

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV PROCESNÍHO A EKOLOGICKÉHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF PROCESS AND ENVIRONMENTAL ENGINEERING

BIOMASA V SYSTÉMECH ZÁSOBOVÁNÍ TEPLEM MĚST A OBCÍ - I

BIOMASS IN HEATING SYSTEMS OF CITIES AND VILLAGES - I

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

ONDŘEJ SOUDEK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

ING. VÍTĚZSLAV MÁŠA

BRNO 2008

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav procesního a ekologického inženýrství

Akademický rok: 2007/08

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Soudek Ondřej

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

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

Biomasa v systémech zásobování teplem měst a obcí - I

v anglickém jazyce:

Biomass in heating systems of cities and villages - I

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Seznámení se s problematikou technických řešení systémů centralizovaného zásobování teplem (CZT). Srovnání CZT s dalšími možností výroby a distribuce tepla. Zhodnocení nákladů na vybudování nového systému CZT se zohledněním nákladů na distribuci (rozvody).

Cíle bakalářské práce:

Představit technologické prvky, které obnáší soustava centralizovaného zásobování teplem (CZT). Posoudit roli CZT jako jednu z alternativ zásobování teplem a porovnat ji s dalšími řešeními produkce a distribuce tepla. Zhodnotit náklady na realizaci nového systému CZT.

Seznam odborné literatury:

Lulkovičová O., Zdroje tepla a domovní kotelny, Jaga, Bratislava, ISBN 8080760020, (2004)

Cikhart J., Soustavy centralizovaného zásobování teplem, Praha, ISBN 8003000211, (1989)

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Vítězslav Máša

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2007/08.

V Brně, dne 23.11.2007

L.S.

prof. Ing. Petr Stehlík, CSc.
Ředitel ústavu



doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

Anotace

Seznámení se s problematikou centralizovaného zásobování teplem je cílem předkládané práce. Důraz je kladen na technologické prvky tohoto systému. Současný trend zapříčiňuje rozšiřování využití biomasy v centralizovaném zásobování teplem i přes široké možnosti volby distribuce tepla. Práce se proto pro srovnání zabývá nastíněním nejběžněji používaných neobnovitelných zdrojů. Realizace nového systému centralizovaného zásobování teplem představuje rozsáhlý projekt a obnáší návrhy zdrojů tepla, výměníkových stanic a tepelných sítí.

Annotation

Point of this bachelor's thesis is in acquainting with district heating problems. Emphases is posed for a technologic items of this system. Present trend is the cause of dissemination of biomass utilization in district heating over liberal possibility of distribution of heating. So bachelor's thesis deal with vignette common fossil fuel. A new district heating system realization visualize extensive project and include project of thermal source, junction exchange station and heat distribution.

Poděkování

Na tomto místě bych chtěl velmi poděkovat svému vedoucímu práce Ing. Vítězslavu Mášovi za cenné rady a připomínky, které mi byly při zpracování bakalářské práce oporou.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svoji bakalářskou práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady (literaturu, projekty, atd.) uvedené v příloženém seznamu. Některé názvy uvedené v práci mohou být registračními značkami.

Nemám vážný důvod proti užití školního díla ve smyslu § 60 Zákona č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Brně dne 23. května 2008

.....

Ondřej Soudek

Obsah

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	2
ANOTACE	4
PODĚKOVÁNÍ	5
PROHLÁŠENÍ.....	5
1 ÚVOD	7
2 CENTRALIZOVANÉ ZÁSOBOVÁNÍ TEPLEM	8
3 ZDROJE TEPLA	10
3.1 ROZDĚLENÍ DLE VELIKOSTI TEPELNÉHO VÝKONU.....	10
3.1.1 <i>Malé zdroje tepla</i>	<i>10</i>
3.1.2 <i>Střední zdroje tepla</i>	<i>10</i>
3.1.3 <i>Velké zdroje tepla.....</i>	<i>11</i>
3.2 TEPELNÉ ZDROJE V CENTRALIZOVANÉM ZÁSOBOVÁNÍ TEPLEM.....	11
4 DRUHY SPALOVANÝCH PALIV	15
4.1 TUHÁ PALIVA	15
4.2 KAPALNÁ PALIVA.....	16
4.3 PLYNNÁ PALIVA	16
4.4 BIOMASA.....	18
4.4.1 <i>Vlastnosti</i>	<i>18</i>
4.4.2 <i>Využití biomasy pro vytápění.....</i>	<i>19</i>
4.4.3 <i>Úprava biomasy.....</i>	<i>19</i>
4.5 SROVNÁNÍ PALIV	20
5 KOMPONENTY A ZÁSADY PŘI REALIZACI SYSTÉMU CZT	22
5.1 TEPLONOSNÁ LÁTKA	22
5.2 TEPELNÁ SÍŤ	23
5.3 PŘEDÁVACÍ (VÝMĚNÍKOVÉ) STANICE	24
6 PŘÍKLADY REALIZOVANÝCH PROJEKTŮ	25
7 ZÁVĚR.....	29
POUŽITÁ LITERATURA.....	30
PŘÍLOHA 1 – TABULKA REALIZOVANÝCH PROJEKTŮ [25]	32

1 Úvod

Velmi závažným problémem moderního světa je zajištění zdrojů energie a tepla. Dříve používané zdroje dnes již nevyhovují emisním normám a spolu s automobilovým průmyslem se výrazně podepisují na tolik diskutovaném problému globálního oteplování. I přes předurčovanou budoucnost v jaderné energetice tvoří plyn a především obnovitelné zdroje důležitou pozici ve vytápění měst a obcí. Novodobá ekologická a ekonomická politika velí k rozváznému využívání zdrojů s co nejefektivnějším využitím a nejmenšími znečišťujícími a škodlivými dopady. To lze v určité míře zajistit kontrolovaným centralizovaným zásobováním teplem (CZT), při kterém je jakékoliv palivo lépe využité a při spalování se dají škodliviny eliminovat nákladnými zařízeními.

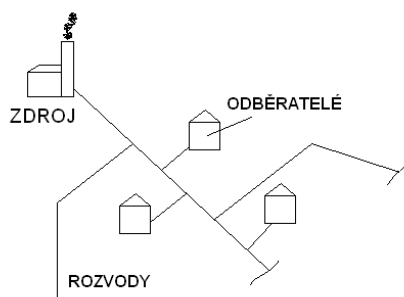
Následující roky a desetiletí představují důležité období pro rozvoj energetického a teplárenského průmyslu a s tím spojené lepší využití a zajištění neobnovitelných zdrojů pro další staletí. Současně si předpisy Evropské Unie žádají každoroční nárůst využití obnovitelných zdrojů, v CZT na prvním místě biomasy. Mluvíme-li o biomase využívané v CZT, máme tím na mysli dřevo a s ním spojené odpady (kůra, hobliny), zemědělské zbytky (sláma, odpady) nebo rostliny speciálně pěstované pro spalování. Nízká cena nákupu biomasy je významným aspektem pro rozšiřování využitím biomasy, stejně jako technologická vyspělost kotlů spalujících biomasu.

Tato práce se zabývá všeobecnou problematikou CZT a má za úkol přiblížit čtenáři obecné pojmy a technologie používané v teplárenství se zaměřením se na CZT. Zohledňuje výhody a nevýhody, seznamuje čtenáře se základním rozdělením zdrojů tepla, s druhy spalovaných paliv, přináší stručný popis realizace takového systému a v neposlední řadě poukazuje na již realizované projekty a s tím spojené případné problémy.

Systémy CZT se zabývá paralelně zpracovaná bakalářská práce pana Ondřeje Tomšů: Biomasa v systémech zásobování teplem měst a obcí - II, která je zaměřena na ekonomické hodnocení systémů.

2 Centralizované zásobování teplem

Centralizované zásobování teplem (CZT) představuje možnost ekologického a komfortního vytápění měst a obcí. Spočívá v napojení na centrální zdroj tepla, přičemž každý objekt může mít svou výměníkovou stanici (obr. 2.1). To umožňuje jednoduchou regulaci a taktéž jednoduché měření spotřeby odebrané energie. Nesporné výhody pro občany napojené na CZT tkví v odstranění povinností spojených s obsluhou zdroje tepla, s případnou přípravou paliva, revizí zařízení aj. Jedinou starostí odběratele je zjednodušeně řečeno otočení termostatického ventilu či kohoutku vodovodní baterie. I z ekologického hlediska přináší CZT zvýšenou kontrolu spalovaného materiálu a s tím spojené nižší emise, navíc vyšší komíny umožňují lepší rozptyl zplodin v neinverzních vrstvách¹). Ekonomickou efektivitu je možné zvýšit kombinací výroby elektřiny a tepla (KVET), kdy oproti samotné výrobě elektřiny v generátorech pomocí parních turbín, kde se pára vypouštěla do okolí, je tato pára využita pro vytápění domácností. Společná výroba tepla a energie se v konečné fázi pozitivně projeví na koncové ceně, která udržuje prodejní cenu tepla na nižší úrovni než u zdrojů vyrábějících pouze teplo.

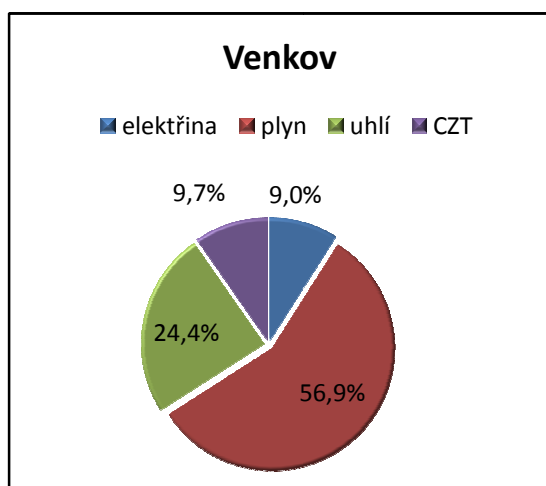


Obr. 2.1 Schéma napojení CZT

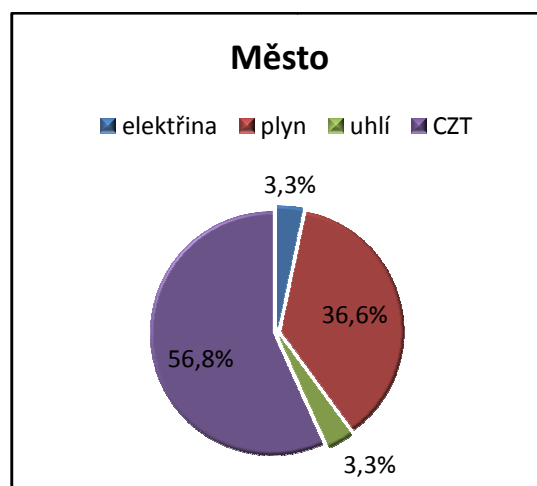
Ať už se jedná o CZT využívající plynové kotle, uhelné kotle, v lepším případě kogenerační jednotky nebo kotle na biomasu, vždy se musí počítat s vysokými vstupními investičními náklady. Zejména u vytápění biomasou. Nebýt dotací na projekty CZT spalující biomasu od ministerstva Životního prostředí a peněz z Evropské Unie, které dosahují až 80% z uзнatelných nákladů (viz realizovaný projekt CZT Valašská Bystřice, kap. 6), jistě by nedocházelo k takovému nárůstu jejich realizací, protože investiční náklady jsou vysoké. To do určité míry nahrazuje cena a vlastnosti paliva. Z hlediska rozsáhlosti tématu o biomase bude tato problematika rozebrána v samostatné kapitole 4.4. Zřizovatel CZT, jedná-li se o obec, město, region, firmu nebo soukromou osobu, musí rozhodnout o co nejekonomičtějším a nejekologičtějším řešení způsobu vytápění. Při rozhodování o vytápění biomasou je nutné zajistit dostatečný přísun paliva, zvážit, zda nahradit cenově velmi nákladné rozvody do vzdálených objektů lokálními zdroji tepla na biomasu, brát v potaz nedůvěru lidí k realizaci CZT a s tím spojené postupné připojování a rostoucí potřebný výkon atd.

¹ Inverzní vrstva: V běžném stavu stoupá vzduch ohřátý zemským povrchem vzhůru a na jeho místo se shora tlačí vzduch studený. Opačný jev je inverze, při které je přerušena přirozená cirkulace vzduchu. V této nehybné přízemní vrstvě vzduchu se koncentrují i škodlivé spaliny.

Na tiskové konferenci pořádané Teplárenským sdružením ČR v říjnu roku 2005 bylo pojednáno o stavu teplárenství u nás a v Evropě [1]. Byly zde představeny údaje o počtu domácností dálkově zásobovaných teplem, které se v ČR pohybují mezi 35% a 49%. Rozdílné hodnoty jsou způsobeny odlišným posuzováním definice CZT. Spodní hranice 35% odpovídá počtu domácností napojených na dálkové rozvody tepla, kdežto horní hranice bere v potaz i domácnosti zásobované zdroji mimo byt, tedy domovní kotelny. V Evropě je dálkově zásobováno teplem přes třetinu domácností, nejvíce je CZT rozšířeno ve Skandinávii, Pobaltí a ve střední a východní Evropě. Zásadními aspekty pro rozvoj CZT jsou hustota bytové výstavby a geografická poloha. Také druh dostupného zdroje tepla se významně podílí na rozvoji CZT, ostatně to ukazují zkušenosti z Islandu, kde se hojně využívá geotermální energie a je připojeno k CZT více než 85% domácností [2]. Z obr. 2.2 a obr. 2.3 je zřejmé, že struktura zdrojů tepla v ČR se zásadně liší ve městě a na vesnici.



Obr. 2.2 Podíly způsobu vytápění domácností na venkově



Obr. 2.3 Podíly způsobů vytápění domácností ve městě

3 Zdroje tepla

V publikaci [3] je definován zdroj tepla jako zařízení, v němž probíhá proces přeměny chemické energie obsažené v palivu v energii tepelnou, schopnou dopravit se prostřednictvím teplonosné látky do místa potřeby. Takovouto technologií může být kotel, tepelné čerpadlo, kogenerační jednotka apod. Jelikož se Česká Republika nachází v klimatických podmínkách, které si žádají pro běžné bydlení zdroj tepla, je nutné při navrhování otopné soustavy a TUV pečlivě zvažovat, jaký typ je pro daný účel nejvhodnější. Proto jsou zdroje rozděleny. Celá problematika je velmi hezky a přehledně popsána v publikaci [3], která dělí technologie dle druhu spalovaného paliva, způsobu jeho spalování a především podle velikosti tepelného výkonu, což je důležitý parametr pro CZT.

3.1 Rozdělení dle velikosti tepelného výkonu

Velikost zdroje tepla zásadně ovlivňuje oblast jeho použití. Pro běžné vytápění a ohřev teplé a užitkové vody (TUV) v rodinných domech se používá malých zdrojů tepla do tepelného výkonu 50 – 70 kW. Druhá kategorie, kterou můžeme označit jako střední zdroj tepla do tepelného výkonu 3 500 kW, zastupuje domovní jednotky. Poslední, třetí, jsou velké zdroje tepla s tepelným výkonem nad 3 500 kW, těmito jsou buď okrskové zdroje tepla nebo teplárny a výtopny [3].

3.1.1 Malé zdroje tepla

Zdroje do tepelného výkonu 50 – 70 kW zásobují teplem spotřebitelské místo, kterým může být otopná soustava jedné bytové jednotky, kanceláře, rodinného domku, jednoho podlaží apod. Zmíněnou technologii zastupují kotle různého technického provedení, které se rozlišují podle technického a konstrukčního provedení, druhu spalovaného paliva (obr. 3.1), polohy umístění, přívodu spalovaného vzduchu a odvodu spalin. Podle polohy umístění se navrhují jako kotle nástěnné, které jsou určeny výhradně ke spalování plyných paliv, nebo stacionární.



Obr. 3.1 Kotel na peletky

3.1.2 Střední zdroje tepla

Tato kategorie je nejpodstatnější pro CZT. Jedná se o technologie od tepelného výkonu 500 kW do tepelného výkonu 3 500 kW a definují se jako domovní zdroje tepla (na obr. 3.2 kotel spalující seno). Zásobují jednu, příp. více budov. Větší počet objektů mohou zásobovat teplem tzv. blokové jednotky. Z hlediska oblasti využití této kategorie a vhodnosti pro CZT se jí bude bakalářská práce zabývat v samostatné kapitole 3.2.



Obr. 3.2 Kotel o výkonu 1,0 MW

3.1.3 Velké zdroje tepla

Zdroje s tepelným výkonem nad 3 500 kW, kterými jsou buď okrskové výtopny zásobující teplem větší obytné celky, příp. okrsky s polyfunkčními objekty, nebo teplárny a výtopny zásobující velké územní celky a průmyslové závody (obr. 3.3). Tyto vytápěcí zařízení se dělí obdobně jako střední zdroje tepla podle druhu spalovaného paliva, provozního tlaku a druhu teplotnosné látky v primárním okruhu.



Obr. 3.3 Teplárna Červený Mlýn - Brno

3.2 Tepelné zdroje v centralizovaném zásobování teplem

Celá podkapitola je věnována kotlům využívaných v CZT, jedná se o výkony do 3,5 MW, které vymezují tuto kategorii zdrojů. Dříve se takto vyrobené teplo produkovalo spalováním uhlí, postupný vývoj a plynofikace přinesli zemní plyn, v poslední době se rozšiřuje technologie spalující biomasu. Z důvodu široké škály možností technologických provedení kotelen se dělí především dle:

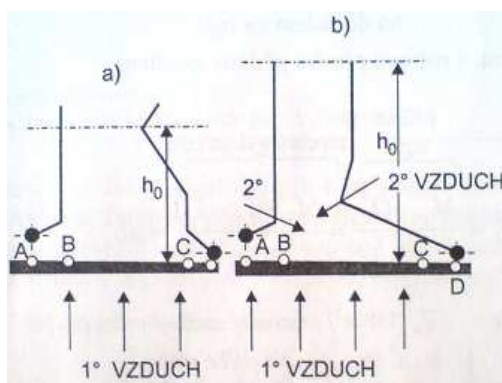
- druhu spalovaného paliva na:
 - kotle na tuhá paliva
 - kotle na kapalná paliva
 - kotle na plynné palivo
 - elektrické kotle
- parametrů teplotnosné látky, kterou je:
 - a) voda
 - teplovodní (s teplotou vody do 90°C)
 - nízkoteplotní (s teplotou vody pod 60°C)
 - horkovodní (s teplotou vody nad 110°C)
 - b) pára:
 - nízkotlaké (do 50 kPa)
 - středotlaké (od 50 do 1600 kPa)
 - vysokotlaké (nad 1600 kPa)
- podle materiálu
 - litinové
 - ocelové

Druh spalovaného paliva a způsob jeho dopravy do spalovací komory se významně podílí na konstrukci kotlů.

Kotle na tuhá paliva

Kotle na tuhá paliva se rozdělují na *kotle s horním spalováním*, při kterém palivo odhořívá zdola nahoru. Spaliny procházejí celou vrstvou paliva a přes tahy se dostávají do komína. Nevýhodou je nerovnoměrný výkon způsobený ztenčující se vrstvou hořícího paliva. Proto jsou tyto zdroje používány pro nižší výkony. Kotle se *spodním spalováním* jsou založeny na ohřevu paliva ve spodní části, proto je trvale rozžhavená přibližně stejná vrstva, kterou je možné regulovat.

Ke spalování kusových paliv v pevné vrstvě slouží kotle *roštové*, které se dříve využívaly pro spalování uhlí. V dnešní době jsou roštové kotle určeny ke spalování biomasy (dřevo, sláma, ale i různé druhy odpadů). Vlastní spalování probíhá ve dvou vrstvách, a to ve vrstvě na roštu a nad vrstvou paliva, které je zapříčiněno prchavou hořlavinou²). Podíl prchavé hořlaviny nám určuje dvě základní použitelné konstrukční koncepce. Pro pevná paliva s nízkým obsahem prchavé hořlaviny jsou vhodná roštová ohniště s jedním ohniskem hoření (obr. 3.4 a)), pro vyšší obsah prchavé hořlaviny jsou vhodná roštová ohniště s dvěma ohnisky hoření (obr. 3.4 b)), která jsou seškrčená a k dostatečnému promísení se vzduchem se napomáhá přivedením sekundárního vzduchu.



Obr. 3.4 Roštové ohniště s jedním a dvěma ohnisky hoření [4]

Během spalování paliva na roštu prochází palivo postupně fázemi sušení, odplyňování, hoření prchavé hořlaviny a zápaem vrstvy tuhé hořlaviny a v poslední fázi dohořívání tuhé fáze a chladnutí tuhých zbytků. Úkolem konstruktérů je zajistit co nejvyšší poměr účinné plochy roštu, na které dochází k samotnému spalování paliva, k celkové ploše roštu. Proto dochází k úpravě paliva buď mimo rošt (předsoušení paliva), případně je použit spalovací vzduch o vyšší teplotě. K řešení problému napomáhá pohazovací zařízení, které umožňuje částečné vysušení paliva během letu před dopadem na rošt.

² Prchavá hořlavina je technologický údaj vyjadřující, kolik hořlavých látek unikne ze vzorku při jeho zahřívání za nepřístupu vzduchu při dané teplotě.

Rošty rozeznáváme dle způsobu přemísťování paliva v roštovém ohništi na

- rošty s nehybnou vrstvou paliva
- rošty s občasným přemísťováním paliva
- rošty s trvalým přemísťováním paliva

rošty s nehybnou vrstvou paliva se využívají ojediněle. Tyto rošty mají velkou ztrátu ve škváře, úletu a v propadu. Ke snížení takto vzniklých ztrát se používá bezproudových roštnic.

rošty s občasným přemísťováním paliva zahrnují rošty s výkyvnými roštnicemi, které svým občasným výkyvem roštnic s úhlem výkyvu 20 – 25% rozrušují spečenou škváru a obrací palivo.

rošty s trvalým přemísťováním paliva jsou řetězové a pásové. Jedná se o nekonečný pás. Tento rošt je tvořen roštnicemi (články Gallova řetězu). Na horní ploše spočívá vrstva paliva, spodní část je chlazená, to umožňuje použití výhřevnějšího paliva, aniž by docházelo k opalu roštnic. Rychlost pohybu roštu se volí v závislosti na velikosti vrstvy paliva v rozmezí 1 – 2 mm/s.

Plynové kotle

Plynové kotle jsou stacionární a spalují nejčastěji zemní, výjimečně zkapalněný plyn. Základní rozdělení je podle technologie hořáků a to buď *atmosférické*, nebo s *tlakovým hořákem*. V provedení s *atmosférickým hořákem* obstarávají nižší výkon (do 400 kW), vzduch je přiváděn při atmosférickém tlaku³ a mísí se s plynem před vstupem do hořáku. Pro vyšší tepelné výkony jsou použity kotle s *tlakovými hořáky*. Spalovací komora je ocelová, převážně válcová. Vzduch je přiváděn ventilátorem a mísen s plynem.

Materiál kotle

Materiál kotle nám určuje tepelný výkon. *Litinové* kotle se vyrábí pro kotelný s omezeným tepelným výkonem, *ocelové* jsou určeny pro větší tepelné výkony.

³ Atmosférický tlak: Tlak vyvolaný tíhou vzduchového sloupce sahajícího od hladiny, ve které tlak zjišťujeme, až po hranici atmosféry.

Zásady navrhování druhu a počtu kotlů

Volba počtu kotlů je ovlivněna mnoha faktory, kterými jsou druh teplotní látky, teplotní spád otopné soustavy, celkový potřebný tepelný příkon aj. [3]. Zásadním aspektem je druh spalovaného paliva, při spalování plynného paliva je vhodné volit větší počet paralelně řazených zdrojů, které lze postupně uvádět do provozu a tím zajistit široké pole účinnosti. Pro kotelny na tuhá paliva se volí počet kotlů co nejmenší, obvykle 2 až 3 kotle (max. však 5). Nejvýhodnější je spojení kotle na biomasu a plynového kotle, který vykrývá špičky. Výkon systému výroby tepla se spočítá jako:

$$\Phi_{SU} = f_{HL} \cdot \Phi_{HL} + f_{DHW} \cdot \Phi_{DHW} + f_{AS} \cdot \Phi_{AS} \quad (1)$$

kde Φ_{SU} - výkon systému výroby tepla (kW)

f_{HL} - návrhový faktor projektovaného tepelného příkonu na vytápění

Φ_{HL} - projektovaný tepelný příkon na vytápění (kW)

f_{DHW} - návrhový faktor systémů přípravy teplé vody

Φ_{DWH} - tepelný příkon přípravy teplé vody (kW)

f_{AS} - návrhový faktor připojených systémů (větrání, technologie)

Φ_{AS} - tepelný příkon připojených systémů (větrání, technologie) (Kw)

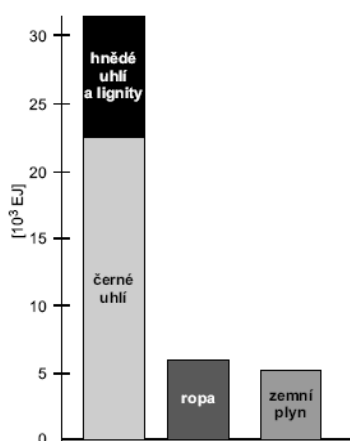
Vystupující veličiny návrhových faktorů f_{HL} , f_{DHW} a f_{AS} se určují individuálně podle národních doporučení a zohledňují kolísání tepelného příkonu, jak je podrobně popsáno v [3]. Ostatní výpočty výkonů, účinností a ztrát jsou přehledně popsány v [3] a [4].

4 Druhy spalovaných paliv

Palivo je látka, která se při zahřátí na zápalnou teplotu a při dostatečném přívodu vzduchu spaluje, tím vzniká teplo spolu s vedlejšími produkty. Procesy a produkty spalování jsou dostatečně popsány v [4]. U paliv pro průmyslové účely se vyžaduje, aby byla k dispozici v potřebném množství a kvalitě, ekologicky málo závadná a co nejlevnější. Základní dělení je dle skupenství na paliva tuhá, kapalná a plynná. [5]

4.1 Tuhá paliva

O využívání tuhých paliv, zejména uhlí (obr. 4.1), se názory rozcházejí. Zatímco jedna strana tvrdí, že spalování uhlí je škodlivé a je příčinou znečišťování životního prostředí, druhá strana oponuje argumenty, že uhlím lze topit i ekologicky. Zásadním problémem při spalování uhlí je na prvním místě zastaralá technika spalovacích zařízení. Moderní technologie posunuly hranici účinnosti spalování k 80%, to má za následek efektivnější využití paliva a s tím spojený menší vznik emisí. Příkladem může být sousední Německo, kde se vyrábí energie a teplo supermoderními uhelnými elektrárnami. Uhlí je hojně využíváno především pro dobrou dostupnost, distribuci a skladovatelnost. Zásob tohoto nerostného bohatství je v ČR dostatek, což přináší naší zemi dobrou výchozí pozici, protože jak ukazuje obr. 4.2, světové zásoby uhlí násobně převyšují zásoby ropy a plynu, na kterých jsme závislí. Organizace World Coal Institute odhaduje využívání ověřených zásob uhlí po dobu 147 let [7], kdežto odlišné odhady o zásobách ropy se pohybují v řádech desítek let, Oil & Gas Journal odhaduje zásoby na 44 let, měsíčník World Oil předpovídá o 7 let méně, tedy 37 [8]. Kvalita uhlí je blíže určena znaky jakosti, kterými jsou obsah vody, obsah popela a výhřevnost. Z ekologického hlediska se mezi tuhými palivy postupně přechází na obnovitelné zdroje energie a s tím je spojený pojem biomasa. Vlastnosti biomasy jsou popsány v samostatné kapitole 4.4.



Obr. 4.2 Zásoby paliv [6]



Obr. 4.1 Vytěžené uhlí

4.2 Kapalná paliva

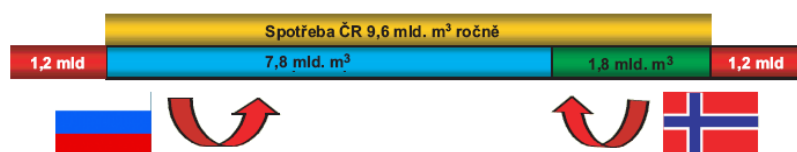
Nejrozšířenější surovinou pro výrobu kapalných paliv je ropa, avšak v přírodním stavu se jako palivo téměř nepoužívá. Jako kapalné palivo se používají produkty vzniklé při zpracování ropy, např. topné oleje vzniklé jako zbytky po destilaci ropy. V teplárenství se používají topné oleje vyrobené destilací nebo rafinací ropy a dělí se na extra lehké topné oleje (ELTO) určené pro domovní kotelny a zdroje tepla do 5 MW, lehké topné oleje (LTO) spalované ve zdrojích o výkonu 5 – 20 MW a na těžké topné oleje (TTO) do velkých kotelen o výkonu nad 20 MW. Extra lehké a lehké topné oleje jsou využívány v místech, kde je nemožné vybudovat plynovou přípojku. Výhodou je vysoká výhřevnost pohybující se okolo 40 MJ/kg, vznik malého množství škodlivin při spalování, snadný transport a skladování [9]. Nevýhodou je vysoká cena odvíjející se od ceny ropy a nutnost budování zásobníků paliva (obr. 4.3) s přísnými bezpečnostními, požárními a ekologickými předpisy.



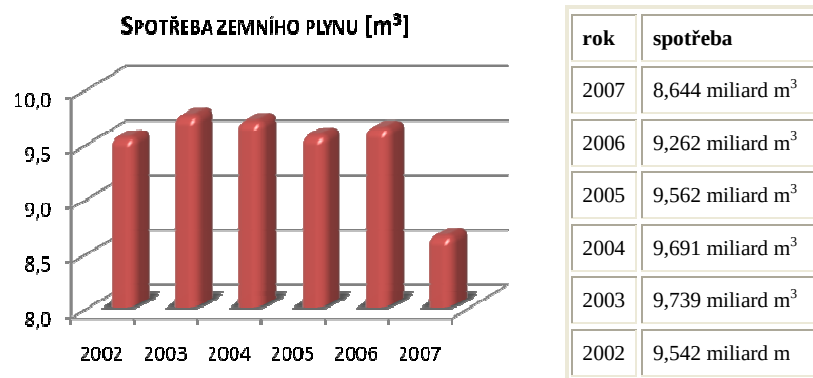
Obr. 4.3 Sestava dvouplášťových nádrží

4.3 Plyná paliva

Plyná paliva jsou směsi hořlavých a nehořlavých plynů. Ke spalování ve zdrojích tepla je určen svítiplyn, zemní plyn, propan, butan, případně jejich směs propan-butan. Nejvyužívanější palivo je zemní plyn. Česká republika nemá vlastní významné zdroje zemního plynu, úroveň domácí těžby (na jižní Moravě se pohybuje do 100 mil. m³/rok) nedosahuje ani jednaprocentní úrovně roční spotřeby [10]. Jak je patrné z obr. 4.4, který ukazuje podíl přivedeného množství plynu včetně rezerv, hlavními dodavateli pro ČR jsou Rusko (dodávky proudí přes Slovensko a na území ČR vstupují přes předávací stanici v Lanžhotě) a Norsko (na území ČR vstupují přes předávací stanici Hora Sv. Kateřiny) [11]. Spotřeba zemního plynu se pohybuje ročně okolo 9 miliard m³, průměrný nárůst teplot zapříčiňuje mírnou tendenci poklesu spotřeby, jak ukazuje obr. 4.5.



Obr. 4.4 Dodávky plynu z Ruska a Norska



Obr. 4.5 Roční spotřeba zemního plynu

Propan, butan, příp. směs propan-butan, se využívá pouze tam, kde není přístup k zemnímu plynu. Zásadní nevýhodou je jeho vysoká cena a dodávka se realizuje cisternami se zkapalněnou formou plynu. Porovnání vlastností topných plynů jsou uvedeny v tab. 4.1.

Parametr	Jednotky	Zemní plyn	Propan	Butan
Spalné teplo plynu ⁴⁾	MJ/m ³	37,69	95,50	125,72
Výhřevnost plynu ⁵⁾	MJ/m ³	33,93	87,86	116,02
Teplota plamene	°C	1957	1980	1970
Teplota vznícení výbušné plynné atmosféry	°C	537	470	372

Tab. 4.1 Vlastnosti topných plynů [12]

⁴ **Spalné teplo H_o** - Množství tepla, které vznikne dokonalým spálením 1 m³ plynného paliva při normálním tlaku 101, 325 kPa v adiabatických podmínkách, za předpokladu, že se spaliny ochladí na teplotu výchozích látek a vodní pára obsažená ve spalinách je v kapalném stavu.

⁵ **Výhřevnost H_u** - Množství tepla, které vznikne dokonalým spálením 1 m³ plynného paliva při normálním tlaku 101, 325 kPa v adiabatických podmínkách, za předpokladu, že se spaliny ochladí na teplotu výchozích látek a vodní pára obsažená ve spalinách zůstane v plynném stavu.

4.4 Biomasa

Nejfrekventovanějším slovem ve zmínkách o obnovitelných zdrojích a jejich využívání v energetice a teplárenství je biomasa. Biomasou se míní organická hmota vzniklá fotosyntézou nebo hmota živočišného původu a má tři základní formy: pevná, plynná a kapalná biomasa. Zatímco kapalná a plynná forma slouží nejčastěji jako pohonná hmota, pevná forma je využívána v energetice a teplárenství, z tohoto důvodu se bude celá následující část opírat o pevnou formu. Ve své podstatě se jedná o lidstvem po tisíciletí spalované dřevo (rostlinná biomasa). Rozmach v posledních letech spočívá v umění využít dříve odpadní biomasu k získávání tepla a energie. Využívá se rostlinný odpad ze zemědělské výroby (seno, sláma), odpady z dřevozpracujících závodů (piliny, odřezky), odpady z údržby městské zeleně (prořezy), odpady po těžbě dříví (větvě, šišky, kůra) aj. Biomasa může být také výsledkem záměrné výrobní činnosti (topol, vrba, jasan) [13], [14].

4.4.1 Vlastnosti

Výhody biomasy spočívají v dozajisté míře v nízkém obsahu škodlivých prvků. V porovnání s uhlím obsahuje pouhý zlomek obsahu síry, která má za následek vznik oxidu siřičitého při spalování. Oxid siřičitý je bezbarvý jedovatý plyn, který je těžší než vzduch. Obsah dusíku je rovněž malý, stejně jako těžké kovy, které v nadměrné přítomnosti znehodnocují popel. Takovýto popel se posléze nedá využít ke hnojení a je nutné jej uložit na skládce. Nejdůležitější energetickou vlastností je výhřevnost. Jak již bylo zmíněno, výhřevnost závisí na vlhkosti a na materiálu, z kterého je biomasa vyráběna. Konkrétní výhřevnosti pro nejběžněji používané druhy biomasy jsou v tab. 4.2.

Druh	Výhřevnost [MJ/kg]	Při vlhkosti [% hm]
Dřevo kusové	15,30	14,40
Dřevo-brikety	17,54	7,42
Dřevo-pelety	17,54	7,42
Dřevo-štěpka	9,84	41,74
Dřevěná kůra, mix	15,92	4,82
Papír, brikety	11,98	4,61
Sláma obilní	15,46	10,00
Sláma řepková	15,90	5,56
Sláma pšeničná	14,58	13,01
Sláma lisovaná, role, kvádry	15,46	10,00
Pelety	15,46	10,00
Sláma řepková, brikety	15,42	11,16
Řepkové šroty granulované	16,70	9,21
Slunečnicové slupky	24,05	5,22
Městské odpadky	8,14	33,00

Tab. 4.2 Výhřevnost biomasy v závislosti na obsahu vody [15]

4.4.2 Využití biomasy pro vytápění

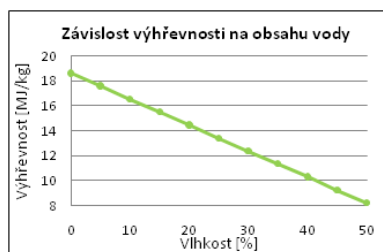
Nejčastějším způsobem využití biomasy je spalování. Před energetickým využitím biomasy je nutné zohlednit mnoho faktorů. Zejména se jedná o dostupnost a náklady na její získání a úpravu. Je zřejmé, že jakákoliv přeprava biomasy se negativně projeví zvýšením konečné ceny pro spotřebitele. Dále je potřeba zvážit samotný způsob využití biomasy. Je sice nenáročné a výhodné spalovat semena olejnatých rostlin, které mají dobrou výhřevnost, daleko výhodnější je ale jejich přeměna na olej a následná úprava na palivo pro pohon automobilů. Velmi důležitý je výběr biomasy, vytápět lze mnoha formami paliva, počínaje kusovým dřevem, dřevními briketami, dřevními a alternativními peletami, slámou, obilím, štěpkou a pilinami. Pro domácí otopnou soustavu jsou vhodné kotle spalující obilí, pelety, kusové dřevo a dřevní brikety. Pro realizaci CZT se převážně využívá dřevní štěpka, piliny nebo balíkováná sláma, tyto formy paliva jsou levné, vyžadují ale velké skladovací prostory. Využití biomasy nejen v CZT, ale i v lokálních zdrojích tepla je cílem zájmu mnoha stran, i přes snahy výrobců spalovacích zařízení se nedaří odstranit nedostatky v podobě náročné přípravy a manipulace s palivem.

4.4.3 Úprava biomasy

Pro účinné spalování biomasy je třeba mít splněno několik podmínek, kterými jsou především vhodná velikost, míra vlhkosti a odpovídající spalovací zařízení. Případným komplikacím spojeným s těmito požadavky se snažíme předejít úpravou biomasy.

Sušení biomasy

V každé rostlině je pro fotosyntézu potřeba voda, která má velké výparné teplo, tím se s rostoucím obsahem vody snižuje energetický zisk⁶⁾. Před spalováním biomasy je nutné alespoň její částečné vyschnutí. Optimální obsah vody je 20% [14], kterého lze při běžném sušení dosáhnout. Jak je patrné z obr. 4.6, výhřevnost velmi úzce souvisí s obsahem vody v materiálu. Pro některé účely je proto potřeba docílit vlhkosti nižší, v těchto případech je potřeba k sušení využít zvýšenou teplotu, a tedy i dodat vnější energii (teplo). V praxi se setkáváme s přisušováním pomocí odpadního tepla (např. z kogeneračních jednotek), solární energie apod.



Obr. 4.6 Graf závislosti výhřevnosti na obsahu vody [16]

⁶⁾ „Při zahřívání dřeva dochází nejprve k odpařování vody. Vzhledem ke špatné vodivosti dřeva a vysokému výparnému teplu vody dochází k tomuto procesu ještě dlouho po tom, kdy již dřevo na povrchu hoří. Odpařování vody spotřebuje mnoho tepla a velmi efektivně dřevo chladí“ [14].

Úprava biomasy na vhodnou velikost a formu

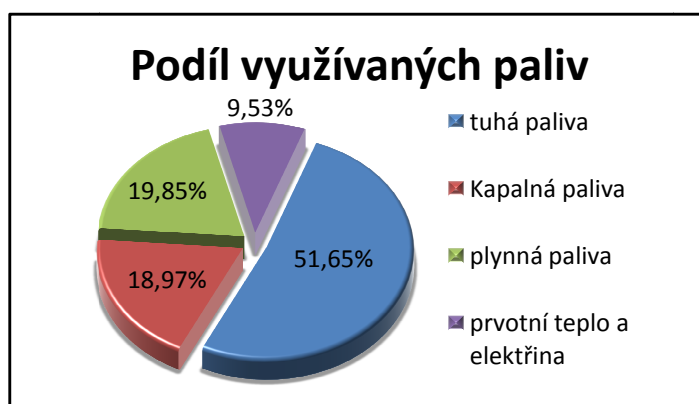
Aby se usnadnila manipulace s materiálem a spalovací zařízení bylo schopné materiál jednoduše spálit, upravuje se biomasa na vhodnou velikost a formu. Jak již bylo zmíněno, pro spalování biomasy v lokálních zdrojích tepla je vhodné kusové dřevo, které se řeže, případně štípe. Pelety jsou drobné granule zpravidla o průměru 0,6 až 1,4 cm a rozdělujeme je na dřevní pelety, které se vyrábí lisováním suché dřevní hmoty (piliny, kůra...), a na alternativní pelety vyráběné lisováním z rozdrcených rostlin (šťovík, konopí, křídlatka...) [17]. Pelety umožňují zcela zautomatizovat proces dopravy materiálu do spalovací komory pomocí šnekového dopravníku. Stejným způsobem jako dřevní pelety se lisují brikety, které mají větší rozměry. V systémech pro CZT se spaluje sláma skladovaná ve formě obřích hranatých balíků o hmotnosti několika stovek kilogramů. Při automatizovaném provozu se balíky (obr. 4.7) naskládají na automatickou rozdružovací linku, ta balíky slámy rozřeže a pneumaticky dopravuje do kotle. Dalším upraveným materiálem je dřevní štěpka o velikosti částic řádově jednotek až desítek centimetrů, dle kotle.



Obr. 4.7 Sklad s balíky slámy

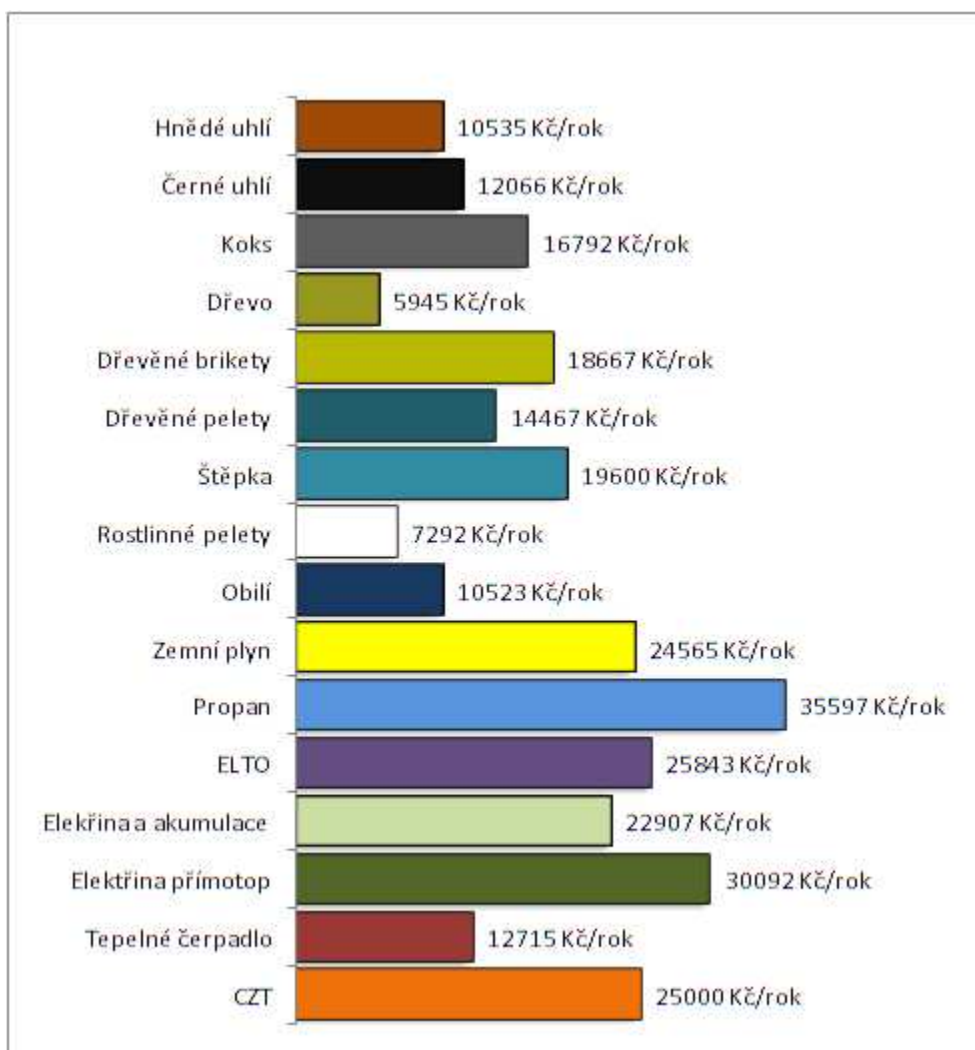
4.5 Srovnání paliv

Podíl paliv pro zdroje tepla využívaných v ČR se odvíjí od domácí zásoby a z obr. 4.8 je zřejmé, že nejvyužívanějším palivem jsou tuhá paliva, která se na spotřebě podílí přibližně 50%. Spotřeba zemního plynu v ČR nezaujímá tak významnou pozici, jak je tomu v Evropě. ČR je ovšem po vstupu do EU motivována politikou EU přecházet na ekologicky příznivé a obnovitelné zdroje právě na úkor uhlí.



Obr. 4.8 Podíl využívaných paliv pro zdroje tepla v ČR

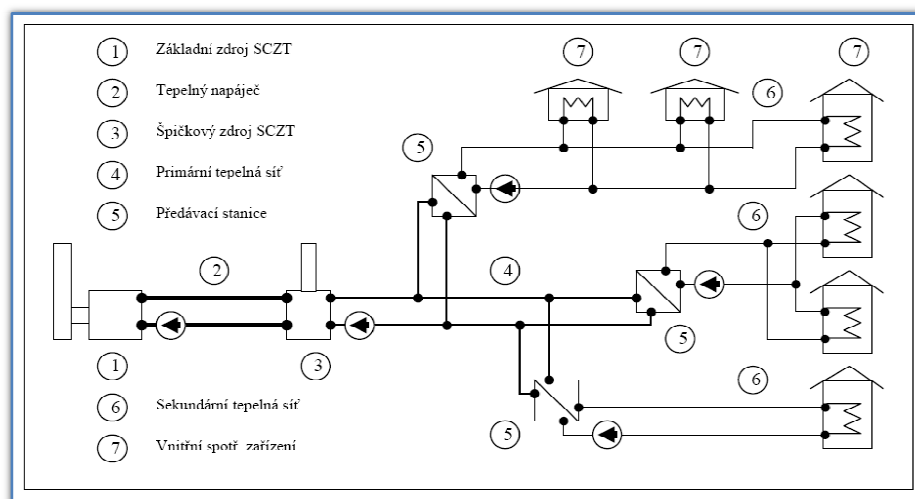
Roční provozní náklady na vytopení průměrného rodinného domu jsou závislé na druhu vytápění a také na lokalitě. Orientační ceny na vytopení rodinného domu o spotřebě tepla 70 GJ/rok jsou v obr. 4.9, který jasně ukazuje, která paliva jsou z ekonomického hlediska nejvýhodnější. Všimněme si značně vysoké ceny u vytápění pomocí CZT. Je nutno podotknout, že v tomto případě je vyšší cena vykompenzována odstraněním povinností s obsluhou či revizí zařízení, jak bylo popsáno dříve. Vysoká cena ovšem není charakteristickým rysem vytápění CZT, ale jak ukazuje obrázek v příloze 1, ceny tepla se pohybují se značným rozptylem podle regionu i podle dostupných zdrojů. Všeobecné cenové porovnání je dostatečně popsáno na [18], možnost výpočtu ročních nákladů vytápění na [19].



Obr. 4.9 Graf ročních provozních nákladů na vytápění pro spotřebu tepla 70 GJ/rok, rok 2005

5 Komponenty a zásady při realizaci systému CZT

Při realizaci rozvodů CZT je nutné dbát požadavků uvedených ve sbírce zákonů [20], [21]. Teplo je vyrobeno ve zdroji a je přenášeno teplonosným médiem (pára nebo voda) na velké vzdálenosti v řádech několika km. Aby se minimalizovaly tepelné ztráty, je potrubí izolované. Hlavní trasa tepelné sítě by měla být vedena oblastí s největší hustotou potřeby tepla zároveň s přihlédnutím k co nejkratší vzdálenosti. Rozsah stavebních prací by měl být co nejmenší [22]. K odběratelům je teplo předáváno přes výměňkovou stanici. Základní schéma obecného CZT je na obr. 5.1.



Obr. 5.1 Schéma obecného CZT

Nyní se blíže zaměříme na jednotlivé součásti systému, které popisují [4],[22],[23] a [24]. Kromě zdroje tepla, který je popsán v kapitole 3, jimi jsou:

5.1 Teplonosná látka

Od teplonosné látky je vyžadována nízká cena, snadná dostupnost, nejdovatost, chemická stálost, vysoký součinitel tepelné vodivosti a přestupu tepla, nízká viskozita, dostatečný výskyt v biosféře aj. Nejbližší požadovaným vlastnostem je voda, případně pára, jejichž nedostatky jsou možnost koroze materiálu a vznik nánosů solí. Pro přenos tepla s vysokou teplotou do 900°C se jako teplonosná látka volí tekuté kovy (směs sodíku a draslíku), nevýhodou je tuhnutí při zchladnutí, což vyžaduje včasné vypuštění během odstávky.

Voda má velké měrné teplo, je chemicky stálá při teplotách do 200°C, jelikož obsahuje nežádoucí příměsi (křemičité a vápenaté soli), musí být chemicky upravena. Důležitým požadavkem je udržování dostatečného tlaku, aby při dané teplotě nedocházelo k varu a nevznikala pára. U malých otopných soustav se voda nahrazuje kapalinou, která má vysoký bod varu při tlacích blízkých atmosférickému tlaku.

Využití páry přináší v porovnání s vodou výhody ve vyšší přepravní rychlosti (25-60 m/s oproti 1-2 m/s u vody) a malých statických tlaků způsobených případnou výškovou členitostí. Úprava vody k výrobě páry je ale složitější a tudíž i dražší než u vody. [4],[23].

5.2 Tepelná síť

Tepelná síť představuje potrubní soustavu, kterou se dopravuje teplotonosná látka od zdroje tepla ke spotřebiteli. Podle počtu trubek se soustava dělí na jednorubkovou, dvourubkovou a třírubkovou. Jednorubkové soustavy jsou využity zcela ojediněle a to v případech, kde se teplotonosná látka nevrací zpět do zdroje. Nejběžnější jsou dvourubkové soustavy, ty mají přívodní a vratné potrubí, tvoří tak uzavřený celek a umožňují stálý oběh teplotonosné látky. Ve zvláštních případech je využívána třírubková soustava a to tam, kde je požadovaná dvojí úroveň teploty (příp. tlaku) teplotonosné látky. Sítě jsou děleny podle územního uspořádání na paprskovité, okružní nebo mřížové. Paprskovité sítě jsou nejběžněji využívány pro rozlehlé zásobované území, okružní sítě jsou obdobné jako paprskovité, výhody spočívají ve vzájemném propojení hlavní sítě, což přináší větší provozní jistotu v případě poruchy. Ojedinělá mřížová síť sestává ze zapojení více zdrojů tepla a vytváří husté sítě městských rozvodů. Důležitá konstrukční část je forma uložení potrubí, a to nadzemní, pozemní a podzemní. V městských a obecních zástavbách se potrubí vede pokud možno pod zemí (obr. 5.2), přímočaře, rovnoběžně s osou ulice, ve vozovce v jedné její krajní části. Dříve používané drahé kanálové provedení ze železobetonových dílů nahradily efektivní a levnější potrubí v izolované ochranné trubce. Minimální výška zeminy nad nejvýše položenou částí kanálového provedení, resp. nad horním okrajem potrubí v ochranné trubce, činí 50 cm. V nejnútnejších případech (nesnadné nebo nemožné podzemní vedení z důvodu četnosti inženýrských sítí, vysoké hladiny podzemních vod, křižování železničních kolejí atd.) se využívá pozemní nebo nadzemní vedení, které zasahuje do estetického rázu krajiny. U nadzemního provedení jsou vystavovány potrubní mosty, případně je využíváno již postavených objektů. Pozemní síť musí splňovat požadavky na minimální světlostou výšku 30 cm mezi terénem a spodním okrajem izolace pozemní sítě [24].

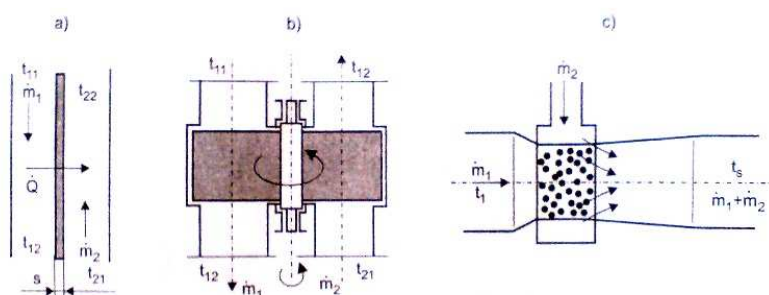


Obr. 5.2 Realizace podzemního potrubí

5.3 Předávací (výměníkové) stanice

Předávací (výměníkové) stanice jsou neoddělitelnou součástí soustav CZT, dochází v nich k předávání tepla z primární teplonosné látky do sekundární teplonosné látky. Hlavním úkolem výměňkových stanic je upravit stav vedené teplonosné látky na stav, který je potřebný pro účely odběratele. Základní dělení je dle pracovního pochodu a to na:

- *rekuperační*, kdy jsou obě média (ohřívací i ohřívané) od sebe odděleny nepropustnou stěnou o dané tloušťce a výhrevných plochách (obr. 5.3 a)).
- *regenerační*, kdy vtéká ohřívané médium za ohřívacím médiem do přesně vymezeného prostoru a následně z něj přijímá teplo (obr. 5.3 b)).
- *směšovací*, kdy se obě média směšují a tvoří směs (obr. 5.3 c)).



Obr. 5.3 Typy výměníků

Další dělení je dle vzájemného směru a smyslu proudění teplonosných médií na souproudé, protiproudé, křížové, se šikmým vzájemným proudem, příp. jejich kombinace. Podle konstrukčního řešení výhrevné plochy se dále dělí na např. na bubnové, deskové, trubkové, svazkové, šroubové, hadové apod.

Základními požadavky na výměníky (obr. 5.4) jsou co nejmenší rozměry, hmotnost a cena výměníku, co nejmenší tlakové ztráty a co nejvyšší spolehlivost v provozu [4].



Obr. 5.4 Horkovodní výměňková stanice

6 Příklady realizovaných projektů

S ubíhajícími roky není nutné složitě hledat realizované projekty. Zveřejněná cena samotné realizace a následných nákladů a konečných cen tepla pro odběratele nám umožní představit si průměrnou cenu takto vyrobeného tepla. Náklady, ať už jimi jsou náklady na pořízení zdroje, příp. více zdrojů tepla, rozvody tepelné sítě, předávací stanice, skladovací zařízení, pořizovací ceny paliva (zahrnutá úprava) aj., jsou kraj od kraje odlišné (jak je zřejmé z tabulky v příloze 1 [25]). S rostoucím tepelným výkonem jednotky roste pořizovací cena, stejně jako s odlišným způsobem spalování a tím spojenými technologiemi. Velmi nákladnou položkou je samotný rozvod tepelných sítí úměrně narůstající s potřebnou vzdáleností od zdroje k uživateli. Cena biomasy markantně roste se vzdáleností její dopravy, proto je vhodné využívat lokální zdroje, pokud jich je dostatek. Zkušenosti z Dánska ukazují odstranění problému s nedostatkem biomasy (podíl lesů zde činí pouze 12% plochy státu, což je třikrát méně než v ČR). V kombinovaných výrobnách tepla a energie se kombinuje spalovaný materiál, konkrétně v teplárně v městě Holstebro obstarává energii 60-63% spálený komunální odpad, 10-12% sláma, 14-18% dřevní štěpka a zbytek ostatní paliva [26]. V následujících odstavcích budou představeny některé aplikace CZT.

Valašská Bystřice

CZT s využitím biomasy v obci nedaleko Rožnova pod Radhoštěm splňovalo veškeré důležité předpoklady pro uskutečnění výstavby systému (obr. 6.1). Vzhledem k velké vzdálenosti od okolních měst nebyla možná plynofikace a tak se do popředí zájmu dostaly fosilní paliva. To ovšem zapříčiňovalo znečištění ovzduší, jelikož obec leží v kotlině. Při navrhování CZT se vycházelo z bohatých zásob dřeva, v okolí leží 3 velké dřevozpracující podniky, 2 soukromé pily a obec vlastní 22 km² lesů. V současné době je k systému CZT napojen střed obce a část hustěji osídlené obce (asi 70 objektů + rozsáhlý objekt školy). Náklady na výstavbu činily 31,5 mil. Kč, ministerstvo Životního prostředí udělilo výjimečnou dotaci ve výši 80%. Dosavadní systém obsahuje přes 3 km rozvodů, 65 předávacích stanic, kotelnu o celkovém výkonu 1,5 MW, na kterém se podílejí dva kotle (spalující piliny) Verner Golem o výkonech 900, resp. 600 kW. Náklady na realizaci systému jsou uvedeny v tab. 6.1. Piliny jsou nakupovány z dřevařského závodu za cenu 400 Kč/tunu. Výsledná cena tepla pro koncové odběratele činí 255 Kč/GJ vč. DPH. Následnou dřevofikaci obec realizuje postupným napojováním k tepelným sítím, v roce 2006 vybudovala kompletně nové vytápění sociálních bytů kotlem na pelety. Obec zvažuje vlastní výrobu dřevních pelet, ve které se využijí odpadní produkty v dřevozpracujícím průmyslu [27].



Obr. 6.1 Kotle ve Valašské Bystřici

Kotelna - strojní část a MaR	6,2 mil.
Předávací stanice - 65 ks	7,5 mil.
Tepelné sítě - 3 km	10,5 mil.
Kotelna - stavební část, komín, sklad paliva, a ostatní	7,3 mil.
Celkem	31,5 mil.

Tab. 6.1 struktura nákladů (ceny bez DPH)

Mikroregion Telčsko

Tento projekt ukazuje opačnou stránku vytápění biomasou, a to lokální vytápění. Celý projekt je spolufinancován z fondu Phare CBS a ze Státního fondu Životního prostředí ČR. Západní část Mikroregionu Telčsko byla vybrána díky nemožné realizaci plynofikací. Primárním spalovaným palivem bylo fosilní palivo, což se negativně projevilo na znečištění ovzduší na Vysočině. Hlavními zdroji jsou nyní biopaliva (dřevo, pelety, obilí) připravované z místních zdrojů. Celý projekt obnášel výměnu původních zdrojů tepla v objektech veřejnosti přístupných (školy, kulturní domy, obchody, obecní úřady atd.). Majitelům byl nabídnut nový zdroj za desetinovou cenu, výměnou za to byla uzavřena smlouva zavazující zpřístupnění zařízení a podávání informací z jeho provozu. Byly instalovány kotle o výkonech 15 – 80 kW, které pracují zcela automaticky, obsluha je spojena pouze s doplněním paliva do zásobníku. Náklady jsou uvedeny v tab. 6.2 [27].

Kotle 20 instalací	3,35 mil. Kč.
Krbová kamna a vložky 23 instalací	780 tis. Kč
Celkem	4,13 mil. Kč

Tab. 6.2 Struktura nákladů (ceny bez DPH)

Průměrná účinnost kotlů 87%

Předpokládaná roční výroba – 6 595 GJ

Spotřeba paliva - 518 t

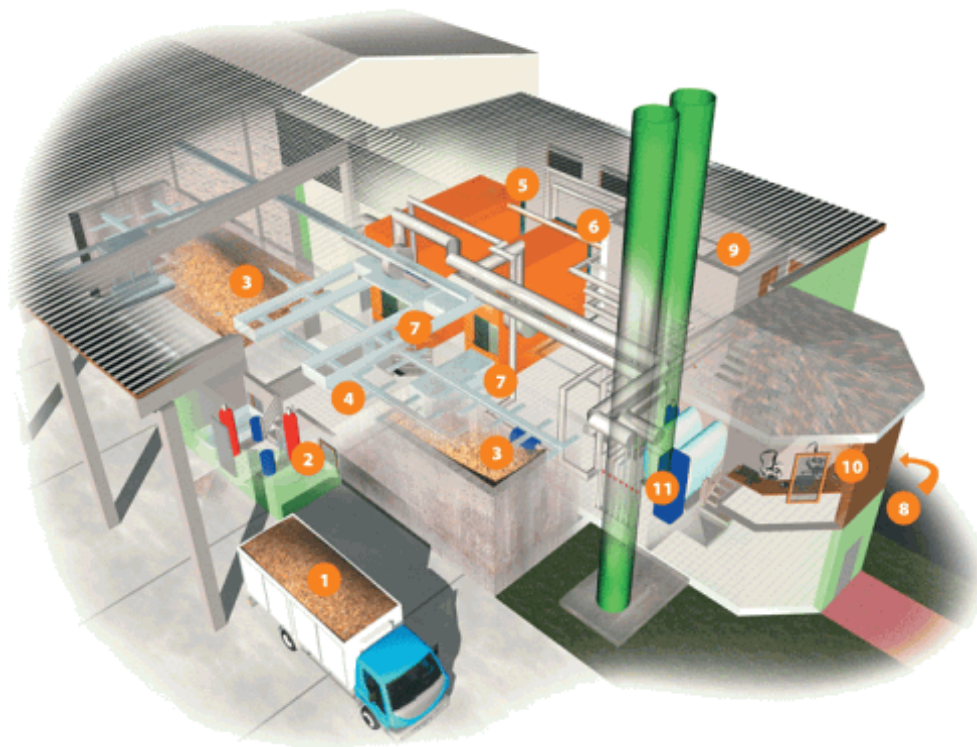
Odhadovaná roční úspora – 201 950 Kč

Celková předpokládaná roční úspora emisí CO₂ – 1 131 t.

Kašperské Hory

Dalším vzorovým projektem je realizace CZT v obci Kašperské Hory [28], okres Klatovy. Systém zásobování teplem byl tvořen lokálními zdroji spalující různorodé palivo (uhlí, dřevo, olej, propan, elektřina). Nynější podoba obsahuje čtyřmegawattovou kotelnu, 6,5 km rozvodnou síť a celkově napojených 105 předávacích stanic. Financování bylo z 80% dotováno Státním fondem životního prostředí. Zbylých 20% je řešeno patnáctiletým úvěrem spláceným z prodeje tepla. Zkušební provoz byl zahájen v roce 2005. Město disponuje lesem o rozloze 6 100 hektarů, pro účely získání biomasy je určeno pouze 1 500 hektarů. Zbylý zdroj se nachází v Národním parku Šumava, odkud se nesmí dřevo svážet, nebo leží ve vzdálenosti, ze které se nevyplatí dřevo dovážet. Čtvrtina z celkové potřeby paliva je dodávána z městské pily (jedná se o štěpku). Kotelnu tvoří dva teplovodní kotle na biomasu o výkonu 2,4, resp. 1,6 MW od společnosti SCHMID. Automatickou manipulaci s palivem zajišťuje automatický mostový jeřáb s drapákovým nakladačem. Doprava paliva do kotle je vykonána příčným dopravníkem. Maximální skladovací prostory jsou 1 361 m³, tudíž při hmotnosti paliva 300 kg/m³ je uskladněno max. 408 tun, které vystačí při trvalém špičkovém výkonu na cca 8,5 dne. Palivem může být štěpka, kůra, piliny, případně jejich směs o vlhkosti do 50%. Předávka tepla je řešena teplotní sítí s předizolovaným

sdruženým dvoutrubkovým teplotním potrubním systémem ISOPLUS v bezkanálkovém provedení, topným médiem je teplá voda o parametrech 110/70°C ⁷⁾ s max. přetlakem 1,0 MPa. V letním období, kdy je využíváno pouze přenosu látky pro TUV, jsou teplotní parametry sníženy na 90/60°C. Koncová cena tepla pro odběratele je 300 Kč/GJ vč. DPH. Umístění technologií je patrné z obr. 6.2, struktura nákladů je v tab. 6.3.



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. 6.2 CZT Kašperské hory

Kotelna - strojní část a MaR	18 mil.
Předávací stanice - 105 ks	12 mil.
Tepelné sítě - 6,5 km	30 mil.
Kotelna - stavební část, komín, jeřáb, el. přípojka, sklad paliva, a ostatní	26 mil
Celkem	86 mil.

Tab. 6.3 Struktura nákladů (ceny bez DPH)

⁷⁾ První hodnota ve zlomku označuje teplotu v přívodním, druhá naopak teplotu ve vratném potrubí.

Velký Karlov

Že se využívání biomasy v systémech CZT mnohdy neobejde bez provozních obtíží, dokládá zkušenost z Velkého Karlova. Jak provozovatelé otevřeně popisují v [29]. Soustava CZT je tvořena dvěma kotli, jedním o výkonu 1,0 MW pro spalování slámy a druhým záložním o výkonu 460 kW spalující LTO (obr. 6.3). První problémy nastaly s dopravníkem paliva (balíky slámy). Vzhledem k délce 20 m bylo nutné předimenzovat hnací zařízení a vyztužení. V průběhu provozu došlo k utržení držáku motoru k pohonu dopravního pásu, ohnutí tyčí pohyblivého roštu. Prasklá nádrž s vodou o objemu 2 000 l byla vyměněna po třetí reklamaci za tři nádrže o objemu 1 000 l. Největším problémem bylo samotné spalování slámy, v první sezóně se projevily nedostatky ve kvalitě nakoupených balíků slámy, které obsahovaly hroudy hlíny, kameny apod. V následujících letech byla dodávaná sláma kontrolována. I přes kvalitnější palivo se opakovaly problémy s tvořením velkých bloků škváry, které nebyly schopny rošty zmenšit. To přineslo nutnost každodenní odstávky kotle a ruční rozbití a odebrání této škváry. Dalším zásadním problémem bylo tvoření tvrdé hmoty vzhledu „skloviny“ v dohořívacím prostoru kotle. Takto vzniklá hmota lze odstranit pouze s pomocí sbíječky s rizikem poškození vyzdívky.



Obr. 6.3 Kotle ve Velkém Karlově

7 Závěr

Protože se neustále rozšiřuje využití biomasy v CZT, shrnuje tato práce základní pojmy týkající se tématu do srozumitelné formy. Domnívám se, že zde byly přehledně popsány jednotlivé technologie systému a práce splnila všechny zadané úkoly. Srovnání paliv používaných v teplárenství umožní čtenáři vytvořit si správný pohled na vhodnou volbu paliva z mnoha prioritních hledisek. Největším přínosem nepochybně zůstává nastínění problematiky vytápění, které koncový uživatel bere jako životní standart. Doby individuálního topení uhlím nenávratně mizí a je nutné se zajímat o nové, kvalitní druhy vytápění, které jsou šetrnější k životnímu prostředí. Jaderná energetika nám není schopna dokonale pokrýt poptávku po teple globálně. Je tudíž nutné se poohlížet po ekologicky přijatelných zdrojích tepla, kterými biomasa v CZT bezesporu je. Dá se proto předpokládat rozšiřování tohoto způsobu vytápění, zejména v lokalitách, kde není provedena plynofikace a kde jsou v dostatečné míře vhodné zdroje biomasy. Nejvýhodnější kombinací je bezesporu zapojení kotle na biomasu a kotle na zemní plyn, jenž vykryvá sezónní špičky a oproti kotli na biomasu má širší možnost regulace tepelného výkonu. Zastoupení plynového kotle ovšem zamezuje mimo nedostupnosti zdroje plynu také udělení dotací, jelikož se nejedná o obnovitelný zdroj. Proto je velmi výhodné v absenci plynového kotle a z důvodu nutnosti vyššího výkonu kotle na biomasu vyrábět především v letních měsících, kdy je odběrateli požadována pouze TUV, i energii a prodávat ji dodavatelům. Tím se sníží cena konečného tepla pro odběratele.

Seznámení se s problematikou CZT významně a pozitivně obohatilo můj život. Vypracování práce mi dalo možnost nahlédnout do systému teplárenství a rozšiřujících se technologií. Závěrem doufám, že se čtenářům této práce dostaly potřebné základní informace o systému CZT.

Použitá literatura

- [1] Dálkové vytápění a teplárenství v ČR a v Evropě. *Energetika*, 2005, roč. 55, č. 11. Dostupné z <http://www.volny.cz/casopis.energetika/>
- [2] *District heating in Iceland* [online]. 1996 [cit. 2008-03-18]. Dostupné z: <http://www.energy.rochester.edu/is/>
- [3] Lulkovičová, O.: *Zdroje tepla a domovní kotelny*. Bratislava: Jaga group, 2004. 223 s., ISBN 80-8076-002-0.
- [4] Ochrana, L.: *Kotle a výměníky tepla*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004, 85. s, ISBN 80-214-2847-3.
- [5] Ibler, Z. a kolektiv: *Technický průvodce energetika*. Praha: BEN, 2002, 616 s., ISBN 80-7300-026-1.
- [6] Teyssler, J. Má uhlí budoucnost?, *Teplo*, 1996, č. 4
- [7] *World coal institute* [online]. 2007 [cit. 2008-04-12]. Dostupné z: <http://www.worldcoal.org/pages/content/index.asp?PageID=188>
- [8] Ekonom.iHNed.cz: *Jaké zásoby ropy ještě zbývají* [online]. 2007 [cit. 2008-03-18]. Dostupné z: http://fpweb.ihned.cz/c3-20228660-Q00000_d1-boure-v-barelu.
- [9] Energetický informační server: *Vytápění kapalnými palivy* [online]. 2007 [cit. 2008-03-18]. Dostupné z: <http://www.energ.cz/index.phtml?polozka=36>
- [10] Zemní plyn: *Přeprava a uskladnění* [online]. 2008 [cit. 2008-03-18]. Dostupné z: <http://www.zemniplyn.cz/doprava/>
- [11] EnviWeb: *Pár zajímavostí o plynu* [online]. 2008 [cit. 2008-04-19]. Dostupné z: http://www.enviweb.cz/?env=horniny_archiv_giihe/Par_zajimavosti_o_zemnim_plynu.html
- [12] TZB-info: *Tabulky a výpočty* [online]. 2007 [cit. 2008-03-18]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/t.py?t=16&i=52&h=38&obor=5>. ISSN 1801-4399
- [13] Pastorek, Z., Kára, J., Jevič, P.: *Biomasa*. Praha: FCC Public, 2004, 288 s., ISBN 80-86534-06-5.
- [14] Murtinger, K., Beranovský, J.: *Energie z biomasy*. Brno: ERA, 2006, xxxxxxxx s., ISBN 80-7366-071-7.
- [15] VŠB – Technická univerzita Ostrava, výzkumné energetické centrum: *Potenciál biomasy, druhy, bilance a vlastnosti paliv z biomasy* [online], 2006 [cit. 2008-04-8]. Dostupné z: <http://www.biomasa-info.cz/cs/doc/bio.pdf>
- [16] Topení dřevem: *Dřevo a jeho spalování* [online], 2006 [cit. 2008-03-18]. Dostupné z: <http://www.topenidrevem.cz/index.php?page=clanek&rid=23260b2e3d6786927f2520d99f7009a3&cid=4524cab599676>

- [17] Verner, Vladimír: Alternativní pelety. *Biom.cz* [online]. 2007 [cit. 2008-05-22]. Dostupné z: <http://biom.cz/index.shtml?x=2065283>. ISSN: 1801-2655
- [18] TZB-info: *Ceny paliv a energií* [online], 2007 [cit 2008-03-18]. Dostupní z: <http://vytapani.tzb-info.cz/t.py?t=1&i=3>)
- [19] TZB-info: *Porovnání nákladů na vytápění podle druhu paliva* [online], 2007 [cit. 2008-03-18]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/t.py?t=16&i=269>
- [20] Boušková, I., Chvátal, T., Mykiska, M., Neužil, J., Plecháč, F., Zaplatílek, J.: *Energetická legislativa v kostce*. Praha: Done, 2002, 591 s., ISBN 80-903114-0-7.
- [21] Biom.cz: *legislativa* [online], [cit. 2008-05-14]. Dostupné z: <http://www.stary.biom.cz/legisl.html>
- [22] Cikhart, J. a kolektiv: *Soustavy centralizovaného zásobování teplem*. Praha: SNTL, 1977, xxxxx s., ISBN 04-204-77.
- [23] ČVUT, Fakulta strojní: *Regulace v technice prostředí* [online], [cit 2008-05-15]. Dostupné z: <http://www.fsid.cvut.cz/~sourek/homepage/vyuka/ZTE/Prednasky/Prednaska4.pdf>
- [24] Chromík, R., Klein, Š.: *Stavební tabulky TZB – vytápění (kompletní vydání)*. Praha: ART-Projekt, ISBN-80-239-3447-3.
- [25] TZB-info: *Biomasa v soustavách měst a obcí – projekty a zkušenosti (III)* [online], 2007, [cit. 2008-04-05]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=4061>. ISSN 1801-4399
- [26] TZB-info: *Energie z biomasy a Dánské zkušenosti* [online], 2005, [cit. 2008-04-05]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=2632>. ISSN 1801-4399
- [27] TZB-info: *Biomasa v soustavách měst a obcí – projekty a zkušenosti (II)* [online], 2007, [cit. 2008-04-05]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=3884>. ISSN 1801-4399
- [28] TZB-info: *Biomasa v soustavách měst a obcí – projekty a zkušenosti (I)* [online], 2007, [cit. 2008-04-05]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=3865>. ISSN 1801-4399
- [29] TZB-info: *Realizace centrálního tepelného zdroje ve Velkém Karlově* [online], 2002, [cit. 2008-04-05]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=958>. ISSN 1801-4399

Příloha 1 – Tabulka realizovaných projektů [25]

Lokalita	Rok zprovoznění	Instalovaný výkon	Výkon	Náklady	Podpora formou	Palivo nákup vč. DPH	Kč/GJ vč. DPH	Roční dodávka	Výrobce kotle	Počet napojených objektů	Zajímavosti, dostupnost paliva
		MW	MW	tis. Kč	dotace/zvýhodněná půjčka	Kč/t, m ³	Kč	GJ			
Nová Pec, o. Prachatice	1996	3,3 (2,2 + 1,1)	3,3	25 600	80/0	štěpka - 150-250 Kč/m ³	270	3 700	Danstoker	48 objektů	dobrá dostupnost paliva
Trhové Sviny, o. České Budějovice	1999	2,5 + 3,5 + ORC	6	106 000	50/30	štěpka - 150Kč/m ³	356	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	0,7	32 000	80/10	štěpka - 280 Kč/m ³	pažál 3315 + 206	3 849	Kara	65 objektů	Kofinancováno nizozemskou vládou
Hartmanice, o. Klatovy	2000	4,4 (2 x 1,75 + 0,88)	4,4	18 732	80/0	štěpka - 270 Kč/m ³	350	15 700	Danstoker	75 objektů	dobrá dostupnost paliva
Bouzov, o. Olomouc	2001	2,4 (1,8 + 0,6)	2,4	40 000	60/20	štěpka - 1000 Kč/t	270	19 000	Step Trutnov	116 objektů	spolu se štěpkou spalován i štůvik
Moravany u Kyjova, o. Hodonín	2001	0,35	0,35	6 290	40/40	štěpka - 180-360 Kč/m ³	280	1 500	Hamont	4 objektů	dobrá dostupnost paliva
Bystřice nad Pernštejnem, o. Žďár n. Sáz.	2001	9 (2 x 4,5)	9	134 631	59/35	štěpka - 150-330 Kč/m ³	390	85 000	Urbas	80 objektů	Štěpka, piliny nakupovány převážně od dopravců, připojeno 6 z 9 tisíc obyvatel
Velký Karlov, o. Znojmo	2001	1	1	24 249	40/35	sláma - 700 Kč/t	300	*	Tractant Fabri	73 objektů	dobrá dostupnost paliva
Třebívlice, o. Litoměřice	2001/2002	0,38 (0,3 + 0,008)	0,38	4 289	40/0	štěpka - 350 Kč/m ³	370	800	Ekoeffekt Litvínov	12 objektů	spalování štěpky v kombinaci s nízkosirným uhlím v poměru 7/3
Jindřichovice pod Smrkem	2001/2002	0,35 (0,20 + 0,15)	0,35	1 965	70/0	štěpka z obecních zdrojů	450	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)	7,9	106 405	70/10	sláma - 1100 Kč/t	378	35 000	Verner	520 bytových jednotek	1xštěpka, 2xsláma, 1x kombinovaný
Roštín, o. Kroměříž	2002	4	4	69 456	30/30	sláma - 600 Kč/t	296	11 000	LIN-KA	154 objektů	dostatek obilné i řepkové slámy
Rybniště, o. Děčín	2003	1 (0,6 + 0,4)	1	22 719	80/0	piliny - 100 Kč/m ³ , štěpka - 150Kč/m ³	290	5 400	Verner	24 objektů	původně místní zdroj pilin, dnes dováží štěpku
Nový Bor, o. Česká Lípa	2003	2,2	2,2	15 246	40/40	sláma - 1200 Kč/t	450	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.	5	48 507	50/30	štěpka - 190-340Kč/t	366	24 125	Danstoker	522 bytových jednotek	technologie v kombinaci s výrobou elektřiny s protitlakou turbínu s generátorem 100 kWel, palivo dováženo ze vzdálenosti 20 a 55 km
Slavičín, o. Zlín	2003	1,6	1,6	46 783	50/30	štěpka - 300Kč/m ³	481	20 000	Kohlbach	35 objektů	dobrá dostupnost paliva
Dříteň, o. České Budějovice	2004	2,0 (2 x 1,0)	2	33 794	50/37	z obecních zdrojů	260	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)	4	80 985	80/0	*	300	21 000	Schmid	105 objektů	většina obecních zdrojů biomasy leží v CHKO Šumava - problematická dostupnost
Valašská Bystřice, o. Vsetín	2006	1,5 (0,6 + 0,9)	1,5	37 465	80/0	piliny - 400 Kč/t	255	12 825	Verner	70 objektů	dostatek paliva z místních dřevařských podniků
Kněžice, o. Nymburk	2006	1,2 (0,8 + 0,4)	1,2	111 622	85/0	štěpka - 1050 Kč/t, sláma - 1100 Kč/t	260	*	Step Trutnov	148 objektů	Komplexní projekt řeší bioplynovou stanicí, kotelnou 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)	3,4	43 400	81/0	štěpka - 1100 Kč/t	350	36 360	TTS, Tenza	700 bytových jednotek	Jeden kotel štěpka, jeden sláma
Třebíč	2006	15 (7 + 3 + 5) + ORC	15	232 500	52/25	vlastní systém štěpka + nákup slámy	378	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