vše bylo dobře naplánováno a spočítáno. Navrhnutá opatření pro zvýšení efektivity jsou spíše už jen doplňkovým řešením již už dobře fungujícího systému a je otázka zda se řešení budou moci vůbec realizovat, protože navrhnutá opatření by k realizaci potřebovala jistý finanční kapitál a návratnost těchto opatření je dlouholetá. Je tedy otázka, zda v dnešní ekonomické situaci bude možné navrhnutá opatření uskutečnit, když již tato výtopna je zatížena ještě mnohaletým splácením úvěru, které bylo využito ke konstrukci výtopny.

6. Seznam použitých zdrojů

Internetové stránky:

- [1] <http://www.tzb-info.cz/877-vytopna-na-biomasu-zdroj-energie-pro-obec>
- [2] <http://vytapani.tzb-info.cz/teorie-vytapani/8382-kotle-1-cast>
- [3] <http://www.tzb-info.cz/5641-biomasa-definice-a-cleneni>
- [4] SOUČEK, Jiří: Logistika při energetickém využití rostlinné biomasy. *Biom.cz* [online]. 2011-05-18 [cit. 2013-05-09]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/logistika-pri-energetickem-vyuziti-rostlinne-biomasy>>. ISSN: 1801-2655.
- [5] STUPAVSKÝ, Vladimír, HOLÝ, Tomáš: Dřevní štěpka - zelená, hnědá, bílá. *Biom.cz* [online]. 2010-01-01 [cit. 2013-05-09]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/drevni-stepka-zelena-hneda-bila>>. ISSN: 1801-2655.
- [6] Ing. David Tauchman: Biomasa v soustavách měst a obcí. *Tzb-info.cz* [online]. Dostupné z WWW: <<http://www.tzb-info.cz/3865-biomasa-v-soustavach-mest-a-obci-projekty-a-zkusenosti-i>>. ISSN 1801-4399
- [7] <http://www.bioenergo.cz/reference/>
- [8] MOTLÍK, Jan, VÁŇA, Jaroslav: Biomasa pro energii (1) Zdroje. *Biom.cz* [online]. 2002-02-01 [cit. 2013-05-09]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/biomasa-pro-energii-1-zdroje>>. ISSN: 1801-2655
- [9] Ing. David Tauchman: Biomasa v soustavách měst a obcí. *Tzb-info.cz* [online]. Dostupné z WWW: <<http://www.tzb-info.cz/3865-biomasa-v-soustavach-mest-a-obci-projekty-a-zkusenosti-iii>>. ISSN 1801-4399

Publikace:

[10] PAVELEK, M.; JANOTKOVÁ, E.; SEKANINA, B.,. *Termomechanika*. 1.vyd. Brno: CERM, 2003. ISBN 80-214-2409-5.

[11] IBLER, Zbyněk; Ibler, Zbyněk. *Možnosti rozvoje výroby tepla a elektřiny využitím biomasy v regionech a městech ČR*. Česká energetická agentura, květen 2003.

[12] IBLER, Zbyněk a kol. *Technický průvodce energetika – 1.díl*. Praha: BEN – technická literatura, 2002. ISBN 80-7300-026-1.

[13] ČSN 07 0305: 1983. *Hodnocení kotlových ztrát*. Praha: vydavatelství ÚNM.

Příloha 1 - Tabulka realizovaných projektů

Lokalita	Rok uvedení do provozu	Instalovaný výkon	Náklady	Roční dodávka	Výrobce kotle	Počet napojených objektů	Zajímavosti, dostupnost paliva
		MW	tis. Kč	GJ			
Nová Pec, o. Prachatice	1996	3,3 (2,2 + 1,1)	25 600	3 700	Danstoker	48 objektů	dobrá dostupnost paliva
Trhové Sviny, o. České Budějovice	1999	2,5 + 3,5 + ORC	106 000	37 000	Kohlbach	73 objektů	2,5 MW + 3,5MW s blokem ORC 79% do tepla 18% generátor el. energie 600 kW. Dostupnost paliva cca do 20 km
Hoštětín, o. Uherské Hradiště	2000	0,7	32 000	3 849	Kara	65 objektů	Kofinancováno nizozemskou vládou
Hartmanice, o. Klatovy	2000	4,4 (2 x 1,75 + 0,88)	18 732	15 700	Danstoker	75 objektů	dobrá dostupnost paliva
Bouzov, o. Olomouc	2001	2,4 (1,8 + 0,6)	40 000	19 000	Step Trutnov	116 objektů	spolu se štěpkou spalován i šťovík
Moravany u Kyjova, o. Hodonín	2001	0,35	6 290	1 500	Hamont	4 objektů	dobrá dostupnost paliva
Bystřice nad Pernštejnem, o. Žďár n. Sáz.	2001	9 (2 x 4,5)	134 631	85 000	Urbas	80 objektů	Štěpka, piliny nakupovány převážně od dopravců, připojeno 6 z 9 tisíc obyvatel
Velký Karlov, o. Znojmo	2001	1	24 249	*	Tractant Fabri	73 objektů	dobrá dostupnost paliva
Třebívlice, o. Litoměřice	2001/2002	0,38 (0,3 + 0,08)	4 289	800	Ekoepekt Litvínov	12 objektů	spalování štěpky v kombinaci s nízkosírným uhlím v poměru 7/3
Jindřichovice pod Smrkem	2001/2002	0,35 (0,20 + 0,15)	1 965	2 614	Tractant Fabri	5 objektů	štěpka z obecních zdrojů, prořezávky adpod.
Žlutice, o. Karlovy Vary	2002	7,9 (3 x 1,8 + 2,5)	106 405	35 000	Verner	520 bytových jednotek	1xštěpka, 2xsláma, 1x kombinovaný
Roštín, o. Kroměříž	2002	4	69 456	11 000	LIN-KA	154 objektů	dostatek obilné i řepkové slámy
Rybniště, o. Děčín	2003	1 (0,6 + 0,4)	22 719	5 400	Verner	24 objektů	původně místní zdroj pilin, dnes dováží štěpku
Nový Bor, o. Česká Lípa	2003	2,2	15 246	6 500	Tractant Fabri	*	vzhledem k omezenému množství slámy je produkce tepla z biomasy pouze zlomek možné roční výroby (až 45 000 GJ) sláma se musí dovážet z velké vzdálenosti.

Zlaté Hory, o. Jeseník	2003	5 (2 x 2,5) + 0,1 el.	48 507	24 125	Danstoker	522 bytových jednotek	technologie v kombinaci s výrobou elektřiny s protitlakou turbínu s generátorem 100 kWel, palivo dováženo ze vzdáleností 20 a 55 km
Slavičín, o. Zlín	2003	1,6	46 783	20 000	Kohlbach	35 objektů	dobrá dostupnost paliva
Dříteň, o. České Budějovice	2004	2,0 (2 x 1,0)	33 794	9 000	Imaveco	105 RD, 100 bytových jednotek, obecní objekty	štěpka z obecních zdrojů, prořezávky adpod.
Kašperské Hory, o. Klatovy	2006	4 (1,6 + 2,4)	80 985	21 000	Schmid	205 objektů	většina obecních zdrojů biomasy leží v CHKO Šumava - problematická dostupnost
Valašská Bystřice, o. Vsetín	2006	1,5 (0,6 + 0,9)	37 465	12 825	Verner	70 objektů	dostatek paliva z místních dřevařských podniků
Kněžice, o. Nymburk	2006	1,2 (0,8 + 0,4)	111 622	*	Step Trutnov	148 objektů	Komplexní projekt řeší bioplynovou stanici, kotelnu na spalování biomasy a peletizační linku. Kotel na spalování slámy 800 kW, spalování štěpky 400 kW
Planá u Mariánských Lázní	2006	3,4 (1,7 + 1,7)	43 400	36 360	TTS, Tenza	700 bytových jednotek	Jeden kotel štěpka, jeden sláma
Třebíč	2006	15 (7 + 3 + 5) + ORC	232 500	171 981	TTS	5412 bytových jednotek	Výtopna 5 MW sláma, 3 + 7 MW štěpka s ORC blokem - elektrický výkon 1 MW. Vlastní ucelený systém využití zbytkové biomasy