

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: B4131 Zemědělství

Studijní obor: Trvale udržitelné systémy hospodaření v krajině

Katedra: Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky

Vedoucí katedry: doc. Ing. Antonín Jelínek, CSc.

Bakalářská práce

Zpracování biomasy pro přímé spalování

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Václav Vávra, Ph.D.

Autor: Petr Tomášek

České Budějovice, duben 2013

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění, souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Borovanech dne 5. dubna 2013

.....

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Václavu Vávrovi, Ph.D., za odborné rady, připomínky a metodické vedení práce.

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Petr TOMÁŠEK**
Osobní číslo: **Z10418**
Studijní program: **B4131 Zemědělství**
Studijní obor: **Trvale udržitelné systémy hospodaření v krajině**
Název tématu: **Zpracování biomasy pro přímé spalování.**
Zadávající katedra: **Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky**

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

Cílem práce je posouzení využití tvarově upravených paliv pro přímé spalování jako zdroj tepla pro vybraný objekt.

Biomasa je organická hmota vyrobená z obnovitelných zdrojů, využitelná k výrobě energií jako jsou teplo, elektřina a pohonné hmoty - biopaliva. V podmínkách České republiky se jedná většinou o odpadní dřevo, slámu a dále cíleně pěstované energetické rostliny, rychle rostoucí dřeviny, zemědělské zbytky a jiný využitelný odpad. Před vlastním použitím biomasy je nutné ji náležitě zpracovat: sušení (přírozené nebo umělé), rozměrové úpravy (stříhání, sekání, drcení, lisování, briketování, peletování) apod.

Vyššího zhodnocení materiálu lze dosáhnout výrobou topných briket či pelet, čímž se dosáhne mj. i podstatného zmenšení objemu, a tedy i zvýšení hustoty hmoty a využitelné energie. V současné době existují systémy, které umožňují dokonalé spalování pelet v automatickém režimu. Používání pelet pro ohřev teplé užitkové vody a ohřev otopné vody je stále rozšířenější. Vystává otázka, zda volba získání energie spalováním pelet je z důvodu ekologického cítění uživatelů, nebo zde je rozhodující ekonomické hledisko.

Zásady pro vypracování:

1. vytvořit přehled možností využití biomasy pro energetické účely,
2. posouzení technologií úpravy biomasy pro přímé zpracování,
3. provést měření spotřeby pelet ve zvoleném objektu,
4. na základě naměřených a zpracovaných hodnot posoudit provoz kotle na spalování pelet.

Rozsah grafických prací: obrázky, fotografie dle potřeby
Rozsah pracovní zprávy: 40 stran
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná
Seznam odborné literatury:

Pastorek, Z., Kára, J., Jevic, P.: Biomasa : Obnovitelný zdroj energie. Praha : FCC PUBLIC, 2004. 288 s.; Novela zákona č.180/2005; Sladký, V., Dvořák, J., Andert, D.: Obnovitelné zdroje energie - fytopaliva. Praha: VÚZT, 2002. ISBN 80- 238-9952-X; Petříková, V.: Biomasa z energetických rostlin. Biom.cz [online]. 2006-04-19 [cit. 2010-03-22]. Dostupné z WWW: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/biomasa-z-energetickych-rostlin>. ISSN: 1801-2655; Stražil, Z.: Využití rostlinné biomasy v energetice ČR. Biom.cz [online]. 2009-09-07 [cit. 2010-03-22]. Dostupné z WWW: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyuziti-rostlinne-biomasy-v-energetice-cr>. ISSN: 1801-2655; Capros, P., Mantzos, L., Papandreou, V., Tasios N.: European Energy and Transport - Trends to 2030 - Update 2007, European Commission, Directorate-General for Energy and Transport, Institute of Communication and Computer Systems of the National Technical University of Athens, 2008; Habart, J.: Užití biomasy v ČR a současné legislativní podmínky. 2008; Plíštil, D.: Briketování biomasy. Sborník přednášek z odborného semináře Zemědělská technika a biomasa, VÚZT, 2003, ISBN 80-903271-1-7; Simanov, V.: Energetické využívání dříví, Tetrapolis, Olomouc 1995, č.2; Hein, K. R. G., Schreuer, W.: Combine-Combustion of Biomass, Waste and Residues with Coal, EU Seminar, European Commission, Cottbus 2000; Abrham, Z., Andert, D., Sladký, V.: Energetické využití pevné biomasy. Praha : VÚZT, 2006, č. 7, s. 59, ISBN 80-86884-19-8.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Václav Vávra, Ph.D.
Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky

Datum zadání bakalářské práce: 14. ledna 2012
Termín odevzdání bakalářské práce: 15. dubna 2013

Ing. Karel Suchý, Ph.D.
proděkan pověřený vedením ZF

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Studentská 13
370 05 České Budějovice

doc. Ing. Antonín Jelínek, CSc.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 8. března 2012

Abstrakt

Cílem této práce je vytvořit přehled možností využití biomasy k energetickým účelům a posoudit jednotlivé technologie úpravy biomasy pro přímé spalování. Dále je provedeno sledování spotřeby pelet v nově zatepleném rodinném domě a posouzení provozu kotle na pelety. Jako palivo pro vytápění domu byly použity bílé dřevní pelety, vyráběné z čistého dřeva a dřevního odpadu bez příměsí. Pro výpočet spotřeby pelet a posouzení provozu kotle byly použity data z topné sezony 2011/2012. Na závěr je provedeno porovnání pelet s jinými palivy pro vytápění objektu.

Klíčová slova: biomasa, pelety, štěpkování, lisování, spalování biomasy, výpočet, množství, energie, cena

Abstract

The aim of this work is to create an overview of the possibilities of using the biomass for energy purposes and to assess various treatment technologies of biomass for direct combustion. It was performed the consumption monitoring of pellets in a family house newly insulated and an assessment of the pellet boiler. As fuel for heating of the house were used white wood pellets made from clean wood and wood waste, without additives. For calculation the consumption of pellets and an assessment of the boiler were used data from the heating season 2011/2012. Finally, a comparison is made of pellets and other fuels for heating the object.

Key words: biomass, pellets, manufacture of wood chips, pressing, combustion of biomass, calculation, quantity, energy, price

OBSAH

Úvod	9
1 Možnosti využití biomasy pro energetické účely	10
1.1 Pojem „BIOMASA“	10
1.2 Vznik rostlinné biomasy a její složení	10
1.3 Biomasa využitelná k energetickým účelům	12
1.3.1 Kulturní a málo rozšířené plodiny	13
1.3.2 Netradiční plodiny.....	13
1.3.3 Rychle rostoucí dřeviny	14
1.4 Způsoby využití biomasy k energetickým účelům	15
1.4.1 Spalování biomasy	16
1.4.2 Zplyňování biomasy	17
1.4.3 Metanové kvašení	18
1.4.4 Alkoholové kvašení	20
1.4.5 Esterifikace	21
2 Technologie úpravy biomasy pro přímé spalování	23
2.1 Příprava dřeva jako paliva	23
2.1.1 Podélné a příčné dělení dřeva	23
2.1.2 Štěpkování	25
2.1.3 Paketování	30
2.1.4 Drcení	30
2.1.5 Sklizeň a úprava rychlerostoucích dřevin	32
2.1.6 Úprava energetických stébelnin	33
2.1.7 Briketování a peletování	36
3 Cíl práce	41
4 Metodika	42
4.1 Výpočet spotřeby a ceny pelet	43
4.2 Výpočet ceny a potřebného množství el. energie	46

4.3	Výpočet ceny a potřebného množství zemního plynu	47
4.4	Výpočet spotřeby a ceny hnědého uhlí	48
4.5	Výpočet spotřeby a ceny dřeva	49
4.6	Výpočet ceny za jednotku energie	51
5	Výpočty sledovaných parametrů	52
5.1	Spotřeba a cena pelet	52
5.2	Cena a potřebné množství el. energie	53
5.3	Cena a potřebné množství zemního plynu	54
5.4	Spotřeba a cena hnědého uhlí	54
5.5	Spotřeba a cena dřeva	55
5.6	Cena za jednotku energie	56
6	Výsledky a diskuse	57
7	Závěr	62
8	Seznam literatury	63
9	Přílohy	68

ÚVOD

Potřeba energie provází lidstvo po celou dobu jeho existence. Celá tisíciletí byla hlavním zdrojem energie biomasa, až později s příchodem technického pokroku a industrializace převzala její úlohu fosilní paliva a energie jaderná. V poslední době se však do popředí zájmu dostává opět biomasa a možnosti jejího využívání v energetice. Je to zapříčiněno tím, že zdroje fosilních paliv se rychle vyčerpávají, případně je jejich těžba ekonomicky a energeticky náročná. Důsledkem je rostoucí závislost na importu těchto strategických komodit z politicky a ekonomicky nestabilních zemí. Dalším důvodem pro využívání biomasy je, že při spalování fosilních paliv dochází k emisím oxidu uhličitého, který spolu s dalšími skleníkovými plyny (metan, oxid dusný, freony) přispívá ke globálnímu oteplování. Při spalování biomasy emise oxidu uhličitého nenarůstají, protože téměř stejné množství oxidu uvolněného spálením se spotřebovalo při fotosyntéze na tvorbu této biomasy.

V České republice zaujímá biomasa jednu z hlavních pozic mezi obnovitelnými zdroji energie. Cílené pěstování energetických rostlin přináší mimo jiné užitek v ekologii krajiny, efektivnější využívání půdy a má také sociální aspekty, například nová pracovní místa.

Biomasa je využívána k výrobě energií, zejména elektřiny, tepla a pohonných hmot. Může být v podobě palivového dříví, dřevního odpadu z pil, papírenského průmyslu a zpracování dřeva, slámy nebo fytomasy jednoletých a víceletých energetických rostlin, rychle rostoucích dřevin, odpadu ze živočišné výroby a komunálního organického odpadu.

Aby bylo možné takto získanou biomasu použít, je potřeba ji ještě upravit. (rozměrově, sušením, apod.). Pro dosažení vyššího zhodnocení biomasy určené pro přímé spalování, upravujeme ještě lisováním, briketováním nebo peletováním. Posouzením využití takto upravených paliv při vytápění zvoleného objektu se zabývá tato práce.

1 Možnosti využití biomasy pro energetické účely

1.1 Pojem „BIOMASA“

Dle zákona č. 180/2005 Sb. (zákon o podpoře využívání obnovitelných zdrojů) rozumíme pod pojmem biomasa biologicky rozložitelnou část výrobků, odpadů a zbytků z provozování zemědělství a hospodaření v lesích a souvisejících průmyslových odvětví, zemědělské produkty pěstované pro energetické účely a rovněž biologicky rozložitelnou část vytríděného průmyslového a komunálního odpadu. [9]

Biomasou však označujeme veškerou organickou hmotu živočišného původu, a také hmotu vzniklou při fotosyntéze (tzv. fytomasa). Dřeviny a jejich vedlejší, respektive doprovodné produkty mohou být někde nazývány dendromasou. [10]

Pojmem biomasa je často označována rostlinná biomasa využitelná pro energetické účely jako obnovitelný zdroj energie. Za obnovitelný zdroj energie ale není možné považovat biomasu přeměněnou na fosilní paliva, tj. materiál, v němž se sluneční energie akumulovala před dávnou dobou (uhlí, ropa, zemní plyn). Biomasou tedy budeme rozumět jen materiál vzniklý činností rostlin (eventuálně živočichů) v době geologicky současné. [2]

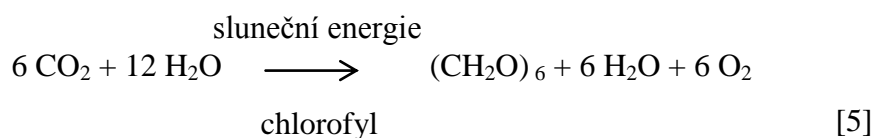
Z hlediska zákona řeší pojem biomasa vyhláška č. 482/2005 Sb. o stanovení druhů, způsobů využití a parametrů biomasy při podpoře výroby elektřiny z biomasy a vyhláška č. 5/2007 Sb., kterou se mění vyhláška č. 482/2005 Sb. [10]

1.2 Vznik rostlinné biomasy a její složení

Z čistě praktického hlediska je biomasa vzniklá činností rostlin (fytomasa) vlastně jakási „energetická konzerva“ – je v ní uložena část zachycené sluneční energie a my ji můžeme uvolnit a využít pro své potřeby. [2]

Uložení energie do rostlinné biomasy se děje pomocí procesu zvaného fotosyntéza. Je to základní proces v přírodě, který zabezpečuje interakci sluneční energie, vody a oxidu uhličitého za vzniku složitých organických látek. Je to nejdůležitější a svým rozsahem převládající chemická reakce na světě.

Zjednodušeně ji můžeme znázornit takto:



Anorganické sloučeniny uhlíku, jako jsou oxid uhličitý, uhlovodíky a uhličitany, se při fotosyntéze redukují a uhlík se zabuduje do organických sloučenin. [5]

Kromě světla a oxidu uhličitého potřebuje rostlina ještě další látky k tomu, aby rostla a produkovala biomasu. Důležité jsou zejména minerální látky, přiměřená teplota a hlavně dostatek vody. To, kolik uhlíku z atmosférického oxidu uhličitého je rostlinou přeměněno na biomasu, se nazývá čistá primární produkce a je to důležitý údaj pro posouzení vhodnosti té které rostliny z hlediska výnosu biomasy. V tabulce č. 1 je uvedena průměrná produkce biomasy pro různá rostlinná společenství. [2]

Tab. 1 Produkce biomasy [2]

Druh porostu	Produkce [kg/m ²]
Deštný prales	2,2
Tropický prales	1,6
Středoevropský les	1,2
Savana	0,9
Zemědělská půda	0,7

Z chemického hlediska je rostlinná biomasa tvořena řadou různých sloučenin, pro biomasu jako zdroj energie mají největší význam celulóza, lignin, oleje, pryskyřice a škrob. Při spalování biomasy je důležitý i obsah vody a nespalitelné anorganické látky tvořící popel.

- Celulóza – nejvýznamnější složka biomasy, je to základní stavební materiál rostlinných buněk. Celulóza je hygroskopická, tj. snadno přijímá vodu a vlhne. V suchém stavu je velmi stálá. Vzhledem k tomu, že v celulóze připadá na každý atom uhlíku jeden atom kyslíku, je energetický obsah (výchřevnost) suché celulózy jen asi 18 MJ/kg.
- Lignin – jednou z jeho funkcí je mechanické zpevnění buněčných stěn a také tvoří součást kapilár, které vedou vodu a živiny. Tvoří zhruba třetinu hmotnosti dřeva. Má trochu větší výchřevnost než celulóza a není tak navlhavý.

- c) Oleje – jde o sloučeniny mastných kyselin, jako je kyselina palmitová, olejová, apod., a trojsytného alkoholu glycerinu. Oleje mají velkou výhřevnost (kolem 37 MJ/kg, tj. skoro 90% výhřevnosti motorové nafty), jsou kapalné, a je zde tedy možnost využívat je jako palivo pro automobily.
- d) Pryskyřice – je obsažena ve dřevě jehličnatých stromů a je tvořena převážně směsí uhlovodíků (terpeny). Díky tomu, že uhlovodíky mají znatelně větší výhřevnost než celulóza a lignin, má dřevo jehličnatých stromů obsahující pryskyřici o trochu větší výhřevnost než dřevo listnatých stromů.
- e) Škrob – je zásobní látkou rostlin, je obsažen převážně v semenech či hlízách. Na rozdíl od celulózy je snadno enzymaticky štěpitelný na jednoduché cukry, které lze dále přeměnit například kvašením na etanol.

[2]

1.3 Biomasa využitelná k energetickým účelům

Biomasa záměrně pěstovaná k tomuto účelu: cukrová řepa, obilí, brambory, cukrová třtina (pro výrobu etylalkoholu), olejninny (nejvýznamnější je řepka olejná pro výrobu surových olejů a metylesterů), energetické dřeviny (vrby, topoly, olše, akáty a další stromové a keřovité dřeviny).

Biomasa odpadní

- Rostlinné zbytky ze zemědělské prvovýroby a údržby krajiny: kukuřičná a obilná sláma, řepková sláma, zbytky z lučních a pastevních areálů, zbytky po likvidaci křovin a lesních náletů, odpady ze sadů a vinic.
- Odpady z živočišné výroby: exkrementy z chovů hospodářských zvířat, zbytky krmiv, odpady z přidružených zpracovatelských kapacit.
- Komunální organické odpady z venkovských sídel: kaly z odpadních vod, organický podíl tuhých komunálních odpadů, odpadní organické zbytky z údržby zeleně a travnatých ploch.
- Organické odpady z potravinářských a průmyslových výrob: odpady z provozů na zpracování a skladování rostlinné produkce, odpady z jatek, odpady z mlékáren, odpady z lihovarů a konzerváren, odpady z vinařských provozoven, odpady z dřevařských provozoven (odřezky, hobliny, piliny).

- Lesní odpady (dendromasa): dřevní hmota z lesních probírek, kůra, větve, pařezy, kořeny po těžbě dřeva, palivové dřevo, manipulační odřezky, klest.

[5]

1.3.1 Kulturní a málo rozšířené plodiny

Využití biomasy pro výrobu potravin a energetické účely si bohužel konkuruje. Lze souhlasit s tím, že určitou část nekvalitního obilí, které se nedá nijak potravinářsky nebo krmivářsky využít, je vhodné zužitkovat energeticky, například spalováním nebo na výrobu etanolu. [2]

Některé plodiny využitelné pro energetické účely:

Obilniny – sláma zemědělských kulturních plodin, zejména obilnin a řepky tvoří významný zdroj biomasy pro energetické účely. Pro tyto účely lze teoreticky využít 100% slámy řepky a kukuřice na zrno a 20% slámy ostatních obilovin. [5]

Řepka ozimá – lisováním řepkových semen se získává olej, ze kterého je esterifikací vyráběn metylester (MEŘO) - bionafta. [1]

Konopí seté – k energetickým účelům je využíváno metodou přímého spalování slámy a pazdeří. (spalné teplo slámy: 18,06 MJ/kg). [6]

Čirok – energetický obsah 1 kg sušiny fytomasy čiroku (spalné teplo 17,9 MJ/kg) je více než ekvivalentní 1 kg hnědého uhlí (17 MJ/kg). [8]

Lesknice rákosovitá – má sloužit jako potenciální energetický zdroj (spalné teplo sušiny celé plodiny je 17,5 MJ/kg), při pokusech se dosáhlo výnosu sušiny fytomasy 5,3 – 12,6 t/ha. [8]

1.3.2 Netradiční plodiny

Obecně platí, že z hlediska ekonomického a energetického je efektivnější pěstovat rostliny víceleté a vytrvalé než tradiční jednoleté. Pěstováním netradičních vytrvalých plodin lze snížit náklady na produkci jednotky biomasy a zvýšit zásadně poměr energie vstup – výstup. Největší náklady při pěstování vytrvalých plodin jsou v prvním roce (při zakládání plantáže), v následujících letech náklady prudce klesají, odpadají náklady na zpracování půdy, setí, snižují se náklady na hnojení apod. [8]

Některé nejčastěji pěstované netradiční vytrvalé plodiny pro energetické účely:

Křídlatka – je využívána jako krmivo, ale díky vysokým výnosům sušiny biomasy z plochy (12 až 27 t/ha) se dá použít i jako obnovitelný zdroj energie. Vzhledem k častému zplaňování a nekontrolovatelnému šíření je nutné odpovědně zvážit její pěstování k energetickému využití. [6]

Šťovík krmný – zejména odrůda UTEUŠA poskytuje dostatek biomasy (již od 2. roku dosahuje výnosu sušiny 10 t/ha), které lze využít jako paliva po několik let, aniž by musel být porost znovu zakládán. Je zde i možnost využít zelenou hmotu na výrobu bioplynu. [8]

Rákos obecný – při spalování celých rostlin je získáno spalné teplo kolem 17,9 MJ/kg. Při výnosu sušiny 13 t/ha se jedná o zajímavý energetický potenciál. [8]

Světlice barvířská – (Saflor), vytváří velké množství slámy, kterou nelze v době plné zralosti semene dobře zkrmovat nebo použít jako stelivo a díky hodnotě spalného tepla sušiny slámy 17,78 MJ/kg se využívá ve fytoenergetice. [8]

Ozdobnice čínská – pro energetické účely se hodí spalování celých rostlin, spalné teplo je 19 MJ/kg [6]

Chrastice rákosovitá – celkem běžně se pěstuje jako pícnina, ale pro energetiku se šlechtí nové druhy, které by na rozdíl od krmných měly vysoký poměr stonků oproti listům, nízký obsah popele a prvků jako jsou křemík, draslík a chlór. [6]

1.3.3 Rychle rostoucí dřeviny

Hlavní rozdíl při pěstování energetických dřevin na plantážích oproti běžnému způsobu je v době mezi sázením stromů a těžbou dřeva, která je u energetických plantáží kratší (2 až 8 let). Pro zřizování plantáží rychle rostoucích dřevin se nejlépe hodí eukalypty, platany, topoly, akáty, vrby, olše. Pro naše podmínky nejlépe vyhovuje pěstování topolů a vrb. Zakládáním plantáží je možno účelně využít uvolněnou zemědělskou půdu, nebo nevyužívanou půdu např. kolem dálnic, silnic, na důlních výsypkách nebo složištích popele.

Podle délky obmýetí rozeznáváme tři způsoby pěstování:

- a) Minirotace – délka obmýetí do 5-ti let, při tloušťce rostlin asi 100 mm se docílí průměrný roční výnos 10 – 20 t/ha sušiny biomasy. Počet řízků je 3 – 30 tisíc na 1 ha. Pařezy se po sklizni nechávají obrazit a cyklus se opakuje 3 – 4 x.
- b) Midirotace – použije se kolem 5 tis. řízků, tloušťka při sklizni je kolem 120 mm a průměrný výnos činí 8 – 14 t/ha sušiny za rok. Sklízí se po 10-ti letech a pařezy se nechávají obrůstat.
- c) Maxirotace – sází se asi 4 tis. řízků, sklízí se po 20-ti letech. Kmeny dorůstají tloušťky 200 – 300 mm s průměrným výnosem 8 – 12 t/ha za rok. Pařezy se pak nechávají dále obrůst.

Z uvedených způsobů nachází v našich podmínkách největší uplatnění minirotace a to hlavně z důvodu vyššího výnosu sušiny. [6]

Produkce rychle rostoucích dřevin se ve fytoenergetice využívá v několika formách. Především je to štěpka, potom polena, kusové sekané dříví a energetické otepi. Každá forma je určena pro určitý druh topidla, resp. pro specifické spotřebitele. [8]

1.4 Způsoby využití biomasy k energetickým účelům

Přestože existuje více způsobů využití biomasy k energetickým účelům, v praxi převládá ze suchých procesů spalování biomasy, z mokrých procesů výroba bioplynu anaerobní fermentací. Z ostatních způsobů dominuje výroba metylesteru kyselin bioolejů, získávaných v surovém stavu ze semen olejnatých rostlin. Hodnota 50% sušiny je přibližná hranice mezi mokrymi procesy (obsah sušiny je menší než 50%) a suchými procesy (obsah sušiny je větší než 50%). [5]

Způsoby získávání energie z biomasy:

- a) termochemická přeměna biomasy (suché procesy)
 - pyrolýza
 - zplyňování
 - spalování

- b) biochemická přeměna biomasy (mokrý procesy)
 - metanové kvašení
 - alkoholové kvašení
- c) chemická přeměna biomasy
 - esterifikace
- d) získávání odpadního tepla při zpracování biomasy (při kompostování, čištění odpadních vod, apod.)

[6]

1.4.1 Spalování biomasy

Spalování je nejstarší známou termochemickou přeměnou biomasy. Při vysokých teplotách nad 660°C dochází k rozkladu organického materiálu na hořlavé plyny, destilační produkty, uhlí a dále oxidací na oxid uhličitý a vodu. Spalování biomasy slouží k výrobě tepla, páry (ohřev vody) nebo elektrické energie. [6]

Pro spalování biomasy se používají kamna nebo kotle nejrůznějších velikostí, výkonů a systémů. Biomasa obsahuje velký podíl prchavé hořlaviny (viz. Tab. 2). Je tak označována směs hořlavých plynů, uvolňujících se z paliva již při poměrně nízkých teplotách (160 – 200°C v případě dřeva). Prchavá hořlavina se snadno zapaluje a její obsah v palivu a teplota na počátku uvolňování rozhodují o podmínkách zapálení paliva. [4]

Kinetika spalování biomasy a další specifické vlastnosti hmoty si žádá speciální konstrukce kotlů, zejména co se týče velikosti, uspořádání a prostorového dimenzování topenišť, přívodů spalných vzduchů a řešení teplosměnných ploch. [1]

Tab. 2 Obsah prchavé hořlaviny pro různá paliva [7]

Palivo	Prchavá hořlavina [%]	Obsah prvků [%]					
		C	O	H	N	S	Cl
Koks	4 – 6	80	2	2	0,5	0,8	0
Černé uhlí	24 – 28	73	5	4	1,4	1	0
Hnědé uhlí	47 – 57	58	18	5	1,4	2	0
Dřevo	70 - 75	43	37	5	0,1	0	0
Sláma	75 - 80	44	35	5	0,5	0,1	0,2

Do 100 % doplňuje hodnoty popel a voda

Spalování biomasy má své kladné i záporné stránky. Při spalování biomasy nevzniká více CO₂ než bylo předtím rostlinami přijato. Biomasa neobsahuje téměř síru (viz. Tab. 2), nejvíce je v seně (až 0,5%). Tvorbu NO_x je možno kontrolovat udržováním optimální teploty plamene. Obsah těžkých kovů v biomase je velmi nízký a se spalinami se do ovzduší nedostane. Něco může zůstat v popeli, kterého je oproti uhlí velmi málo. Z negativních jevů je to nebezpečí úletu popílku (je možno snížit použitím odlučovačů a filtrů). Při spalování vlhké biomasy existuje nebezpečí vzniku kouře (aromatické uhlovodíky). Proto musí být palivo suché nebo musí mít čas, aby proschlo, než přijde k místu zapálení. Z tabulky 3 je patrné, že na vlhkosti závisí i výhřevnost paliva. [6]

Tab. 3 Vlastnosti pevných biopaliv [7]

Palivo	Vlastnosti					
	Obsah vody [%]		Výhřevnost [MJ/kg]		Obsah popele [%]	
	rozsah	průměr	rozsah	průměr	rozsah	průměr
Dřevní štěpka	20 - 55	40	5 - 13	9	0,5 - 2	0,8
Kůra čerstvá	40 - 65	55	4 - 10	7	0,5 - 5	1,5
Sláma řepky	10 - 25	17	13 - 17	14	3 - 10	4
Dřevo, polena	20 - 30	25	12 - 15	13	0,5 - 2	0,7
Dřevo, truhlářský odpad	10 - 15	13	15 - 17	16	0,5 - 2	0,7

1.4.2 Zplyňování biomasy

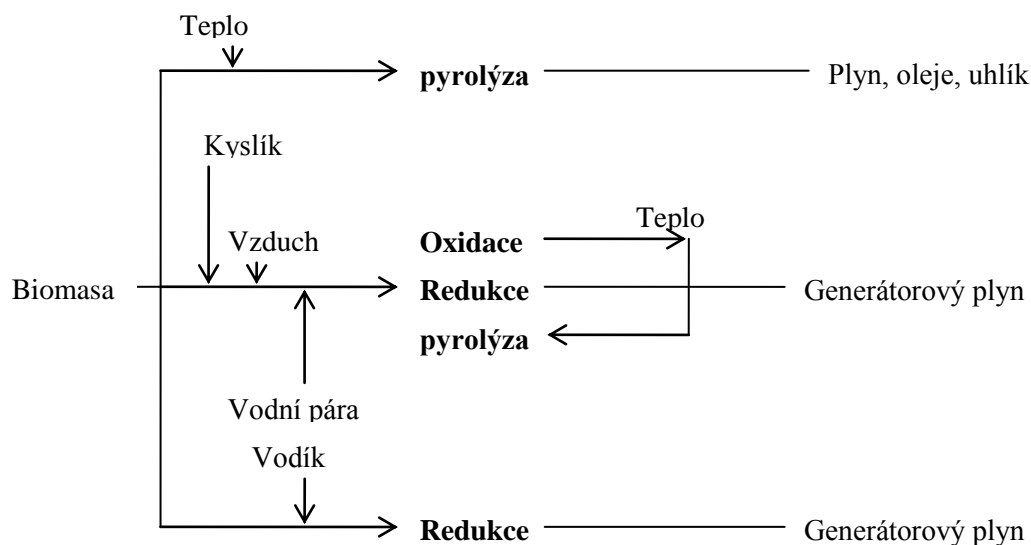
Zplyňování biomasy je proces termochemické přeměny pevného materiálu na plyn, který se dále používá jako palivo nebo dále pro chemickou syntézu na výrobu metanolu. V porovnání s biochemickými reakcemi, je zplyňování rychlou reakcí, která nevyžaduje velká, investičně nákladná zařízení. Rozklad biomasy na plynné palivo je možný různými způsoby:

- Pyrolýza (zplyňování teplem) je rozklad, kdy se biomasa při nízkých teplotách rozkládá na dehet, olejová paliva a plyny (H₂, CO) při současném vzniku kyslíku.
- Zplyňování vzduchem je rozklad biomasy za přítomnosti vzduchu přidávaného v limitovaném množství do reaktoru. Při tomto způsobu se uvolňuje plyn s nízkou výhřevností (pod 8 MJ/m³).

- Zplyňování kyslíkem je rozklad biomasy, kdy se do reaktoru vhání kyslík. Tím jsou odstraněny nespalitelné složky. Získaný plyn má střední výhřevnost (8 - 14 MJ/m³).
- Při zplyňování vodíkem dochází k přeměně biomasy pod tlakem ve vodíkovém prostředí. Takto vzniklý plyn má vysokou výhřevnost (nad 20 MJ/m³).
- Zplyňování vodní parou probíhá spolu s vhněným vzduchem. Vodní pára je vedena přes rozžhavené uhlí. Získaný plyn je středně výhřevný.

Rozklad biomasy na plynné palivo různými způsoby je uveden na Obr. 1. Toto rozdělení není jediné. Další dělení je možné podle druhu katalyzátoru nebo kontaktu mezi pevnou látkou a vznikajícím plynem. [6]

Obr. 1 Procesy zplyňování [3]



1.4.3 Metanové kvašení

Je to biochemická přeměna biomasy. Patří sem výroba bioplynu, což je uměle vyvolaný anaerobní rozklad organického materiálu. Zemědělství vytváří velké množství organických odpadů, které anaerobní fermentace umožňuje nejen likvidovat, ale také energeticky využívat. Pro výrobu bioplynu se dají využívat také městské odpady a komunální odpadní vody. Ze zemědělských odpadů se nejvíce

využívají kejda, sláma, zbytky travin apod. Z výkalů dospělé krávy nebo 6-ti prasat se denně vyprodukuje cca 1,5 m³ bioplynu. [6]

Bioplyn je vlastně metan s příměsí dalších plynů. Anaerobní fermentace (digesce) je poměrně složitý biologický proces a účastní se při něm mnoho různých typů bakterií. Zpravidla se uvádějí čtyři fáze přeměny, přičemž vlastní vznik metanu nastává až v poslední z nich.

- I Hydrolýza – velká část biomasy je tvořena vysokomolekulárními látkami (bílkoviny, škrob, celulóza), přítomny jsou také tuky a oleje. V první fázi se proto uplatní hydrolytické bakterie, které svými enzymy rozloží organické látky v biomase obsažené na jejich základní stavební kameny (cukry, mastné kyseliny, aminokyseliny apod.). V této fázi nevádí vzdušný kyslík.
- II Acidogeneze - v druhé fázi působením acidogenních bakterií vznikají mastné kyseliny, jako je kyselina octová, propionová, máselná a také některé alkoholy. Souběžně vzniká také oxid uhličitý a vodík. V této fázi dojde k vytvoření anaerobního prostředí.
- III Acetogeneze - v této fázi vznikne z výše uvedených meziproductů kyselina octová, oxid uhličitý a vodík.
- IV Metanogeneze - v této fázi vzniká z kyseliny octové působením metanogenních acetotrofních bakterií metan. Další, tzv. hydrogenotrofní bakterie zase vytvářejí metan z dříve vzniklého vodíku a oxidu uhličitého. V této fázi už musí být prostředí striktně anaerobní. [2]

Přeměna biomasy na bioplyn má řadu významných výhod:

- Využití biomasy s velkým obsahem vody, jejíž sušení by bylo obtížné, a zpracovávat tak materiály, které by (z hygienického hlediska) sušit vůbec nebylo možné (kejda, hnůj).
- Zpracování vedlejších produktů ze zemědělské produkce (kejda, hnůj apod.) a vytvoření výborného hnojiva, jehož užité vlastnosti jsou lepší než u původního hnoje či kejdy (omezení klíčivosti semen plevelu, menší alkalita hnojiva). Toto hnojivo jsou vlastně zbytky na dně fermentoru, tzv. digestát.

- Zlepší se prostředí na farmě (odstranění zápachu) a sníží se emise metanu do atmosféry.
- Likvidace a zpracování jinak těžko odbouratelných organických zbytků a také možnost poskytování placených služeb ekologické likvidace organických odpadů jiným subjektům (např. zbytky z jídelen).
- Bioplyn vzniká i z odpadů již uložených na skládkách, dají se tak energeticky využít i odpady z minulosti. Skládkový plyn lze jímat systémem vrtů na skládce po mnoho let.
- Bioplyn se využívá k pohonu kogeneračních jednotek a vyrábí tak nejen teplo, ale i podstatně cennější elektrickou energii. Používají se kogenerační jednotky s automobilovými spalovacími motory a asynchronním generátorem u menších jednotek, popřípadě i synchronním generátorem u velkých jednotek. V kogenerační jednotce se zhruba 30% energie přemění na elektřinu, 60% je využitelné teplo a zbytek jsou tepelné ztráty. Elektřina se prodává do rozvodné sítě a teplo se využije zčásti na vyhřívání fermentoru a zčásti na vytápění farmy a přílehlých objektů. U větších zařízení jsou v letním období velké přebytky tepla, často se proto vedle bioplynové stanice provozuje třeba sušička obilí, sušení řeziva apod. Pokud jde o energetickou výtěžnost, pak přibližně platí, že na výrobu 1 kWh elektrické energie se spotřebuje asi 0,6 m³ bioplynu, na jehož výrobu je zapotřebí přibližně 6 kg odpadní biomasy. [2]

Schéma bioplynové stanice je v Příloze 1.

1.4.4 Alkoholové kvašení

Výroba etanolu. Etanol vzniká alkoholovým kvašením cukrů. Výchozími surovinami jsou produkty obsahující cukr, škrob příp. celulózu. Teoreticky je možno vyrobit z 1 kg cukru 0,65 l čistého etanolu. V praxi je však výtěžnost 90 - 95%, protože vedle etanolu se tvoří vedlejší produkty jako např. glycerin. Fermentace cukrů probíhá v mokřím prostředí, vzniklý alkohol je nakonec oddělován destilací. Pro získání alkoholu musíme vynaložit 1 jednotku energie, abychom získali 1,5 až 2 jednotky pohonné hmoty. U olejů na 1 jednotku je to 4 - 5 jednotek. Při spalování, zplyňování je to na 1 jednotku 10 - 15 jednotek. Suroviny obsahující cukr se pro výrobu etanolu rozmělnují, párou se extrahuje cukerný roztok a ten se fermentuje. K fermentaci cukrů se používá kvasnic. Destilací při 78°C získáme vodu a 95%

etanol. U surovin obsahujících škrob (obilí, brambory) je třeba tento škrob nejdříve rozložit na zkvasitelné cukry. K tomuto účelu slouží kyselá hydrolyza. Ve výpalcích zůstává obsah bílkovin zachován. To znamená, že vedlejší produkt výroby je vysoce hodnotné krmivo. Etanol je vysoce hodnotné palivo pro spalovací motory. Jeho předností je ekologická čistota a antidetonační schopnosti. Nedostatkem etanolu jako paliva pro motory je jeho schopnost vázat vodu. Ve směsi s benzínem při 5% etanolu je možné pohonnou směs spalovat bez zvláštních úprav motoru. [6]

Směs 15% etanolu a 85% motorového benzínu se u čerpacích stanic prodává pod názvem E85. ETBE (ethyl-terciární butyl ether) je velmi podobná látka, jaká se dnes běžně používá jako přísada do benzínu, tj. MTBE. Ta slouží jako přísada pro zvýšení oktanového čísla a vyrábí se reakcí metanolu a izobutylenu. Pokud použijeme k reakci etanol, dostaneme ETBE. Tímto způsobem lze využít kvasného etanolu z biomasy ke zlepšení vlastností klasického, z ropy vyrobeného benzínu. [2]

Pro podmínky mírného klimatu, které jsou ve střední Evropě, se uvažuje pro výrobu etanolu na prvním místě cukrová řepa, další možné plodiny jsou uvedeny v Tab. 4.

Tab. 4 Výnos etanolu u různých plodin (podle různých autorů) [6]

Druh	Škrob/cukr v % čerstvé hmoty	Výnos [t/ha]	Výtěžnost etanolu [l/t]	Výtěžnost etanolu [hl/ha]
Řepa krmná	9,7	90	59	53
Řepa cukrová	16	30-50	90-100	38-48
Brambory	18	20-30	100-120	22-33
Kukuřice na zrno	60	4-8	360-400	15-30
Kukuřice na zeleno	11	47	67	31,9
Pšenice	62	2-5	370-420	8-20
Ječmen	52	2-4	310-350	7-13

1.4.5 Esterifikace

Přímé využití řepkového oleje (a ostatních rostlinných olejů) v existujících motorech naráží na některé obtíže. Je to hlavně značně vyšší viskozita oleje ve srovnání s motorovou naftou (přibližně 20krát). Přijatelnějším řešením je přeměnit řepkový olej na metylester, jehož molekula je třikrát menší a má velmi podobné vlastnosti jako uhlovodíky obsažené v naftě, ale současně si uchovává některé výhodné vlastnosti, jako je např. biodegradabilita. [2]

Metylester kyselin řepkového oleje (bionafta) se vyrábí reesterifikací přírodních olejů a tuků metanolem za přítomnosti alkalických katalyzátorů (NaOH, KOH). Při reesterifikaci se z triglyceridu (u nás výhradně řepkový olej) postupně uvolňují acylové zbytky, které se váží na metanol. Vedle metylesteru masné kyseliny se uvolňuje glycerol, který se uvolní z reakční směsi jako spodní, těžší fáze. Při reesterifikaci za studena zůstává v produktu 8 - 17% tuků, což omezuje dobu skladovatelnosti v létě až na 4 týdny. Reesterifikace za tepla umožňuje zvýšit kvalitu bionafty, výtěžnost, ale i technologickou spotřebu energie. Spotřeba energie na výrobu bionafty činí 10,3% energie obsažené v konečném výrobku. Je to méně než při jiných způsobech přeměny biomasy na alternativní palivo (např. při výrobě etanolu z cukrovky to představuje 28,9%, z pšenice 26,1%). Při výnosu 3 t/ha řepkového semene lze získat minimálně 1 t bionafty. [6]

Jak již bylo uvedeno výše, metylester má vlastnosti dosti podobné motorové naftě a dá se používat bez dalších úprav motoru, nicméně při provozu má některé nepříjemné vlastnosti (nižší výkon kvůli nižší výhřevnosti, větší viskozitu a tedy i horší filtrovatelnost, bod tuhnutí -8°C , poškozování pryžových součástí v motoru a palivovém systému). Tyto nevýhody lze nejnázve odstranit tím, že se metylester použije ve směsi s ropnou naftou. Zpravidla se používá směs obsahující 30% metylesteru řepkového oleje a 70% motorové nafty (tzv. bionafta 2. generace). Tato cesta je celkem rozumná, protože při současné spotřebě není šance nahradit fosilní paliva používaná v dopravě palivy z biomasy pěstované na zemědělské půdě

[2]

2 Technologie úpravy biomasy pro přímé spalování

2.1 Příprava dřeva jako paliva

Jako palivové dříví se obvykle používá odpad z hlavní těžby dřeva pro průmyslové účely, odpad ze dřevozpracujícího průmyslu a dřevo rychlerostoucích dřevin záměrně pěstované pro energetické využití. Takovéto dříví může mít různé formy: polena, celé stromky z prořezávek, zkrácená nebo nezkrácená tyčovina, pařezy, tvarově neurčité korunní větve, kůra, odřezky, piliny, hobliny, třísky. [11]

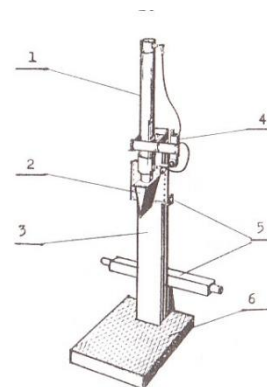
Vstupní materiál pro energetické využití je tedy tvarově a objemově velmi různorodý a je potřeba ho nejprve zpracovat - tvarově upravit.

2.1.1 Podélné a příčné dělení dřeva

K příčnému dělení jsou nejčastěji u malospotřebitelů využívány kotoučové pily poháněné elektromotory a motorové řetězové pily, někdy doplněné kovovými kozlíky, na kterých je řetězová pila připevněna pomocí otočného čepu. To práci urychluje tím, že umožňuje jednou rukou vést pilu do řezu a druhou posouvat poleno po žlabu kozlíku. [13] K podélnému dělení dříví slouží jako nejjednodušší nástroj sekera a ruční klíny. Tento způsob je však velmi pomalý a pracný. Dále lze použít například kuželový klín s hrubým závitem, který se upevní na jeden konec hnací hřídele a na pomocném stolku se přisunují špalky, které kužel při pronikání do dřeva trhá. U sukovitého dřeva však hrozí nebezpečí úrazu. Další možností podélného dělení dřeva je použití hydraulických štípačů s pohonem na elektromotor nebo od vývodového hřídele traktoru. [11] Příklady štípačů jsou na obrázku č. 2, 3 a 4. Tyto stroje jsou cenově dostupné a hodí se pro malovýrobu.

Obr. 2 Hydraulická štípačka k traktoru s tříbodovým závěsem [11]

- 1 - pracovní hydraulický, dvojčinný válec
- 2 - pracovní štípací nástroj - klín
- 3 - stojan štípačky
- 4 - ovládač hydraulického systému
- 5 - uchycení k tříbodovému závěsu
- 6 - spodní opěra a základna



Obr. 3 Horizontální štípačka
Woodster LH 45 VARIO [25]



Obr. 4 Vertikální štípačka Scheppach HL 1200E [25]



Existují ještě kombinované stroje, také označované jako automaty na palivové dřevo. Ty buď okružní nebo řetězovou pilou krátí polena na délku nastavenou dorazem, špalky padají do spodní části stroje, kde jsou hydraulickým válcem tlačeny přes čtyř až šestibřítové protiostří. [11] Viz. obrázek 5.

Obr. 5 Automat na palivové dříví Palax KS43 [26]



Takovéto stroje jsou velmi výkonné a hodí se spíše pro podniky nebo obchodníky s palivovým dřívím, neboť cena za stroj se pohybuje v řádu statisíců.

2.1.2 Štěpkování

Štěpkování je beztrískové dělení dřeva řezným účinkem sekacích nožů napříč vlákny a zároveň dělením podél vláken díky klínovému tvaru nože. [5] Dle vstupního materiálu rozlišujeme několik druhů štěpky:

- Zelená štěpka (lesní) - 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 - 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 - odkorněného dříví, obvykle odřezků při pilařské výrobě. Ani na jednotlivých štěpkách se již nenachází kůra (narozdíl od štěpky hnědé). Využívá se především pro výrobu dřevotřískových desek. [16]

Kvalitativní požadavky na štěpku jsou tyto:

- jemná štěpka, do 3 cm délky, suchá, vhodná pro malá automatizovaná topeniště pro rodinné domky
- střední štěpka, do 5 cm délky, z pilařských odpadů, představuje největší podíl průmyslové štěpky k dalšímu zpracování nebo ke spalování ve větších teplárenských zařízeních. Mohou být použity i do malých kotlů (do 50 kW), pokud jsou dopravní šneky dostatečně dimenzovány.
- hrubá štěpka, energetická, s délkou do 15 cm je použitelná pro velká teplárenská zařízení s automatickým přikládáním, ale i pro malé kotle s ručním přikládáním místo polínek. [11]

Podle vlhkosti se štěpka třídí (např. v Rakousku) do pěti skupin:

- do 20% trvale skladovatelná
- do 30% dlouhodobě skladovatelná
- do 35% krátkodobě skladovatelná (15 dní)
- do 40% vlhká - nutno sušit nebo ihned spálit
- do 50% čerstvě sklizená a vyrobená, sušit [11]

Stroje na štěpkování se mohou rozdělovat podle mnoha kritérií

a) Podle použití, technického řešení a začlenění do technologické linky

rozlišují se na:

- Stacionární – jsou trvale zabudovány do technologické linky, jsou na pevných základech, k pohonu slouží většinou elektromotor, mají zařízení na podávání a odvod štěrky.
- Mobilní – mají buď podvozek na přesun nebo jsou převozná a pro přesun se musí naložit a odvézt pomocí některého dopravního prostředku. Mobilní štěpkovače se dále dělí podle uspořádání a umístění agregátů na:
 - Závěsné na tříbodový závěs traktorů na sekání tenkého dřeva s pohonem od kardanového hřídele traktoru a ručním podáváním. Možné provedení těchto strojů vidíme na obrázku 6 a 7.

Obr. 6 Štěpkovač Linddana TP 160 PTO zpracovává větve a dřevní hmotu do průměru 16 cm [28]



Obr. 7 Štěpkovač PIRBA pro dřevo do průměru 10 cm [29]



- Prívěsné za traktory jsou podobné jako závěsné, mají pohon vývodovým hřídelem od traktoru, stroje vyšších výkonových tříd jsou vybaveny hydraulickou rukou a podávacím zařízením.

Obr. 8 Prívěsný štěpkovač JENZ HEM 820 zvládne dřevo do průměru 80 cm [27]



- Štěpkovače na podvozcích nákl. automobilů a návěsů jsou ty nejvýkonnější mobilní stroje pro štěpkování větví, kmenů a celých stromů, technologická nástavba má svůj motor, bývají řešeny stavebnicově z některých stacionárních štěpkovačů, mají kabiny s ovládním, hydraulické ruky, podávací zařízení. Efektivita těchto strojů je podmíněna dobrou organizací práce, důležitá je dostatečná koncentrace dřeva alespoň na jednu směnu bez přesunů. (viz. Obr. 9)

Obr. 9 Štěpkovač JENZ HEM 1000 D XL [30]



- Štěpkovače na podvozcích speciálních lesních traktorů slouží ke zpracování dřeva na štěpku přímo na těžebním místě. Jsou vybaveny hydraulickou rukou, motorem pro pohon nástavby, většina strojů má kontejner, do kterého je štěpka ukládána pomocí pneumatického zařízení.

Obr. 10 Štěpkovač BRUKS 805,2 STC [31]



Mobilní štěpkovače se ještě rozlišují podle způsobu pohonu sekacího agregátu:

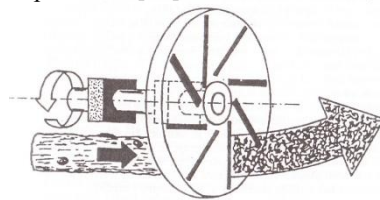
- s pohonem od motoru bázového stroje (menší výkony na sekání tenkého dřeva)
- pohonem od separátního motoru (výkonnější stroje pro zpracování korunových částí stromů a celých stromů)

[5]

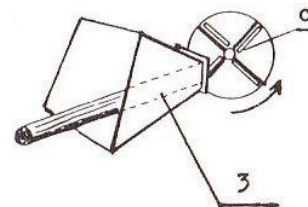
b) Podle sekacího orgánu se dělí štěpkovače na:

- Diskové – mají nože umístěné na čelní straně rotujícího kotouče (disku), který zároveň plní funkci setrvačnicku. Díky tomu snáze překonává nerovnoměrnosti v podávání materiálu a proto také postačuje menší výkon motoru než u jiných štěpkovačů a je možné s nimi zpracovávat i kmeny o průměru přes 50 cm. Podávací otvor je poměrně malý, protože směrem ke středu otáčení disku se snižuje obvodová rychlost a klesá řezná výkonnost nožů. Toto konstrukční řešení štěpkovačů je vhodné pro zpracování dřeva v celých délkách (tj. stromy, kmeny, rovnané dříví), které snadno projdou plnicím otvorem. Pro štěpkování chaotického materiálu musí být stroj vybaven žlabem s mačkacími válci. Obtížně se zde štěpkují odřezky kratší než 30 cm, díky nedostatečnému podávacímu efektu sekacích nožů. [13] Diskové štěpkovače nepotřebují ventilátor, protože je disk opatřený lopatkami, které zajistí dostatečný vrhací účinek pro dopravu štěpky na korbu nebo do kontejneru. [5]

Obr. 11 Schéma sekacího ústrojí diskového štěpkovače [13]



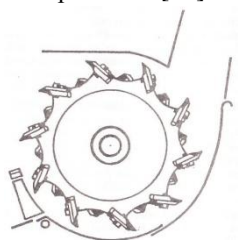
Obr. 12 Poz. 3 - diskový štěpkovač
Poz. c - disk s lopatkami [11]



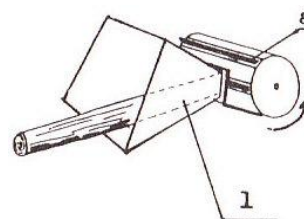
- Bubnové – nože jsou umístěny na povrchu rotujícího válce rovnoběžně s jeho osou. Konstrukční šířkou válce a jeho průměrem tedy můžeme snadno ovlivnit velikost vstupního podávacího otvoru. Proto jsou tyto štěpkovače vhodné pro dezintegraci chaoticky uspořádaného materiálu (např. klestu). Nevýhodou širokého vstupního otvoru je naopak to, že může dojít ke stočení zpracovávaného materiálu, který je kratší než šířka

otvoru, napříč a dřevo se pak seká podélně místo napříč. Vznikají tak dlouhé třísky místo štěpek. Lze to vyřešit vložením síta do výmetné roury, třísky se tak vracejí k bubnu a jsou nakonec seštěpkovány. [13] Další nevýhodou bubnových štěpkovačů je malý setrvačný moment sekacího zařízení a nejsou tedy vhodné ke zpracování dřeva větších průměrů. Mají také malý vrhací účinek a je nutné namontovat ventilátor pro dopravu štěpky. [5]

Obr. 13 Schéma sekacího ústrojí bubnového štěpkovače [13]



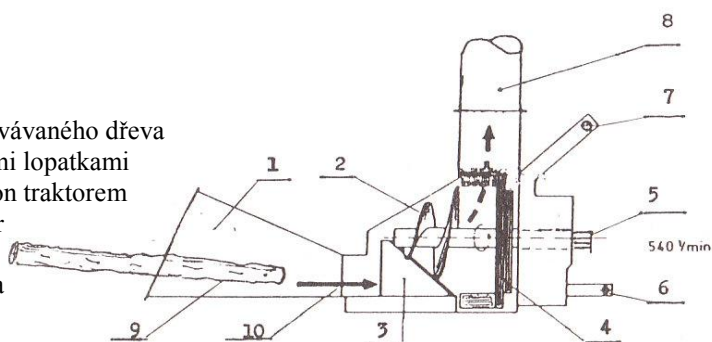
Obr. 14 Poz. 1 - bubnový štěpkovač
Poz. a - buben s břity [11]



- Šroubové – sekací orgán má tvar šroubovice se stoupajícím průměrem. Šroubovice se při otáčení zařezává do dřeva a zároveň ho vtahuje směrem k většímu průměru. Tyto stroje jsou vhodné pouze pro stromky a kmínky do rozměru 10 x 10 cm. [5]

Obr. 15 Schéma šroubového štěpkovače s traktorovým pohonem [11]

- 1 - ochranný vkládací kryt
- 2 - odřezávací šnek
- 3 - přidržovací plech zpracovávaného dřeva
- 4 - setrvačnick s odhazovacími lopatkami
- 5 - drážkový hřídel pro pohon traktorem
- 6 - spodní úchyty pro traktor
- 7 - horní úchyt pro traktor
- 8 - natáčecí odhazová trubka
- 9 - zpracovávaný kmen
- 10 - směr vtahování kmene



c) Podle způsobu dávkování dřeva do štěpkovače se rozlišují:

- s ručním dávkováním dřeva – spíše pro tenké odpadové dřevo. (Obr. 6 a 7)
- s mechanickým dávkováním dřeva – většinou s hydraulickou rukou. (Obr. 8)

d) Podle způsobu podávání dřeva jsou štěpkovače:

- bez podávacího zařízení – dřevo je vtahováno účinkem sekacích nožů. Vhodné jen pro dřevo bez větví, tyčovinu, kmínky. (Obr. 6 a 7)
- s mechanickým podávacím zařízením – pro podávání jsou zde podávací válce nebo řetězový dopravník s válci. Technické provedení podávacího zařízení ovlivňuje vhodnost stroje pro zpracovávání různých druhů dřeva. (Obr. 10)

[5]

2.1.3 Paketování

Jedná se o způsob homogenizace těžebního odpadu. Při něm se klest lisuje podobně jako sláma, ovšem při podstatně vyšších tlacích. V zásadě existují dva typy balíků (paketů). Jedny se ukládají na europalety – 2 balíky vedle sebe a při druhém způsobu je dřevní hmota stlačena a balena do kompaktních válcových balíků. Obsluha stroje si může nastavit délku balíku v závislosti na možnostech transportu z lesa. Příklad takového stroje je na obrázku č. 16 a 17. Pakety se dají přímo spalovat v topeništích k tomu uzpůsobených nebo jsou použity jako mezioperační zásoba před dalším použitím, např. dezintegrací štěpkováním. [5]

Obr. 16 Svazkovač klestu Timberjack 1490D
[32]



Obr. 17 Svazkovač klestu John Deere 1490D
[32]



2.1.4 Drcení

Materiál, který obsahuje cizorodé příměsi, tj. pařezy se zeminou a kameny, odpad ze stavebnictví (bednění se zbytky betonu, hřebíky), dříví z demolic, pařezy, palety, apod. je možné dezintegrovat jen za pomoci technologií, které nejsou na takovéto příměsi citlivé. Takovou technologií je drcení. Výsledným produktem je drť, velikost jejích frakcí je dána velikostí ok v sítu na výstupu z drtiče. Síto vrací nadrozměrné frakce zpět do drtiče. Drť je použitelná jako polotovár pro chemické

zpracování, jako palivo nebo se bez dalšího využití ukládá na skládku, kdy má drcení význam jen pro zmenšení objemu odpadu. [13]

V zásadě existují dva typy drtičů:

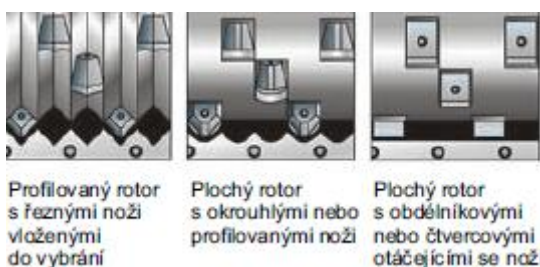
- vysokootáčkové - rozeznáváme bubnové a diskové. U bubnových je pracovním orgánem buben, na jehož obvodu jsou otočně upevněna kladívka (viz. Obr. 18 vpravo) nebo spirálovitě umístěné pevné nože. Drtiče s otočnými kladívky se hodí na tenké větve, křoví nebo kůru a drtiče s pevnými noži jsou vhodné na větve, kusový odpad, apod. Diskové drtiče se skládají z vertikálně umístěného disku, který má v čelní ploše instalované nožičky. Materiál se k disku přitlačuje pomocí hydraulicky ovládané stěny. Používají se zejména na kusový a těžební odpad, pařezy, apod.
- nízkootáčkové - pracovním orgánem je válec, na jehož obvodu jsou spirálovitě umístěny nožičky různých tvarů (viz. Obr. 19). Podle nich je tvarován i protinůž. Drtiče mohou být i víceválcové (2 nebo 4), se směrem otáčení proti sobě, tyto typy protinože nepotřebují (viz. Obr. 20). Nízkootáčkové drtiče se hodí ke zpracování rozměrově nehomogenního odpadu, např. z nábytkářské výroby. [5]

Obr. 18 Rychloběžný kladívkový drtič dřeva Husmann HFG V [33]



Obr. 19 Válcové nízkootáčkové drtiče Weima [34]

Obr. 20 řezací jednotka Weima ZM 50 [34]



2.1.5 Sklizeň a úprava rychlerostoucích dřevin

V podstatě rozlišujeme dva způsoby sklizně rychlerostoucích dřevin (RRD):

- a) ruční - na menších rozlohách, kde pro odřezání stromků použijeme motorovou pilu nebo křovinořez (podle průměru kmene) a stromky se nechají proschnout na hromadách nebo se ihned štěpkují. Výhodou je, že není potřeba žádná speciální mechanizace.
- b) mechanizovaná - bývá prováděna třemi metodami:
 - metoda kmenových výřezů - při obmýtní době 10 let, používá se klasická lesnická těžební technika (motorové pily, harvestory). Těžební technika kácí, odvětjuje a připravuje kulatinové výřezy požadovaných délek. Koruny a větve se dle potřeby buď odvázejí, nebo jsou mobilním štěpkovačem zpracovány přímo na místě.
 - metoda svazková - jedním úkonem jsou stromky káceny a sbírány, vznikají buď volně ložené nebo drátem či přízí ovinuté svazky. U silnějších porostů s delší dobou obmýtní se používají harvestory s kácecí a svazkovací hlavicí. U porostů s kratší dobou obmýtní jsou použity tzv. sekací svazkovače, které stromy pokácí a na ložné ploše svazkují. Následně jsou svazky vyskladňovány většinou na okraji porostu. Tam mohou být uskladněny neomezeně dlouhou dobu a podle potřeby štěpkovány či odváženy.
 - metoda štěpkování - u dvoufázového způsobu spočívá v pokácení jedné řady porostu, která je při druhém kroku sběracím bubnem sbírána a mobilním štěpkovačem seštěpkována. Při jednofázovém způsobu těžby jsou používány samojízdné stroje s nastavnými agregáty, které stromy jedním úkonem sekají i štěpkují. [17] Poměrně dobře se osvědčilo použití sklízecích řezaček na kukuřici. Např. řezačka Claas Jaguar 890 (Obr. 21) se speciálním řezacím rotorem CRA-ING a žací stolem GBE-1. Tato je schopna sklízet stromy o průměru kolem 70 mm.

[10]

Obr. 21 Sklizeň topolové plantáže sklízecí řezačkou [10]



2.1.6 Úprava energetických stébelnin

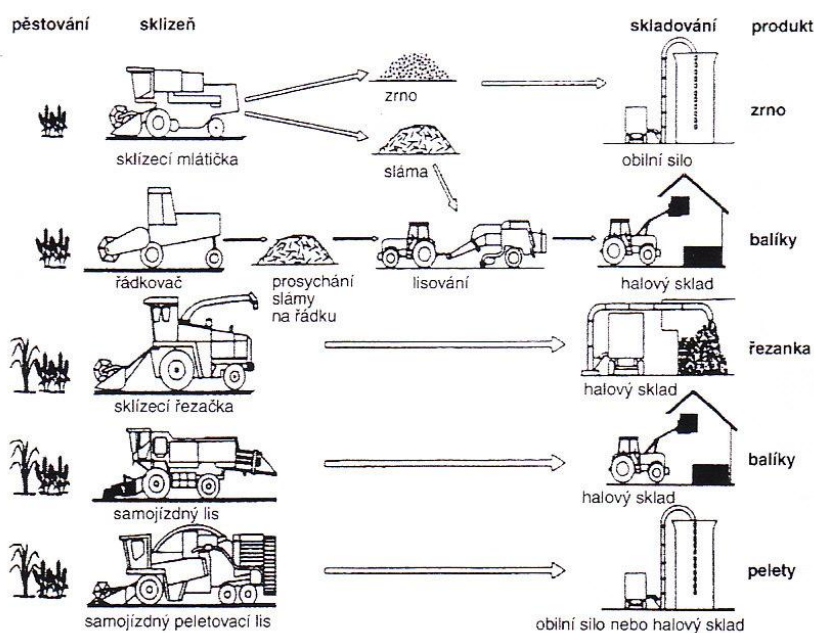
Sláma obilovin a řepky se sklízí pro energetické účely v létě po sklizni zrna, a to převážně z řádků položených za sklízecí mlátičkou na relativně vysoké strniště, umožňující proschnutí. Výhodou slámy také je, že rychle dosychá i po dešti během 2–3 dnů pěkného počasí a že se sklízí v suchém stavu ze řádků běžnou mechanizací. Dokonce se považuje za přednost, jestliže před sklizní sláma na řádcích vymokne a ztratí tak některé minerální, vodou rozpustné látky, jako je např. dusík, chlor a síra. Tak se zvyšuje obsah uhlíku a vodíku. [15]

Termín sklizně energetických stébelnin je různý. U většiny vytrvalých plodin určených pro energetické využití z hlediska obsahu vody i z hlediska dalších faktorů je nejvhodnější zimní nebo jarní termín sklizně, kdy přes zimu mráz rostliny vysuší. Všechny plodiny při tomto termínu sklizně mají obsah vody pod 30%. [20] Při podzimních termínech sklizně je třeba sklizenou fytomasu dosoušet, neboť má v průměru kolem 50% vody. [18]

Oproti tomu například Šťovík krmný pro energetické účely sklízíme ještě před plným dozráním semen, aby se během sklizně semena nevydrolila. To zajistí větší výhřevnost sklizené biomasy. V první dekádě července je Šťovík krmný zpravidla již dostatečně zaschlý, což je pro energetické účely velmi výhodné. Není třeba jej složitě dosoušet. [19]

Kromě běžných prostředků používaných pro sklizeň celých rostlin a slámy na energetické účely jakými jsou sběrací vozy, sběrací lisy, sklízecí řezačky byly vyvíjeny také stroje, které by sklizenou hmotu přímo na poli briketovaly nebo peletovaly. [12] Tyto stroje se však nerozšířily, jejich vysokou cenu nemohly nahradit zjevné přednosti – doprava hotového paliva přímo z pole. [15] Přehled systémů sklizně a úpravy energetických stébelnin je na obrázku č. 22.

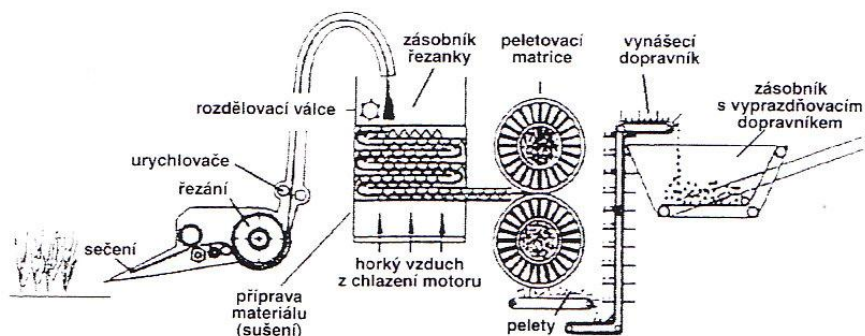
Obr. 22 Systémy sklizně a úpravy energetických stébelnin [5]



- a) Sběrací vozy - většinou s řezacím ústrojím, poskytují pouze malé stlačení materiálu, a proto je z ekonomického hlediska jejich použití limitováno přepravní vzdáleností do cca 2 km. [5] Tato technologie je vhodná tam, kde je možno slámu o malé objemové hmotnosti uložit ve velkém skladu a kde se předpokládá další zpracování do briket nebo pelet (viz. dále kapitola 2.1.7). [15]
- b) Sběrací lisy - jsou přívěsné nebo samojízdné, nejčastěji se používají lisy na obří hranaté nebo válcové balíky, které požadují výtopny a teplárny, ale využívány jsou i lisy na malé balíky, pro menší topeniště. Lisování do balíků umožňuje efektivní dopravu speciálními prostředky až na vzdálenost přes 40 km a šetří skladovací prostory, protože obří balíky mají až čtyřnásobně vyšší objemovou hmotnost než řezanka nebo volně ložená sláma a dá se s nimi dobře manipulovat. [15]
- c) Sklízecí řezačky - používají se s velkoobjemovými dopravními soupravami, řezanka je využita k dalšímu zpracování (peletování, briketování) nebo pro přímé spalování s automatickým přikládáním. Jsou zde ovšem velké nároky na skladovací prostor. [5]

d) Samojízdňý peletovací stroj - systém Haimer (viz. Obr. 23), představuje sklízecí řezačku se žacím nebo sběracím ústrojím, na kterou navazuje dosoušecí a provětrávací zařízení a lisovací peletovací ústrojí. Veškeré odpadní teplo stroje je využito k dosoušení sklízeného materiálu. [5]

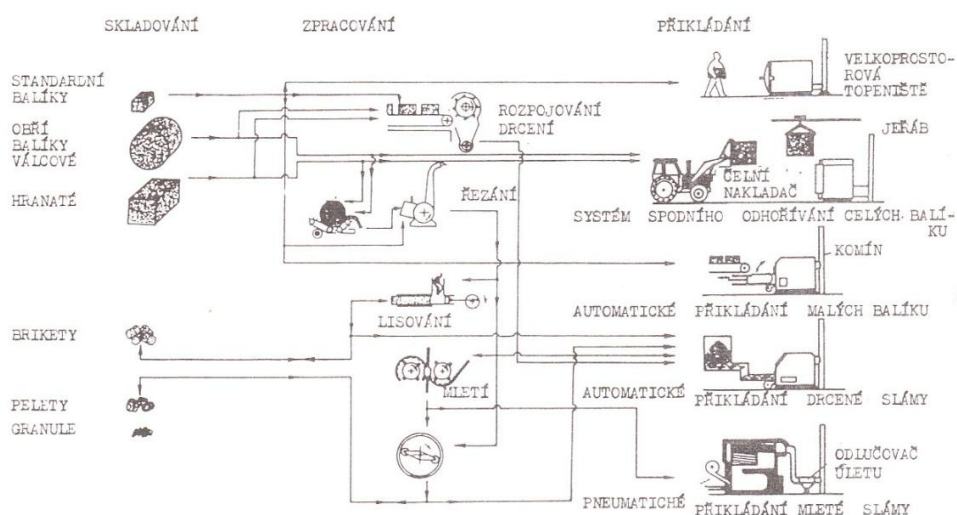
Obr. 23 Pracovní schéma samojízdňého peletovacího stroje [5]



Velký význam má slisovanost balíků jak z hlediska využití dopravních prostředků a skladů, tak z hlediska rychlosti odhořívání. Balíky s menší hustotou lisování (platí to i pro brikety) rychleji odhořívají a používají se při roztápnění, balíky s vysokou hustotou lisování prohořívají pomaleji. Topeniště na obří válcové nebo hranaté balíky jsou nákladná, musí mít příslušenství na přikládání a filtraci spalin, protipožární zařízení, a proto jsou vhodné jen pro vysoké výkony centrálních výtopen a spaloven. [12]

Pro menší topeniště musí balíky projít procesem rozpojování a drcení. Tato drcená sláma je pak spalována přímo nebo se dále zpracovává (brikety a pelety). Je to energeticky náročnější než spalování celých balíků, ovšem v případě výroby pelet a briket získáváme vysoce zhodnocené palivo, které je možné použít do kotlů malých výkonů, např. v rodinných domech. [12] Přehled způsobů skladování, zpracování a přikládání je na obrázku č. 24.

Obr. 24 Technologické schéma skladování, zpracování a přikládání slámy do topenišť [12]



2.1.7 Briketování a peletování

Nejběžnějším materiálem pro lisování briket a pelet je dřevo resp. dřevní odpady. Pro lisovaná biopaliva ze dřeva existují legislativní požadavky na jejich kvalitu. V ČR lze na brikety z dřevního odpadu s max. 20% rostlinného podílu získat známku ekologicky šetrný výrobek při splnění požadavků směrnice MŽP č. 14-2003. Požadavky na biopaliva z dřevního odpadu stanovuje i vyhláška MŽP č. 357/2002 Sb., kterou se stanoví požadavky na kvalitu paliv z hlediska ochrany ovzduší. Některé z požadavků jsou uvedeny v tabulce č. 5. Požadavky na lisovaná biopaliva z rostlinných materiálů (energetické plodiny, sláma, aj.) nejsou v ČR zatím stanoveny, paliva z těchto materiálů nemohou splnit některé z uvedených parametrů (např. obsah popele je výrazně větší). [21]

Tab. 5 Některé požadavky na biopaliva z dřevního odpadu [21]

Parametr	Směrnice MŽP č. 14-2003	Vyhláška MŽP č. 357/2002
Výhřevnost [MJ/kg]	min. 17	17,5 – 19,5
Obsah vody [% hm]	max. 10	max. 21
Obsah popele [% hm]	max. 1,5	max. 1,5
Měrná hmotnost [kg/m ³]	min. 900	

Ke tvorbě briket či pelet dochází při lisování materiálu vhodné zrnitosti, za vysokého tlaku (až 31,5 MPa) a teploty (která vznikne při lisování), kdy lignin plastifikuje a přejímá funkci pojiva. Přitom dochází k objemové redukci vstupního materiálu v poměru cca 12:1. V některých případech se vyrábí pelety a brikety kombinované – z dřevního odpadu a uhelného prachu. Do nich se přimíchává malé

množství mletého vápence, na který se váže síra z uhlí, která se pak v takové míře neuvolňuje do ovzduší, ale zůstává vázána v popelových komponentech. [13]

Lisy na výrobu briket a pelet kladou vysoké nároky na velikost vstupních částic. Maximální přípustná velikost částic se pohybuje u briketovacích lisů v desítkách mm, u peletovacích v jednotkách mm. Surovinou pro výrobu pelet by měla být čistá, homogenní hmota s minimem prachu, který zhoršuje pevnost pelet. Důležitou složkou technologického procesu je proto dezintegrace, která má funkci tvorby menších částic, zvětšování měrného povrchu suroviny a funkci homogenizace. Na začátku výrobní linky je zpravidla zařazen drtič vstupní suroviny. [21]

Dalším parametrem je vlhkost, která je důležitá pro lisování. Pokud vlhkost přesáhne hranici 20%, tak se materiál v lisovací komoře nezhuťne do požadovaného rozměru a briketa se rozpadne. Maximálně se doporučuje vlhkost do 15%. Je tedy výhodné zpracovávat suchý truhlářský odpad (piliny, hobliny, třísky, apod.), který se již nemusí před lisováním sušit. V ostatních případech je nutné vybavit výrobní linku sušárnou. [21]

Možnou úpravou materiálu před granulací je jeho zvlhčení nebo napaření. Jde o povrchové navlhčení, nikoliv do hloubky materiálu. Tato vnesená vlhkost se následně odpaří za granulacím lisem v chladiči granulí. Slouží pro nabobtnání a uvolnění lepivých látek a různých silic na povrchu materiálu. [23]

Následuje vlastní lisování. Produkty z lisu jsou měkké a více či méně lepivé a je nutné je zchladit. Jakýkoliv dopravník mezi lisem a chladičem je na škodu celého projektu a přináší zvýšené problémy, a tudíž zvyšuje provozní náklady. Vychlazené granule se potom vytřídí od odrolu, balí a expedují. Odrol se vrací zpět před lis. [23] Schéma výrobní linky viz. Příloha 2.

Lisování do formy briket je vhodné především u paliv, která budou určena pro kotle s diskontinuální dodávkou paliva. Jedná se tedy o kotle určené na kusové dřevo a biopalivové brikety. [21] Tyto brikety jsou vyráběny do tvaru válečků, hranolů nebo šestistěnů, o průměru 40 až 100 mm a délky do 300 mm. Podle použití rozlišujeme dva typy briket. Brikety z měkkého dřeva s otvorem uprostřed, které umožňují snadnější zátop a rychlejší prohořívání a plné brikety nebo tzv. RUF brikety, které navíc při použití tvrdého dřeva či kůry jako vstupní suroviny, dávají pomalý rovnoměrný žár s až 6 hodinovou dobou žhnutí. Brikety mohou být různého zbarvení v závislosti na použitém druhu biomasy, na kvalitě suroviny ovlivněné

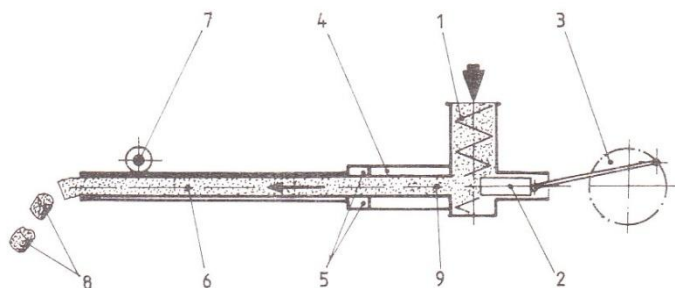
vlhkostí nebo příměsí kůry a použitým technologickým procesem výroby. Brikety mají díky své vysoké objemové hmotnosti, která se pohybuje okolo 1000 až 1200 kg/m³, stabilní a nízkou vlhkost (obsah vody obvykle kolem 8%) a nízký obsah popeliny (kolem 1 až 3%). Výhřevnost se pohybuje mezi 12 až 18 MJ/kg, podle použité suroviny. [22]

Pelety jsou zpravidla granule o kruhovém průřezu 6 - 14 mm a délce 1 - 5 cm. Mají nízký obsah vody (do 10%), vysokou výhřevnost (až 18,5 MJ/kg), nízký obsah popeliny (0,5 - 1%, u rostlinných a slámových 4 - 7% [21]) a vysokou objemovou hmotnost (1000 - 1400 kg/m³). Jejich výhodou je malá velikost, mají tedy větší měrný povrch, což umožňuje lepší průběh spalování. Doprava do kotle je automatická, pelety je možné dopravovat šnekovým nebo pneumatickým dopravníkem. Linky na výrobu pelet jsou investičně náročnější, ale dosahují větší výkonnosti než lisovací briketovací. Alternativně lze využít granulární lisovací původně určené pro granulaci krmiv pro hospodářská zvířata. Pelety patří mezi nejušlechtlejší dřevní palivo, jsou velice perspektivní a obecně jsou považovány za palivo budoucnosti. [14]

Zařízení na briketování a peletování

- a) Pístové hydraulické nebo mechanické lisovací - jsou univerzální na slámu, piliny, papír, pazdeří, jejich výkonnost je 250 - 400 kg/h při průměru brikety 60 - 70 mm. Schéma pístového briketovacího lisu je na obrázku č. 25, skutečné provedení mechanického a hydraulického lisu pak na obrázku č. 26 a 27. Stupeň stlačení je nižší než u šnekových lisů, ale pro potřeby spalování dostačující. [12]

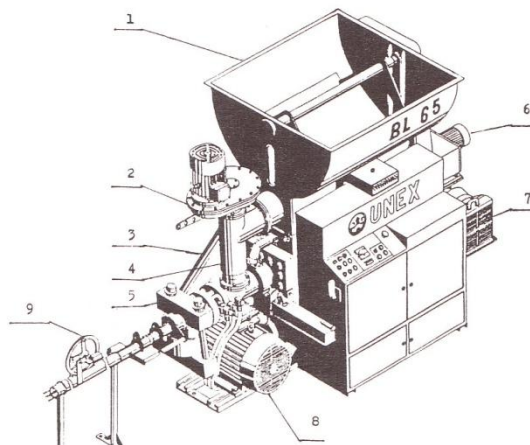
Obr. 25 Schéma briketovacího lisu s klikovým, setrvačnickým systémem pohybu pístu [12]



- | | |
|----------------------------|-------------------------|
| 1 - vkladací šnek | 6 - dochlazovací komora |
| 2 - píst lisu | 7 - počítadlo |
| 3 - klikový mechanismus | 8 - brikety |
| 4 - otvory lisovací komory | 9 - lisovací komora |
| 5 - seřizování protitlaku | |

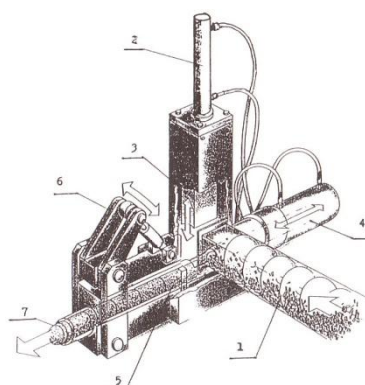
Obr. 26 Briketovací pístový lis BL65 [12]

- 1 - násypka s vyprazdňovacím šnekem
- 2 - převodový elektromotor vertikálního šnekového podavače
- 3 - klínové řemeny pohonu setrvačnicku a klikového mechanismu
- 4 - vertikální vkladáč do lisovací komory
- 5 - seřizování protitlaku
- 6 - převodový elektromotor šnekového vyprazdňování zásobníku
- 7 - chladič
- 8 - hlavní elektromotor pohonu lisu
- 9 - počítadlo



Obr. 27 Briketovací hydraulický pístový lis [11]

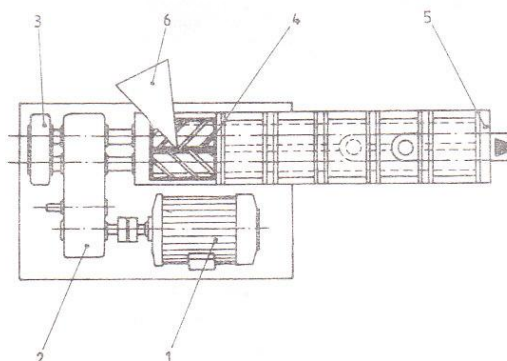
- 1 - šnekový dopravník ze zásobníku do lisovací komory
- 2 - hydraulický válec přítlačovacího pístu
- 3 - hranatý píst, přítlačující materiál do lisovací komory
- 4 - hlavní pracovní hydraulický válec ovládající píst na vytlačování briket
- 5 - lisovací komora
- 6 - odsekávací ústrojí vytvářející délku briket
- 7 - briketa



b) Šnekové lisy jednovřetenové nebo dvouřetenové - hlavním pracovním orgánem je šnek z vysoce kvalitní oceli, poháněný elektromotorem přes převodovku, který vkládaný materiál protlačuje přes výstupní kalibrační matici. Jejich výkonnost se pohybuje kolem 500 kg/h. Dvouřetenové lisy se skládají ze dvou souběžných šneků a jedné protlačovací komory. Při lisování slámy musí být tato více rozdrčena popřípadě nakrátko posekána, aby nedocházelo k namotávání na rotující části lisu. Šnekové lisy jsou vhodnější na lisování pilin, vyznačují se vysokým stupněm stlačení a brikety jsou proto trvanlivější. Schéma šnekového lisu je na obrázku č. 27.

Obr. 27 Dvoušnekový briketovací lis [12]

- 1 - elektromotor
- 2 - převody
- 3 - hlavní ložisko
- 4 - lisovací šneky s opačným stoupáním
- 5 - kalibrační výstupní matrice
- 6 - vkládání materiálu

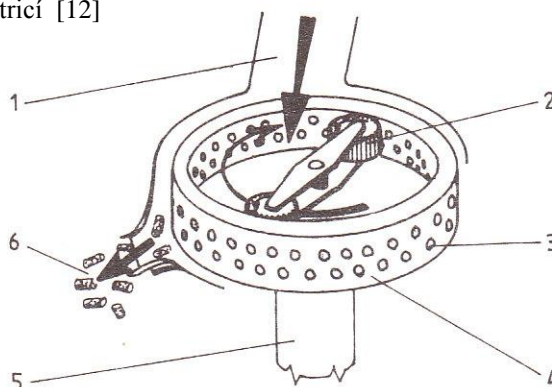


c) protlačovací, granulační lisy - jsou odvozené od granulačních lisů na výrobu tvarovaných krmiv. Vyrábí se ve dvou konstrukčních provedeních, jako talířové s horizontální matricí (výkonnost kolem 500 kg/h) nebo prstencové s vertikální matricí (výkonnost přes 1 t/h). Protlačovací matrice je vyrobena z ušlechtilé oceli, je opatřena soustavou otvorů potřebného průřezu a nad ní se v nepatrné vzdálenosti odvalují (při jejím otáčení) přitlačné rolny, které zpracovávaný materiál protlačují přes otvory matrice. Před přestupem do prostoru matrice a rolen se surovina povrchově navlhčuje nebo dokonce u stébelnin propaňuje, aby peletizace snáze probíhala. Nově se zkouší i jiné systémy, např. na bázi dvojice ozubených kol, kde každý druhý protilehlý zub je dutý. Výroba je levnější, ale peletky jsou nestandardní. Schéma protlačovacího lisu s horizontální a vertikální matricí je na obrázku č. 28 a 29.

[24]

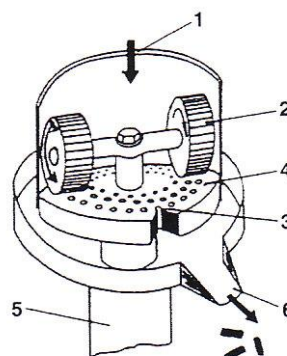
Obr. 28 Protlačovací lis s vertikální matricí [12]

- 1 - přísun materiálu
- 2 - rotující protlačovací válce
- 3 - protlačovací, kalibrující otvory
- 4 - prstencová vertikální matrice
- 5 - pohon protlačovacích válců
- 6 - pelety



Obr. 29 Protlačovací lis s horizontální matricí [5]

- 1 - vkládání materiálu
- 2 - protlačovací kola
- 3 - protlačovací otvory matrice
- 4 - horizontální matrice
- 5 - pohon, převodovka, elektromotor
- 6 - odvod pelet



3 Cíl práce

Cílem práce je posouzení využití tvarově upravených paliv pro přímé spalování jako zdroj tepla pro vybraný objekt.

Pro splnění cíle bylo provedeno sledování spotřeby pelet ve vybraném objektu. Objektem byl zvolen rodinný dům, který byl nově zateplen a vybaven automatickým kotlem na pelety v rámci programu „Zelená úsporám“. Potřeba pelet pro vytápění domu byla vypočítána s pomocí hodnot z Odborného posudku, vypracovaného energetickým auditorem jako dokumentace k programu Zelená úsporám. Vypočítaná hodnota potřebného množství pelet je ale teoretická a od skutečné spotřeby se může lišit. Proto bylo provedeno sledování skutečného množství pelet a obě hodnoty porovnány. Sledování spotřeby paliva bylo uskutečněno v topné sezoně 2011/2012.

Na závěr bylo provedeno porovnání vytápění objektu peletami s dalšími způsoby vytápění z hlediska ekonomického.

4 Metodika

Úkolem bylo sledování spotřeby pelet v rodinném domě za jednu topnou sezonu. Dále byly provedeny výpočty potřebného množství různých druhů paliv a kalkulace jejich ceny. Na základě zjištěných hodnot bylo možné porovnat ekonomickou náročnost vytápění peletami s jinými palivy. Ceny paliv (elektřiny, plynu, pelet, uhlí a dřeva) byly zjištěny v období únor 2013. Pro vykreslení situace a místa, je v Příloze 3 uvedena část Průvodní zprávy, zpracované projekční kanceláří Ing. Jany Říhové, jako dokumentace k projektu zateplení rodinného domu v programu Zelená úsporám.

Do domu byl nainstalován peletový kotel Ferroli GFN Pellet 6 (viz. Obr. 30), jehož hlavní parametry uvádí tabulka č. 6. Pelety byly použity bílé dřevní, o průměru 6 mm, v balení po 15 kg, od výrobce Latop s. r. o., Chotoviny (viz. Obr. 31).

Tab. 6 Hlavní technické parametry kotle Ferroli GFN Pellet 6 [36]

Parametry \ typ kotle	GFN Pellet 6
Výkon maximální [kW]	24
Výkon minimální [kW]	15
Účinnost [%]	87,0
Objem vody v kotli [l]	28
Objem zásobníku [l]	140
Rozměry pelet [Ø/mm]	6/35
Hmotnost bez vody a paliva [kg]	220
Elektrický příkon [W]	70
Elektrický příkon zapalovače [W]	300
Napájecí napětí [V/Hz]	230/50

Obr. 30 Peletový kotel Ferroli GFN Pellet 6 s násypkou (foto: Petr Tomášek)



Obr. 31 Detail 15 kg balení pelet (foto: Petr Tomášek)



4.1 Výpočet spotřeby a ceny pelet

Teoretická spotřeba pelet

Pro výpočet teoretické spotřeby pelet daného objektu byla použita hodnota z Odborného posudku k programu „Zelená úsporám“ (viz Příloha 4), který zpracovala firma Energy Consulting Service, s. r. o., České Budějovice. Jedná se o:

Celkovou roční potřebu tepla na vytápění $Q_{f,H}$ [GJ], která byla převedena na MJ

Teoretické množství pelet na rok m_T pro vytápění domu bylo získáno ze vztahu:

$$m_T = \frac{Q_{f,H}}{H_P} \text{ [kg]} \quad [4.1.1]$$

kde $Q_{f,H}$ je celková potřeba tepla na vytápění za rok v MJ (viz. Příloha 4)

H_P je výhřevnost pelet udávaná výrobcem na obalu v MJ/kg (viz. Obr. 31)

Dále bylo nutné zohlednit účinnost kotle, potřebné množství pelet m_{Pe} pak udává vztah:

$$m_{Pe} = \frac{m_T}{\eta} * 100 \text{ [kg]} \quad [4.1.2]$$

kde m_T je teoretické množství pelet v kg vypočtené ze vztahu 4.1.1

η je účinnost kotle v % udávaná výrobcem (viz. Tab. 6)

Cena potřebného (teoretického) množství pelet C_{PPe} byla určena ze vztahu:

$$C_{PPe} = m_{Pe} * C_{jp} \text{ [Kč]} \quad [4.1.3]$$

kde m_{Pe} je celkové množství potřebných pelet ze vztahu 4.1.2

C_{jp} je cena za jednotku pelet v Kč/kg (viz. [37])

Skutečná spotřeba pelet

Na topnou sezonu 2011/2012 byly zakoupeny 3 europalety s pytlowanými peletami, na každé paletě bylo 65 pytlů po 15 kg, celkem tedy 2925 kg pelet. Před prvním spuštěním kotle byla jeho násypka na pelety naplněna tím způsobem, že po

každém nasypaném 15 kg pytli, byla na vnitřní stěnu násypky nakreslena ryska, aby bylo lépe odhadnutelné zbývající množství pelet v násypce (viz. Obr. 32 vpravo).

Při provozu kotle pak během celé topné sezony bylo sledováno množství v násypce a pelety průběžně doplňovány dle potřeby. Doplnění bylo prováděno vždy na celé pytle a nasypané množství zaznamenáno. Celkový přehled se záznamy o doplňování za celou sezonu 2011/2012 je uveden v tabulce v Příloze 5. Důležité bylo včasné dosypání pelet, aby nedošlo k úplnému vyprázdnění násypky a tím k odstavení kotle z provozu, což by mělo za následek zkreslení celkové spotřeby.

Obr. 32 Násypka na pelety s dopravním šnekem a detail vnitřní stěny s ryskami
(foto: Petr Tomášek)



Teplota v interiéru byla nastavena na dvě pásma, denní a noční. Střední teplota v interiéru t_{is} byla vypočítána ze vztahu:

$$t_{is} = \frac{t_d * h_d + t_n * h_n}{24} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad [4.1.4]$$

kde t_d je teplota denní ve $^{\circ}\text{C}$

h_d je počet hodin kdy je nastavena denní teplota v hodinách

t_n je teplota noční ve $^{\circ}\text{C}$

h_n je počet hodin kdy je nastavena noční teplota v hodinách

Pro kontrolu přesnosti měření spotřeby pelet, bylo provedeno převážení tří náhodně vybraných 15 kg pytlů s peletami. Dále byl zvážen prázdný obal. K vážení byla použita digitální osobní váha Gallet, typ PEP522. Ze zjištěných hodnot byl spočítán aritmetický průměr hmotnosti pytle pelet \bar{x} dle vztahu:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum (x_i - m_o) \text{ [kg]} \quad [4.1.5]$$

kde x_i je hmotnost jednotlivých pytlů pelet v kg

m_o je hmotnost prázdného obalu v kg

n je počet vážených pytlů

následně pak stanovena odchylka průměrné hmotnosti pytle Δx ze vztahu:

$$\Delta x = |x - \bar{x}| \text{ [kg]} \quad [4.1.6]$$

kde x je hmotnost pytle pelet udávaná výrobcem (viz. Obr. 31)

\bar{x} je aritmetický průměr hmotnosti pytle vypočítaný dle vztahu 4.1.5

Spotřeba pelet za jednotlivé měsíce S_i byla vypočtena ze vztahu:

$$S_i = \sum S_d \text{ [kg]} \quad [4.1.7]$$

kde S_d jsou dílčí množství pelet v kg doplněné do násypky v jednotlivých dnech v měsíci, zaznamenané v tabulce (viz. Příloha 5).

Celkové množství skutečně spotřebovaných pelet m_{SPe} bylo vypočteno ze vztahu:

$$m_{SPe} = \left(\sum S_i \right) - m_Z \text{ [kg]} \quad [4.1.8]$$

kde

S_i jsou dílčí spotřeby pelet v kg za jednotlivé měsíce vypočtené ze vztahu v 4.1.7

m_Z je zbytkové množství pelet v násypce po ukončení topné sezony (viz. Příloha 5).

Cena skutečně spotřebovaného množství pelet C_{Pe} byla určena ze vztahu:

$$C_{Pe} = m_{SPe} * C_{jp} \text{ [Kč]} \quad [4.1.9]$$

kde m_{SPe} je celkové množství spotřebovaných pelet ze vztahu 4.1.8

C_{jp} je cena za jednotku pelet v Kč/kg (viz. [37])

4.2 Výpočet ceny a potřebného množství el. energie

Spotřeba elektrické energie na vytápění objektu byla počítána pro kotel Ferroli FEB Comfort 15. Celková potřeba tepla na vytápění za rok $Q_{f,H}$, uvedená v GJ (viz. Příloha 4) byla převedena na MWh dle definice 1 Joulu:

$$\begin{aligned} 1 \text{ W} \cdot \text{s} &= 1 \text{ J} \\ 1 \text{ kWh} &= 3\,600\,000 \text{ J} = 3,6 \text{ MJ} \\ 1 \text{ MWh} &= 3,6 \text{ GJ} \end{aligned} \quad [4.2.1]$$

Množství elektrické energie M_E potřebné pro vytápění domu je dáno vztahem:

$$M_E = \frac{Q_{f,H}}{\eta} * 100 \text{ [MWh]} \quad [4.2.2]$$

kde $Q_{f,H}$ je celková potřeba tepla na vytápění za rok v MWh přepočtená z GJ (viz. Příloha 4) dle vztahu 4.2.1

η je účinnost kotle v % (viz. [36])

Cena elektřiny potřebné na vytápění domu závisí na zvoleném dodavateli a sazbě. Byla počítána pro produkt E.ON ElekřinaTrendPřímotop, sazba D45d (jednotlivé ceny viz. [38]). Celková cena C_E se skládá z několika složek a je vypočítána dle vztahu:

$$\begin{aligned} C_E &= C_{DiNT} * M_E + C_{MPP} * n + C_{SS} * M_E + C_{SOT} * M_E + C_{OZE} * M_E + \\ &+ C_{DNT} * M_E + C_{SMP} * n + D_E * M_E \text{ [Kč]} \end{aligned} \quad [4.2.3]$$

kde C_{DINT} je cena za distribuci el. v nízkém tarifu v Kč/MWh
 M_E je množství elektrické energie potřebné na vytápění domu v MWh,
vypočtené ze vztahu 4.2.2
 C_{MPP} je cena měsíční platby za příkon v Kč/měsíc
 n je počet měsíců v roce
 C_{SS} je cena za systémové služby v Kč/MWh
 C_{SOT} je cena za služby operátora trhu v Kč/MWh
 C_{OZE} je cena za podporu výkupu el. z obnovitelných zdrojů v Kč/MWh
 C_{DNT} je cena za dodávku el. v nízkém tarifu v Kč/MWh
 C_{SMP} je cena za stálý měsíční plat v Kč/měsíc
 D_E je daň z elektřiny v Kč/MWh

4.3 Výpočet ceny a potřebného množství plynu

Spotřeba plynu na vytápění objektu byla počítána pro kotel Ferroli DIVAtop HF 24 7-24 kW turbo. Množství zemního plynu M_P potřebné pro vytápění domu je dáno vztahem:

$$M_P = \frac{Q_{f,H}}{\eta} * 100 \text{ [MWh]} \quad [4.3.1]$$

kde $Q_{f,H}$ je celková potřeba tepla na vytápění za rok v MWh přepočtená z GJ (viz. Příloha 4) dle vztahu 4.2.1
 η je účinnost kotle v % (viz. [36])

Cena zemního plynu potřebného na vytápění domu závisí na zvoleném dodavateli a spotřebovaném množství. Byla počítána pro produkt E.ON DUO a odběrové množství 7,56 – 15 MWh/rok (jednotlivé ceny viz. [38]).
Celková cena potřebného množství zemního plynu C_P se skládá z několika složek a je počítána dle vztahu:

$$C_P = C_{OP} * M_P + C_{PK} * n + C_{SO} * M_P + C_{JK} * M_P + C_{PD} * n \text{ [Kč]} \quad [4.3.2]$$

kde C_{OP} je pevná cena za odebraný plyn v Kč/MWh

M_P je množství zemního plynu potřebné na vytápění domu v MWh, vypočtené ze vztahu 4.3.1

C_{PK} je cena stálé platby za přistavenou kapacitu v Kč/měsíc

n je počet měsíců v roce

C_{SO} je pevná cena za služby operátora v Kč/MWh

C_{JK} je cena jednotková komoditní v Kč/MWh

C_{PD} je cena stálé platby dodávku v Kč/měsíc

4.4 Výpočet spotřeby a ceny hnědého uhlí

Výpočet spotřeby uhlí byl proveden pro moderní zplynovací kotel na uhlí a dřevo ATMOS Kombi C 18 S, jeho parametry uvádí Tab. 7. Cena hnědého uhlí (Ořech 1 Bílina) byla zjištěna u místního prodejce (Uhelné sklady Borovany). Uhlí Ořech 1 Bílina těží společnost Severočeské doly a. s. Výhřevnost tohoto uhlí uvádí na svých internetových stránkách (viz. [40]).

Tab. 7 Hlavní technické parametry kotle ATMOS Kombi C 18 S a ATMOS D 15 [39]

Parametry \ typ kotle	C 18 S	D 15
Výkon maximální [kW]	20	14,5
Výkon minimální [kW]	15	7
Účinnost [%]	81,0	71,0
Objem vody v kotli [l]	45	-
Obsah násypky [dm ³]	66	70
Předepsané palivo	Hnědé uhlí ořech 1 výhřevnosti 17-20 MJ/kg, Suché dřevo výhřevnosti 15-18 MJ/kg, průměr 80-120 mm a vlhkosti 12-20%	suché dřevo do 20% vlhkosti o výhřevnosti 15-18 MJ/kg, průměr 60-150 mm
Max.délka dřeva [mm]	330	310
Hmotnost kotle [kg]	298	192
Elektrický příkon [W]	50	50
Napájecí napětí [V/Hz]	230/50	230/50

Množství hnědého uhlí m_U na rok pro vytápění domu bylo vypočteno ze vztahu:

$$m_U = \frac{Q_{t,H}}{H_U} \quad [\text{kg}] \quad [4.4.1]$$

kde $Q_{f,H}$ je celková potřeba tepla na vytápění za rok v MJ převedená z GJ (viz. Příloha 4)

H_U je výhřevnost uhlí udávaná výrobcem v MJ/kg

Při zohlednění účinnosti kotle, pak potřebné množství uhlí m_{SU} udává vztah:

$$m_{SU} = \frac{m_U}{\eta} * 100 \text{ [kg]} \quad [4.4.2]$$

kde m_U je teoretické množství uhlí v kg vypočtené ze vztahu 4.4.1

η je účinnost kotle v % udávaná výrobcem (viz. Tab. 7)

Cena uhlí je většinou udávána v metracích, pro převod na kg platí:

$$1 \text{ q} = 100 \text{ kg} \quad [4.4.3]$$

Cena potřebného množství uhlí C_U byla určena ze vztahu:

$$C_U = m_{SU} * C_{jU} \text{ [Kč]} \quad [4.4.4]$$

kde m_{SU} je potřebné množství uhlí ze vztahu 4.4.2

C_{jU} je cena za jednotku uhlí v Kč/kg převedená z Kč/q dle vztahu 4.4.3

4.5 Výpočet spotřeby a ceny dřeva

Výpočet spotřeby dřeva byl proveden pro zplynovací kotel na uhlí a dřevo ATMOS Kombi C 18 S a prohořivací kotel na dřevo ATMOS D 15 (viz. Tab. 7). Cena dřeva byla zjištěna na internetových stránkách prodejce z blízkého okolí (viz. [46]), pro produkt: směs jehličnatého dřeva, 1 m štípané. Výhřevnost dřeva o vlhkosti 10 % byla převzata z použité literatury (viz. [5] na str. 84, Tab. 5. 16.).

Množství dřeva m_D pro vytápění domu na rok bylo vypočteno ze vztahu:

$$m_D = \frac{Q_{f,H}}{H_D} \text{ [kg]} \quad [4.5.1]$$

kde $Q_{f,H}$ je celková potřeba tepla na vytápění za rok v MJ převedená z GJ (viz. Příloha 4)

H_D je výhřevnost dřeva v MJ/kg ([5] na str. 84, Tab. 5. 16.)

Při započtení účinnosti kotle, pak potřebné množství dřeva m_{SD} udává vztah:

$$m_{SD} = \frac{m_D}{\eta} * 100 \text{ [kg]} \quad [4.5.2]$$

kde m_D je teoretické množství dřeva v kg vypočtené ze vztahu 4.5.1

η je účinnost kotle v % udávaná výrobcem (viz. Tab. 7)

Protože je cena dřeva udávána většinou v prostorových metrech, je potřeba nejprve z množství m_{SD} v kg pomocí objemové hmotnosti dané druhem dřeva (viz. [5] na str. 82, Tab. 5. 14.) vypočítat objem dřeva V_D v m^3 dle vztahu:

$$V_D = \frac{m_{SD}}{\rho} \text{ [m}^3\text{]} \quad [4.5.3]$$

kde m_{SD} je potřebné množství dřeva v kg ze vztahu 4.5.2

ρ je objemová hmotnost dřeva v Kg/m^3 ([5] na str. 82, Tab. 5. 14.)

Poté byl objem dřeva v m^3 převeden pomocí Tab. 8 na prostorové metry (prm).

Tab. 8 Jednotky pro objemy dřeva a jejich přepočty [14]

Jednotka	Pevné dřevo plnometr	Složené dřevo Prostorový metr	Štěpkované dřevo Synný metr
[plm], [pm]	1	1,43	2,43
[prm], [rm]	0,7	1	1,7
[prms]	0,41	0,59	1

[plm], [pm] = 1 m^3 plné dřevní hmoty

[prm], [rm] = 1 m^3 rovnáných polen, obsahuje 60 - 75% dřeva

[prms] = 1 m^3 volně ložené nezhuštěné štěpky

$$\text{pak} \quad V_{DPr} = V_D * 1,43 \text{ [prm]} \quad [4.5.4]$$

kde V_{DPr} je objem dřeva prostorový v prm

V_D je objem dřeva v m^3 ze vztahu 4.5.3

Cena potřebného množství dřeva C_D byla určena ze vztahu:

$$C_D = V_{DPr} * C_{jD} \text{ [Kč]} \quad [4.5.5]$$

kde V_{DPr} je potřebný objem dřeva v prm na vytápění ze vztahu 4.5.4

C_{jD} je cena za jednotku dřeva v Kč/prm

4.6 Výpočet ceny za jednotku energie

V literatuře (např. [2] a [14]) porovnávají autoři různé druhy paliv podle cenových nákladů na jednotku energie (Kč/kWh). Proto byl proveden výpočet ceny za 1 kWh u jednotlivých paliv, aby bylo možné provést srovnání vypočtených hodnot a hodnot zjištěných v použité literatuře.

U pelet, uhlí a dřeva bylo nejprve vypočítáno množství energie v palivu M za rok dle vztahu:

$$M = m * H \text{ [kWh]} \quad [4.6.1]$$

kde m je celková spotřeba paliva za rok v kg

H je výhřevnost paliva v kWh/kg (převedeno z MJ/kg dle vztahu 4.2.1)

Následně byla vypočítána cena za jednotku využitelné energie C_{jv} pro elektřinu, plyn, pelety, uhlí a dřevo dle vztahu:

$$C_{jv} = \frac{C}{M} \text{ [Kč/kWh]} \quad [4.6.2]$$

kde C je celková cena potřebného paliva za rok v Kč

M je množství energie v palivu potřebném na vytápění domu za rok v kWh

Při zohlednění účinnosti kotle, pak cenu za jednotku energie C_{jE} udává vztah:

$$C_{jE} = \frac{C_{jv}}{\eta} * 100 \text{ [Kč/kWh]} \quad [4.6.3]$$

kde C_{jv} je cena za jednotku využitelné energie ze vztahu 4.6.2

η je účinnost kotle v % udávaná výrobcem

5 Výpočty sledovaných parametrů

5.1 Spotřeba a cena pelet

Teoretická spotřeba pelet

Celková roční potřeba tepla na vytápění $Q_{t,H}$ v **GJ** z Odborného posudku v Příloze 4, byla převedena na **MJ**:

$$32,884 \text{ GJ} = 32\,884 \text{ MJ}$$

Dosazením do vztahu 4.1.1, byla získána hodnota teoretického množství pelet na rok pro vytápění domu:

$$m_T = \frac{32\,884}{17,91} = 1\,836 \text{ [kg]} \quad [5.1.1]$$

Ze vztahu 4.1.2 bylo vypočteno množství pelet, zohledňující účinnost kotle:

$$m_{Pe} = \frac{1\,836}{87} * 100 = 2\,110 \text{ [kg]} \quad [5.1.2]$$

Cena potřebného množství pelet byla vypočtena dle vztahu 4.1.3:

$$C_{PPe} = 2\,110 * 5,90 = \underline{12\,449} \text{ [Kč]} \quad [5.1.3]$$

Skutečná spotřeba pelet

Teplota v interiéru byla nastavena od 6h do 22h na 22°C a od 22h do 6h na 18°C. Střední teplota v interiéru byla vypočítána ze vztahu 4.1.4:

$$t_{is} = \frac{22 * 16 + 18 * 8}{24} = 20,7 \text{ [°C]} \quad [5.1.4]$$

Bylo provedeno zvážení tří náhodně vybraných pytlů s peletami a byl také zvážen prázdný obal. (viz. Tab. 9)

Tab. 9 Hmotnosti pytlů pelet

Pytel	hmotnost [kg]
Č. 1	15,2
Č. 2	15,1
Č. 3	15,2
Prázdný obal	0,1

z naměřených hodnot byl spočítán aritmetický průměr hmotnosti pytle dle 4.1.5:

$$\bar{x} = \frac{1}{3} * (15,2 - 0,1) + (15,1 - 0,1) + (15,2 - 0,1) = \mathbf{15,07 \text{ [kg]}} \quad [5.1.5]$$

a stanovena odchylka průměrné hmotnosti pytle dle vztahu 4.1.6:

$$\Delta x = | 15 - 15,07 | = \mathbf{0,07 \text{ [kg]}} \quad [5.1.6]$$

Vzhledem k velikosti odchylky byla tato zanedbána a počítáno na celé kilogramy.

Pomocí naměřených hodnot zaznamenaných do tabulky v Příloze 5, bylo vypočteno množství spotřebovaných pelet za jednotlivé měsíce dle vztahu 4.1.7:

Množství doplněné za říjen: $S_{10} = 105 + 75 + 30 + 60 = \mathbf{270 \text{ [kg]}}$

Množství doplněné za listopad: $S_{11} = 45 + 90 + 30 + 90 + 75 = \mathbf{330 \text{ [kg]}}$

Množství doplněné za prosinec: $S_{12} = 15 + 90 + 90 + 90 + 90 + 75 = \mathbf{450 \text{ [kg]}}$

Množství doplněné za leden: $S_1 = 60 + 90 + 90 + 90 + 90 + 90 = \mathbf{510 \text{ [kg]}}$

Množství doplněné za únor: $S_2 = 75 + 30 + 90 + 75 + 90 + 90 = \mathbf{450 \text{ [kg]}}$

Množství doplněné za březen: $S_3 = 45 + 75 + 90 + 90 = \mathbf{300 \text{ [kg]}}$

Množství doplněné za duben: $S_4 = 30 + 30 = \mathbf{60 \text{ [kg]}}$

Celkové množství skutečně spotřebovaných pelet bylo vypočteno ze vztahu 4.1.8:

$$m_{SPe} = (270 + 330 + 450 + 510 + 450 + 300 + 60) - 10 = \mathbf{2\ 360 \text{ [kg]}} \quad [5.1.7]$$

Cena spotřebovaného množství pelet byla vypočtena ze vztahu 4.1.9:

$$C_{Pe} = 2\ 360 * 5,90 = \mathbf{13\ 924 \text{ [Kč]}} \quad [5.1.8]$$

5.2 Cena a potřebné množství el. energie

Celková potřeba tepla na vytápění za rok $Q_{f,H}$, uvedená v GJ (v Příloze 4) byla převedena na MWh dle vztahu 4.2.1:

$$\mathbf{9,134 \text{ MWh} = 32,884 \text{ GJ}} \quad [5.2.1]$$

Množství elektrické energie potřebné na vytápění domu za rok bylo vypočteno podle vztahu 4.2.2:

$$M_E = \frac{9,134}{99} * 100 = \mathbf{9,226 \text{ [MWh]}} \quad [5.2.2]$$

Celková cena elektřiny potřebné na vytápění domu je vypočítána dle vztahu 4.2.3:

$$C_E = 36,4 * 9,226 + 383,57 * 12 + 159,95 * 9,226 + 9,15 * 9,226 + 705,43 * 9,226 + 1\,724,25 * 9,226 + 58,08 * 12 + 34,24 * 9,226 = \mathbf{29\,928 \text{ [Kč]}} \quad [5.2.3]$$

5.3 Cena a potřebné množství plynu

Množství zemního plynu potřebné pro vytápění domu za rok je vypočteno ze vztahu 4.3.1:

$$M_P = \frac{9,134}{93} * 100 = \mathbf{9,822 \text{ [MWh]}} \quad [5.3.1]$$

Celková cena potřebného množství zemního plynu na vytápění je počítána dle vztahu 4.3.2:

$$C_P = 226,75 * 9,822 + 131,51 * 12 + 2,61 * 9,822 + 967,52 * 9,822 + 171,82 * 12 = \mathbf{15\,396 \text{ [Kč]}} \quad [5.3.2]$$

5.4 Spotřeba a cena hnědého uhlí

Množství hnědého uhlí na rok pro vytápění domu bylo vypočteno ze vztahu 4.4.1:

$$m_U = \frac{32\,884}{17,6} = \mathbf{1\,868 \text{ [kg]}} \quad [5.4.1]$$

Po započtení účinnosti kotle, pak potřebné množství uhlí udává vztah 4.4.2:

$$m_{SU} = \frac{1\,868}{81} * 100 = \mathbf{2\,306 \text{ [kg]}} \quad [5.4.2]$$

Cena potřebného množství uhlí byla vypočtena ze vztahu 4.4.4:

$$C_U = 2\,306 * 4,09 = \underline{9\,432} \text{ [Kč]} \quad [5.4.3]$$

5.5 Spotřeba a cena dřeva

Množství dřeva pro vytápění domu bylo vypočteno ze vztahu 4.5.1:

$$m_D = \frac{32\,884}{16,4} = \underline{2\,005} \text{ [kg]} \quad [5.5.1]$$

Při započtení účinnosti kotle, pak potřebné množství dřeva udává vztah 4.5.2:

a) Pro kotel ATMOS Kombi C 18 S

$$m_{SD} = \frac{2\,005}{81} * 100 = \underline{2\,475} \text{ [kg]} \quad [5.5.2]$$

b) Pro kotel ATMOS D 15

$$m_{SD} = \frac{2\,005}{71} * 100 = \underline{2\,824} \text{ [kg]} \quad [5.5.3]$$

Výpočet objemu smrkového dřeva pomocí objemové hmotnosti dle vztahu 4.5.3:

a) Pro kotel ATMOS Kombi C 18 S

$$V_D = \frac{2\,475}{430} = \underline{5,76} \text{ [m}^3\text{]} \quad [5.5.4]$$

b) Pro kotel ATMOS D 15

$$V_D = \frac{2\,824}{430} = \underline{6,57} \text{ [m}^3\text{]} \quad [5.5.5]$$

Převedení objemu dřeva v m³ na prostorové metry (prm) dle vztahu 4.5.4:

a) Pro kotel ATMOS Kombi C 18 S

$$V_{\text{DPr}} = 5,76 * 1,43 = \mathbf{8,2 \text{ [prm]}} \quad \mathbf{[5.5.6]}$$

b) Pro kotel ATMOS D 15

$$V_{\text{DPr}} = 6,57 * 1,43 = \mathbf{9,4 \text{ [prm]}} \quad \mathbf{[5.5.7]}$$

Cena potřebného množství dřeva byla určena ze vztahu 4.5.5:

a) Pro kotel ATMOS Kombi C 18 S

$$C_{\text{D}} = 8,2 * 1\,083 = \mathbf{8\,880 \text{ [Kč]}} \quad \mathbf{[5.5.8]}$$

b) Pro kotel ATMOS D 15

$$C_{\text{D}} = 9,4 * 1\,083 = \mathbf{10\,180 \text{ [Kč]}} \quad \mathbf{[5.5.9]}$$

5.6 Cena za jednotku energie

Dosazením hodnot pro jednotlivá paliva do vztahu 4.6.1, 4.6.2 a 4.6.3 byly získány výsledky, které jsou spolu s dosazovanými hodnotami uvedeny v tabulce 10.

Tab. 10 Výsledky výpočtů cen za jednotku energie

Palivo [mj]	Výhřevnost paliva [kWh/mj]	Spotřeba paliva za rok [mj]	Množství energie paliva na rok [kWh]	Cena za jednotku využitelné energie [Kč/kWh]	Účinnost zdroje [%]	Cena za jednotku energie [Kč/kWh]
Elektřina [kWh]	1	9 226 kWh	9 226	3,24	99	3,27
Zemní plyn [kWh]	1	9 822 kWh	9 822	1,57	93	1,69
Dřevěné pelety [kg]	4,98	2 110 kg	10 508	1,18	87	1,36
Hnědé uhlí [kg]	4,89	2 306 kg	11 276	0,84	81	1,04
Dřevo (zplynovací kotel) [kg]	4,56	2 475 kg	11 286	0,79	81	0,98
Dřevo (prohořivací kotel) [kg]	4,56	2 824 kg	12 877	0,79	71	1,11

6 Výsledky a diskuse

Při porovnání výsledků výpočtů pro teoretické a skutečně spotřebované množství pelet na vytápění domu za rok (viz. Tab. 11) je patrný rozdíl 250 kg. Ten mohl být způsoben tím, že hodnota celkové roční potřeby tepla na vytápění $Q_{f,H}$ [GJ], která byla převzata z Odborného posudku (Příloha 4), byla vypočítána pro teplotu interiéru 20°C, ale ve skutečnosti pak byla uživatelem požadována teplota v interiéru 20,7°C [5.1.4]. Dalším důvodem rozdílných výsledků mohlo být to, že výrobce udává účinnost kotle při ideálních podmínkách. V případě, že kotel pracuje většinu času na dolní hranici svého výkon, má to za následek zmenšení účinnosti a zvýšení spotřeby paliva. Použitý kotel Ferroli GFN Pellet 6 byl zvolen z důvodu vhodného uspořádání jeho komponent (kotel, hořák, násypka), které vyhovovalo prostoru kotelny. Pozitivem tohoto kotle byly také dobré reference, jednoduchá obsluha a údržba. Přehled o doplňování pelet za jednotlivé měsíce byl vytvořen z dat v Příloze 5 a je uveden v Tab. 12.

Tab. 11 Porovnání vypočtené a naměřené spotřeby pelet

výpočet / měření spotřeby pelet	množství pelet [kg]
teoretická spotřeba [5.1.2]	2 110
skutečná spotřeba [5.1.7]	2 360

Pozn.: Při porovnání cen paliv bylo dále počítáno s hodnotou pro teoretickou spotřebu, protože byla počítána podle stejné metodiky jako spotřeba ostatních paliv.

Tab. 12 Množství pelet doplněných do násypky za jednotlivé měsíce v topné sezoně 2011/2012

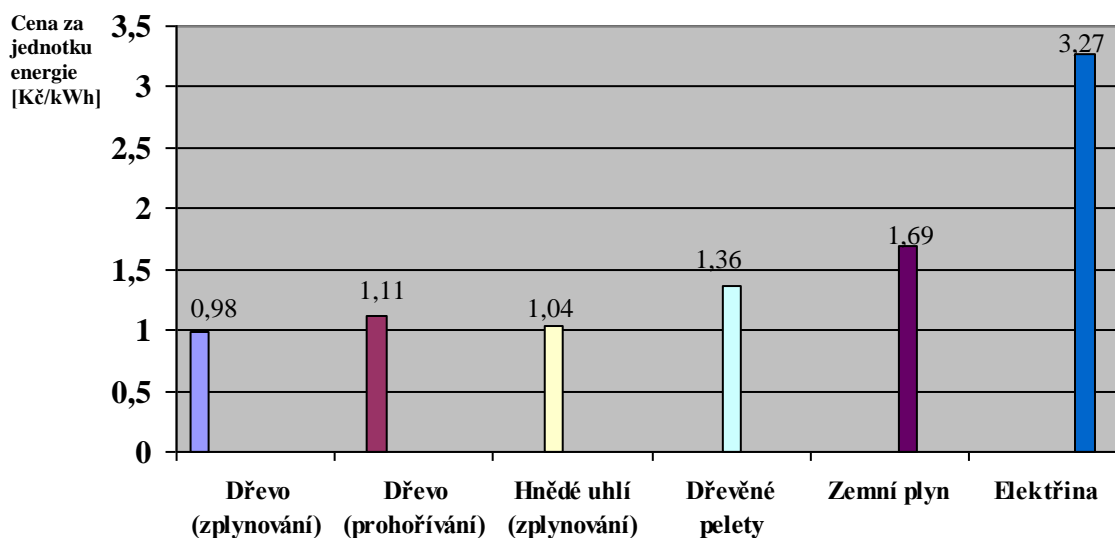
měsíc	říjen	listopad	prosinec	leden	únor	březen	duben
doplněno [kg]	270	330	450	510	450	300	60

Pro přehlednost byly vypočtené celkové ceny paliv na vytápění domu za rok pro jednotlivá paliva a kotle dány do tabulky, aby bylo možné snadné porovnání finanční náročnosti vytápění objektu při použití různých paliv (viz. Tab. 13). Na Obr. 33 je grafické porovnání vypočtených cen za jednotku energie z Tab. 10. Obr. 34 ukazuje grafické porovnání cen za jednotku energie dle [2].

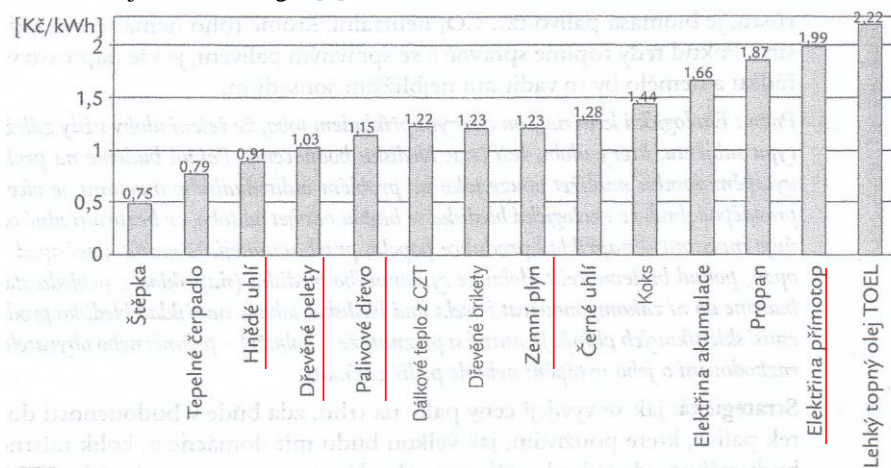
Tab. 13 Přehled výsledků výpočtů spotřeby a ceny paliv za rok

Způsob vytápění	výhřevnost paliva	typ kotle	výkon kotle [kW]	Účinnost [%]	Spotřeba paliva za rok [mj]	Celková cena paliva na vytápění za rok [Kč]
Elektřina	3,6 MJ/kWh	Ferrolí FEB Comfort 15	7,5 - 15	99	9,226 MWh	29 928
Zemní plyn	3,6 MJ/kWh	Ferrolí DIVAtop HF 24	7 - 24	93	9,822 MWh	15 396
Dřevěné pelety	17,91 MJ/kg	Ferrolí GFN Pellet 6	15 - 24	87	2 110 kg	12 449
Hnědé uhlí	17,6 MJ/kg	ATMOS Kombi C 18 S	15 - 20	81	2 306 kg	9 432
Dřevo	16,4 MJ/kg	ATMOS Kombi C 18 S	15 - 20	81	8,2 prn	8 880
Dřevo	16,4 MJ/kg	ATMOS D 15	7 - 14,5	71	9,4 prn	10 180

Obr. 33 Graf cen za jednotku energie vypočtených pro jednotlivá paliva



Obr. 34 Graf cen za jednotku energie [2]



Z obrázku č. 33 vyplývá, že pořadí paliv z hlediska ceny za jednotku energie je následující (od nejvýhodnějšího po nejdražší): Dřevo, uhlí, pelety, plyn, elektřina. Toto pořadí je téměř shodné s údaji z literatury na Obr. 34. Liší se jen v případě ceny dřeva. Ta může být ovšem zavádějící, neboť v literatuře nebyla uvedena bližší specifikace uvažovaného dřeva. Mohlo se jednat o dřevo s nízkou výhřevností, vyšší vlhkostí nebo extrémně drahé, a proto není srovnání cen v případě dřeva relevantní. Nižší ceny paliv na Obr. 34 jsou způsobeny tím, že [2] zpracovává údaje z roku 2007. Nejvýraznější nárůst ceny nastal u elektřiny (o více než 60%), což lze ověřit i porovnáním ceníků dodavatele [38] z roku 2007 a 2013. Zde došlo ke zvýšení ceny u VT o 67%, u NT o 49% a u paušálních plateb o 30%. U ostatních paliv došlo oproti roku 2007 také ke zvýšení cen, ale tento nárůst nebyl tak markantní.

Z grafu na Obr. 33 je zřejmé, že nejvíce finančně nákladné je vytápění elektřinou. Je asi o 140% dražší než topení peletami. Jedná se sice o způsob s nejvyšší účinností zdroje a elektřina je považována za jeden z nejčistších způsobů vytápění, ale vzhledem k neustále rostoucím cenám el. energie, je využívána čím dál méně. Náklady na vytápění plynem jsou oproti elektřině výrazně nižší a při kvalitním zateplení domu i finančně únosné. Při srovnání s peletami je topení plynem o 24% dražší. Limitující je existence plynofikace v místě a možnost zřízení plynové přípojky. Elektrické a plynové vytápění má velkou výhodu v tom, že není potřeba sklad paliva, uživatel nemá žádné starosti zatápěním či vynášením popela a teplotu interiéru ovládá nastavením prostorového termostatu. Jako nejlevnější varianta se jeví vytápění dřevem nebo uhlím především díky uvažovanému kvalitnímu zplynovacímu kotli s účinností přes 80%. V tomto případě je topení uhlím o 24% levnější než topení peletami. Při použití staršího prohřívacího kotle na uhlí s účinností kolem 60% by se spotřeba paliva zvýšila, náklady na uhlí by vzrostly a byly by srovnatelné s peletami. Uživatelský komfort je však nesrovnatelný. Peletový kotel je řízen prostorovým termostatem, automatika zatápí i příkládá, uživatel pouze 1 - 2krát za týden doplňuje násypku peletami a asi 1krát za měsíc vynáší popel. U pelet (a také uhlí) je výhodné nakoupit zásobu na topnou sezonu už koncem jara nebo v létě, kdy jsou ceny nejnížší. Vytápění dřevem je stále finančně nejvýhodnější, je o 28% levnější než v případě pelet, i když jeho cena také každým rokem stoupá. Důležité je však mít kotel s co nejvyšší účinností. Při použití prohořívacího kotle na dřevo budou náklady na vytápění jen o 19% nižší než u pelet a dokonce budou vyšší než při topení uhlím. Nevýhodou je nutnost mít dostatek

prostoru na uskladnění zásoby dřeva alespoň na dva roky dopředu, aby mohlo řádně proschnout. Nezanedbatelná je také pracnost a časová náročnost přípravy palivového dřeva.

Cenové srovnání různých kotlů od různých výrobců je uvedeno v tabulce 14, protože topidlo (zejména jeho účinnost) významně ovlivňuje spotřebu paliva a tím i množství finančních prostředků vynaložených na vytápění.

Tab. 14 Příklady některých kotlů od různých výrobců [47]

typové označení	typ	výkon	účinnost	cena
Ferrolí FEB Comfort 15	elektrický	7,5 - 15	99	16 800,-
DAKON Daline PTE 14 6/6/2 kW	elektrický	2 - 14	99	12 700,-
Ferrolí DIVAtop HF 24	plynový	7 - 24	93	19 200,-
VAILLANT VU 122/3-5 turboTEC	plynový	6,3 - 12	92	21 600,-
Protherm Panther Condens 12 KKO v.19	plynový kondenzační	4,1 - 12,3	107,6	24 800,-
Ferrolí GFN Pellet 6	peletový	15 - 24	87	83 500,-
BENEKOV R 15	peletový na pelety a obilí	4 - 14	91,4	93 000,-
Atmos DC18SP	zplynovací na dřevo pelety	4,5 -15	92,3	47 500,-
ATMOS Kombi C 18 S	zplynovací dřevo/uhlí	15 - 20	81	26 500,-
ATMOS D 15	prohořivací na dřevo	7 - 14,5	71	18 500,-
DAKON DOR F 12	prohořivací na uhlí	7 - 13,5	79	14 500,-
Viadrus HERCULES U24	prohořivací na uhlí	19	78	25 200,-

Tabulka ukazuje, že pořízení peletového kotle je finančně velmi náročné. V programu Zelená úsporám bylo možné získat na instalaci kotle na biomasu dotaci,

která pokryla až 100 % nákladů na pořízení. Bez dotace by byla návratnost investice do peletového kotle proti elektrickému vytápění následující:

Rozdíl mezi cenou peletového (Ferrolí GFN Pellet 6) a elektrického (Ferrolí FEB Comfort 15) kotle činí 66 700,- Kč. Náklady na topení peletami jsou o téměř 17 500,- Kč za rok nižší. Vydělením těchto hodnot je získán počet let, kdy dojde ke srovnání nákladů a tedy k návratnosti investice na pořízení peletového kotle. V tomto případě jsou to 3 roky a 10 měsíců.

Obdobně by se postupovalo i u plynového kotle (Ferrolí DIVAtop HF 24). Rozdíl v ceně plynového a peletového kotle je 64 300,- Kč a náklady na topení peletami jsou o necelé 3 000,- Kč za rok nižší. Zde vychází návratnost investice do peletového kotle na více než 21 let (což je hranice životnosti tohoto kotle). To platí za předpokladu, že dům je již napojen na plynovod. Pokud není, je potřeba k ceně za plynový kotel připočítat ještě náklady na zřízení plynovodní přípojky a plynového vedení od této přípojky do domu (v tomto případě cca 20 000,- Kč). Potom by rozdíl nákladů na pořízení vytápění mezi plynem a peletami činil 44 300,- Kč. Při výše uvedené úspoře 3 000,- Kč/rok u pelet, by návratnost investice do peletového kotle byla 14 let a 9 měsíců.

Doba návratnosti je počítána pro současné ceny energií a kotlů, změní-li se jejich ceny, může se změnit i doba návratnosti.

7 Závěr

Porovnání finanční náročnosti vytápění u jednotlivých paliv je jen jedna strana posouzení problému vytápění. Měří se penězi a proto nemůže postihnout další aspekty, penězi neměřitelné. Mezi ně patří například přínos pro životní prostředí, uživatelský komfort, estetické nebo sociální vlivy.

Pelety mají bezesporu řadu výhod. Mají nízký obsah vody, vysokou výhřevnost, nízký obsah popelovin, snadno se s nimi manipuluje a jejich spalování probíhá v automatickém režimu s minimem negativních účinků na životní prostředí. Další výhodou pelet je, že se jedná o tuzemské palivo vyrobené z biomasy v ČR a obnovitelný zdroj energie. Většímu rozšíření pelet (a ekologickému vytápění obecně) by mohla pomoci například legislativní podpora zvýhodňující ekologicky šetrné výrobky (kotle, paliva, apod.).

Cílem této práce bylo posouzení použití tvarově upraveného paliva (pelet) jako zdroje tepla pro vybraný objekt. Výpočty bylo zjištěno, že skutečně spotřebované množství pelet na vytápění domu za rok je vyšší než množství vypočtené pomocí celkové roční potřeby tepla na vytápění z Odborného posudku, výhřevnosti udávané výrobcem pelet a účinnosti udávané výrobcem kotle. Příčinou byla vyšší požadovaná teplota v interiéru a režim provozu kotle v oblasti nejnižšího výkonu. Připojením akumulární nádrže do topné soustavy, by mohl být kotel provozován v optimálním režimu. Přebytek výkonu by byl akumulován a toto akumulované využito při vytápění domu.

8 Seznam literatury

- [1] Kolektiv autorů. *Obnovitelné zdroje energie a možnosti jejich uplatnění v České republice*. Praha : ČEZ, 2007, 181 s. ISBN 978-80-239-8823-9
- [2] MURTINGER, Karel; BERANOVSKÝ, Jiří. *Energie z biomasy*. Brno : Computer Press, 2011. 112 s. ISBN 978-80-251-2916-6
- [3] Studie vědeckotechnického rozvoje. *Využití biomasy k energetickým účelům*. Praha : Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství, 1986 67 s.
- [4] NOSKIEVIČ, Pavel; KAMINSKÝ, Jaroslav. *Využití energetických zdrojů*. Ostrava : Vysoká škola báňská - Technická univerzita, Fakulta strojní, 1996, 91 s. ISBN 80-7078-378-8
- [5] PASTOREK, Zdeněk; KÁRA, Jaroslav; JEVIČ, Petr. *Biomasa – obnovitelný zdroj energie*. Praha : FCC Public, 2004, 288 s. ISBN 80-86534-06-5.
- [6] MOUDRÝ, Jan; STRAŠIL, Zdeněk. *Pěstování alternativních plodin*. České Budějovice : Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, 1999, 165 s. ISBN 80-7040-383-7
- [7] Sborník referátů z odborného semináře. *Energetické a průmyslové rostliny IV*. Praha : CZ - Biom, 1998, 140 s. ISBN 80-238-3490-8
- [8] SOUŠKOVÁ, Helena; MOUDRÝ, Jan. *Nepotravinářské využití fytomasy*. České Budějovice : Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, 2006, 95 s. ISBN 80-7040-857-X
- [9] Zákon č. 180 ze dne 31. března 2005 o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a o změně některých zákonů (zákon o podpoře využívání obnovitelných zdrojů). In: *Sbírka zákonů, Česká republika*. 2005, částka 66, s. 3726-3732. ISSN 1211-1244. Dostupný také v digitální formě z: http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/SearchResult.aspx?q=180/2005&typeLaw=zakon&what=Cislo_zakona_smlouvy

[10] KOHOUT, Pavel ... [et al.]. *Rychle rostoucí dřeviny v energetice (topoly a vrby)*. České Budějovice : Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, 2010, 101 s. ISBN 978-80-7394-247-2

[11] SLADKÝ, Václav. *Využití fytomasy k vytápění zemědělských objektů, Část II. (Dřevní palivo)*. Praha : Ústav zemědělských a potravinářských informací, 1993, 52 s. ISSN 0862-3562

[12] SLADKÝ, Václav. *Využití fytomasy k vytápění zemědělských objektů, Část I. (Sláma a stébelniny)*. Praha : Ústav zemědělských a potravinářských informací, 1992, 52 s. ISSN 0862-3562

[13] SIMANOV, Vladimír. *Energetické využívání dříví*. Olomouc : Terrapolis, 1995, 115 s.

[14] KLOBUŠNÍK, Lubomír. *Pelety, palivo budoucnosti*. České Budějovice : Sdružení Harmonie, 2003, 112 s. ISBN 80-239-1956-3

[15] WEGER, Jan ... [et al.]. *Biomasa : obnovitelný zdroj energie v krajině*. Průhonice : Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, 2003, 51 s. ISBN 80-85116-32-4

Internetové zdroje:

[16] STUPAVSKÝ, Vladimír, HOLÝ, Tomáš: Dřevní štěpka - zelená, hnědá, bílá. *Biom.cz* [online]. 2010-01-01 [cit. 2013-01-10]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/drevni-stepka-zelena-hneda-bila>>. ISSN: 1801-2655.

[17] SCHOLZ, Volkhard: Rychle rostoucí dřeviny - technologie sklizně. *Biom.cz* [online]. 2009-07-01 [cit. 2013-01-07]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/rychle-rostouci-dreviny-technologie-sklizne>>. ISSN: 1801-2655.

[18] CZ Biom, : Ozdobnice čínská. *Biom.cz* [online]. 2011-07-31 [cit. 2013-01-26]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/ozdobnice-cinska>>. ISSN: 1801-2655.

[19] PETŘÍKOVÁ, Vlasta: Zkušenosti s pěstováním energetických rostlin v polních kulturách. *Biom.cz* [online]. 2003-12-03 [cit. 2013-01-26]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/zkusenosti-s-pestovanim-energetickych-rostlin-v-polnich-kulturach>>. ISSN: 1801-2655.

[20] HUTLA, Petr: Chrastice rákosovitá - pěstování a možnosti využití. *Biom.cz* [online]. 2004-03-10 [cit. 2013-01-26]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/chrastice-rakosovita-pestovani-a-moznosti-vyuziti>>. ISSN: 1801-2655.

[21] SLAVÍK ml., Jan, HUTLA, Petr, KÁRA, Jaroslav: Vliv složení směsi na vlastnosti topných pelet. *Biom.cz* [online]. 2006-03-29 [cit. 2013-02-13]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vliv-slozeni-smesi-na-vlastnosti-topnych-pelet>>. ISSN: 1801-2655.

[22] STUPAVSKÝ, Vladimír, HOLÝ, Tomáš: Brikety z biomasy - dřevěné, rostlinné, směsné brikety. *Biom.cz* [online]. 2010-01-01 [cit. 2013-02-13]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/brikety-z-biomasy-drevene-rostlinne-smesne-brikety>>. ISSN: 1801-2655.

[23] KOTT, Jiří: Výroba pelet z biomasy - technické a ekonomické aspekty. *Biom.cz* [online]. 2010-12-20 [cit. 2013-02-13]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyroba-pelet-z-biomasy-technicke-a-ekonomicke-aspekty>>. ISSN: 1801-2655.

[24] SLADKÝ, Václav: Dřevní peletky - standardní fytopalivo budoucnosti. *Biom.cz* [online]. 2001-12-11 [cit. 2013-02-19]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/drevni-peletky-standardni-fytopalivo-budoucnosti>>. ISSN: 1801-2655.

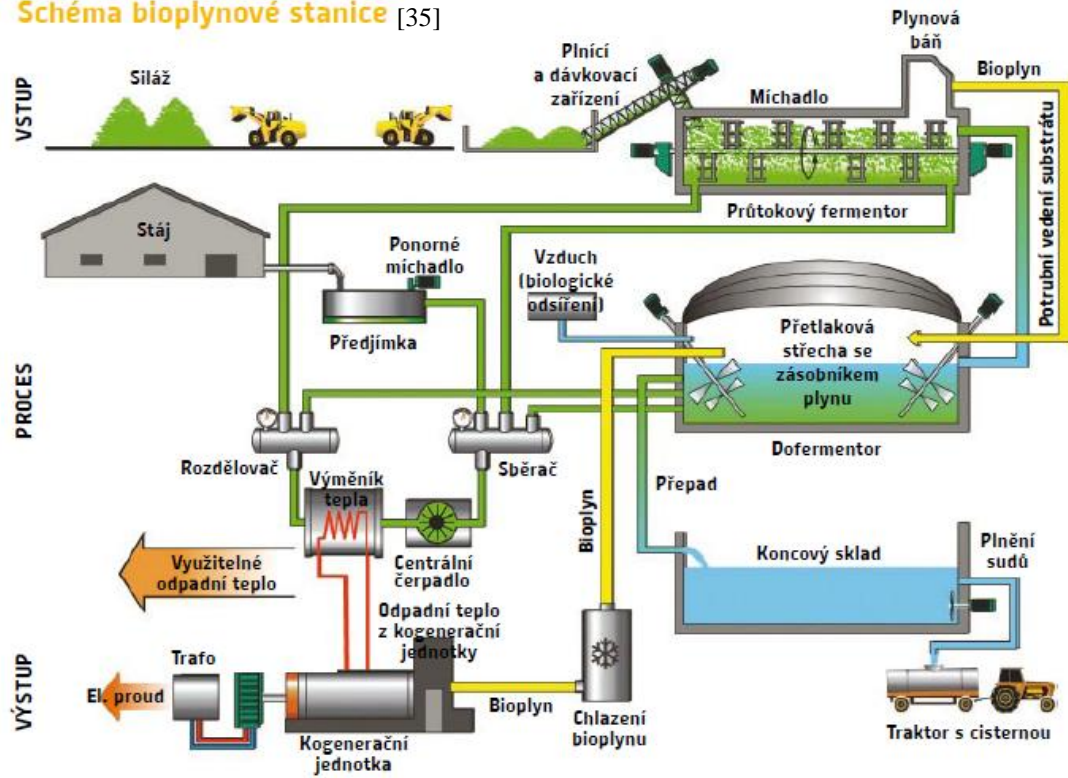
- [25] Štípače Woodster a Scheppach [online, cit. 2013-01-10]. Dostupné z WWW: <<http://www.garland.cz>>.
- [26] Automaty na palivové dřevo Palax KS43 [online, cit. 2013-01-10]. Dostupné z WWW: <<http://www.traktorpool.cz>>.
- [27] Štěpkovače přívěsné [online, cit. 2013-01-10]. Dostupné z WWW: <<http://www.karlow-karlshof.eu>>.
- [28] Štěpkovače nesené [online, cit. 2013-01-10]. Dostupné z WWW: <<http://www.e-lescr.cz>>.
- [29] Štěpkovače nesené [online, cit. 2013-01-26]. Dostupné z WWW: <<http://www.estepkovac.cz>>.
- [30] Štěpkovače návěsné [online, cit. 2013-01-26]. Dostupné z WWW: <<http://www.westconuk.com>>.
- [31] Štěpkovače na speciálních podvozcích [online, cit. 2013-01-26]. Dostupné z WWW: <<http://www.bruks.com>>.
- [32] Svazkovače John Deere/Timberjack [online, cit. 2013-01-26]. Dostupné z WWW: <<http://www.merimex.cz>>.
- [33] Drtiče Hausmann [online, cit. 2013-01-26]. Dostupné z WWW: <<http://www.husmann-technik.de>>.
- [34] Drtiče Weima [online, cit. 2013-01-26]. Dostupné z WWW: <<http://www.epimex.cz>>.
- [35] Bioplynová stanice [online, cit. 2012-12-19]. Dostupné z WWW: <<http://www.biogaz.cz>>.

- [36] Kotle Ferroli [online, cit. 2013-02-09]. Dostupné z WWW: <<http://www.enbra.cz>>.
- [37] Prodej pelet [online, cit. 2013-02-11]. Dostupné z WWW: <<http://www.latop.cz>>.
- [38] El. energie a plyn [online, cit. 2013-02-11]. Dostupné z WWW: <<http://www.eon.cz>>.
- [39] Kotle Atmos [online, cit. 2013-02-09]. Dostupné z WWW: <<http://www.atmos.cz>>.
- [40] Severočeské doly - těžba uhlí [online, cit. 2013-02-11]. Dostupné z WWW: <<http://www.sdas.cz>>.
- [41] Kotle Dakon [online, cit. 2013-02-19]. Dostupné z WWW: <<http://www.dakon.cz>>.
- [42] Kotle Viadrus [online, cit. 2013-02-19]. Dostupné z WWW: <<http://www.viadrus.cz>>.
- [43] Kotle Vaillant [online, cit. 2013-02-19]. Dostupné z WWW: <<http://www.vaillant.cz>>.
- [44] Kotle Protherm [online, cit. 2013-02-19]. Dostupné z WWW: <<http://www.protherm.cz>>.
- [45] Kotle Benekov [online, cit. 2013-02-19]. Dostupné z WWW: <<http://www.benekov.cz>>.
- [46] Prodej paliv [online, cit. 2013-02-11]. Dostupné z WWW: <<http://www.ekoobchod.com>>.
- [47] Porovnání cen internetových obchodů [online, cit. 2013-02-26]. Dostupné z WWW: <<http://www.heureka.cz>>.

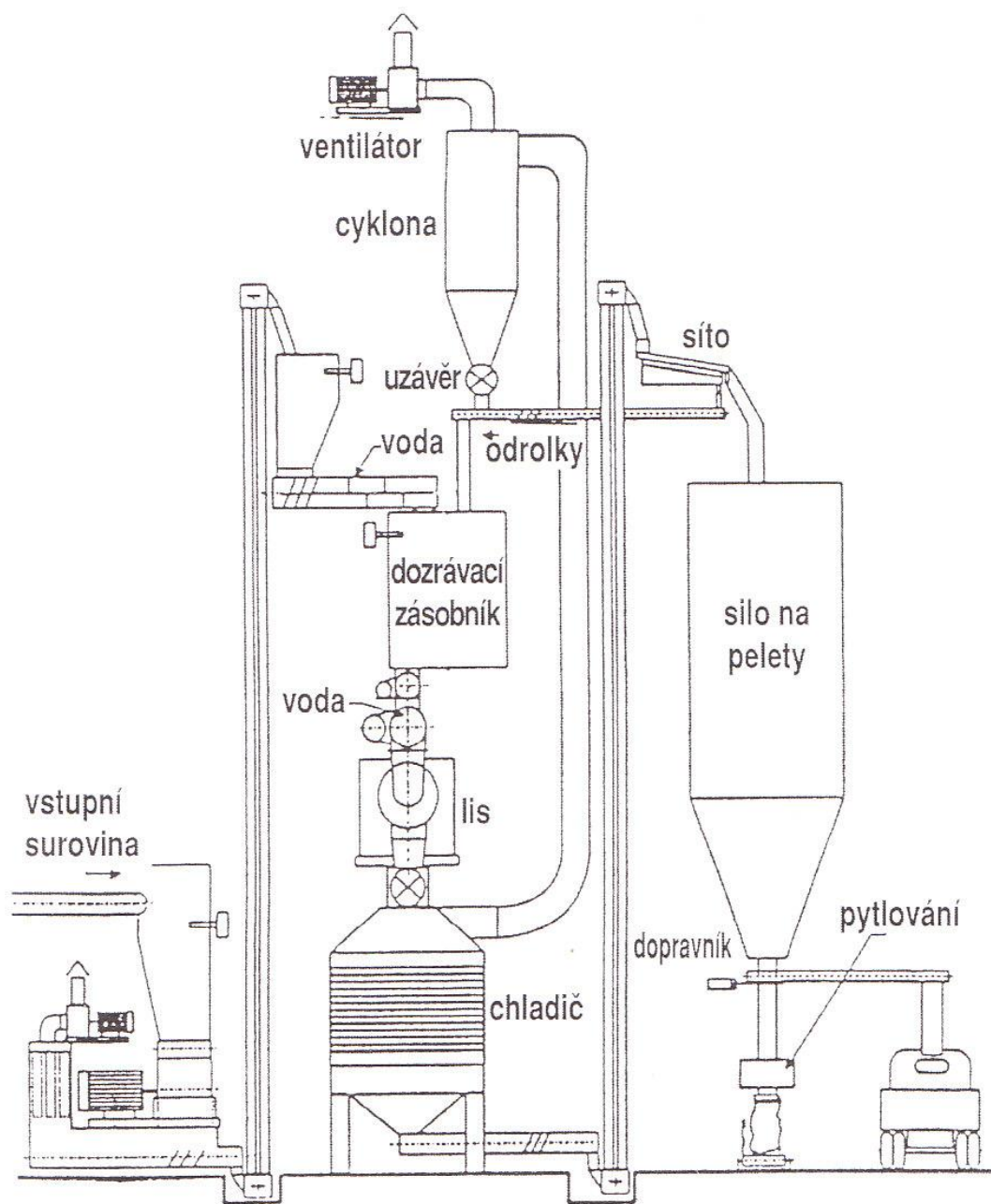
9 Přílohy

Příloha 1

Schéma bioplynové stanice [35]



Příloha 2 Schéma výrobní linky dřevních pelet [14]



kladivkový šrotovník
s plněním a odvzdušněním

Příloha 3 Výňatek z Průvodní zprávy

Ing. Jana Říhová – projekční kancelář
Jánská 13, 370 01 České Budějovice
IČO 182 77 365

PRŮVODNÍ ZPRÁVA

Stavba : **Stavební úpravy rodinného domu
Petra Tomáška
Vodárenská 423
Borovany 373 12**

Investor : **Petr Tomášek
Vodárenská 423
Borovany 373 12**

Projektant : **Ing. Jana Říhová
projekční kancelář
Jánská 13
České Budějovice**



České Budějovice, březen 2010

OSVĚDČENÍ O AUTORIZACI

číslo 12182

vydané

Českou komorou autorizovaných inženýrů a techniků
činných ve výstavbě
podle zákona ČNR č. 360/1992 Sb.

Ing. Jana Řihová

jméno a příjmení

585913/0354

rodné číslo

je

autorizovaným inženýrem

v oboru

pozemní stavby

V seznamu autorizovaných osob vedeném ČKAIT je veden pod číslem


0100724

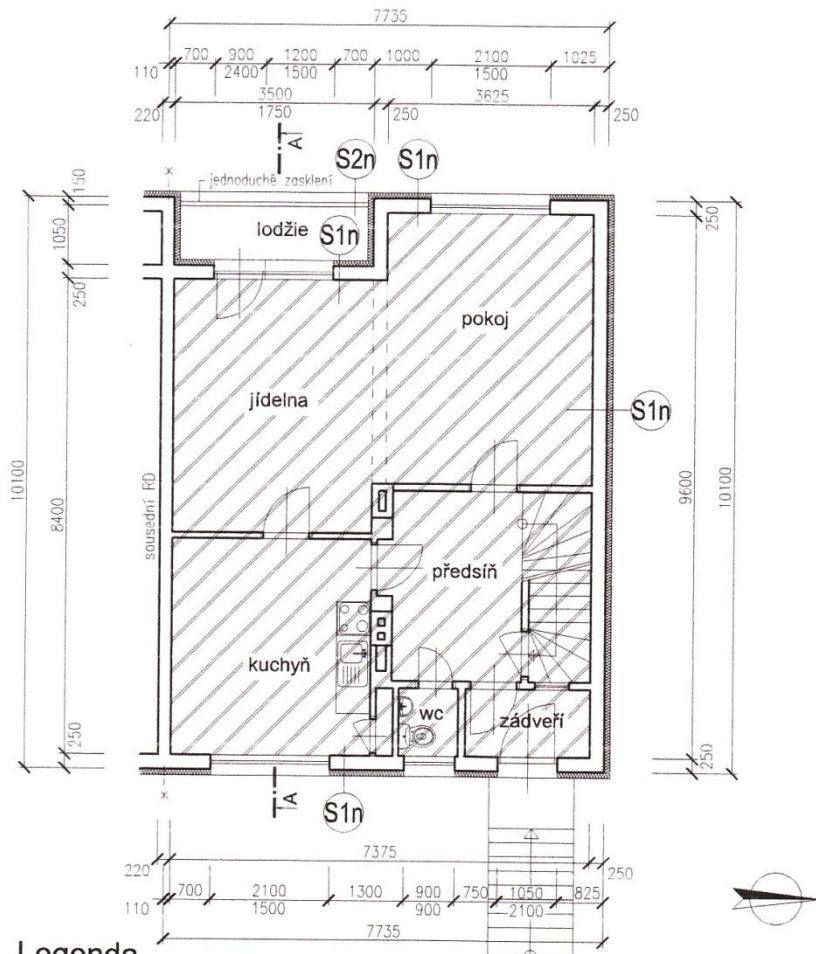
a je oprávněn užívat autorizační razítko, jehož kontrolní otisk
je uveden zde:



Autorizace je udělena ke dni 25.6.96




Ing. Václav Mach
předseda ČKAIT

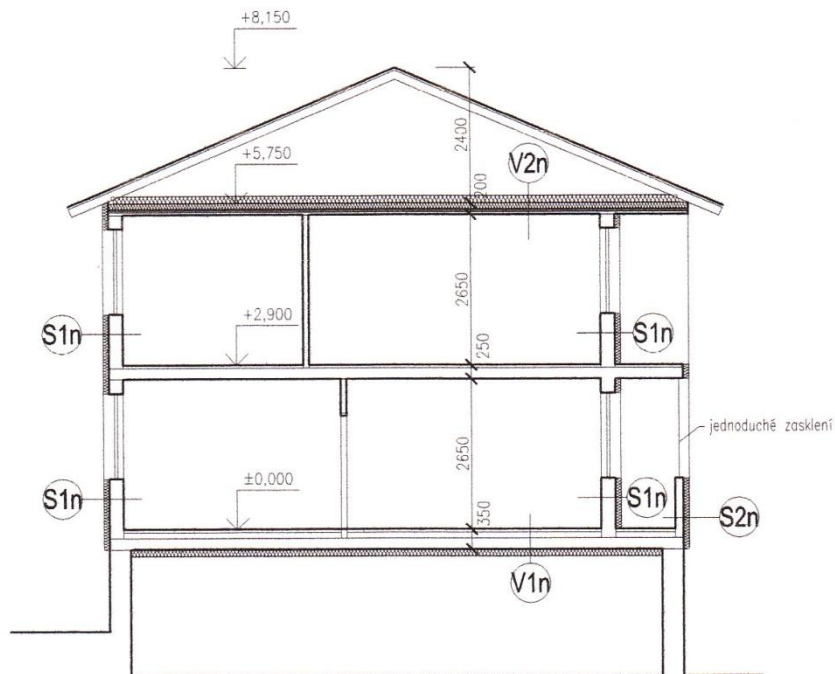


Legenda

- | | |
|---|---|
| <p>S1n – omítka tl. 15mm
 – zdivo z tvárnice CALOFRIG 250mm
 – omítka tl. 20mm
 – penetrace podkladu
 – lepicí hmota
 – EPS tl. 100mm
 – stěrka hmota s výzt. sítí tl. 5mm
 – penetrační mezivrstva
 – silikonová omítka tl. 2mm</p> | <p>S2n – omítka tl. 15mm
 – zdivo z párobet, tvárnice tl. 150mm
 – omítka tl. 20mm
 – penetrace podkladu
 – lepicí hmota
 – EPS tl. 100mm
 – stěrka hmota s výzt. sítí tl. 5mm
 – penetrační mezivrstva
 – silikonová omítka tl. 2mm</p> |
|---|---|

- vyúčpěná plocha pro dotaci


Vypracoval Ing. Říhová	HIP	Datum 3/2010	projekční kancelář Ing. Jana Říhová Jánská 13 České Budějovice IČO 18277365 tel.: +420 389607013 mob.: +420 777936204
Investor Petr Tomášek Vodářská 423, Borovany			
Rodinný dům Vodářská 423, Borovany			Měřítko 1:100
Obsah výkresu Půdorys 1.NP - nový stav			Stupeň proj. dok. zjednodušená PD Č. výkresu 1

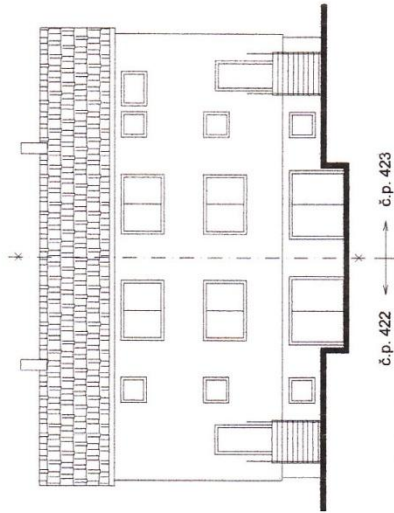


Legenda

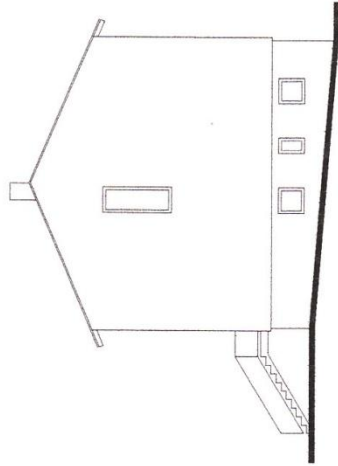
- S1n** - omítka tl. 15mm
 - zdivo z tvárníc CALOFRIG 250mm
 - omítka tl. 20mm
 - penetrace podkladu
 - lepicí hmota
 - EPS tl. 100mm
 - stěrka, hmota s výzt. sítí tl. 5mm
 - penetrační mezivrstva
 - silikonová omítka tl. 2mm
- S2n** - omítka tl. 15mm
 - zdivo z párobetonových tvárníc tl. 150mm
 - omítka tl. 20mm
 - penetrace podkladu
 - lepicí hmota
 - EPS tl. 100mm
 - stěrka, hmota s výzt. sítí tl. 5mm
 - penetrační mezivrstva
 - silikonová omítka tl. 2mm
- V1n** - bet. mazanina tl. 50mm
 - izol. cihly Termalit tl. 100mm
 - trámečkový strop Miaka tl. 190mm
 - omítka tl. 15mm
 - lepicí hmota tl. 5mm
 - EPS tl. 120mm
- V2n** - min. vata tl. 140mm
 - CLIMATIZER+ tl. 100mm
 - čedičová vata tl. 50mm
 - podbití z prken tl. 25mm
 - rákosová omítka tl. 25mm



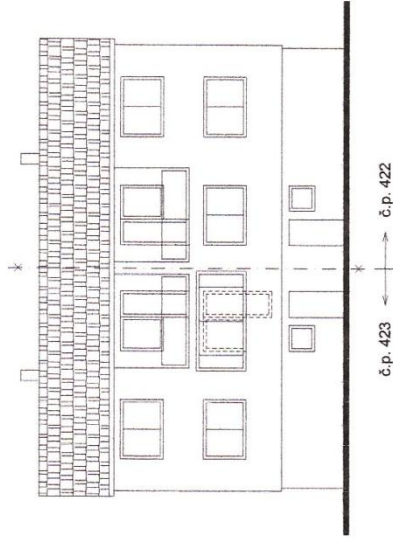
Vypracoval Ing. Říhová	HIP	Datum 3/2010	 projekční kancelář Ing. Jana Říhová Jánská 13 České Budějovice IČO 18277365 tel.: +420 389607013 mob.: +420 777936204
Investor Petr Tomášek Vodářská 423, Borovany			
Rodinný dům Vodářská 423, Borovany			Měřítko 1:100
Obsah výkresu Řez A-A - nový stav			Stupeň proj. dok. zjednodušená PD Č. výkresu 3



východ




sever



západ



Vypracoval Ing. Říhová	HIP	Datum 3/2010	 <p>projektční kancelář Ing. Jana Říhová Jánská 13 České Budějovice IČO 18277365 tel. +420 389607013 mob. +420 777936204</p>
Investor Petr Tomášek Vodárenská 423, Borovany			
Rodinný dům Vodárenská 423, Borovany			Měřítko 1:200 Stupeň proj. dok. zjednodušená PD Č. výkresu 4
Obsah výkresu			

RGY
TING

Odborný posudek k programu "Zelená úsporám"

Předmět posudku:

Rodinný dům
Vodárenská 423
Borovany 373 12

Vlastník:

Petr Tomášek
Vodárenská 423
Borovany 373 12
tel:

Zpracovatel auditu:

Energy Consulting Service, s.r.o.
Alešova 21
370 01 České Budějovice
IČ, DIČ: 280 62 868 , CZ 280 62 868

Energetický auditor:

Ing. Roman Šubrt
Osvědčení č. 0267, vydané MPO 13. 6. 2008

V Českých Budějovicích 29.3.2010



MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU

Na Františku 32, 110 15 Praha 1

Ing. Roman Šubrt

r. č. 610504/1602

je oprávněn

provádět energetický audit

s platností od 4.6.2007

vypracovávat průkazy energetické náročnosti budovy

s platností od 13.6.2008

~~~~~

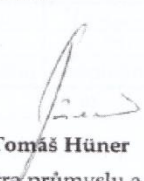
~~~~~

podle zákona č. 406/2006 Sb., o hospodaření energií

Číslo oprávnění: 0267



V Praze dne 13. června 2008


Ing. Tomáš Hüner

náměstek ministra průmyslu a obchodu

Základní popis zóny

Název zóny: Vodárenská 423
Geometrie (objem/podlah.pl.): 420,6 m³ / 130,8 m²
Účinná vnitřní tepelná kapacita: 165,0 kJ/(K.m²)
Vnitřní teplota (zima/léto): 20,0 C / 20,0 C
Zóna je vytápěna/chlazená: ano / ne
Regulace otopné soustavy: ano
Průměrné vnitřní zisky: 380 W
..... odvozeny pro : počet osob: 4 a počet bytů: 1
Teplota na přípravu TV: 7920,0 MJ/rok
Celk. pomocná energie: 360,0 MJ/rok
Celk. elektřina na osvětlení: 11520,0 MJ/rok
Zpětně získané teplo mimo VZT: 0,0 MJ/rok

Zdroje tepla na vytápění v zóně

Vytápění je zajištěno VZT: ne
Účinnost sdílení/distribuce: 100,0 % / 100,0 %
Název zdroje tepla: (podíl 100,0 %)
Typ zdroje tepla: obecný zdroj tepla (např. kotel)
Účinnost výroby/regulace: 100,0 % / 100,0 %

Měrný tepelný tok větráním zóny č. 1 :

Objem vzduchu v zóně: 315,45 m³
Podíl vzduchu z objemu zóny: 75,0 %
Typ větrání zóny: přirozené nebo nucené
Objem toku přiváděného vzduchu: 70,0 m³/h
Objem toku odváděného vzduchu: 70,0 m³/h
Násobnost výměny při dP=50Pa: 2,0 1/h
Souč. větrné expozice e: 0,01
Souč. větrné expozice f: 20,0
Účinnost zpětného získávání tepla: 0,0 %
Měrný tepelný tok větráním Hv: 25,945 W/K

Měrný tepelný tok prostupem mezi zónou č. 1 a exteriérem :

Název konstrukce	Plocha [m ²]	U [W/m ² K]	b [-]	U,N [W/m ² K]
zdívo 250mm+100mm EPS	139,48	0,267	1,00	0,380
zdívo sousední	46,6	0,725	0,29	1,050
strop 2.NP+140mm min.vata	65,38	0,140	1,00	0,240
S okno 900/2400	2,16	1,300	1,00	1,200
V okno 900/900	1,62	1,300	1,00	1,200
V okno 2100/1500	6,3	1,300	1,00	1,200
V okno 1200/900	1,08	1,300	1,00	1,200
Z okno 2100/1500	6,3	1,300	1,00	1,200
Z okno 1200/1500	6,3	1,300	1,00	1,200
Z okno 900/2000	3,6	1,300	1,00	1,200
V dveře 1050/2100	2,21	1,800	1,00	1,200

Vliv tepelných vazeb bude ve výpočtu zahrnut přibližně součinem (A * DeltaU,tbm).
Průměrný vliv tepelných vazeb DeltaU,tbm: 0,05 W/m²K

Měrný tok prostupem do exteriéru Hd: 95,729 W/K

Měrný tok zeminou u zóny č. 1 :

1. konstrukce ve styku se zeminou

Název konstrukce: podlaha nad suterénem+120mm EPS
 Tepelná vodivost zeminy: 2,0 W/mK
 Plocha podlahy: 73,79 m²
 Exponovaný obvod podlahy: 35,67 m
 Součinitel vlivu spodní vody Gw: 1,0
 Typ podlahové konstrukce: nevytápěný nebo částečně vytápěný suterén
 Tloušťka suterénní stěny: 0,45 m
 Tepelný odpor podlahy nad suterénem: 4,325 m²K/W
 Tepelný odpor podlahy suterénu: 1,395 m²K/W
 Tepelný odpor suterénních stěn: 1,645 m²K/W
 Hloubka podlahy suterénu pod terénem: 1,65 m
 Výška horní hrany podlahy nad terénem: 0,9 m
 Násobnost výměny vzduchu v suterénu: 0,3 1/h
 Objem vzduchu v suterénu: 162,34 m³
 Plocha vytápěné části suterénu: 0,0 m²
 Souč.prostupu mezi interiérem a exteriérem U: 0,179 W/m²K
 Ustálený měrný tok zeminou Hg: 13,2 W/K
 Kolísání ekv. měsíčních měrných toků Hg,m: od 10,433 do 60,424 W/K
 stanoveno pro periodické toky Hpi / Hpe: 13,808 / 7,403 W/K
Celkový ustálený měrný tok zeminou Hg: 13,200 W/K
 Kolísání celk. ekv. měsíčních měrných toků Hg,m: od 10,433 do 60,424 W/K

Solární zisky průsvitnými konstrukcemi zóny č. 1 :

Název konstrukce	Plocha [m ²]	g [-]	Ff [-]	Fc [-]	Fs [-]	Orientace
S okno 900/2400	2,16	0,67	0,7	1,0	0,648	Sever
V okno 900/900	1,62	0,67	0,7	1,0	0,648	Východ
V okno 2100/1500	6,3	0,67	0,7	1,0	0,648	Východ
V okno 1200/900	1,08	0,67	0,7	1,0	0,648	Východ
Z okno 2100/1500	6,3	0,67	0,7	1,0	0,576	Západ
Z okno 1200/1500	6,3	0,67	0,7	1,0	0,648	Západ
Z okno 900/2000	3,6	0,67	0,7	1,0	0,648	Západ
V dveře 1050/2100	2,21	0,7	0,3	1,0	0,576	Východ

Celkový solární zisk okny Qs (MJ):

Měsíc:	1	2	3	4	5	6
Zisk (vytápění):	466,0	707,9	1353,9	1886,7	2530,9	2572,2
Měsíc:	7	8	9	10	11	12
Zisk (vytápění):	2492,0	2279,8	1611,4	1099,4	430,0	302,9

PŘEHLEDNÉ VÝSLEDKY VÝPOČTU PRO JEDNOTLIVÉ ZÓNY :

VÝSLEDKY VÝPOČTU PRO ZÓNU Č. 1 :

Název zóny: Vodárenská 423
 Vnitřní teplota (zima/léto): 20,0 C / 20,0 C
 Zóna je vytápěna/chlazená: ano / ne
 Regulace otopné soustavy: ano
 Měrný tepelný tok větráním Hv: 25,945 W/K
 Měrný tok prostupem do exteriéru Hd: 113,470 W/K
 Ustálený měrný tok zeminou Hg: 13,200 W/K
 Měrný tok prostupem nevytáp. prostory Hu: ---
 Měrný tok Trombeho stěnami H,tw: ---
 Měrný tok větráními stěnami H,vw: ---
 Měrný tok prvky s transparentní izolací H,ti: ---

Přídavný měrný tok podlahovým vytápěním dHt: ---
Výsledný měrný tok H: 152,615 W/K

Potřeba tepla na vytápění po měsících:

Měsíc	Q,H,ht[GJ]	Q,int[GJ]	Q,so[GJ]	Q,gn [GJ]	Eta,H [-]	fH [%]	Q,H,nd[GJ]
1	8,428	1,018	0,466	1,484	0,999	100,0	6,947
2	6,902	0,919	0,708	1,627	0,996	100,0	5,281
3	6,462	1,018	1,354	2,372	0,984	100,0	4,130
4	4,351	0,985	1,887	2,872	0,911	100,0	1,734
5	2,294	1,018	2,531	3,549	0,589	19,1	0,203
6	1,307	0,985	2,572	3,557	0,367	0,0	---
7	0,878	1,018	2,492	3,510	0,250	0,0	---
8	0,642	1,018	2,280	3,298	0,195	0,0	---
9	2,524	0,985	1,611	2,596	0,769	55,9	0,528
10	4,339	1,018	1,099	2,117	0,960	100,0	2,306
11	6,254	0,985	0,430	1,415	0,997	100,0	4,844
12	8,232	1,018	0,303	1,321	0,999	100,0	6,912

Vysvětlivky: Q,H,ht je potřeba tepla na pokrytí tepelné ztráty, Q,int jsou vnitřní tepelné zisky, Q,so jsou solární tepelné zisky, Q,gn jsou celkové tepelné zisky, Eta,H je stupeň využitelnosti tepelných zisků, fH je část měsíce, v níž musí být zóna s regulovaným vytápěním vytápěna, a Q,H,nd je potřeba tepla na vytápění.

Potřeba tepla na vytápění za rok Q,H,nd: 32,884 GJ

Energie dodaná do zóny po měsících:

Měsíc	Q,f,H[GJ]	Q,f,C[GJ]	Q,f,RH[GJ]	Q,f,W[GJ]	Q,f,L[GJ]	Q,f,A[GJ]	Q,fuel[GJ]
1	6,947	---	---	0,695	1,459	0,030	9,131
2	5,281	---	---	0,695	1,200	0,030	7,206
3	4,130	---	---	0,695	0,998	0,030	5,853
4	1,734	---	---	0,695	0,816	0,030	3,274
5	0,203	---	---	0,695	0,672	0,030	1,600
6	---	---	---	0,695	0,624	0,030	1,349
7	---	---	---	0,695	0,624	0,030	1,349
8	---	---	---	0,695	0,672	0,030	1,397
9	0,528	---	---	0,695	0,835	0,030	2,088
10	2,306	---	---	0,695	0,989	0,030	4,019
11	4,844	---	---	0,695	1,190	0,030	6,759
12	6,912	---	---	0,695	1,440	0,030	9,077

Vysvětlivky: Q,f,H je spotřeba energie na vytápění, Q,f,C je spotřeba energie na chlazení, Q,f,RH je spotřeba energie na úpravu vlhkosti vzduchu, Q,f,W je spotřeba energie na přípravu teplé vody, Q,f,L je spotřeba energie na osvětlení (a případně i na spotřebiče), Q,f,A je spotřeba pomocné energie (čerpadla, ventilátory atd.) a Q,fuel je celková dodaná energie. Všechny hodnoty zohledňují vlivy účinnosti technických systémů.

Celková roční dodaná energie Q,fuel: 53,101 GJ

PŘEHLEDNÉ VÝSLEDKY VÝPOČTU PRO CELÝ OBJEKT :

Faktor tvaru budovy A/V: 0,84 m2/m3

Rozložení měrných tepelných toků

Zóna	Položka	Měrný tok [W/K]	Procento [%]
1	Celkový měrný tok H:	152,615	100,0 %
z toho:	Měrný tok výměnou vzduchu Hv:	25,945	17,0 %
	Měrný (ustálený) tok zeminou Hg:	13,200	8,6 %
	Měrný tok přes nevytápěné prostory Hu:	---	0,0 %
	Měrný tok tepelnými mosty Hd,tb:	17,741	11,6 %
	Měrný tok plošnými kcemí Hd,c:	95,729	62,7 %
rozložení měrných toků po konstrukcích:			
	Obvodová stěna:	47,039	30,8 %
	Střecha:	9,153	6,0 %
	Podlaha:	13,200	8,6 %
	Otvorová výplň:	39,537	25,9 %

Zbylé méně významné konstrukce:	---	0,0 %
Měrný tok speciálními konstrukcemi dH:	---	0,0 %

Měrný tok budovou a parametry podle starších předpisů

Součet celkových měrných tepelných toků jednotlivými zónami Hc:	152,615 W/K
Objem budovy stanovený z vnějších rozměrů:	420,6 m ³
Tepelná charakteristika budovy podle ČSN 730540 (1994):	0,36 W/m ³ K
Spotřeba tepla na vytápění podle STN 730540, Zmena 5 (1997):	26,7 kWh/m ³ .a

Poznámka: Orientační tepelnou ztrátu objektu lze získat vynásobením součtu měrných toků jednotlivých zón Hc působícím teplotním rozdílem mezi interiérem a exteriérem.

Průměrný součinitel prostupu tepla budovy

Součet měrných tepelných toků prostupem jednotlivými zónami Ht:	126,7 W/K
... dtto pro činitel teplotní redukce výpini otvorů b=1,15 (dle ČSN 730540):	132,6 W/K
Plocha obalových konstrukcí budovy:	354,8 m ²
Limit odvozený z U _{req} dílčích konstrukcí... U _{em,lim} :	0,49 W/m ² K

Prům. souč. prostupu tepla obálky budovy U_{em} dle TNI 730329 a 30:	0,36 W/m²K
Prům. souč. prostupu tepla obálky budovy U_{em} dle ČSN 730540:	0,37 W/m²K

Celková a měrná potřeba tepla na vytápění

Celková roční potřeba tepla na vytápění budovy:	32,884 GJ	9,134 MWh
Objem budovy stanovený z vnějších rozměrů:	420,6 m ³	
Celková podlahová plocha budovy:	130,8 m ²	
Měrná potřeba tepla na vytápění budovy (na 1 m ³):	21,7 kWh/(m ³ .a)	

Měrná potřeba tepla na vytápění budovy: 70 kWh/(m².a)

Poznámka: Měrná potřeba tepla je stanovena bez vlivu účinnosti systémů výroby, distribuce a emise tepla.

Celková energie dodaná do budovy

Měsíc	Q _{f,H} [GJ]	Q _{f,C} [GJ]	Q _{f,RH} [GJ]	Q _{f,W} [GJ]	Q _{f,L} [GJ]	Q _{f,A} [GJ]	Q _{fuel} [GJ]
1	6,947	---	---	0,695	1,459	0,030	9,131
2	5,281	---	---	0,695	1,200	0,030	7,206
3	4,130	---	---	0,695	0,998	0,030	5,853
4	1,734	---	---	0,695	0,816	0,030	3,274
5	0,203	---	---	0,695	0,672	0,030	1,600
6	---	---	---	0,695	0,624	0,030	1,349
7	---	---	---	0,695	0,624	0,030	1,349
8	---	---	---	0,695	0,672	0,030	1,397
9	0,528	---	---	0,695	0,835	0,030	2,088
10	2,306	---	---	0,695	0,989	0,030	4,019
11	4,844	---	---	0,695	1,190	0,030	6,759
12	6,912	---	---	0,695	1,440	0,030	9,077

Vysvětlivky: Q_{f,H} je spotřeba energie na vytápění, Q_{f,C} je spotřeba energie na chlazení, Q_{f,RH} je spotřeba energie na úpravu vlhkosti vzduchu, Q_{f,W} je spotřeba energie na přípravu teplé vody, Q_{f,L} je spotřeba energie na osvětlení (a případně i na spotřebiče), Q_{f,A} je spotřeba pomocné energie (čerpadla, ventilátory atd.) a Q_{fuel} je celková dodaná energie. Všechny hodnoty zohledňují vlivy účinnosti technických systémů.

Spotřeba energie na vytápění za rok Q _{fuel,H} :	32,884 GJ	9,134 MWh	70 kWh/m ²
Spotřeba pom. energie na vytápění Q _{aux,H} :	0,216 GJ	0,060 MWh	0 kWh/m ²
Energetická náročnost vytápění za rok EP,H:	33,100 GJ	9,194 MWh	70 kWh/m²
Spotřeba energie na chlazení za rok Q _{fuel,C} :	---	---	---
Spotřeba pom. energie na chlazení Q _{aux,C} :	---	---	---
Energetická náročnost chlazení za rok EP,C:	---	---	---
Spotřeba energie na úpravu vlhkosti Q _{fuel,RH} :	---	---	---
Spotřeba energie na ventilátory Q _{aux,F} :	---	---	---
Energ. náročnost mech. větrání za rok EP,F:	---	---	---
Spotřeba energie na přípravu TV Q _{fuel,W} :	8,337 GJ	2,316 MWh	18 kWh/m ²

Příloha 5 Tabulka se záznamy o doplňování pelet v sezoně 2011/2012

Spotřeba pelet rok: 2011/2012

měsíc:		říjen		listopad		prosinec		leden			
den v měsíci	stav násypky [kg]	doplněno [kg]	den v měsíci	stav násypky [kg]	doplněno [kg]	den v měsíci	stav násypky [kg]	doplněno [kg]	den v měsíci	stav násypky [kg]	doplněno [kg]
1			1	60	45	1			1		
2			2			2	75	15	2	35	60
3			3	75		3			3		
4			4			4			4	40	
5			5			5	45		5	10	90
6			6			6	15	90	6		
7			7	30		7			7	60	
8			8			8	70		8		
9			9			9			9		
10			10	15	90	10	30		10	30	
11			11			11			11	10	90
12			12			12	10	90	12		
13			13			13			13	60	
14			14			14			14	45	
15	0	105	15	75	30	15	45		15		
16			16			16			16		
17			17			17			17	15	90
18			18			18	5	90	18		
19			19	30		19			19	75	
20	15	75	20			20	60		20	60	
21			21			21			21		
22			22			22			22	45	
23			23	15	90	23	10	90	23		
24	60	30	24			24			24		
25			25			25			25	10	90
26			26	60		26	60		26	70	
27			27			27			27		
28	30	60	28			28	15	75	28		
29			29			29			29	15	90
30			30	15	75	30			30		
31			31			31			31	70	

