

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

KATEDRA ELEKTROENERGETIKY A EKOLOGIE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Energetické využívání biomasy pro rodinný dům

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická

Akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Gabriela TŘÍSKOVÁ**
Osobní číslo: **E11B0316P**
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Technická ekologie**
Název tématu: **Energetické využívání biomasy pro rodinný dům**
Zadávací katedra: **Katedra elektroenergetiky a ekologie**

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

1. Popište současný stav a perspektivy energetického využívání biomasy.
2. Analyzujte zdroje biomasy a způsoby její přeměny z hlediska energetické účinnosti a environmentální a ekonomické přijatelnosti.
3. Uveďte příklady vhodné techniky a zařízení pro energetické využívání biomasy.
4. Navrhněte optimální způsob energetického využívání biomasy pro rodinný dům.

Rozsah grafických prací: podle doporučení vedoucího

Rozsah pracovní zprávy: 20 - 30 stran

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

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

Vedoucí bakalářské práce:

Mgr. Eduard Ščerba, Ph.D.


Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání bakalářské práce: 14. října 2013

Termín odevzdání bakalářské práce: 9. června 2014


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




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

V Plzni dne 14. října 2013

Abstrakt

Bakalářská práce předkládá souhrn informací o biomase a jejím technologickém využití. Popisuje rozdělení, vznik biomasy a perspektivy do budoucna. Zabývá se jejím technologickým a tepelným zpracováním. Uvádí přehled zařízení na výrobu energií z biomasy. Závěrečná část porovnává náklady na vytápění fosilními palivy a biomasou a uvádí návrh vhodného zařízení pro vytápění rodinného domu.

Klíčová slova

Biomasa, obnovitelné zdroje energie, pyrolýza, zplyňování, kompostování, spalování, kotel.

Abstract

The thesis presents the summary of information on biomass and its technological use. It describes division, production and perspectives for the future. It deals with its technological and thermal processing. It brings a list of facilities for the production of energies from biomass. The closing part of the thesis compares costs of heating by fossil fuel and biomass and presents a project of a suitable facility for heating of a family home.

Key words

Biomass, renewable energy sources, pyrolysis, gasification, composting, combustion, boiler.

Prohlášení

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

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

.....
podpis

V Plzni dne 18.5.2014

Gabriela Třísková

Poděkování

Ráda bych poděkovala Mgr. Eduardovi Ščerbovi, Ph.D. vedoucímu své bakalářské práce za cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení.

Obsah

OBSAH	7
SEZNAM ZKRATEK	8
ÚVOD	9
1 BIOMASA	10
1.1 DEFINICE BIOMASY	10
1.2 ROZDĚLENÍ BIOMASY.....	10
1.3 VZNIK BIOMASY	11
1.4 VÝHŘEVNOST BIOMASY	12
1.5 SOUČASNÝ STAV A PERSPEKTIVY DO BUDOUCNA	13
2 ENERGETICKÉ PŘEMĚNY BIOMASY	14
2.1 SPALOVÁNÍ.....	15
2.2 ZPLYŇOVÁNÍ	16
2.3 RYCHLÁ PYROLÝZA	16
2.4 ZKAPALŇOVÁNÍ.....	17
2.5 ESTERIFIKACE.....	17
2.6 ANAEROBNÍ FERMENTACE (DIGESCE)	17
2.7 ALKOHOLOVÉ KVAŠENÍ	18
2.8 KOMPOSTOVÁNÍ	18
2.9 ŠTÍPÁNÍ, DRCENÍ, LISOVÁNÍ (PELETACE).....	18
3 ZAŘÍZENÍ PRO VÝROBU ENERGIÍ Z BIOMASY	19
3.1 LOKÁLNÍ TOPENIŠTĚ	20
3.1.1 Kamna.....	20
3.1.2 Krbová kamna.....	20
3.1.3 Kachlová kamna	21
3.1.4 Krby	22
3.1.5 Cihlové pece.....	22
3.2 MALÉ KOTLE	23
3.3 STŘEDNÍ KOTLE	24
3.4 VELKÉ KOTLE	24
3.5 VÝBĚR VHODNÉHO VYTÁPĚČÍHO ZAŘÍZENÍ.....	25
3.6 VÝVOJ VÝROBY TEPLA V DOMÁCNOSTECH	27
4 NÁVRH SPALOVACÍHO ZAŘÍZENÍ PRO RODINNÝ DŮM	28
4.1 CHARAKTERISTIKA RODINNÉHO DOMU.....	29
4.2 NÁKLADY NA ZMĚNU VYTÁPĚNÍ	30
4.3 VÝBĚR SPALOVACÍHO ZAŘÍZENÍ	31
ZÁVĚR	33
SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ	35
PŘÍLOHY	37
SEZNAM OBRÁZKŮ	40
SEZNAM TABULEK	41

Seznam zkratek

EKIS..... Energetické konzultační a informační středisko

TESES..... Hlediska pro výběr vhodného vytápění

TZB-info Technická zařízení budov

Úvod

Vývoj lidstva se nedá zastavit a moderně žijící člověk, aby mohl cokoliv vyrobit či vyvinout, potřebuje mnoho energie v různých formách. Termín energie nás provází na každém kroku nejen v současnosti, ale především je termínem budoucnosti. Zdroje fosilních paliv nejsou nevyčerpatelné a při jejich těžbě a zpracování vznikají nezvratné zásahy do krajiny a ekosystému. Také produkce oxidu uhličitého a dalších nebezpečných látek má vliv na životní prostředí. Stále větší pozornost si získává nahrazování fosilních paliv alternativními zdroji. Jednou z možností, která méně zatěžuje životní prostředí je využití biomasy. Zaujímá až 75 % v rámci všech obnovitelných zdrojů. Biomasa není nic nového, již lidé v pravěku používali dřevo jako palivo. S postupným vývojem lidstva se rozvíjel i průmysl a zvyšování životní úrovně společnosti vede k nárůstu spotřeby energie. Dnes se lidé pěstováním rostlinné hmoty (biomasy) pro výrobu energie zabývají stále častěji. Zkoumají ji z hlediska jejího využívání, sleduje se výhřevnost, efektivita spalování a také následně vzniklé zplodiny. Základní výhodou biomasy je její obnovitelnost. Její význam tedy spočívá v získání nového zdroje energie. Pěstování biomasy přispívá k omezení skleníkového efektu, umožňuje účinnější využití půdy a zlepšení ekologie krajiny a v poslední řadě napomáhá k vytvoření nových pracovních příležitostí. U využití biomasy v podobě energetického zdroje pak převažuje její použití domácnostmi či podniky. Podniky tak mohou využíváním biomasy řešit energetické a ekologické požadavky, některé i likvidaci vlastních odpadních surovin.

Problematice domácností je věnována stále malá pozornost. Vztahuje se pouze na omezování topení uhlím bez možného alternativního řešení. Možnost využití biomasy se nabízí jako jediná, vzhledem k tomu, že výroba tepelné energie v solárních systémech a tepelných čerpadlech nedokáže plně pokrýt potřebu v domácnostech.

Biomasa se tedy jeví jako nejperspektivnější zdroj obnovitelné energie v našich podmínkách. Jak si lidstvo bude umět poradit se vzrůstající energetickou spotřebou, nám ukáže budoucnost.

1 Biomasa

1.1 Definice biomasy

Pod pojmem biomasa rozumíme veškerou organickou hmotu, která vznikla prostřednictvím fotosyntézy a také hmotu živočišného původu. *Ottův naučný slovník doslova říká: „Biomasa je hmotnost organismů, jejich populací či částí společenstev na plošnou nebo objemovou jednotku.”*[9] Biomasa se rozumí všechny produkty živé hmoty biologicky rozložitelné. Získáváme ji jako výsledek cíleně pěstovaných rostlin. Využívá se též odpadů ze zemědělské, potravinářské a lesní výroby, z údržby krajiny a z komunálního hospodaření. [1,12]

1.2 Rozdělení biomasy

Biomasa lze dělit podle mnoha kritérií. Podle vzniku a původu rozlišujeme biomasa na tři hlavní druhy:

- **zemědělská** (fytomasa – zemědělské plodiny pro energetické účely),
- **lesní** (dendromasa – dřevní biomasa),
- **zbytková** (odpady ze zemědělství, lesnictví, potravinářství a z výroby živočišné a průmyslové).

Podle obsahu vody je biomasa:

- **suchá biomasa** – spalujeme ji přímo, eventuálně po mírném vysušení. Patří sem např. sláma, dřevo, dřevní odpady,
- **mokrý biomasa** – nelze spalovat přímo, využití nachází v bioplynových technologiích. Patří sem tekuté odpady, např. kejda a hnůj,
- **speciální** – pomocí speciálních technologií z nich získáváme energetické látky jako bionafta či líh. Patří sem např. cukernaté a škrobové plodiny, olejiny.

[8]

Energii získáváme z:

- **biomasy záměrně pěstované** – energetické plodiny
 - lignocelulóznové – topoly, olše, akáty, vrby, obiloviny, sloní tráva, chrastice, konopí seté, šťovík krmný, křídlatka, sléz topolovka,
 - olejnaté – slunečnice, len, řepka olejná, dýně na semeno,
 - škrobno-cukernaté – cukrová řepa, cukrová třtina, brambory, kukuřice, topinambur, obilí (zrno).

- **biomasy odpadní**
 - rostlinné odpady ze zemědělství – seno, sláma (obilná, kukuřičná, řepková), odpady ze sadů a vinic, z údržby zeleně, z likvidace náletů a dřevin,
 - lesní odpady – dendromasa z probírek a prořezávek, zbytky po těžbě dřeva (kořeny, pařezy, kůra, větve, špičky stromů, šišky),
 - organické odpady z průmyslové výroby – odpady z mlékáren, lihovarů, cukrovarů, konzerváren a jatek, odpady z dřevo-zpracujících provozoven (jako piliny, hobliny, kůra),
 - odpady ze živočišné výroby – zbytky krmiv, kejda, hnůj,
 - komunální organické odpady – tuhý organický komunální odpad, kaly.

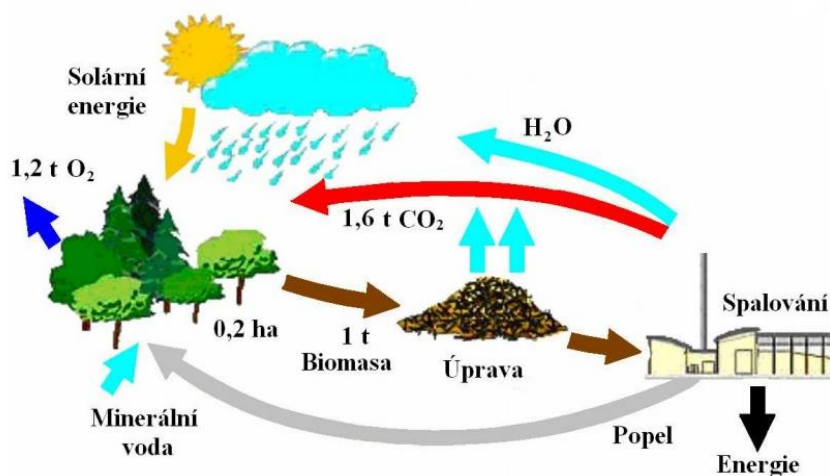
U biomasy záměrně pěstované je třeba zvážit energetickou bilanci, zda-li náklady vložené do setí, žní, transportu a zpracování zajistí energetický zisk. Oproti tomu zpracování biomasy odpadní se jeví z ekonomického hlediska jako výhodnější, neboť při výrobě elektrické a tepelné energie se tímto levným palivem ušetří za klasická paliva, a zároveň se ušetří náklady související s likvidací tohoto odpadu.

1.3 Vznik biomasy

Pojmem biomasa rozumíme materiál vzniklý činností rostlin v geologicky současné době. Rostliny na svůj růst využívají z atmosféry oxid uhličitý a vodu a za pomoci barviva chlorofylu a sluneční energie vytvářejí glukózu. Tento proces nazýváme fotosyntézou a dochází při něm k přeměně světelné (sluneční) energie na energii chemických vazeb uskladněnou v rostlinách. Rovnice fotosyntézy:



Při spalování biomasy tak zpět získáme energii uskladněnou v chemických vazbách, kterou můžeme považovat za uchovanou energii Slunce. Při hoření se rozpadají molekuly glukózy a uvolňuje se energie, kterou nazýváme spalné teplo či výhřevnost. [12]

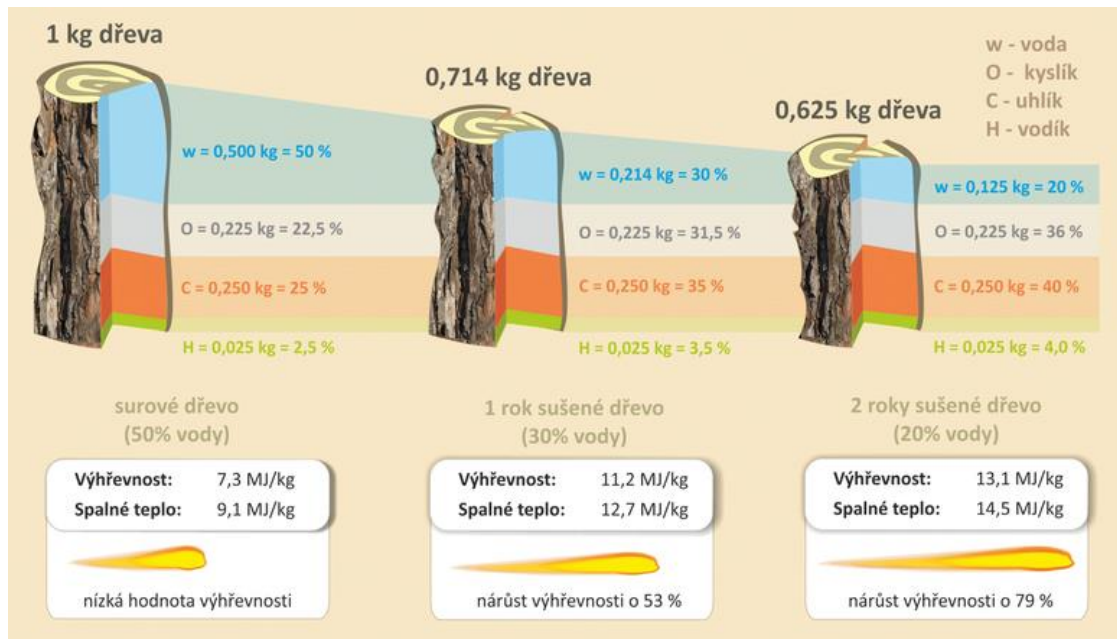


Obr. 1: Koloběh uhlíku v přírodě [12]

1.4 Výhřevnost biomasy

Spalné teplo a výhřevnost jsou jedním ze základních parametrů paliva. Spalné teplo Q_s je množství tepla získaného dokonalým spálením jednotkového množství (1 kg) paliva, za vzniku vody v kapalném skupenství. Výhřevnost Q_{ir} je teplo uvolněné za stejných podmínek jako spalné teplo, ale vzniklá voda je ve formě páry. Výhřevnost je nižší o výparné teplo vody.

Výhřevnost je jedna z důležitých vlastností, které jsou u biomasy sledovány. Je závislá nejen na druhu dřeva či rostliny, ale i na vlhkosti. V přírodě se biomasa bez obsahu vody prakticky nevyskytuje. Můžeme říci, že čím vyšší výhřevnost biomasy žádáme, tím nižší musí být jeho vlhkost. Při vyšší vlhkosti se na vypaření vody při spalovacím procesu musí vynaložit mnoho energie a spalování je méně efektivní. Dřevo prosychající v přirozeném provětrávaném prostředí snižuje za ideálních podmínek relativní vlhkost z 60 % až na 20 % během jednoho roku. Pro spalování je optimální relativní vlhkost okolo 30 %. Průměrná výhřevnost biomasy se pohybuje mezi 9-19 MJ/kg a je tedy srovnatelná s výhřevností hnědého uhlí 7-22 MJ/kg. [8,10]



Obr. 2: Průběh snižování vlhkosti při vysušování dřeva [16]

1.5 Současný stav a perspektivy do budoucna

K efektivnímu a účelnému využití energetického potenciálu biomasy slouží **Akční plán pro biomasu v ČR na období 2012 – 2020**. Byl schválen 12. 9. 2012 a jeho cílem je vymezit opatření a principy pro výrobu energie z obnovitelných zdrojů. V roce 2020 by měl podíl energie z obnovitelných zdrojů v domácí spotřebě dosáhnout 13,5 %. V České republice lze využít pro energetické účely část půdního fondu, protože naše republika disponuje dostatečnou rozlohou půdy k zajištění tohoto cíle. V roce 2010 spotřeba biomasy na výrobu tepla a elektrické energie činila 3,22 mil tun. Předpokládá se, že do roku 2020 se při omezení spotřeby hnědého uhlí spotřeba biomasy mimo domácnosti zvýší o 1 milion tun ročně a v lokálních topeništích (domácnostech) se zvýší dvojnásobně. Je tedy nezbytné, vzhledem k očekávanému zvýšení spotřeby biomasy, zajistit využití energetického potenciálu ze zemědělských odpadů, z rostlinné a živočišné výroby a také využití tříděného komunálního odpadu.

Tab. 1: Vývoj spotřeby biomasy [11]

	2006	2007	2008	2009	2010
	[PJ]				
Biomasa (mimo domácnosti pozn. teplo + elektřina)	25,5	28	29,3	32	34,3
Biomasa (domácnosti)	40,1	46,6	44,2	43,5	48,5

Zdroj: Akční plán pro biomasu v ČR na období 2012-2020

Tab. 2: Odhad energetické spotřeby biomasy [11]

Sektory	2010		2020 - 2030	
	[PJ]	[%]	[PJ]	[%]
Centralizované	34	41,5	49	42,3
Decentralizované	48	58,5	82	57,7
Celkem	82	100	131	100

Zdroj: Akční plán pro biomasu v ČR na období 2012-2020

Tab. 3: Vývoj a struktura OZE na primárních energetických zdrojích [11]

Obnovitelné a druhotné zdroje energie		2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040
Biomasa	[PJ]	82,7	92,7	99,3	116,7	131,7	146,7	161,7

Zdroj: Akční plán pro biomasu v ČR na období 2012-2020

Evropská agentura pro životní prostředí předpokládá, že v roce 2030 bude asi 15 % energetické poptávky v EU pokryto energií získanou z odpadních, zemědělských a lesnických produktů. [7,11]

2 Energetické přeměny biomasy

Prakticky každou rostlinu můžeme využít nejenom v potravinářství a pro technické účely, ale též v energetice. Jedná se o tzv. energetické plodiny, které se pěstují za účelem získání energie, a proto u nich sledujeme tyto důležité vlastnosti:

- účinnější proces fotosyntézy
- nízký obsah vody v době sklizně,
- vyšší výhřevnost a nižší obsah popela,
- nenáročnost na vodu a živiny,
- odolnost proti škůdcům a chorobám.

Pro energetické účely se pěstují rostliny obsahující škrob a cukr, rychle rostoucí dřeviny a rostliny olejnaté.

Zpracováním biomasy získáme biopaliva, která rozdělujeme na:

- pevná (palivové dřevo, kůra, piliny, brikety, pelety, dřevní štěpka),
- kapalná (pyrolýzní oleje, metanol, etanol),
- plynná (bioplyn, pyrolýzní plyn, dřevoplyn, syntézní plyn).

Chemické a fyzikální vlastnosti biomasy předurčují, jakým způsobem bude biomasa využita k energetickým účelům. Sledovaným parametrem je obsah sušiny (vlhkost) v biomase. Podle tohoto kritéria pak dělíme procesy na mokré (obsah sušiny je menší než 40-50 %) a suché (obsah sušiny je větší než 40-50 %). [1,4,5]

Tab. 4: Technologie získávání energie z biomasy

Technologie	Výstup
Termochemická přeměna (suché procesy)	
Spalování	Výroba tepla a elektrické energie
Zplyňování (produkce plynu)	Výroba tepla a elektrické energie, pohon dopravních prostředků
Rychlá pyrolýza (produkce plynu, oleje)	
Chemická přeměna (mokré procesy)	
Zkapalňování	Pohon dopravních prostředků
Esterifikace (výroba bionafty a přírodních maziv)	
Biochemická přeměna (mokré procesy)	
Anaerobní fermentace (digesce)	Výroba tepla a elektrické energie, pohon dopravních prostředků
Alkoholové kvašení	Pohon dopravních prostředků
Kompostování	Výroba tepla
Mechanicko-chemická přeměna	
Štípaní, drcení, peletace, mletí (výroba pevných paliv)	Výroba tepla

2.1 Spalování

Spalování je chemický proces rychlé oxidace, kterým se uvolňuje chemická energie vázaná ve spalovaném palivu na energii tepelnou.[13] Je to nejjednodušší metoda pro přeměnu paliv za dostatečného množství kyslíku na energii tepelnou. Takto získaná energie se využívá pro vytápění, výrobu elektrické energie, ohřev vody či jiné technologické procesy. Speciální úprava paliva během spalování biomasy není nutná a je možné spalovat i suroviny s vyšší vlhkostí. Během spalování je důležité sledovat množství emisí oxidu uhelnatého a tuhých látek.

Pro spalování biomasy se používají dva způsoby:

- spalování na roštu (nejrozšířenější),
- spalování na fluidní vrstvě (technologicky pokročilejší).

Složitější metodou je působení vysokých teplot s omezeným přístupem kyslíku, kdy se z biomasy uvolňují hořlavé plynné složky tzn. dřevoplyn a proces je chápán jako zplyňování. [13]

2.2 Zplyňování

Zplyňování je termochemická přeměna biomasy na hořlavé plyny. Tato energetická transformace probíhá při vyšších teplotách a za omezeného množství kyslíku. Pro zplyňování biomasy se používají dva způsoby:

- zplyňování v generátorech s pevným ložem,
- zplyňování ve fluidních generátorech.

Metoda **zplyňování v generátorech s pevným ložem** je jednodušší, finančně méně náročná. Používá se pro malé tepelné výkony. Zplyňovací proces probíhá při teplotách okolo 500 °C a za atmosférického tlaku. Vzhledem k pohybu zplyňovaného paliva proudí vzduch směrem dolů (v souproudu) či nahoru (protiproudu). Nevýhodou systému je vznik škodlivých látek (fenoly, dehet, apod.) a jejich následné odstranění.

Metoda **zplyňování ve fluidních generátorech** probíhá za teplot kolem 900 °C. Zplyňování probíhá při atmosférickém tlaku nebo v tlakových generátorech při tlaku 1,5–2,5 MPa. Výhodou je rychlé promíchávání fluidní vrstvy, a tudíž je zajištěn lepší přestup tepla z paliva. Tyto generátory umožňují zpracovávat palivo s proměnlivou vlhkostí, větších objemů a různorodého složení, s výhřevností 4-6 MJ/m³. [1,12]

2.3 Rychlá pyrolýza

Pyrolýza je termický rozklad, při kterém se rozkládají organické materiály za nepřístupu kyslíku. Během procesu je materiál ohříván nad mez termické stability organických sloučenin, což způsobí jejich štěpení na nízkomolekulární produkty a zbytek. Rychlá pyrolýza je nejnovější technologie, která mění biomasu na látky jiné energetické úrovně (plyny, kapaliny, pevné látky). Jejím základním produktem je kapalina bioolej. Je to tmavě hnědá kapalina s výhřevností 16-19 MJ/kg, která se snadno přepravuje a skladuje. Pro správný průběh pyrolýzy je důležité předsoušení biomasy a rozdrcení na požadovanou velikost, rychlý přívod tepla do suroviny, udržování potřebné teploty a následně rychlé ochlazení vzniklého produktu. [1,12]

2.4 Zkapaňování

Zkapaňování (hydrolyza) je jedním z nejnovějších procesů tepelně tlakových, který přeměňuje biomasu na produkty s vyšší energetickou hodnotou. Biomasa je za působení nízké teploty, vysokého tlaku a následné expanze rozložena na jednodušší látky. Principem je narušení rostlinného pletiva a buněčných vazeb. Složité sacharidy celulózy a hemicelulózy se tak rozloží na jednoduché cukry za vzniku dalších látek. Následnou fermentací a destilací vzniklých cukrů získáme bioetanol, který lze využít jako biopalivo pro pohon spalovacích motorů v automobilové dopravě s výhřevností cca 26 MJ/kg. Ze získaných cukrů lze dále anaerobním procesem vyrobit bioplyn. [1,14]

2.5 Esterifikace

Esterifikace je vznik esteru a vody při reakci alkoholu s kyselinou nebo jejím derivátem. Pro tento proces se využívají olejnatá semena například lnu, řepky a slunečnice, ze kterých esterifikací vzniká látka (bio-nafta) s vlastnostmi podobnými motorové naftě. Výhodou bionafty je její výhřevnost 37,3 MJ/kg a biologická odbouratelnost, což má velký význam pro ochranu životního prostředí a vodních zdrojů. Výroba není závislá na dovozu ropy, neboť pěstováním olejin ji lze vyrábět z vlastních zdrojů státu. Bionafta nevyžaduje ani zvláštní podmínky pro uskladnění a lze ji tedy skladovat stejně jako motorovou naftu. Nevýhodou je ekonomická náročnost výrobního procesu (nejdražší je vstupní rostlinný olej). [12]

2.6 Anaerobní fermentace (digesce)

Anaerobní fermentace je proces mikrobiální přeměny organických látek bez přístupu vzduchu a mírně zvýšené teplotě, kdy vzniká digestát (tuhý zbytek s vysokým obsahem dusíku) a bioplyn. Tato technologie použitá převážně v zemědělství ekologicky zpracovává zbytkovou biomasu živočišného a rostlinného původu, jako jsou například hnůj, kejda, močůvka. Proces probíhá v bioplynových stanicích, za vzniku substrátu s vysokým hnojivým účinkem a bioplyn, který se využívá k energetickým účelům pro svou výhřevnost 18-26 MJ/m³ k výrobě elektrické energie a tepla. [1,12]

2.7 Alkoholové kvašení

Při tomto biochemickém procesu, za vzniku energie a tepla, přeměňují kvasinky svými enzymy rostlinné sacharidy na etanol a oxid uhličitý. Etanol je vysoce hodnotné biopalivo pro spalovací motory. Přidáním vhodného aditiva zabráníme korozi motoru způsobené schopností etanolu vázat vodu. Nejčastěji používané suroviny pro výrobu bioetanolu jsou cukrová řepa, kukuřice, obilí, brambory. Nevýhoda je, že se jedná o potraviny. Proto se hledají nové cesty pro výrobu bioetanolu. Jednou z možností je využití odpadní biomasy, například slupky, stonky, listy rostlin, případně starý papír. [1,12]

2.8 Kompostování

Kompostování je proces přeměny organických látek vlivem mikrobiální aktivity za přístupu vzduchu, kdy vzniká kompost. Jedná se o ekologicky nejvhodnější a nejpřirozenější formu rozkladu a zhodnocení organického materiálu. Přeměnu organických látek při kompostování můžeme technologicky ovládat, i když probíhá stejným způsobem jako v půdě. Při tomto řízeném kompostování probíhá proces zrání rychleji, několik týdnů tzv. horkou cestou nebo pomalým zráním 3-4 roky. Je nutné se zaměřit na sestavení surovinové skladby, což znamená výběr odpadu. Správnou rychlost rozkladu organických zbytků určuje poměr uhlíku a dusíku (C:N). Dalšími předpoklady jsou důkladné zpracování, dodržení správné vlhkosti, teploty a pH, kvalitní provzdušňování, úpravu zrnitosti. Zabezpečením těchto optimálních podmínek získáme humusové látky efektivněji. Během kompostování se uvolňuje teplo, které se využívá například pro vytápění. [1,12,14]

2.9 Štípání, drcení, lisování (peletace)

Zařízení určená pro spalování biomasy vyžadují určitou velikost jednotlivých druhů paliva. K úpravě pevných paliv slouží procesy štípání, drcení, lisování. Jednotlivé formy určené pro spalování tuhých biopaliv jsou polena, brikety, pelety, štěpka a piliny. Mezi zařízení, která se využívají k mechanické úpravě biomasy, patří pily, sekačky, lisy, štěpkovače. [1,2]



Obr. 3: Dřevěné pelety [14]



Obr. 4: Dřevní štěpka [14]

Nejstarším zdrojem energie je dřevo. V současné době nové technologie umožňují využívat dřevo k pálení s mnohem vyšší účinností. V praxi dřevo měříme na objem, nikoliv na hmotnost. Pro výpočty objemové spotřeby se používá terminologie různých „metrů“ dřeva podle tabulky: [3,5]

Tab. 5: Jednotky a termíny pro objemové značení dřevní hmoty [3]

Jednotka	Název	Význam
plm	plnometr (m ³)	krychle o hraně 1 m vyplněná dřevem bez mezer
prm	prostorový metr (m ³ prosto. objemu)	krychle o hraně 1 m vyplněná dřevem s mezerami (polena, štípané dřevo)
prms	prostorový metr sypaný	krychle o hraně 1 m sypaná drobným drceným dřevem

Zdroj: Energie pro Váš dům

3 Zařízení pro výrobu energií z biomasy

Pro výrobu tepelných energií z biomasy se převážně používá metoda přímého spalování. K tomu účelu slouží kotle na biomasu. Lze je rozdělit podle několika kritérií: podle druhu paliva, podle způsobu přidávání paliva, podle umístění, podle technologie spalování a podle výkonu. Všechna kritéria dělení se vzájemně prolínají. Kotle na spalování biomasy podle výkonu dělíme na lokální topeniště, malé, střední a velké kotle. [2,12]

Tab. 6: Přehled zařízení pro spalování biomasy a jejich výkony

Typ kotle	Výkon
lokální topeniště	několik kW
malé kotle	20 kW – 100 kW
střední kotle	100 kW – 5 MW
velké kotle	nad 5 MW

3.1 Lokální topeniště

Lokální topeniště určená do obytných místností nazýváme též interiérová topidla. Do této kategorie řadíme krby, kamna, krbová a kachlová kamna, cihlové pece. Tento způsob vytápění bývá finančně nepříliš náročný, zvláště pokud je zdroj paliva vlastní. Výkon zařízení je nižší a jsou určená pro spalování biomasy o několika kW a teplo předávají převážně jen v místnosti, kde jsou umístěny. Rychle se rozehřívají. Často se proto používají k přitápění v přechodných obdobích (jaro/podzim) nebo k dotopení místnosti při vysokých mrazech. Interiérových topenišť je na trhu velký výběr a lidé si je často pořizují pro radost či zážitek z živého ohně. [2,5,12]

3.1.1 Kamna

S tímto zařízením se dnes setkáváme spíše v domech na vesnicích či na chalupách. Kamna jsou plechová nebo litinová, jejich nevýhodou je nižší účinnost, vznik škodlivých emisí při nedokonalém spalování a nutná častá obsluha a údržba. Používají se k vytápění, zároveň horní část kamen se nazývá plotna a je upravena k vaření. Palivem může být nejčastěji dřevo, uhlí, případně koks. [2,5,12]



Obr. 5: Sporáková kamna [5]



Obr. 6: Historická kamna [12]



Obr. 7: Historická kamna [12]

3.1.2 Krbová kamna

Tato kamna mohou spalovat fosilní paliva nebo biomasu. Na rozdíl od krbu jsou krbová kamna připojena kamnovou rourou ke komínu, před nebo vedle kterého stojí. Nejsou tedy v budově postavená napevno. Často jsou vyráběná z kovu, litiny nebo ocelového plechu.

Jsou opatřena prosklenými dvířky, kterými můžeme pozorovat oheň a která zabraňují znečištění ovzduší v místnosti. [2,5,12]



Obr. 8: Krbová kamna [2]



Obr. 9: Krbová kamna Bergamo [2]



Obr. 10: Krbová kamna Varde [2]

3.1.3 Kachlová kamna

Kamna jsou vyrobená z keramických materiálů (kachle, šamot). Často byla zdobná a podléhala uměleckým směrům. Kamna tvoří topeniště, kde se spaluje palivo. Uvolněné teplo prochází systémem kanálů tzv. tahovým systémem, který předává tepelnou energii teplosměnným plochám a z nich je teplo sááno do prostoru místnosti i několik hodin. Keramické materiály mají dobrou akumulaci schopnost, což je pro předávání tepla důležité. [2,5,12]



Obr. 11: Kachlová kamna [2]



Obr. 12: Kachlová kamna [15]

3.1.4 Krby

Krb je jedno z nejstarších přesto stále často používané zařízení, které předává teplo do místnosti sáláním a jen malá část tepla je předávána ohříváním vzduchu v okolí zdiva krbu a komína. Bývá situován v centrální části domu, aby lépe vytápěl objekt. Staví se z pálených cihel či jiných ohnivzdorných materiálů. Je složen z více částí. Ohniště je místo, kam se přikládá palivo a je udržován oheň. Popeliště je místo pod krbem, kam padají neshořelé zbytky paliva a komínem jsou odváděny plynové spaliny. Nevýhoda otevřeného krbu je, že nasává vzduch, hořící dřevo je ochlazováno a mnoho tepla odchází do komína. Výsledkem je nízká účinnost okolo 20 %. U krbů je tedy zohledňováno hledisko spíše estetické a společenské. Interiérové krby mohou být stavěny individuálně a jsou přímo umělecká díla. [2,5,12]



Obr. 13: Krb [12]

3.1.5 Cihlové pece

Pec je klenutý prostor, ve kterém je možné zapálit oheň a následně upravovat pokrmy. Pece jsou stavěny ze žáruvzdorných cihel či tvarovek. Staré klasické pece byly odkouřeny pouze předním příkladacím otvorem, moderní pece vyžadují odkouření komínovým systémem. Oheň v peci vydává teplo, kterým ohřívá silné stěny pece, a ty jej absorbují. Roztopená pec dokáže sálat teplo i několik hodin, vydrží nahřátá i několik dní při mírném přitápění. [2,5,12]



Obr. 14: Cihlová pec [12]

3.2 Malé kotle

Do této kategorie řadíme kotle o výkonu 20-100 kW. Pro vytápění rodinných domků vystačí kotle o topném výkonu 20-50 kW. Kotle s výkonem 50-100 kW se využívají pro vytápění malých provozoven, motorestů, obchodů či jiných menších budov. Použití těchto kotlů spolu s ústředním vytápěním pro celý dům má značné výhody oproti lokálním topeništím. Je-li kotel umístěn mimo obytnou místnost, nedochází k jejímu znečištění při přikládání a transportu paliva a nedochází k úbytku spalovacího vzduchu. Nejčastěji se spaluje dřevo kusové nebo ve formě briket či pelet. Nejčastěji se jedná o kotle zplyňovací na kusové dřevo s nutnou manuální obsluhou, či automatické kotle na pelety s podavačem paliva umožňující bezobslužný provoz. [1,2,14]



Obr. 15: Automatický kotel VERNER A25 na obilí a pelety [2]



Obr. 16: Zplyňovací kotel [9]

3.3 Střední kotle

Kotle o výkonu 100 kW až 5 MW se využívají v obecní infrastruktuře (školy, školky, úřady), průmyslových halách či jiných větších provozovnách. U těchto kotlů je proces spalování plně automatizován, a proto dodáváme palivo ve formě štěpky, pilin, odřezků, hoblin. Spalovat lze i slámu ve formě pelet či celých balíků. Pro manipulaci s palivem slouží podávací zařízení a šnekové dopravníky. Štěpka je dopravena do spalovací komory zdola a odhořívá shora. [1,2,14]



Obr. 17: Průmyslový kotel VERNER GOLEM [14]

3.4 Velké kotle

Pro centralizované zásobování teplem měst a obcí se používají kotle o topném výkonu vyšším než 5 MW. Teplo je vyrobeno v jednom velkém tepelném zdroji a ke spotřebiteli je dopraveno tepelnými rozvody. Často je použita společná výroba tepla a elektřiny. Kotle velkých výkonů mají složité řídicí systémy, které v závislosti na složení a vlhkosti paliva zajistí optimální spalování. Emise škodlivých látek a polétavého popílku jsou na nízké úrovni za pomoci cyklonového odlučovače. Jako palivo je možné použít štěpku, slámu i dřevní odpad. Spalování biomasy probíhá na roštu nebo na fluidní vrstvě. Některé kotle umožní i spalování spékavých materiálů jako je kůra a některé druhy slámy. [1,2,14]



Obr. 18: Kotelna na biomasu [14]

3.5 Výběr vhodného vytápěcího zařízení

Zařízení vhodných pro vytápění je na trhu dostatečně velký výběr, a proto správně se rozhodnout není úplně jednoduché. Všechny mají své výhody a nevýhody. Při výběru kotle je třeba posoudit následující kritéria:

- **Potřebný výkon**

Je třeba zvážit, jak velký tepelný výkon budeme potřebovat.

- **Investiční náklady**

Kromě biomasy lze vytápět i jinými zdroji jako je elektřina, tepelná čerpadla, uhlí či zemní plyn. Pro správný výběr jsou rozhodující celkové roční náklady, v nichž sledujeme cenu paliva, náklady na pořízení a údržbu kotle.

- **Zdroje energie**

Běžně dostupná je zpravidla elektřina. V dostupnosti jednotlivých forem biomasy mohou být oblastní rozdíly.

- **Nároky na obsluhu a požadovaný komfort**

Vysoký stupeň tepelné pohody zajistí automaticky elektrické nebo plynové vytápění. Naproti tomu krbová kamna vyžadují časté přikládání a kontrolu. Mezi oběma těmito protiklady se nachází většina vytápěcích zařízení na biomasu.

Při řešení vytápění různých typů domů je nutno zohlednit některé ovlivňující faktory jako je například rozloha domu, umístění kotle, odvod spalin a typ paliva.

- **Nízkoenergetický dům** – tepelná ztráta 5-10 kW

Pro vytápění tohoto typu domu jsou vhodné kotle na pelety. Jejich výhodou je dobrá regulace, malé rozměry, minimální nároky na obstarávání paliva a obsluhu. Roční spotřeba pelet bývá nízká, tudíž nevádí jejich vyšší cena. Další možností je elektrické vytápění, kde náklady na topné zařízení jsou sice nižší, ale jsou vyšší náklady na energii. V úvahu přichází též malé tepelné čerpadlo nebo moderní kachlová kamna s velkou akumulací a se vzduchovými kanály pro rozvod tepla do dalších místností.

- **Běžný rodinný dům** – tepelná ztráta 10-20 kW

Pokud je v místě dostatek palivového dřeva a prostoru pro jeho skladování a pokud nevádí práce navíc s jeho zpracováním, pak lze použít kotel na kusové dřevo s akumulací nádrží. Optimální volbou může být též kotel na pelety, kde cena pelet v nákladech na vytápění již není zanedbatelná. Další možností je tepelné čerpadlo, které nevyžaduje žádnou obsluhu, a kde pořizovací náklady jsou sice vyšší, ale nižší je cena za jednu kWh tepla.

- **Zemědělská usedlost, venkovský dům** – tepelná ztráta 20-60 kW

Vhodnou volbou může být kotel na kusové dřevo či kotel na spalování štěpky, neboť u stavení tohoto typu často bývá dostatek prostoru pro skladování paliva (dřevo, pelety, dřevní štěpka). Pro majitele, který vlastní i kus lesa, se také nabízí možnost zpracování odpadu po těžbě dřeva.

- **Rekreační chalupa**

U tohoto typu obydlí je cílem po příjezdu do vychladlého domu dosáhnout přijatelné tepelné pohody co nejrychleji. Pro tento záměr jsou vhodná krbová či kachlová kamna. Jinou možností může být kotel na pelety, kde pomocí programového regulátoru lze temperovat dům ještě před příjezdem obyvatel.

Porovnání vynaložených nákladů s úsporou energie se nazývá prostá doba návratnosti vynaložené investice. Vypočítá se jako podíl veškerých investičních nákladů a rozdílu ročních příjmů z realizace. Bohužel toto orientační kritérium nebere v úvahu budoucí růst cen paliva.

Při výběru vhodného zdroje tepla pro domácnost může pomoci pravidlo TESES, které vyhodnocuje potřebná kritéria:

- **Technické hledisko:** vyhodnocuje základní požadavky na technické provedení. Sleduje výkon zdroje tepla, rozvod topného systému po budově, zda je dostatečný tah komína, jakým způsobem bude zajištěno palivo a zda se bude ohřívat i voda.
- **Ekonomické hledisko:** vyhodnocuje ekonomiku projektu z různých pohledů. Porovnává více možných alternativ a hodnotí ekonomickou efektivnost investice.
- **Sociální hledisko:** vyhodnocuje společenské aspekty projektu včetně způsobu užívání a dodržování legislativy. Sleduje počet osob v domácnosti (s trvalým či přechodným pobytem), dále výběr kotle k praktickému užití či jako estetické dekorace, a také zda bude palivo kupované či z vlastních zdrojů.
- **Ekologické hledisko:** vyhodnocuje vlivy na životní prostředí. Předpokládá nezvyšování emisí, neboť biomasa je palivo tzv. CO₂ neutrální (při spálení uvolní rostlina jen tolik CO₂, kolik ho spotřebovala při vlastním růstu). Důležitým předpokladem je, že uživatel je uvědomělý a nebude spalovat odpady z domácnosti.
- **Strategické hledisko:** vyhodnocuje dlouhodobé a širší důsledky projektu. Zahrnuje vývoj cen paliv na trhu, dostatek paliva v budoucnosti a plánované úpravy objektu.

Kromě volby zdroje tepla je třeba věnovat pozornost výběru dodavatele vhodné technologie. Ve složitějších případech se nabízí možnost nechat si vypracovat projekt v poradenském středisku EKIS (Energetické konzultační a informační středisko). Tato služba je pro veřejnost bezplatná a je zastoupena ve všech krajích ČR. Poradenství v oblasti energetických technologií a úspor poskytují kvalifikovaní odborníci. Může se tak předejít situaci, kdy zvolená varianta nebude přesně odpovídat našim požadavkům. [2,5]

3.6 Vývoj výroby tepla v domácnostech

Energetické využití biomasy a její uplatnění jako zdroje pro výrobu tepla v domácnostech je jednou z prioritních oblastí. V současnosti v domácích topeništích pro výrobu tepla využití hnědého uhlí postupně klesá a tím se rozšiřuje potenciál spotřeby biomasy. Od roku 2003 do roku 2010 vzrostla v domácnostech spotřeba biomasy o 1 milion tun. Dle Akčního plánu biomasy z roku 2012 se obnovitelné zdroje podílí na výrobě tepla v domácnostech asi 17 %, nejčastěji ve formě kusového palivového dříví, dřevěných pelet a briket. Lze tedy předpokládat, že prodej kotlů na biomasu pro domácí využití bude i nadále vzrůstat. [11]

Tab. 7: Vývoj prodeje kotlů na biomasu v ČR [11]

	Zplyňovací kotle (dřevoplyn)	Automatické kotle na biomasu	Krby, kamna a sporáky
2005	5 263	484	-
2006	6 557	672	-
2007	7 525	830	-
2008	7 813	1 153	-
2009	4 365	2 831	-
2010	4 501	4 814	80 000
2011	3 898	2 383	95 000

Zdroj: Akční plán pro biomasu v ČR na období 2012-2020

4 Návrh spalovacího zařízení pro rodinný dům

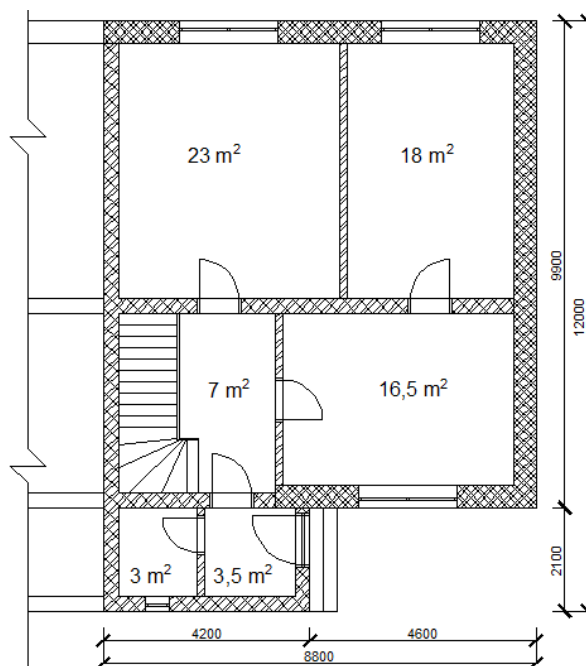
Na českém venkově se nejčastěji využívalo k vytápění hnědé uhlí a dřevo. V devadesátých letech se rozšířila plynofikace a většina domácností přešla na vytápění zemním plynem. Z důvodu nárůstu cen zemního plynu řada majitelů domů postupně hledá jiná řešení. Zpracovala jsem proto návrh vytápění rodinného domu pro alternativní druh paliva, neboť spalování biomasy se nabízí jako možnost ekologického vytápění, pokud se nechceme vracet k vytápění tuhými fosilními palivy.

Dostatek tepla je základ komfortního bydlení. Potřebujeme jej na vytápění domu a ohřev vody. Lidé si dnes žádají teplotu místnosti okolo 20 °C a to v zimě i v létě. Tuto podmínku dokážeme zajistit pomocí moderních technologií i s malým množstvím paliva. K dosažení lepších výsledků pomůže sestavení energetické bilance, tedy zjistit energetické zisky a ztráty a sladit tyto strany při vynaložení co nejmenších nákladů. Obecně platí, že nejlevnější je ta energie, kterou není nutné vyrobit. Právě u starší zástavby je největší položkou energetické bilance vytápění. Množství tepla spotřebovaného na vytápění je dáno kvalitou tepelného systému, tj. tepelnou ztrátou objektu, typem zdroje tepla a tepelné soupravy a také způsobem provozu.

Při výpočtech spotřeby je tepelná ztráta klíčovým pojmem. Udává výkon zdroje tepla potřebného k udržení požadované teploty v domě při nejnižší venkovní teplotě. Tato tzv. venkovní výpočtová teplota se udává nejčastěji pro -15 °C. Skutečná tepelná ztráta závisí na rozdílu teplot v domě a venku a je v průběhu roku v každém okamžiku jiná. Tepelné ztrátě musí odpovídat výkon zdroje tepla (tedy kotle). Pokud by byl výkon kotle nižší, bude v domě za velkých mrazů chladněji. [6]

4.1 Charakteristika rodinného domu

Vybraný rodinný dům se nachází v Třemošné u Plzně v Západních Čechách. Byl postaven v roce 1920, jako dvojdomek. Zrcadlově stejný dům je připojen k našemu domu ze severu. Dům má sedlovou střechu a je částečně podsklepený. Obsahuje jednu bytovou jednotku, kterou tvoří kuchyň, dva pokoje, chodba a sociální zařízení. Podlahová plocha domu měří 71 m². Velikost jednotlivých místností a jejich uspořádání uvádím v následujícím nákresu.



Obr. 19: Půdorys rodinného domu

V roce 2009 proběhla výměna dřevěných oken za okna plastová. Na domě majitelé provádějí pouze nezbytné úpravy, které jen lehce zpomalují jeho stárnutí. V souvislosti s ušetřením nákladů je potřeba řešit další nedostatky. Střecha není dostatečně tepelně odizolovaná a uniká tudy velké množství tepla. Další nedokonalostí je také vysoká vlhkost obvodového zdiva a nulová hydroizolace podsklepených prostor. V domě byl využíván na ohřev vody a pro vytápění kotel na tuhá paliva, konkrétně se spalovalo hnědé uhlí. V roce 1996 se přešlo na vytápění zemním plynem a byl nainstalován nový teplovodní plynový kotel Amica Piu s atmosférickým hořákem. Radiátory a rozvody tepla zůstaly původní.

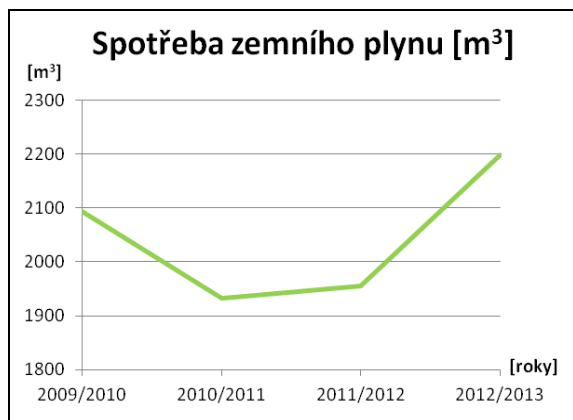
4.2 Náklady na změnu vytápění

Topná sezóna se pohybuje průměrně okolo 8 měsíců, fakturační období je počítáno od října stávajícího roku do října následujícího roku. V tabulce jsem uvedla údaje o spotřebě zemního plynu a náklady na vytápění od roku 2009-2013.

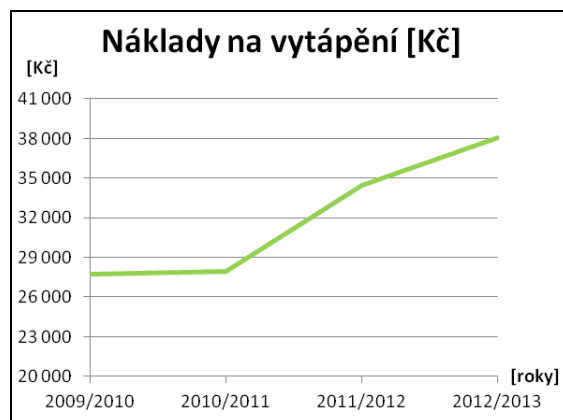
Tab. 8: Spotřeba zemního plynu a náklady na vytápění

Rok	2009/2010	2010/2011	2011/2012	2012/2013
Spotřeba [m ³]	2094	1932	1956	2199
Náklady na vytápění [Kč]	27 696	27 938	34 468	38 050

Pro lepší přehlednost jsem hodnoty spotřeby zemního plynu a hodnoty nákladů na vytápění z tabulky znázornila graficky.



Obr. 20: Graf spotřeby plynu



Obr. 21: Graf nákladů na vytápění

Výše hodnot spotřeby zemního plynu jsou závislé na rozdílném počasí v jednotlivých obdobích. Z grafu nákladů na vytápění je patrné, že v roce 2011 došlo k většímu nárůstu cen zemního plynu. Pro konkrétní výpočty jsem vycházela z internetových stránek „Porovnání nákladů na vytápění TZB-info“. První výpočet vychází ze spotřebované energie za sledované období 2009-2013, kdy průměrná spotřeba zemního plynu činí 2045 m³ při využití běžného kotle s účinností 89 %. Obě tyto informace jsem zadala do výpočtové tabulky na TZB-info. Průměrnou roční spotřebu zemního plynu tento software přepočítal na potřebné množství dřeva, dřevěných briket a dřevěných pelet za rok. Hodnoty jednotlivých paliv spotřebovaných za rok jsem vynásobila cenou paliva za kilogram a zjistila roční náklady na vytápění. Přehled všech těchto hodnot uvádím v následující tabulce.

[17]

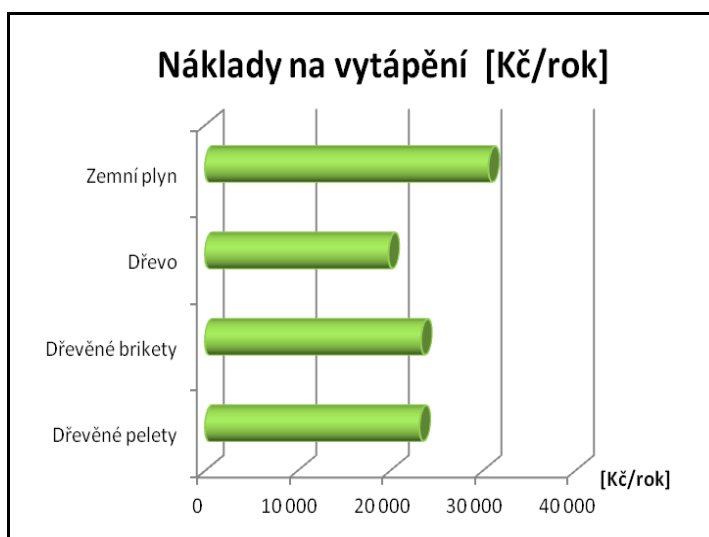
Tab. 9: Porovnání nákladů na vytápění různými druhy paliv

	Účinnost spalovacího zařízení	Cena paliva	Spotřeba paliva za rok	Náklady na vytápění [Kč/rok]
Zemní plyn	89 %	1,27 Kč/kWh	21 484 kWh	30 621
Dřevo	75 %	3,5 Kč/kg	5 662 kg	19 817
Dřevěné brikety	75 %	4,8 Kč/kg	4 863 kg	23 343
Dřevěné pelety	85 %	5,4 Kč/kg	4 291 kg	23 172

Druhý výpočet, který vychází z tepelné ztráty rodinného domu, jsem použila k vzájemnému porovnání získaných údajů o potřebném množství alternativního paliva.

[18]

Hodnoty nákladů na vytápění jsem pro lepší znázornění zaznamenala do grafu.



Obr. 22: Graf nákladů na vytápění

4.3 Výběr spalovacího zařízení

Z vypočítaných hodnot uvedených v tabulce a grafu vyplývá, že nejnižší náklady na vytápění rodinného domu vzniknou při spalování dřeva jako paliva. K této nejlevnější variantě se v našem případě nepřikloním, neboť mnou vybraný rodinný dům obývají senioři. Spalování dřeva totiž klade vysoké požadavky na zpracování a úpravu. Také jsou nutné dostatečné velké skladovací prostory pro vysychající dřevo a též je nutné zajistit pravidelnou obsluhu kotle. Z nashromážděných údajů jsem se rozhodla pro vytápění v rodinném domě zvolit kotel kombinovaný, neboť umožňuje spalování více druhů paliva. Je tedy možné zvolit palivo dle dostupnosti jednotlivých druhů a dle aktuálních cen na trhu.

Z nabídky produktů jsem vybrala automatický kotel Predator od české firmy Kovarson. Tento kotel je určen k ekologickému a úspornému vytápění rodinných domů a menších objektů s možností ohřevu vody. Je kombinovaný (zplyňovací s automatem) a umožňuje spalování tří druhů paliva a to pelety, dřevo i uhlí. Výkon kotle je 18 kW a jeho účinnost dosahuje až 91 % a můžeme ho ovládat pomocí pokojového termostatu. Spalování probíhá za vysokých teplot (cca 1 100 °C). Na výrobu kotle byl použit kotlový plech 6 mm o vysoké jakosti. V horní části kotle jsou umístěna dvířka na příkládání paliva. Součástí kotle je násypka paliva, která je umístěná vedle kotle. Odtud je šnekovým podavačem palivo dodáváno do univerzálního hořáku, kde je spalování paliva podporováno ventilátorem. Teplo vznikající z hořáku proudí do hlavního výměníku. Další výhodou je, že se kotel vyrábí v pravém i levém provedení. Firma nabízí tento kotel za necelých 75 tisíc Kč.

Roční náklady na vytápění a roční úspory jsem zaznamenala do následující tabulky.

Tab. 10: Roční náklady a úspory

	Roční náklady na vytápění v Kč	Roční úspora v Kč
Zemní plyn	30 621	-
Dřevo	19 817	10 804
Dřevní pelety	23 172	7 449
		Ø 9 127

Průměrná roční úspora při spalování biomasy (dřevo, pelety) se pohybuje okolo 9 tisíc Kč, což znamená, že v mém případě doba návratnosti na pořízení kotle Predator bude cca 8 let.

Závěr

V první části této práce jsem nejdříve utřídila základní informace o biomase. Popsala jsem rozdělení biomasy podle jednotlivých kritérií, vysvětlila jsem koloběh vzniku biomasy a zmínila jsem se o jedné z důležitých vlastností biomasy a to je výhřevnost. Nastínila jsem stručný vývoj a odhad spotřeby biomasy a také předpoklady využití energie z obnovitelných zdrojů do dalších let. V druhé části práce jsem se zaměřila na technologické zpracování biomasy. Jsou zde popsány jednotlivé energetické přeměny a možnosti zpracování biomasy. Všechny procesy, které probíhají u jednotlivých technologií, není možné seřadit od nejlepších po nejhorší. Záleží vždy na okolních podmínkách provozu, a proto při plánování výstavby zařízení na zpracování biomasy je třeba vzít v úvahu řadu faktorů. Správná volba technologie a využití získané energie závisí vždy na druhu použité primární suroviny. Pravidelně dodávaná primární surovina by měla být dopravována z nejkratší vzdálenosti, protože obecně platí, že náklady na výrobu energie z biomasy by měly být co nejmenší. Třetí část této práce právě obsahuje přehled zařízení na výrobu energií z biomasy a jejich praktické využití, neboť kotle na spalování biomasy jsou základní součástí topných systémů. Paliva na bázi biomasy jsou různorodá a pro jejich spalování se v současnosti vyrábí široký sortiment zařízení odlišného rozsahu provedení a konstrukčního řešení. Různé druhy paliv jsou určeny pro konkrétní spalovací zařízení. Dostupné jsou také kotle kombinované, kde lze topit i uhlím. Není tedy jednoduché vybrat to správné spalovací zařízení. Z toho důvodu jsem se snažila sepsat všechna kritéria důležitá pro výběr vhodného kotle. Zhodnotila jsem také výběr odpovídajícího zařízení podle typu objektu, do kterého bude kotel instalován. Podrobněji jsem rozepsala jednotlivá kritéria pravidla TESES, která nám pomáhají při vlastním vyhodnocování a výběru spalovacího zařízení. Ze závěru Akčního plánu pro biomasu v ČR pro období 2012-2020 vyplývá, že prodej kotlů na biomasu neustále roste. To sebou přináší i růst požadavků na výrobu kotlů. Zejména se žádá vyšší účinnost, bezpečnost provozu, možnost regulace kotlů a hlavně nižší zatížení životního prostředí. Určité technické zásady spojené s provozem jsou společné všem druhům kotlů. Účelem je zajistit spolehlivý a hospodárný chod zařízení. Ve čtvrté části práce jsem se věnovala návrhu výběru spalovacího zařízení pro konkrétní rodinný domek. Nejdříve jsem nastínila popis a charakteristiku objektu a přiložila půdorys domu. Zapsala jsem hodnoty spotřeby zemního plynu a náklady na vytápění za období uplynulých čtyř let.

Pro další výpočty jsem využila internové stránky TZB-info, kam jsme zadala zjištěné údaje. První výpočet vycházel z průměrné roční spotřeby zemního plynu, druhý z tepelné ztráty rodinného domu. Oba výpočty jsem porovnála pro lepší rozhodování při výběru kotle. Ze získaných výsledků vyplynulo, že nejnižších nákladů na vytápění bude dosaženo spalováním dřeva. Bohužel výběr dřeva jako paliva není vhodný pro uživatele domu, a z toho důvodu jsem pro vytápění rodinného domu volila automatický kotel Predator, který umožňuje spalování tří druhů paliva. Z výpočtu průměrné roční úspory při spalování biomasy vyplývá, že doba návratnosti na pořízení kotle bude cca 8 let.

Závěrem lze říci, že moderní technologie pro vytápění jsou dnes plně automatizované a velmi komfortní, proto se i do budoucna nabízí využití biomasy ve formě palivového dříví a pelet v domácnostech jako nejperspektivnější.

Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] PASTOREK, Z., KÁRA, J., JEVIČ, P. *Biomasa obnovitelný zdroj energie*. Praha: FCC PUBLIC s.r.o., 2004. 288 stran. ISBN 80-86534-06-5
- [2] MURTINGER, K., BERANOVSKÝ, J. *Energie z biomasy*. 1. vydání. Brno: Computer Press, a.s., 2011. 112 stran. ISBN 978-80-251-2916-6
- [3] BERANOVSKÝ, J., TRUXA, J. *Energie pro Váš dům*. 2. aktualizovaný vydání. Brno: EkoWATT, ERA group spol. s r.o., 2004. 138 stran. ISBN 80-86517-89-6
- [4] BROŽ, K., ŠOUREK, B. *Alternativní zdroje energie*. 1. vydání. Praha: ČVUT, 2003. 213 stran. ISBN 80-01-02802-X
- [5] MURTINGER, K., BERANOVSKÝ, J. *Energie z biomasy*. 2. vydání. Brno: ERA group spol. s r.o., 2008. 94 stran. ISBN 978-80-7366-115-1
- [6] SRDEČNÝ, K. *Energeticky soběstačný dům*. 2. vydání. Brno: EkoWATT, ERA group spol. s r.o., 2007. 92 stran. ISBN 978-80-7366-103-8
- [7] GreenHeart energy: *Biomasa* [online]. 2011, [cit. 27.1.2014]. Dostupný z WWW: <<http://www.greenheartenergy.com/biomasa>>
- [8] BERANOVSKÝ, J., MACHOLDA, F., SRDEČNÝ, K., TRUXA, J.: *Energie biomasy* [online]. 2004, [cit. 8.2.2014]. Dostupný z WWW: <<http://www.iekis.cz/?page=biomasa>>
- [9] KUNC, J., NOVÁK, L.: *Biomasa – efektivní palivo pro ORC technologii* [online]. 2005, [cit. 15.2.2014]. Dostupný z WWW: <<http://www.tzb-info.cz/2455-biomasa-efektivni-palivo-pro-orc-technologie>>
- [10] *Alternativní zdroje energie: Výroba energie z biomasy* [online]. [cit. 15.2.2014]. Dostupný z WWW: <<http://www.alternativni-zdroje.cz/vyroba-energiebiomasa.htm>>
- [11] eAGRI Životní prostředí: *Akční plán pro biomasu v ČR na období 2012–2020* [online]. 2012, [cit. 27.1.2014]. Dostupný z WWW: <<http://eagri.cz/public/web/mze/zivotni-prostredi/obnovitelne-zdroje-energie/biomasa/akcni-plan-pro-biomasu/akcni-plan-pro-biomasu-v-cr-na-obdobi.html>>
- [12] Wikipedie [online]. 2011, [cit. 29.12.2013]. Dostupný z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Hlavní_strana>
- [13] Wikipedie: *Spalování* [online]. 2011, [cit. 10.2.2014]. Dostupný z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Spalování>>
- [14] Biom [online]. 2001, [cit. 29.1.2014]. Dostupný z WWW: <<http://biom.cz/>>

- [15] Kachlová kamna [online]. 2000, [cit 2.3.2014]. Dostupný z WWW: <<http://www.e-kachlova-kamna.cz/kamna/255-kat-islo-9.html>>
- [16] HORÁK J., KRPEC K.: *Jak si doma stanovit vlhkost a výhřevnost dřeva?* [online]. 2012, [cit. 17.2.2014]. Dostupný z WWW: <<http://vytapani.tzb-info.cz/9300-jak-si-doma-stanovit-vlhkost-a-vyhrevnost-dreva>>
- [17] BECHYNĚ M.: *Porovnání nákladů na vytápění podle druhu paliva* [online]. 2011, [cit. 23.3.2014]. Dostupný z WWW: <<http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/139-porovnani-nakladu-na-vytapani-podle-druhu-paliva>>
- [18] BECHYNĚ M.: *Porovnání nákladů na vytápění TZB-info* [online]. 2012, [cit. 23.3.2014]. Dostupný z WWW: <<http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/139-porovnani-nakladu-na-vytapani-podle-druhu-paliva>>
- [19] Vytápění: *Odhad tepelných ztrát a roční spotřeby tepla* [online]. 2010, [cit. 24.3.2014]. Dostupný z WWW: <http://www.vytapani.cz/index.php?option=com_content&view=article&id=2>

Přílohy

Příloha A - Výpočet množství paliva ze spotřebované energie

<input type="radio"/>	Spotřeba tepla:	62 GJ = 17,2 MWh
<input checked="" type="radio"/>	Spotřeba paliva:	2045 Zemní plyn (m3) - Kotel běžný (89%)

Náklady na vytápění Výpočtová spotřeba tepla = 62 GJ					
Druh paliva (Výhřevnost) (Volba tarifu)	Cena paliva v Kč	Spalovací zařízení (Průměrná účinnost v %) <input type="checkbox"/> zadat vlastní účinnost	Cena tepla <input type="radio"/> Kč/GJ <input checked="" type="radio"/> Kč/kWh	Spotřeba paliva / rok	Náklady na vytápění Kč / rok
<input checked="" type="checkbox"/> Hnědé uhlí (18 MJ/kg) <small>cena a dodavatelé</small>	3,55 /kg	Klasický kotel na uhlí (55%)	1,29	6263 kg	22232,-
<input checked="" type="checkbox"/> Černé uhlí (23,1 MJ/kg) <small>cena a dodavatelé</small>	5,10 /kg	Klasický kotel na uhlí (55%)	1,45	4880 kg	24888,-
<input checked="" type="checkbox"/> Koks (27,5 MJ/kg)	8,50 /kg	Klasický kotel na koks (62%)	1,79	3636 kg	30909,-
<input checked="" type="checkbox"/> Dřevo (14,6 MJ/kg)	3,50 /kg	Kotel na zplynování dřeva (75%)	1,15	5662 kg	19817,-
<input checked="" type="checkbox"/> Dřevěné brikety (17,0 MJ/kg)	4,80 /kg	Kotel na zplynování dřeva (75%)	1,36	4863 kg	23341,-
<input checked="" type="checkbox"/> Dřevěné pelety (17,0 MJ/kg) <small>ceny</small>	5,40 /kg	Kotel na dřevěné pelety (85%)	1,35	4291 kg	23170,-
<input checked="" type="checkbox"/> Štěpka (12,5 MJ/kg)	2,50 /kg	Kotel na štěpku (80%)	0,9	6200 kg	15500,-
<input checked="" type="checkbox"/> Rostlinné pelety (16 MJ/kg)	3,65 /kg	Kotel na rostlinné pelety (90%)	0,91	4306 kg	15715,-
<input checked="" type="checkbox"/> Obilí (18 MJ/kg)	3,20 /kg	Automatický kotel (85%)	0,75	4052 kg	12967,-
<input checked="" type="checkbox"/> Zemní plyn (spalné teplo 37,82 MJ/m ³) <small>ceny</small> Dodavatel: RWE Energie, a.s. Spotřeba plynu: 20000 - 25000 kWh /rok	1,26945 /kWh vztahena ke spalnému teplu ??? 13,34 Kč/m ³ + 278 Kč/měsíc	Kotel běžný (89%) účinnost je vztahena k výhřevnosti ZP ???	1,78	21484 kWh 2046 m ³	30621,-

Příloha B - Výpočet spotřeby paliva z tepelné ztráty objektu

Lokalita domu - klimatická data

Klimatická oblast	Plzeň
Venkovní výpočtová teplota t_e	-12 °C
Průměrná venkovní teplota t_{es}	3.6 °C
Délka otopného období d	242 dny

Charakteristika domu a jeho využití

Celková tepelná ztráta	16 kW
Typ provozu objektu	penzisté či mateřská dovolená
Podlahová plocha A	71 m ²
Objem budovy V	191.7 m ³
Intenzita výměny vzduchu n	0.4 h ⁻¹

Příprava teplé vody

Počet osob n	2
Množství ohřívání vody	50 l/os.den
Počet dnů přípravy teplé vody N	365
	zásobník s elektrickým (d)ohřevem
<input type="checkbox"/>	Používá se solární předehřev
Úspora tepla (solární podíl) f	40 %

Palivo / zdroj tepla / účinnost	Cena paliva [Kč]	Spotřeba paliva [rok ⁻¹]	Roční náklady [Kč]					Celkem
			Vytápění	Teplá voda	Elektro	Platby	Investice a údržba	
Hnědé uhlí <input checked="" type="checkbox"/>	2.9 /kg	3 691 kg	10 704	3 682	9 785	1 944	16167	42 282
Automatický kotel na uhlí 86 %	/měsíc							
Černé uhlí <input checked="" type="checkbox"/>	5.5 /kg	2 876 kg	15 819	3 682	9 785	1 944	17433	48 663
Automatický kotel na uhlí 86 %	/měsíc							
Koks <input checked="" type="checkbox"/>	8.5 /kg	2 778 kg	23 616	3 682	9 785	1 944	15783	54 810
Prohořivací kotel na koks s AKU nádrží 78 %	/měsíc							
Dřevo <input checked="" type="checkbox"/>	3.5 /kg	5 891 kg	20 620	3 682	9 785	1 944	11967	47 998
Klasický kotel na dřevo 75 %	/měsíc							
Dřevěné brikety <input checked="" type="checkbox"/>	4.8 /kg	4 674 kg	22 436	3 682	9 785	1 944	15167	53 014
Klasický kotel na dřevo s AKU nádrží 75 %	/měsíc							
Dřevěné pelety <input checked="" type="checkbox"/>	5.4 /kg	4 252 kg	22 960	3 682	9 785	1 944	14600	52 971
Peletový hořák + kotel 85 %	/měsíc							
Štěpka <input checked="" type="checkbox"/>	2.5 /kg	6 072 kg	15 179	3 682	9 785	1 944	20933	51 523
Kotel na štěpku 85 %	/měsíc							
Rostlinné pelety <input checked="" type="checkbox"/>	4.1 /kg	4 181 kg	17 143	3 682	9 785	1 944	18767	51 321
Speciální kotel na rostlinné pelety 90 %	/měsíc							
Obilí <input checked="" type="checkbox"/>	4.2 /kg	3 751 kg	15 754	3 682	9 785	1 944	23100	54 265
Automatický kotel univerzální 91 %	/měsíc							
Zemní plyn <input checked="" type="checkbox"/>	1.27 /kWh	2 036 m ³	27 284	3 682	9 785	4 824	13283	58 858
Běžný plynový kotel 89 %	240 /měsíc	21 484 kWh						
RWE Energie, a.s.								

Příloha C – Přibližný odhad tepelných ztrát a roční potřeby tepla

Vaše lokalita:
klimatické údaje dle ČSN 38 3350

Venkovní výpočtová teplota: °C

Střední venkovní teplota topného období: °C

Počet dnů topného období:

Poloha objektu:

chráněná poloha objektu v krajině
budovy uvnitř zástavby nepřevyšující okolí, nízké domy v zalesněné krajině atp.

nechráněná poloha objektu v krajině
budovy značně převyšující okolí, budovy na okrajích měst atp.

velmi nepříznivá poloha objektu v krajině
budovy značně převyšující okolí v řídké zástavbě, v nezalesněné krajině atp.

Prosklení objektu:

nízké prosklení objektu
méně než 20% fasády

standardní prosklení objektu
20 - 40% fasády

nadměrné prosklení objektu
více než 40% objektu

Průměrná vnitřní výpočtová teplota: °C

Celková vytápěná plocha objektu: m²
Vytápěná podlahová plocha je plocha přímo, či nepřímo vytápěných místností,
kde má být dodržována teplota v zimním období.

Průměrná konstrukční výška: m
Konstrukční výškou se rozumí světlá výška + tloušťka stropu

	Tepelná ztráta objektu:	Roční potřeba tepla na vytápění:
Pasivní dům:	1.3 kW	2130 kWh/rok (7.7 GJ/rok)
Nízkoenergetický dům:	3.9 kW	4970 kWh/rok (17.9 GJ/rok)
Dům, jehož tepelné vlastnosti splňují současné požadavky:	11.8 kW	29887 kWh/rok (107.6 GJ/rok)
Dům, jehož tepelné vlastnosti odpovídají letem 1993 - 2003:	13.9 kW	35161 kWh/rok (126.6 GJ/rok)
Dům, jehož tepelné vlastnosti odpovídají letem před r. 1993:	16.5 kW	41954 kWh/rok (151.0 GJ/rok)

Seznam obrázků

<i>Obr. 1: Koloběh uhlíku v přírodě [12].....</i>	<i>12</i>
<i>Obr. 2: Průběh snižování vlhkosti při vysušování dřeva [16]</i>	<i>13</i>
<i>Obr. 3: Dřevěné pelety [14], Obr. 4: Dřevní štěpka [14].....</i>	<i>19</i>
<i>Obr. 5: Sporáková kamna [5],Obr. 6: Historická kamna [12],Obr. 7: Historická kamna [12].....</i>	<i>20</i>
<i>Obr. 8: Krbová kamna[2],Obr.9:Krbová kamna Bergamo[2],Obr.10:Krbová kamna Varde[2] ..</i>	<i>21</i>
<i>Obr. 11: Kachlová kamna [2], Obr. 12: Kachlová kamna [15]</i>	<i>21</i>
<i>Obr. 13: Krb [12].....</i>	<i>22</i>
<i>Obr. 14: Cihlová pec [12].....</i>	<i>23</i>
<i>Obr. 15: Automatický kotel VERNER A25 na obilí a pelety [2], Obr. 16: Zplyňovací kotel [9].....</i>	<i>23</i>
<i>Obr. 17: Průmyslový kotel VERNER GOLEM [14].....</i>	<i>24</i>
<i>Obr. 18: Kotelna na biomasu [14].....</i>	<i>25</i>
<i>Obr. 19: Půdorys (schéma) rodinného domu.....</i>	<i>29</i>
<i>Obr. 20: Graf spotřeby plynu, Obr. 21: Graf nákladů na vytápění</i>	<i>30</i>
<i>Obr. 22: Graf nákladů na vytápění.....</i>	<i>31</i>

Seznam tabulek

<i>Tab. 1: Vývoj spotřeby biomasy [11].....</i>	<i>13</i>
<i>Tab. 2: Odhad energetické spotřeby biomasy [11].....</i>	<i>14</i>
<i>Tab. 3: Vývoj a struktura OZE na primárních energetických zdrojích [11].....</i>	<i>14</i>
<i>Tab. 4: Technologie získávání energie z biomasy.....</i>	<i>15</i>
<i>Tab. 5: Jednotky a termíny pro objemové značení dřevní hmoty [3].....</i>	<i>19</i>
<i>Tab. 6: Přehled zařízení pro spalování biomasy a jejich výkony.....</i>	<i>19</i>
<i>Tab. 7: Vývoj prodeje kotlů na biomasu v ČR [11]</i>	<i>28</i>
<i>Tab. 8: Spotřeba zemního plynu a náklady na vytápění</i>	<i>30</i>
<i>Tab. 9: Porovnání nákladů na vytápění různými druhy paliv.....</i>	<i>31</i>
<i>Tab. 10: Roční náklady a úspory</i>	<i>32</i>